

Импакт-фактор

РИНЦ – 0,746

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: <http://www.natural-sciences.ru/>

Правила для авторов: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.х.н., проф. Великородов А.В. (Астрахань); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.х.н., проф. Душкин А.В. (Новосибирск); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.х.н., проф. Микитаев А.К. (Нальчик); д.х.н., проф. Нилов А.П. (Егорьевск); д.х.н., проф. Танганов Б.Б. (Улан-Удэ); д.с.-х.н., проф. Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.с.-х.н., проф. Берсон З. (Великий Новгород); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.с.-х.н., проф. Коцарева Н.В. (Белгород); д.с.-х.н., проф. Ланцева Н.Н. (Новосибирск); д.с.-х.н., проф. Морозова Н.И. (Рязань); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.с.-х.н., проф. Улимбашев М.Б. (Нальчик); д.с.-х.н., проф. Ухтверов А.М. (Самара); д.с.-х.н., проф. Хазиахметов Ф.С. (Уфа); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.г.-м.н., проф. Абилхасимов Х.Б. (Астана); д.г.-м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.г.-м.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий,
и массовых коммуникаций.

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,746.

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN. ISSN 1681-7494.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна –
+7 (499) 705-72-30
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 20.12.2017
Дата выхода номера – 20.01.2018

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка
Митронова Л.М.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.
Распространение по свободной цене.
Усл.п.л. 35,38
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/12-2017
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ГЕНЕРИРОВАНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ <i>Скворцова Л.Н., Чухломина Л.Н., Болгару К.А., Баталова В.Н., Шапкина О.А.</i>	9
КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИДОКАИНА И БУПИВАКАИНА В ТКАНИ ПЕЧЕНИ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА <i>Смирнова А.В., Фомин А.Н., Семёнов М.Б., Каджоян Л.В.</i>	16
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ ДИЛИМОННОБОРНОЙ КИСЛОТЫ <i>Тютрина С.В., Мясникова Н.В., Осина М.А., Григорьева О.Ю., Кузнецова Н.С.</i>	21

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРЕПАРАТ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ ТЕБУКОНАЗОЛА С ПОЛИСАХАРИДАМИ ЛАМИНАРИИ <i>Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Метелева Е.С., Поляков Н.Э., Халиков С.С., Душкин А.В.</i>	28
ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛЕСА ПОСЛЕ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ <i>Гаврилова О.И., Пак К.А.</i>	38
МИНЕРАЛЬНЫЕ И ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ АДАПТИВНЫХ СЕВООБОРОТОВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ <i>Дроздов И.А., Тюлин В.А., Сулягин В.П.</i>	45
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ОЧИСТКУ ЛЕСОВ ОТ ЗАХЛАМЛЁННОСТИ <i>Животягина Н.И., Орехова Н.В., Чугунова Е.В.</i>	50
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПЧЁЛООПЫЛЯЕМЫХ ГИБРИДОВ ОГУРЦОВ И ГИБРИДОВ С ЖЕНСКИМ ТИПОМ ЦВЕТЕНИЯ (ПАРТЕНОКАРПИКОВ) В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ <i>Звонкова И.Ю., Павленко В.Н., Мухортова Т.В., Полухина Е.В.</i>	55
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ НОВЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ, СОЗДАНЫХ С УЧАСТИЕМ ОМСКИХ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ <i>Ильин В.С., Логинова А.М., Губин С.В., Гетц Г.В.</i>	61
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОГУРЦА В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ <i>Олива Т.В., Лицуков С.Д., Панин С.И., Манохина Л.А.</i>	66
ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (<i>POPULUS BALSAMIFERA L.</i>) В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ <i>Попельницкая И.М., Попов А.О.</i>	72
СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В ДУБРАВАХ И ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОВ <i>Самсонова А.М., Кабанов С.В., Самсонов Е.В., Ларионов М.В.</i>	79
ЛИШАЙНИКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ ПОСЛЕПОЖАРНЫХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ) <i>Скирина И.Ф., Родникова И.М., Скирин Ф.В.</i>	84
ВАРЬИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ОВСА И ЯЧМЕНЯ, ВЫРАЩЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ <i>Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М.</i>	90

ПЕРЕВАРИВАЕМОСТЬ IN VITRO ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ ЭНДОСПЕРМА ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ СОРГО, НЕСУЩИХ ГЕНЕТИЧЕСКУЮ КОНСТРУКЦИЮ ДЛЯ САЙЛЕНСИНГА ГЕНА ГАММА-КАФИРИНА <i>Эльконин Л.А., Итальянская Ю.В.</i>	96
---	----

Науки о Земле (25.00.00)

КЕРАМИЧЕСКИЕ ГЛИНЫ МЕЖДУРЕЧНЫХ ПРОСТРАНСТВ ВОСТОЧНЫХ СКЛОНОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ КАК ОСНОВА ДЛЯ НАРОДНЫХ ПРОМЫСЛОВ <i>Аничкина Н.В.</i>	101
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВЫХ СИСТЕМ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОДХОДА <i>Аракелов М.С., Аракелов А.С., Яйли Е.А., Яйли Д.Е., Мерзаканов С.А., Гогоберидзе Г.Г., Долгова-Шхалахова А.В., Ахсалба А.К., Жиба Р.Ю., Крыленко М.В.</i>	106
ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ ОТ ВЫБРОСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ <i>Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н.</i>	111
ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ДОЛИНЕ Р. ХУШУУТ <i>Волкова Е.С., Тимошок Е.Е., Отгонбаяр Демберел</i>	117
СОВРЕМЕННОЕ ЭКЗОГЕННОЕ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ ОКИНСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН) <i>Выркин В.Б., Масютин Ю.А.</i>	123
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРИСТОСТИ УЛЬТРАНИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ НА ДЕЗИНТЕГРИРОВАННОМ КЕРНЕ <i>Гориков А.М.</i>	129
ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ <i>Давыдова Н.Д.</i>	134
ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ВЫЯВЛЕНИЯ ВОДООБИЛЬНЫХ ЗОН В НАДСОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНОЙ ТОЛЩИ ВЕРХНЕКАМЬЯ <i>Демина А.А., Катаев В.Н.</i>	140
СТРАТЕГИЯ ЛИКВИДАЦИИ БАРЬЕРНЫХ МЕСТ С ОПАСНЫМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПРИАМУРЬЯ <i>Едигарян А.Р., Квашиук С.В.</i>	146
ЕСТЕСТВЕННАЯ И ТЕХНОГЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ И АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ) <i>Киселев Г.П., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Киселева И.М., Баженов А.В., Быков В.М.</i>	152
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА, СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНОМ РАЙОНЕ ВОРОНЕЖА <i>Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Тимошинов О.В., Закусилов В.П., Маслова Н.В.</i>	158
ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА РАЗВИТИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА: МЕТОДЫ, СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ <i>Кузнецова Т.И.</i>	164
ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ <i>Кульжанова С.М., Байдусен А.А., Ботабекова Г.Т., Жумадилова Н.Б., Кенжегулова С.О.</i>	172

КАРТИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС <i>Лазарева В.Г., Бананова В.А., Нгуен Ван Зунг</i>	178
РЕАКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СРЕДНЕМ – ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ПОБЕРЕЖЬЯ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРИМОРЬЯ) <i>Лящевская М.С., Пиеничникова Н.Ф., Макарова Т.Р.</i>	184
ЭВОЛЮЦИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ НА ЮГО-ВОСТОКЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (УЛКАНСКИЙ РАЙОН) ПО ЛИТОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ <i>Медведева С.А.</i>	195
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ШЛАМОВ ОЧИСТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД И СТОКОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОГО УРАЛА <i>Медяник Н.Л., Шевелин И.Ю., Бодьян Л.А.</i>	201
ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ЮГЕ САХАЛИНА В СРЕДНЕ-ПОЗДНЕАТЛАНТИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ ГОЛОЦЕНА <i>Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г.</i>	207
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТЭЦ-2 Г. ХАБАРОВСКА <i>Новороцкая А.Г.</i>	215
О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЭНЕРГИИ МАЛЫХ РЕК ЯКУТИИ <i>Ноговицын Д.Д., Шеина З.М., Сергеева Л.П.</i>	221
РЕФУГИАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЯ <i>Ноговицына М.А.</i>	226
К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ БЛОКАМИ АКТИВНОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ <i>Панишев С.В.</i>	230
УРОВНИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В СХЕМАХ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Петрищев В.П., Дубровская С.А., Косых П.А.</i>	236
ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ТУВА, ОЗ. ДУС-ХОЛЬ) <i>Рычкова К.М., Кальная О.И., Аюнова О.Д.</i>	241
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ НА ТЕРРИТОРИЯХ ОПУСТЫНИВАНИЯ МОНГОЛИИ <i>Санжеев Э.Д., Михеева А.С., Жамьянов Д.Ц.-Д., Дарбалаева Д.А., Осодоев П.В., Рыззынов Т.Ш., Батомункуев В.С.</i>	246
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ЭТНОСОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА <i>Урбанова Ч.Б., Бабиков В.А., Ангархаева Б.Б.</i>	252
ПРОБЛЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЮГА РОССИИ НА ПРИМЕРЕ САЛЬСКОГО РАЙОНА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Харчук В.В., Тарасов М.Г.</i>	259
К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ТУРИСТСКОЙ ЛЕГЕНДЫ В РАМКАХ ОРГАНИЗАЦИИ РЕКРЕАЦИОННО-ТУРИСТСКИХ КЛАСТЕРОВ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Падалко Ю.А.</i>	267
ЛАНДШАФТНАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ И ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГУТНОГО ПРОМЫСЛА В ВЕРХНЕМ ПОДНЕПРОВЬЕ <i>Чубур А.А., Гурьянов В.Н., Курлович-Белявская П.С.</i>	273
ЭФФЕКТИВНОСТЬ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН <i>Ямалетдинова К.Ш., Халадов А.Ш., Дудников Ю.В., Ямалетдинова А.А., Габдуллин А.Р.</i>	278

CONTENTS
Chemical sciences (02.00.00)

IRON-CERAMIC COMPOSITES FOR PHOTOCATALYTIC HYDROGEN GENERATION FROM WATER CONTAINING ORGANIC POLLUTANTS <i>Skvortsova L.N., Chukhlomina L.N., Bolgaru K.A., Batalova V.N., Shashkina O.A.</i>	9
QUANTITATIVE DETERMINATION OF LIDOCAINE AND BUPYUVACINE IN THE LIVER TISSUE BY THE METHOD OF CAPILLARY ELECTROPHORESIS <i>Smirnova A.V., Fomin A.N., Semenov M.B., Kadzhoyan L.V.</i>	16
STUDY OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND STRUCTURE CRYSTALS OF DILIMONNOBORIC ACID <i>Tyutrina S.V., Myasnikova N.V., Osina M.A., Grigoreva O.Yu., Kuznetsova N.S.</i>	21

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

EFFECTIVE PREPARATION FOR PRETREATMENT GRAIN CROPS SEEDS BASED ON THE COMPLEXES OF TEBUCONAZOLE WITH KELP POLYSACCHARIDES <i>Vlasenko N.G., Teplyakova O.I., Meteleva E.S., Polyakov N.E., Khalikov S.S., Dushkin A.V.</i>	28
NATURAL FOREST RESTORATION AFTER FIRES IN THE REPUBLIC OF KARELIA <i>Gavrilova O.I., Pak K.A.</i>	38
MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS OF ADAPTIVE CROP ROTATIONS OF THE HIGH VOLGA REGION <i>Drozдов I.A., Tyulin V.A., Sutyagin V.P.</i>	45
ECONOMIC JUSTIFICATION THE COST OF CLEANING THE FORESTS FROM LITTER <i>Zhivotyagina N.I., Orekhova N.V., Chugunova E.V.</i>	50
COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF CULTIVATION OF BEE POLLINATING AND FEMALE TYPE OF FLOWERING (PARTHENO-CARPIC) CUCUMBER HYBRIDS IN TERMS OF DRIP IRRIGATION IN THE LOWER VOLGA REGION <i>Zvonkova I.Yu., Pavlenko V.N., Mukhortova T.V., Polukhina E.V.</i>	55
ECOLOGICAL TESTING OF NEW MAIZE HYBRIDS DEVELOPED WITH THE INVOLVEMENT OF OMSK INBRED LINES AND BY USING SELECTION INDEXES <i>Ilin V.S., Loginova A.M., Gubin S.V., Getts G.V.</i>	61
RESOURCE-SAVING USE OF FERTILIZERS FOR CUCUMBER GROWING UNDER COVER <i>Oliva T.V., Litsukov S.D., Panin S.I., Manokhina L.A.</i>	66
LEAVES' FLUCTUATING ASYMMETRY OF POPLARS (POPULUS BALSAMIFERA) IN THE URBAN ENVIRONMENT <i>Popelnitskaya I.M., Popov A.O.</i>	72
THE SYSTEMS OF FOREST MANAGEMENT IN OAK FORESTS AND PURPOSE OF THE DEVELOPMENT OF THE PROTECTIVE FORESTS <i>Samsonova A.M., Kabanov S.V., Samsonov E.V., Larionov M.V.</i>	79
LICHENS IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF POST-FIRE FOREST COMMUNITIES (A CASE STUDY OF THE SOUTH OF PRIMORSKY KRAI) <i>Skirina I.F., Rodnikova I.M., Skirin F.V.</i>	84
VARIATION OF MACROELEMENTS CONTENT IN OATS AND BARLEY GRAIN GROWING IN VARIOUS GEOGRAPHICAL CONDITIONS <i>Sumina A.V., Polonskiy V.I., Shaldaeva T.M.</i>	90
IN VITRO DIGESTIBILITY OF STORAGE ENDOSPERM PROTEINS OF TRANSGENIC SORGHUM PLANTS CARRYING GENETIC CONSTRUCT FOR SILENCING OF THE GAMMA-KAFIRIN GENE <i>Elkonin L.A., Italyanskaya Yu.V.</i>	96

Earth sciences (25.00.00)

CERAMIC CLAYS INTERFLUVE SPACES OF THE EASTERN SLOPES OF THE SREDNERUSSKAYA UPLAND AS A BASIS FOR FOLK CRAFTS <i>Anichkina N.V.</i>	101
SOME ASPECTS OF INTEGRATED SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF COASTAL SYSTEMS OF THE EASTERN PART OF THE BLACK SEA ON THE BASIS OF AN INTEGRATED APPROACH <i>Arakelov M.S., Arakelov A.S., Yayli E.A., Yayli D.E., Merzakanov S.A., Gogoberidze G.G., Dolgova-Shkhalakhova A.V., Akhsalba A.K., Zhiba R.Yu., Krylenko M.V.</i>	106
PROTECTION OF ATMOSPHERE FROM EMISSIONS DURING THE OPERATION OF TRUNK GAS PIPELINES <i>Beloglazova T.N., Romanova T.N.</i>	111
TRANSFORMATION OF PLANT COVERS IN THE HUSHUUT VALLEY UNDER THE INFLUENCE OF CHANGING CLIMATE AND HUMAN ACTIVITY <i>Volkova E.S., Timoshok E.E., Otgonbayar Demberel</i>	117
THE MODERN EXOGENOUS LANDFORMING OF THE OKINSKOE HIGHLAND (EASTERN SAYAN) <i>Vyrkin V.B., Masyutina Yu.A.</i>	123
METHOD FOR DETERMINING POROSITY IN ULTRA-LOW PERMEABILITY ROCK OF BAZHENOV FORMATION ON CRUSHED CORE <i>Gorshkov A.M.</i>	129
FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER OBJECTS OF SOUTHERN MINUSINSK DEPRESSION IN THE CONDITIONS OF ATMOSPHERIC POLLUTION <i>Davydova N.D.</i>	134
FACTORS OF FORMATION AND IDENTIFICATION OF THE HIGH WATER SATURATION ZONES IN UPPER-SALT DEPOSITS OF TERRIGENOUS-CARBONATE THICKNESS WITHIN THE UPPER-KAMA AREA <i>Demina A.A., Kataev V.N.</i>	140
STRATEGY FOR ELIMINATION INSECURE PLACES WITH HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES ON PRIAMURYE RAILROAD NETWORK <i>Edigaryan A.R., Kvashuk S.V.</i>	146
NATURAL AND TECHNOGENIC RADIOACTIVITY IN BOTTOM SEDIMENTS OF LAKES OF THE NORTHWEST RUSSIA (THE EXAMPLE OF KARELIA REPUBLIC AND ARKHANGELSK REGION) <i>Kiselev G.P., Yakovlev E.Yu., Druzhinin S.V., Kiseleva I.M., Bazhenov A.V., Bykov V.M.</i>	152
THE RESEARCH OF ATMOSPHERE AIR POLLUTION, SNOW COVER AND SURFACE WATERS IN THE ADVERSE DISTRICTS OF VORONEZH <i>Kochetova Zh.Yu., Bazarskiy O.V., Timoshinov O.V., Zakusilov V.P., Maslova N.V.</i>	158
HISTORICAL AND GEOGRAPHICAL MAPPING OF THE NATURAL ENVIRONMENT FOR THE ELECTRONIC ATLAS OF THE BAIKAL REGION DEVELOPMENT: METHODS, STRUCTURE, CONTENT <i>Kuznetsova T.I.</i>	164
TRANSFORMATION OF THE VEGETABLE COVER OF NORTH KAZAKHSTAN UNDER THE CONDITIONS OF INCREASED ANTHROPOGENIC LOAD <i>Kulzhanova S.M., Baydyusen A.A., Botabekova G.T., Zhumadilova N.B., Kenzhegulova S.O.</i> ..	172
MAPPING THE VEGETATION OF THE PLAIN OF THE SARPINSKY LOWLAND (KALMYKIA) USING REMOTE SENSING AND GIS <i>Lazareva V.G., Bananova V.A., Nguyen Van Dung</i>	178
REACTION OF VEGETATION TO CLIMATIC CHANGES IN MIDDLE LATE HOLOCENE (AT THE EXAMPLE OF A COAST SITE IN SOUTH-EAST PRIMORYE) <i>Lyashchevskaya M.S., Pshenichnikova N.F., Makarova T.R.</i>	184
EVOLUTION OF TECTONIC CONDITIONS OF THE PROTEROZOIC SEDIMENTARY	

DEPOSITS FORMATION IN THE SOUTHEASTERN SIBERIAN PLATFORM (THE ULKAN AREA) FROM LITHOCHEMICAL DATA <i>Medvedeva S.A.</i>	195
THE STUDY OF THE POSSIBILITY OF SLUDGE UTILIZATION ORIGINATED FROM THE PROCESS OF WASTE WATER TREATMENT AT THE MINING ENTERPRISES OF SOUTHEN URAL <i>Medyanik N.L., Shevelin I.Yu., Bodyan L.A.</i>	201
LANDSCAPE-CLIMATIC CHANGES IN THE SOUTH SAKHALIN ISLAND IN THE MIDDLE-LATE ATLANTIC EPOCH OF THE HOLOCENE <i>Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G.</i>	207
ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR STATUS IN THE CATCHMENT AREA OF CHP-2 KHABAROVSK <i>Novorotskaya A.G.</i>	215
ON THE POSSIBILITY OF USING SMALL RIVERS HYDROPOWER OF YAKUTIA <i>Nogovitsyn D.D., Sheina Z.M., Sergeeva L.P.</i>	221
REFUGIA GEOSYSTEMS OF THE SOUTH PRIBAIKAL'E <i>Nogovitsyna M.A.</i>	226
TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF EFFICIENCY OF PREPARATION OF ROCKS FOR EXCAVATION BLOCKS ACTIVE CLIMATE IMPACT IN TERMS OF OPEN PIT MINING OF DEPOSITS OF PERMAFROST ZONE <i>Panishhev S.V.</i>	230
DEVELOPMENT LEVELS OF RURAL SETTLEMENTS IN THE TERRITORIAL PLANNING SCHEMES OF THE ORENBURG REGION <i>Petrishchev V.P., Dubrovskaya S.A., Kosykh P.A.</i>	236
STUDY OF GAS-GEOCHEMICAL INDICATORS OF SEISMIC ACTIVITY (CENTRAL TUVA, LAKE DUS-HOL) <i>Rychkova K.M., Kalnaya O.I., Ayunova O.D.</i>	241
ECOLOGICAL AND ECONOMIC ESTIMATION OF ECOSYSTEM SERVICES IN THE DESERTIFICATION TERRITORIES OF MONGOLIA <i>Sanzheev E.D., Mikheeva A.S., Zhamyanov D.Ts.-D., Darbalaeva D.A., Osodoev P.V., Rygzynov T.Sh., Batomunkuev V.S.</i>	246
THE MODERN STATE OF TRADITIONAL NATURE USE OF THE ETHNIC GROUPS OF THE BAIKAL REGION <i>Urbanova Ch.B., Babikov V.A., Angarkhaeva B.B.</i>	252
PROBLEMS OF THE PUBLIC WATER SUPPLY FOR THE POPULATION IN THE SOUTH OF RUSSIA USING THE EXAMPLE OF SALSJK DISTRICT IN ROSTOV REGION <i>Kharchuk V.V., Tarasov M.G.</i>	259
TO THE QUESTION OF FORMING A TOURIST LEGEND IN THE FRAMEWORK OF ORGANIZATION OF RECREATIONAL-TOURIST CLUSTERS IN THE ORENBURG REGION <i>Chibilev A.A. (jr.), Grigorevskiy D.V., Padalko Yu.A.</i>	267
LANDSCAPE CONFINEMENT AND THE DYNAMICS OF THE DISTRIBUTION OF GUT GLASS PRODUCTION IN THE UPPER DNEIPER <i>Chubur A.A., Guryanov V.N., Kurlovich-Belyavskaya P.S.</i>	273
ESTIMATING EFFICIENCY OF INJECTION WELLS ACID TREATMENT <i>Yamaletdinova K.Sh., Khaladov A.Sh., Dudnikov Yu.V., Yamaletdinova A.A., Gabdullin A.R.</i>	278

УДК 544.34/.52:546.261:620.193

ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ГЕНЕРИРОВАНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

¹Скворцова Л.Н., ²Чухломина Л.Н., ²Болгару К.А., ¹Баталова В.Н., ¹Шашкина О.А.

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, e-mail: lnskvorcova@inbox.ru;

²Отдел структурной макрокинетики Томского научного центра СО РАН, Томск

Исследована возможность применения композитов на основе сиалона и нитрида кремния в совместных фотокаталитических процессах генерирования водорода и деградации растворимых органических веществ. Металлокерамические фотокатализаторы синтезированы методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза и охарактеризованы комплексом физико-химических методов. Для получения полупроводниковых соединений в состав исходной шихты вводили углеродсодержащую породу – шунгит. Методом рентгеновской дифракции изучено влияние величины добавки шунгита на фазовый состав полученных материалов. Показано, что применение шунгита в качестве инертной добавки в шихту в количестве 10–15% способствует полноте реакции азотирования ферросиликоалюминия и выходу нитрида кремния, сиалона, железа, а также образованию карбида кремния, обладающего полупроводниковыми свойствами. Исследованы кислотно-основные свойства поверхности композитов индикаторным методом Гаммета и Танабе. Проведена идентификация поверхностных центров. Показано, что на поверхности преобладают кислотные центры Бренстеда и основные центры Льюиса, сформированные фазами металлического железа, сиалона и нитрида кремния. Изучена фотоактивность металлокерамических композитов в присутствии H₂O₂ при воздействии УФ-излучения в процессе генерирования водорода при деградации органических загрязнителей (гидразин, щавелевая кислота). Железосодержащие композиты являются источниками железа для создания в растворе в присутствии H₂O₂ системы фото-Фентона, генерирующей супероксид-гидроксил радикалы. При добавлении H₂O₂ в раствор щавелевой кислоты в присутствии композитов происходит совмещение систем фото-Фентона/ферриоксалатная, усиливающих синтез ОН радикалов. Наибольшая производительность по выделению водорода достигнута при использовании раствора щавелевой кислоты в присутствии композита, отличающегося лучшими адсорбционными свойствами.

Ключевые слова: самораспространяющийся синтез, металлокерамические композиты, фотокатализ, генерирование водорода, гидразин, щавелевая кислота

IRON-CERAMIC COMPOSITES FOR PHOTOCATALYTIC HYDROGEN GENERATION FROM WATER CONTAINING ORGANIC POLLUTANTS

¹Skvortsova L.N., ²Chukhlomina L.N., ²Bolgaru K.A., ¹Batalova V.N., ¹Shashkina O.A.

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: lnskvorcova@inbox.ru;

²Department of Structural Macrokinetics of Tomsk Scientific Center of SB RAS, Tomsk

The application of SiAlON and silicon nitride-based composites has been investigated for the simultaneous photocatalytic production of hydrogen and degradation of organic compounds in a solution. The metal-ceramic photocatalysts were fabricated by self-propagating high-temperature synthesis and were characterized by the set of physicochemical methods. The carbon-contained shungite was added to the initial working mass in order to obtain semiconducting compounds. The effect of shungite on the phase composition of materials was studied by X-ray diffraction. It has been shown that the inert additive of shungite to the batch at a rate of 10–15% promotes the completeness of nitriding of aluminum ferrosilicon and enhances the yield of silicon nitride, SiAlON and iron; also, it encourages the formation of semiconducting silicon carbide. The surface redox properties have been studied using Hammett indicators following Tanabe method with spectrophotometric indication. The identification of surface active sites has also been done. It has been shown that the prevailing sites on the surface are Brønsted acidic and Lewis basic active sites formed by the phases of metallic iron, SiAlON and silicon nitride. The photocatalytic activity of metal-ceramic composites has been studied for the degradation of organic pollutants (hydrazine and oxalic acid) with simultaneous production of hydrogen in the presence of H₂O₂ under UV irradiation. The iron-ceramic composites serve as an iron precursor for the photo-Fenton system when there is H₂O₂ in the solution, which produces strong oxidizing hydroxyl radicals. In the presence of iron contained composites, the addition of H₂O₂ to an oxalic acid solution intensifies the production of hydroxyl radicals by the combination of the photo-Fenton and ferrioxalate systems. The highest hydrogen generation efficiency was achieved when using water solution of oxalic acid and the composite with the best adsorption results.

Keywords: self-propagating synthesis, metal-ceramic composites, photocatalysis, hydrogen generation/production, hydrazine, oxalic acid

Современной альтернативой топливной энергетике, базирующейся на использовании природных ресурсов – нефти, газа, угля, является водородная энергетика. Молекулярный водород привлекает большое

внимание как высокоэнергоемкое топливо, превосходящее все природные ресурсы и экологически чистое, поскольку единственным продуктом его окисления является водяной пар.

Получение водорода путём конверсии органических веществ имеет некоторые ограничения. Водород, получаемый такими некантовыми способами, содержит высокие концентрации трудноотделяемых примесей: CO, CO₂ и др. Для проведения реакций требуется создание высоких температур. При фотостимулированном выделении водорода используют энергию квантов видимого и ультрафиолетового излучения для восстановления водорода из воды. Солнечный свет при этом выступает как возобновляемый источник энергии. Наиболее широко представлен в литературе синтез водорода из воды с применением фотокатализаторов на основе оксидов титана, олова, сульфида кадмия или композиций на их основе: CdS-TiO₂, SnO₂-TiO₂ [1, 2].

В последние годы предложены эффективные фотокатализаторы для генерирования водорода в условиях видимого излучения. Так, авторами изучена композиция на основе нитрида тантала, модифицированного платиной и оксидом магния Pt/MgO-Ta₃N₅, позволяющая синтезировать молекулярный водород со скоростью 22,4 мкмоль/ч [3]. В работе показано, что графитовый нитрид углерода г-C₃N₄ является перспективным для производства водорода из воды или водных растворов красителей при воздействии видимого излучения [4]. При использовании ультратонких неметаллических нанолитов г-C₃N₄ достигается скорость выделения водорода из воды 189,3 мкмоль/ч. Значительно возрастает эффективность синтеза водорода в условиях видимого света и при использовании композитов на основе нитрида углерода Mn_{0,8}Cd_{0,2}S/г-C₃N₄, W₁₈O₄₉/г-C₃N₄ [5, 6].

Получать водород можно из растворимых органических загрязнителей: спирты, органические кислоты, галогенсодержащие и др. вещества. При этом будет достигаться одновременная очистка воды и генерирование водорода.

Нами было показано, что железосодержащие композиты на основе нитридов бора и кремния проявляют фотоактивность в процессах деградации растворимых органических веществ (РОВ), в частности щавелевой кислоты, формальдегида, фенольных соединений. Эффективность композитов связана с созданием в растворе различных фотокаталитических систем (фото-Фентона, ферриоксалатная и др.) посредством совмещения гетерогенного и гомогенного катализа. В работе показана возможность применения композитов на основе нитрида бора в совмещённых

фотокаталитических процессах деградации РОВ и генерирования водорода [7]. В качестве «расходных» органических реагентов были использованы карбоновые кислоты (муравьиная и щавелевая), гидразин, красители (эозин, флуоресцеин, метиленовый синий).

Цель настоящей работы – синтез и оценка фотокаталитической активности металло-керамических композитов на основе сиалона и нитрида кремния в совмещённых процессах генерирования водорода и деградации РОВ.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования: модифицированные композиты на основе сиалона и нитрида кремния, полученные методом самораспространяющегося синтеза (СВС) в отделе структурной макрокинетики Томского научного центра СО РАН. Фазовый состав материалов изучали методом рентгеновской дифракции (РД) на дифрактометре фирмы Shimadzu XRD6000 (Япония, «Shimadzu»). Для изучения морфологии и определения размера частиц исследуемых материалов использовали растровый электронный микроскоп HitachiTM-3000 с приставкой Quantax 70 для микро-рентгеноспектрального анализа. Кислотно-основные свойства поверхности композитов исследовали методом Гаммета и Танабе с использованием 16 индикаторов со значениями рКа в интервале -0,29...+12,8 (табл. 1) по методике, описанной в работе [8]. Кривые распределения количества центров адсорбции данной силы (q) строили в координатах $q_{pKa} = f(pK_a)$.

В качестве источника УФ излучения использовали ртутную лампу высокого давления ДРЛ-250 с наиболее интенсивной линией при 254 нм. Для выделения водорода использованы водные растворы органических загрязнителей – щавелевой кислоты (ХЧ, ГОСТ 22180-76) и гидразина сернокислого (ЧДА, ГОСТ 5841-74). Содержание щавелевой кислоты в реакционных системах контролировали методом перманганатометрического титрования.

Оценку фотокаталитической активности синтезированных композитов в процессе выделения водорода проводили по разработанной нами методике с использованием экспериментальной установки, которая подробно описана в работе [9]. Контроль газовой смеси и количества молекулярного водорода проводили методом газовой хроматографии на приборе «Кристалл 5000 – 1» (ЗАО СКБ «Хроматэк», 2007).

Результаты исследования и их обсуждение

В работе [7] нами было показано, что высокая фотокаталитическая активность композитов на основе нитрида бора связана с наличием в их составе фазы металлического железа и широкозонных полупроводниковых соединений (Fe₃C, MgC₂, Al₄C₃, SiC), обуславливающих керамической матрице оптические свойства. Частичное растворение железа при добавке реагентов-активаторов (H₂O₂, H₂C₂O₄) способствует возникновению гомогенного фотокатализа (системы фото-Фентона, ферриоксалатная).

Таблица 1

Характеристики использованных кислотно-основных индикаторов

Индикатор	pKa	λ_{max} , нм	Индикатор	pKa	λ_{max} , нм
<i>o</i> -Нитроанилин	-0,29	410	Бромкрезоловый пурпурный	+6,40	540
Кристаллический фиолетовый	+0,80	580	<i>n</i> -Нитрофенол	+7,15	360
Бриллиантовый зеленый	+1,30	610	Бромтимоловый синий	+7,30	430
<i>m</i> -Нитроанилин	+2,50	340	Тимоловый синий	+8,80	430
Метиловый оранжевый	+3,46	460	Пирокатехин	+9,45	274
Бромфеноловый синий	+4,10	590	Нильский голубой	+10,5	640
Метиловый красный	+5,00	430	Тропеолин 0	+12,0	440
Хризоидин	+5,50	448	Индигокармин	+12,8	610

Для повышения активности материалов на основе силана и нитрида кремния также представляло интерес введение в их состав углеродсодержащих соединений, обладающих полупроводниковыми свойствами. С этой целью состав исходной шихты, содержащей ферросиликоалюминий (ФСА), разбавляли шунгитом. ФСА был получен по «бездымному миниметаллургическому способу получения ферросплавов и лигатур» (СТ ТОО 38397431-001-2006). Он является комплексным раскислителем стали и восстановителем, используется в силикоалюмотермических процессах получения ферросплавов. По результатам химического анализа сплав содержит 60,1 % кремния, 13,3 % алюминия, остальное – железо. Исходный ферросплав представляет собой многофазный материал, состоящий из кремния, высокотемпературного лебита (FeSi_2), а также примесных фаз – $\text{Al}_{0,5}\text{Fe}_{0,5}$ и Al_2O_3 . Микрорентгеноспектральный анализ ФСА показал, что алюминий находится в составе твердого раствора на основе FeSi_2 , образуя две фазы: $\text{FeSi}_{2,22}\text{Al}_{0,4}$ и $\text{FeSi}_{1,6}\text{Al}_{2,2}$.

Шунгит является инертной добавкой, поскольку не подвергается азотированию, включает 53–58 % SiO_2 и около 30 % углерода и может увеличить глубину протекания реакции, то есть выход силана/нитрида кремния и железа, уменьшая долю промежуточных продуктов – силицидов железа. Значительное содержание углерода в шунгите может приводить к образованию карбидов. Долю шунгита в шихте варьировали в интервале 0–30 %. Синтез образцов осуществляли по методике, описанной в работе [10].

Перед проведением процесса СВС исходные порошки сушили в вакуумном сушильном шкафу при температуре 150–200 °С для удаления влаги и летучих примесей. Приготовленную шихту засыпали в газопроницаемые цилиндрические трубки

диаметром 40 мм и сжигали в установке постоянного давления при 4 МПа. Воспламенение образцов осуществляли от порошкообразной поджигающей смеси с помощью вольфрамовой спирали, через которую пропускали электрический ток. После прохождения волны горения образец выдерживали в установке в течение 30 мин до полного охлаждения и доазотирования.

Как показали исследования, увеличение доли шунгита более 10 мас. % при азотировании ФСА позволяет перевести нестационарный режим горения в стационарный, а продукт горения представляет собой однородный по всему объему пористый материал. Организовать процесс горения ФСА при разбавлении шихты более 30 мас. % не удалось. С увеличением добавки шунгита скорость распространения волны горения падает. Причём, количество поглощаемого азота заметно уменьшается при увеличении степени разбавления шихты в интервале 10–30 % (рис. 1). По-видимому, разбавление шихты шунгитом приводит к двойному эффекту. С одной стороны, увеличение инертной добавки снижает температуру горения, о чем свидетельствуют термограммы процесса. Уменьшение температуры горения происходит вследствие того, что в процессе азотирования общая реакционная масса увеличивается, а инертный разбавитель не вносит вклад в тепловыделение. С другой стороны, разбавление влияет на характер фильтрации азота в шихте. При увеличении добавки шунгита замедляются процессы спекания в материале, что повышает газопроницаемость образца.

Таким образом, получение продукта с наибольшей глубиной превращения и более однородной макроструктурой достигается при разбавлении шихты шунгитом на 15 мас. % (рис. 1). Фазовый состав продуктов горения существенно зависит от количества инертной добавки.

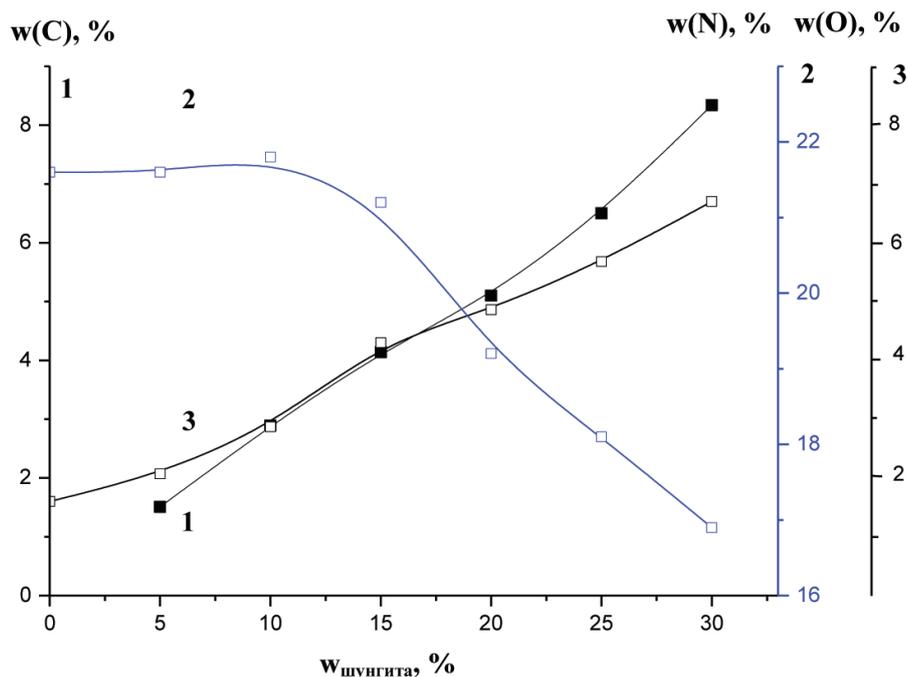


Рис. 1. Зависимость массовой доли (%) углерода (1), азота (2) и кислорода (3) в продуктах горения ферросиликоалюминия от величины добавки шунгита

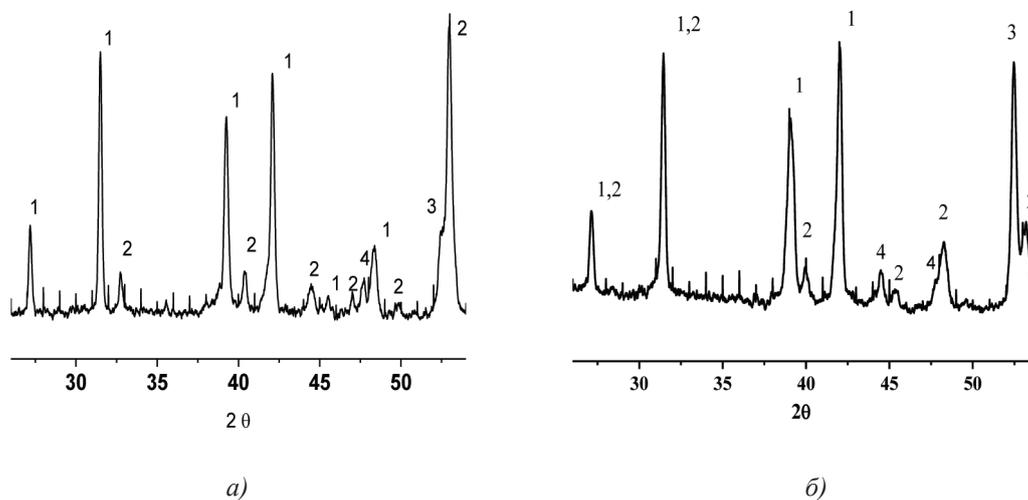


Рис. 2. Фрагменты рентгенограмм композиционных материалов, синтезированных с различными добавками шунгита, мас. %: 0% – а; 10% – б (1 – Si_3N_4 , 2 – $\beta\text{-Si}_3\text{Al}_3\text{O}_3\text{N}_5$, 3 – Fe_2Si , 4 – $\alpha\text{-Fe}$)

На рис. 2 приведены фрагменты рентгенограмм синтезированных образцов. Композиты включают следующие фазы: $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$, $\beta\text{-Si}_3\text{Al}_3\text{O}_3\text{N}_5$, $\alpha\text{-Fe}$, Fe_2Si . Видно (рис. 2, а), что в отсутствие шунгита фаза $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ преобладает над фазой $\beta\text{-Si}_3\text{Al}_3\text{O}_3\text{N}_5$. Аналогичная закономерность наблюдается и при

небольшой его добавке (5%). При 10%-ном разбавлении (рис. 2, б) количество сиалоновой и нитридкремниевой фаз становится практически одинаковым.

При введении в шихту 15 мас. % шунгита рефлексы $\beta\text{-Si}_3\text{Al}_3\text{O}_3\text{N}_5$ значительно преобладают над рефлексами $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$, а продук-

ты горения практически не имеют в своем составе исходных реагентов. Увеличение рефлекса продукта синтеза – фазы α -железа указывает на более глубокое протекание реакции. Дальнейшее разбавление шихты шунгитом приводит к значительному снижению температуры синтеза и вследствие этого к понижению степени азотирования. При этом в продуктах горения наблюдается значительное количество непрореагировавших исходных компонентов (Fe_2Si).

Методом растровой электронной микроскопии установлено, что гранулы образцов, синтезированных с добавками шунгита, имеют округлую форму и представляют собой агломераты частиц с большим разбросом по размерам зерна (1–5 мкм). В образце № 6 наблюдается более равномерное распределение фазы железа по поверхности (2,6–2,7%), чем в образце № 3 (1,8–2,6%).

Для идентификации и оценки поверхностных активных центров синтезированных композитов методом Гаммета и Танабэ были исследованы кислотно-основные центры Al_2O_3 и металлического железа (рис. 3).

В композите № 3 (10% шунгита), где преобладает фаза Si_3N_4 , наблюдается большее количество основных центров Льюиса ($\text{pK}_a = -0,29$) и кислотных центров Бренстеда ($\text{pK}_a 0-7$). Причём наибольшее количество центров наблюдается при $\text{pK}_a = 6,4$, сформированных фазой металлического железа. Распределение центров адсорбции (РЦА) по поверхности композита № 6 (25% шунгита) с преобладающей фазой

$\beta\text{-Si}_3\text{Al}_3\text{O}_3\text{N}_5$ коррелирует с РЦА на поверхности Al_2O_3 . Это указывает на доминирующее участие алюминия и кислорода в формировании активных центров поверхности.

В табл. 2 представлены результаты получения водорода в процессе деградации гидразина и щавелевой кислоты в присутствии композитов № 3 и 6. Пероксид водорода добавляли для создания фотоактивной системы Фентона, генерирующей суперокислитель – $\cdot\text{OH}$ радикал. Известно, что гидразин может окисляться до диимида, который легко разрушается с образованием H_2 : $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{Ox} \rightarrow \text{N}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{N}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2$. Добавление H_2O_2 в раствор $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ приводит к совмещению систем фото-Фентона/ферриоксалатная, усиливающему синтез $\cdot\text{OH}$ радикалов, вследствие чего происходит окислительное фоторазложение $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с выделением водорода. Более высокая производительность получения водорода из раствора щавелевой кислоты ($\text{pK}_{a1} = 1,25$; $\text{pK}_{a2} = 4,27$) может быть обусловлена её хорошей адсорбцией (30–40%) на бренстедовских кислотных центрах композитов в отличие от гидразина ($\text{pK}_a = 7,97$), адсорбция которого практически не происходит. Следует также подчеркнуть, что активность композитов № 3 и 6, синтезированных с добавкой шунгита, выше независимо от природы органического загрязнителя, что может быть связано с наличием карбидов металлов, обуславливающих оптическую активность матрицы в условиях УФ-излучения.

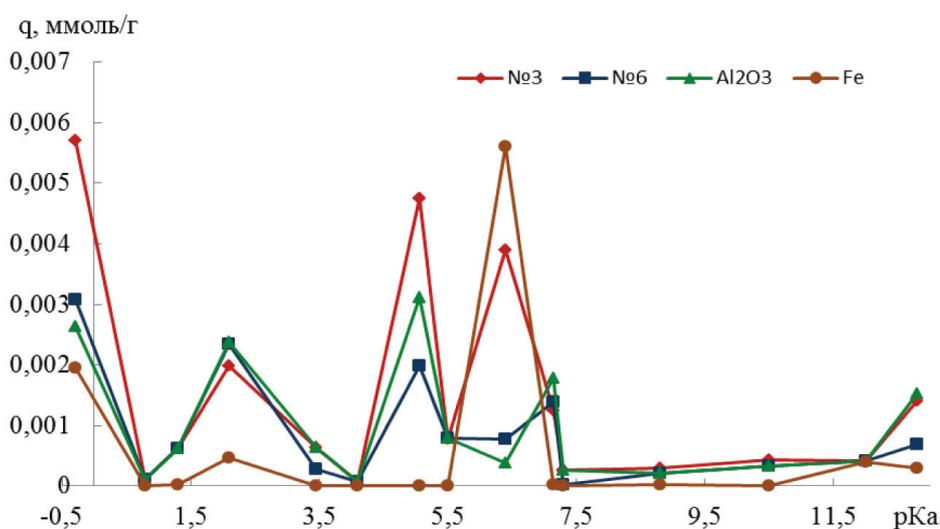


Рис. 3. Распределение центров адсорбции индикаторов на поверхности композитов и их отдельных фаз

Таблица 2

Результаты фотокаталитического генерирования водорода из гидразина и щавелевой кислоты в условиях системы фото-Фентона ($m_{kt} = 0,2$ г; $v_{p-pa} = 20$ мл)

№ образца	Состав раствора	$W_{H_2}, \%$	Скорость выделения H_2 , мл/ч	V_{H_2} , мкмоль/Г·ч
1	0,1 $MN_2H_4 + 0,01$ MH_2O_2	0,163	0,98	218
	0,05 $MH_2C_2O_4 + 0,01$ MH_2O_2	0,220	1,30	295
3	0,1 $MN_2H_4 + 0,01$ MH_2O_2	0,307	1,84	411
	0,05 $MH_2C_2O_4 + 0,01$ MH_2O_2	0,453	2,78	620
6	0,1 $MN_2H_4 + 0,01$ MH_2O_2	0,189	1,13	253
	0,05 $MH_2C_2O_4 + 0,01$ MH_2O_2	0,324	1,94	433

Выводы

1. Методом СВС получены железосо-держащие композиты на основе сиалона и нитрида кремния, проявляющие фотокаталитическую активность в процессах получения водорода из растворов щавелевой кислоты и гидразина.

2. Методом рентгеновской дифракции установлен фазовый состав композитов. Применение шунгита в качестве инертной добавки в шихту в количестве 10–15% способствует полноте реакции азотирования ферросиликоалюминия и выходу нитрида кремния, сиалона и железа. Добавка шунгита приводит к уменьшению промежуточных продуктов – силицидов железа и образованию карбида кремния, обладающего полупроводниковыми свойствами.

3. Индикаторным методом Гаммета и Танабэ проведена идентификация и оценка количества активных центров композитов. Показано, что на поверхности преобладают кислотные центры Бренстеда и основные центры Льюиса.

4. Наибольшая производительность по выделению молекулярного водорода (620 мкмоль/г·ч) достигнута при использовании раствора щавелевой кислоты в присутствии композита № 3, отличающегося лучшими адсорбционными свойствами.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (проект V.45.2.7, № АААА-А17-117070420015-6) при частичной поддержке РФФИ (проект № 16-03-00635 а.).

Список литературы

- Chiarello G.L., Selli E., Forni L. Photocatalytic hydrogen production over flame spray pyrolysis-synthesised TiO_2 and Au/TiO_2 // Appl. Catal. B: Environmental. – 2008. – V. 84. – P. 332–339.
- Козлова Е.А. Гетерогенные полупроводниковые фотокатализаторы процессов получения водорода из водных растворов доноров электронов / Е.А. Козлова, В.Н. Пармон // Успехи химии. – 2017. – Т. 86, № 9. – С. 870–906.

- Chen S., Qi Y., Ding Q., Li Z., Cui J., Zhang F., Li C. Magnesia interface nanolayer modification of Pt/Ta_3N_5 for promoted photocatalytic hydrogen production under visible light irradiation // J. of Catalysis. – 2016. – Vol. 339. – P. 77–83.

- She X., Song Y., Xu H., Zhang P., Mo Z., Liu L., Du D., Li H. Template-free synthesis of 2D porous ultrathin nonmetal-doped $g-C_3N_4$ nanosheets with highly efficient photocatalytic H_2 evolution from water under visible light // Applied Catalysis B: Environmental. – 2016. – Vol. 187. – P. 144–153.

- Liu H., Zhang Z., Meng J., Zhang J. Novel visible-light driven $Mn_{0.8}Cd_{0.2}S/g-C_3N_4$ composites: Preparation and efficient photocatalytic hydrogen production from water without noble metals // Applied Catalysis A: General. – 2016. – Vol. 518. – P. 150–157.

- Song K., Xiao F., Zhang L., Yue F., Liang X., Wang J., Su X. $W_{18}O_{49}$ nanowires grown on $g-C_3N_4$ sheets with enhanced photocatalytic hydrogen evolution activity under visible light // J. of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2016. – Vol. 418–419. – P. 95–102.

- Skvortsova L.N., Batalova V.N., Chuklomina L.N., Mokrousov G.M. Catalytic Use of Composites Based on Boron Nitride in Combined Photocatalytic Process for Generation of Hydrogen and Degradation of Soluble Organic Substances // Russian J. Appl. Chemistry. – 2014. – Vol. 87. – № 5. – P. 561–566.

- Нечипоренко А.П. Донорно-акцепторные свойства поверхности твердофазных систем. Индикаторный метод. – СПб.: Изд-во Лань, 2017. – 284 с.

- Исследование возможности получения водорода в процессах фотокаталитической деградации органических загрязнителей воды с использованием Fe-содержащих композитов / В.Н. Баталова [и др.] // Вестник ТГУ. – 2013. – № 366. – С. 197–200.

- Чухломина Л.Н., Болгару К.А., Аврамчик А.Н. СВ-синтез композиционной керамики на основе β -сиалона с использованием сплава Fe-Si-Al // Огнеупоры и техническая керамика. – 2013. – № 1–2. – С. 15–19.

References

- Chiarello G.L., Selli E., Forni L. Photocatalytic hydrogen production over flame spray pyrolysis-synthesised TiO_2 and Au/TiO_2 // Appl. Catal. B: Environmental. 2008. V. 84. pp. 332–339.
- Kozlova E.A. Geterogennyye poluprovodnikovyye fotokatalizatoryy processov polucheniya vodoroda iz vodnykh rastvorov donorov jelektronov / E.A. Kozlova, V.N. Parmon // Uspehi himii. 2017. T. 86, no. 9. pp. 870–906.
- Chen S., Qi Y., Ding Q., Li Z., Cui J., Zhang F., Li C. Magnesia interface nanolayer modification of Pt/Ta_3N_5 for promoted photocatalytic hydrogen production under visible light irradiation // J. of Catalysis. 2016. Vol. 339. pp. 77–83.
- She X., Song Y., Xu H., Zhang P., Mo Z., Liu L., Du D., Li H. Template-free synthesis of 2D porous ultrathin nonmetal-

doped g-C₃N₄ nanosheets with highly efficient photocatalytic H₂ evolution from water under visible light // *Applied Catalysis B: Environmental*. 2016. Vol. 187. pp. 144–153.

5. Liu H., Zhang Z., Meng J., Zhang J. Novel visible-light driven Mn_{0.8}Cd_{0.2}S/g-C₃N₄ composites: Preparation and efficient photocatalytic hydrogen production from water without noble metals // *Applied Catalysis A: General*. 2016. Vol. 518. pp. 150–157.

6. Song K., Xiao F., Zhang L., Yue F., Liang X., Wang J., Su X. W₁₈O₄₉ nanowires grown on g-C₃N₄ sheets with enhanced photocatalytic hydrogen evolution activity under visible light // *J. of Molecular Catalysis A: Chemical*. 2016. Vol. 418–419. pp. 95–102.

7. Skvortsova L.N., Batalova V.N., Chuklomina L.N., Mokrousov G.M. Catalytic Use of Composites Based on Boron

Nitride in Combined Photocatalytic Process for Generation of Hydrogen and Degradation of Soluble Organic Substances // *Russian J. Appl. Chemistry*. 2014. Vol. 87. no. 5. pp. 561–566.

8. Nechiporenko A.P. Donorno-akceptornye svoystva poverhnosti tverdogfaznyh sistem. Indikatornyj metod. Spb.: Izd-vo Lan, 2017. 2843 p.

9. Issledovanie vozmozhnosti poluchenija vodoroda v processah fotokataliticheskoj degradacii organicheskikh zagryaznitelej vody s ispol'zovaniem Fe-soderzhashhih kompozitov / V.N. Batalova [i dr.] // *Vestnik TGU*. 2013. no. 366. pp. 197–200.

10. Chuhlomina L.N., Bolgaru K.A., Avramchik A.N. SV-sintez kompozicionnoj keramiki na osnove β-sialona s ispol'zovaniem splava Fe-Si-Al // *Ogneupory i tehniceskaja keramika*. 2013. no. 1–2. pp. 15–19.

УДК 543.062/545:615.211:612.35

**КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИДОКАИНА И БУПИВАКАИНА
В ТКАНИ ПЕЧЕНИ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФЕРЕЗА****¹Смирнова А.В., ¹Фомин А.Н., ²Семёнов М.Б., ¹Каджоян Л.В.**¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Ярославль, e-mail: pharmchem.yma@yandex.ru;²ООО «Тakeda Фармасьютикалс», Ярославль, e-mail: semenov.mb@yandex.ru

Разработана методика количественного определения лидокаина и бупивакаина методом капиллярного электрофореза («Капель-105», ООО «Люмекс-Центрум», г. Санкт-Петербург). Предложенная методика линейна (коэффициенты корреляции составили 0,9991 и 0,9997 для лидокаина и бупивакаина соответственно), а также характеризуется удовлетворительной повторяемостью и воспроизводимостью (коэффициент вариации не превышает 1%, а относительная ошибка среднего результата – 1,08%). Изучены условия экстракции исследуемых анестетиков из водных растворов с учетом влияния природы экстрагента, pH среды, кратности и объема экстрагирования. Установлено, что наибольший процент экстракции наблюдается с использованием в качестве экстрагента хлороформа при pH 10,0 (бупивакаин), pH 9,0 (лидокаин), при соотношении водной и органической фаз 1:1, кратности экстрагирования равной трем и составляет 94,71% и 80,43% для бупивакаина и лидокаина соответственно. Дана сравнительная оценка методов выделения исследуемых веществ из ткани печени с использованием извлекателей: раствора щавелевой кислоты, pH 2,0, раствора уксусной кислоты, pH 2,0 и раствора трихлоруксусной кислоты (ТХУК), pH 1,0. Наибольшая степень выделения наблюдается с извлекателем – раствором щавелевой кислоты, pH 2,0 и составила 69,20% и 64,82% для лидокаина и бупивакаина соответственно. При этом граница определения составила 0,5 мкг, а граница обнаружения 0,1 мкг исследуемых веществ в 1,0 г ткани печени. Разработанные методики количественного определения лидокаина и бупивакаина в ткани печени являются валидными по критерию повторяемости результатов измерений в пределах рекомендуемых аналитических областей, а также обладают высокой чувствительностью, селективностью и экспрессностью и могут быть рекомендованы для проведения судебно-химического (химико-токсикологического) и клинического лабораторного анализов.

Ключевые слова: лидокаин, бупивакаин, ткань печени, капиллярный электрофорез**QUANTITATIVE DETERMINATION OF LIDOCAINE AND BUPYUVACINE
IN THE LIVER TISSUE BY THE METHOD OF CAPILLARY ELECTROPHORESIS****¹Smirnova A.V., ¹Fomin A.N., ²Semenov M.B., ¹Kadzhoyan L.V.**¹Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, e-mail: pharmchem.yma@yandex.ru;²ООO Takeda Pharmaceuticals, Yaroslavl, e-mail: semenov.mb@yandex.ru

A method for quantitative determination of lidocaine and bupivacaine by the method of capillary electrophoresis (Kapel-105, Lumex-Centrum, St. Petersburg) was developed. The proposed methodology is linear (the correlation coefficients are 0.9991 and 0.9997 for lidocaine and bupivacaine, respectively), and is characterized by satisfactory repeatability and reproducibility (the coefficient of variation does not exceed 1%, and the relative error of the mean result is 1.08%). The extraction conditions of the investigated anesthetics from aqueous solutions were studied taking into account the influence of the nature of the extractant, the pH of the medium, the multiplicity and the volume of extraction. It was found that the highest extraction percentage was observed using chloroform as an extractant at pH 10.0 (bupivacaine), pH 9.0 (lidocaine), a ratio of the aqueous and organic phases of 1:1, the extraction rate was three and equal to 94.71% and 80.43% for bupivacaine and lidocaine, respectively. A comparative evaluation of the methods for isolation of test substances from liver tissue using extractors is oxalic acid solution, pH 2.0, acetic acid solution, pH 2.0 and trichloroacetic acid solution (TCAA), pH 1.0. The highest degree of excretion is observed with the extractor – a solution of oxalic acid, pH 2.0 and amounted to 69.20% and 64.82% for lidocaine and bupivacaine, respectively. The detection limit was 0.5 µg, and the limit of qualitative determination was 0.1 µg of the test substances in 1.0 g of liver tissue. The developed methods for the quantitative determination of lidocaine and bupivacaine in liver tissue are valid according to the criteria for the repeatability of measurement results within the recommended analytical areas, and also have high sensitivity, selectivity and rapidity and can be recommended for forensic chemistry and clinical laboratory analysis.

Keywords: lidocaine, bupivacaine, tissue of liver, capillary electrophoresis

В последние годы в медицинской практике использование местных анестетиков стало довольно распространенным явлением. В первую очередь это связано с появлением местноанестезирующих лекарственных средств амидного типа (лидокаин, мепивакаин, бупивакаин, ропивакаин и др.), которые открыли новые возможности для повышения эффективности и безопасности контроля над болью. Кроме этого, развитие

некоторых видов местной анестезии, таких как спинномозговая, эпидуральная и др., привело к увеличению числа хирургических операций на амбулаторных больных, а также к появлению новых, вызывающих меньшее кровотечение хирургических техник [1–3].

В то же время местные анестетики по частоте развития лекарственных осложнений стабильно занимают одно из первых мест. Побочные эффекты токсического ха-

рактера развиваются, как правило, на фоне повышенных концентраций препарата в крови при использовании их в дозах, превышающих рекомендуемые, при случайном попадании в сосудистое русло или быстром введении препарата, а также индивидуальной непереносимости [1, 3].

При отравлении местноанестезирующими средствами патологоанатомическая картина не характерна. Для выявления причины смерти лиц, принимавших анестетики, решающее значение приобретают результаты химико-токсикологического (судебно-химического) исследования. В то же время в клинической хирургической практике в ряде случаев возникает потребность проведения лабораторного анализа препарата в биологических средах [4]. В связи с этим актуальной задачей является разработка экспрессных, высокочувствительных и селективных методик анализа исследуемых соединений в биологических объектах.

Несмотря на значительное число работ, посвященных анализу местных анестетиков, продолжают оставаться актуальными вопросы исследования в области разработки новых и совершенствования существующих методик их химико-токсикологического анализа. Одним из современных и перспективных аналитических методов, отвечающих требованиям судебно-химической (химико-токсикологической) практики и клинической лабораторной диагностики, является капиллярный электрофорез (КЭ), характеризующийся сочетанием разделения веществ с последующей их детекцией в УФ-области спектра непосредственно в кварцевом капилляре. Метод отличается простым аппаратным оформлением и доступными расходными материалами [4–6].

В связи с вышеизложенным целью исследования явилось изучение возможности количественного определения лидокаина и бупивакаина в ткани печени методом капиллярного электрофореза.

Исследования проводили с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105» (ООО «Люмекс-Центрум»,

г. Санкт-Петербург). Ранее нами были установлены электрофоретические условия анализа исследуемых местных анестетиков (МА): рабочий электролит (РЭ) – буферный раствор Бриттона – Робинсона, рН 2,3; растворитель пробы (РП) – РЭ, разбавленный в 10 раз водой очищенной; ввод пробы – гидродинамическим способом (30 мбар x 15 сек); напряжение – +20 кВ; детектирование – при длине волны 200 нм; запись и обработка электрофореграмм (ЭФГ) – с помощью программного обеспечения «МультиХром для Windows» [4, 6, 7].

При разработке методики количественного определения МА методом КЭ готовили серию стандартных растворов МА в РП, содержащих от 0,5 до 20 мкг исследуемого вещества в 1 мл пробы и проводили электрофорез на приборе «Капель-105». Фотометрические сигналы (площади пиков) использовали для построения калибровочных графиков. При этом наблюдалась линейная зависимость величины фотометрического сигнала от концентрации МА в пробе. На основе полученных данных рассчитывали уравнения калибровочных графиков – $y = 1,454x + 0,39$ ($r^2 = 0,9991$) для лидокаина и $y = 1,085x - 0,055$ ($r^2 = 0,9997$) для бупивакаина. Коэффициенты корреляции близки к единице, что подтверждает линейность методик в указанном диапазоне концентраций.

Для валидационной оценки методики количественного определения МА методом КЭ по уравнению калибровочного графика проводили электрофорез анестетиков с концентрацией 20, 10 и 1,0 мкг/мл в приведенных выше условиях. На ЭФГ определяли площади пиков и по уравнению калибровочного графика рассчитывали концентрации МА. При статистической обработке данных, полученных при количественном определении МА на трех уровнях концентраций (табл. 1, 2), отражается вполне удовлетворительная повторяемость и воспроизводимость результатов в пределах рекомендуемой аналитической области. Коэффициент вариации не превышает 1%, а относительная ошибка среднего результата – 1,08%.

Таблица 1

Воспроизводимость результатов методики количественного определения бупивакаина методом КЭ

Концентрация бупивакаина, мкг/мл	Метрологические характеристики (n = 5)					
	\bar{x}	S	CV%	$S_{\bar{x}}$	$\Delta\bar{x}$	$\bar{\epsilon}\%$
1,0	98,20	0,84	0,86	0,38	1,06	1,08
10,0	98,80	0,67	0,68	0,30	0,83	0,84
20,0	99,00	0,56	0,57	0,25	0,70	0,71

Таблица 2

Воспроизводимость результатов методики количественного определения лидокаина методом КЭ

Концентрация лидокаина, мкг/мл	Метрологические характеристики (n = 5)					
	\bar{x}	S	CV%	S \bar{x}	$\Delta\bar{x}$	$\bar{\epsilon}\%$
1,0	99,84	0,74	0,74	0,33	0,92	0,92
10,0	100,04	0,54	0,54	0,24	0,67	0,67
20,0	100,14	0,64	0,64	0,29	0,80	0,80

Таблица 3

Сравнительная характеристика методов выделения МА из ткани печени

Экстрагент	Внесено МА в 1,0 г печени, мкг	Определено МА (\bar{x} , %; n = 5)	
		Лидокаин	Бупивакаин
		%	%
Раствор щавелевой кислоты, pH 2,0	100,0	69,20	64,82
Раствор уксусной кислоты, pH 2,0	100,0	58,48	51,59
Раствор трихлоруксусной кислоты, pH 1,0	100,0	44,17	40,99
Контрольный опыт	–	–	–

Выделение и определение лекарственных средств в биологических объектах является одной из самых сложных задач судебно-химического (химико-токсикологического) и клинического лабораторного анализов. Трудность обусловлена изолированием микрограммовых количеств исследуемых соединений из биосубстратов и их очисткой от соэкстрактивных веществ [4, 7].

Предварительно нами были изучены условия экстракции анестетиков из водных растворов в зависимости от pH среды, природы органического растворителя, объема экстрагента и кратности экстрагирования. По результатам исследования установлено, что наибольший процент экстракции наблюдается с использованием в качестве экстрагента хлороформа при pH 10,0 (бупивакаин) и pH 9,0 (лидокаин), соотношении водной и органической фаз 1:1, кратности экстрагирования равной трем и составляет 94,71% и 80,43% для бупивакаина и лидокаина соответственно.

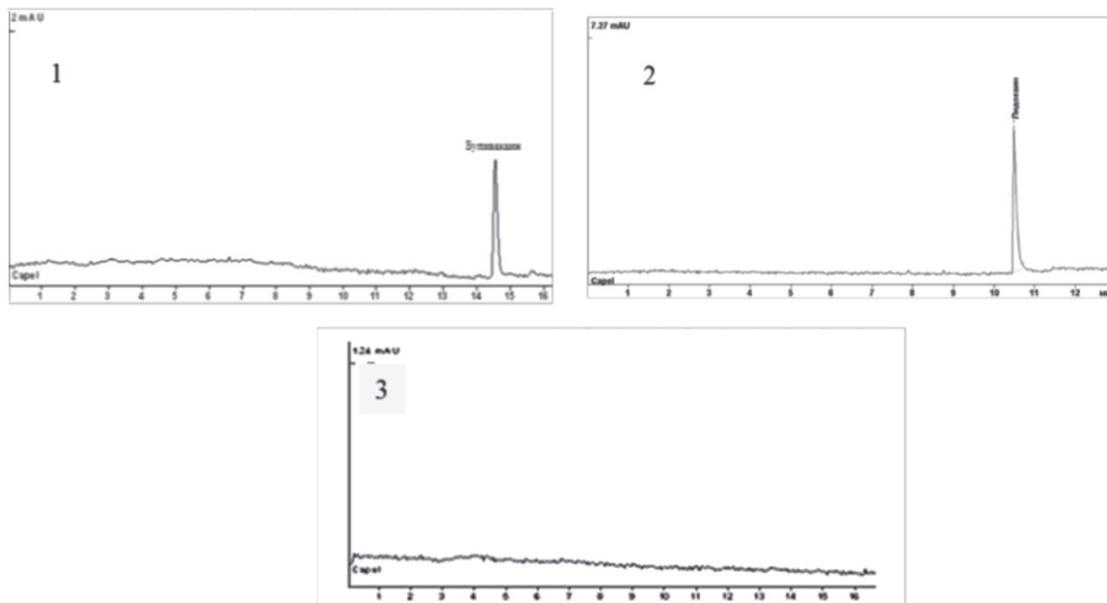
Также было проведено сравнительное изучение методов выделения искомым соединений с использованием извлекаемых: раствора щавелевой кислоты, pH 2,0, раствора уксусной кислоты, pH 2,0 и раствора трихлоруксусной кислоты (ТХУК), pH 1,0. Исследования проводили по следующему методике: к 1 г мелкоизмельченной ткани печени добавляли 1 мл 0,01% стандартных растворов МА, содержащих 100 мкг вещества в пробе, и перемешивали. Через 1 час к смеси добавляли 7 мл одного из вышеперечисленных извлекаемых, перемешивали и оставляли на 1 час при периодическом перемешивании. Вытяж-

ку центрифугировали (6000 об/мин, 10 мин). Надосадочную жидкость отделяли, добавляли 25% раствор аммония гидроксида до pH 10,0 (бупивакаин) или pH 9,0 (лидокаин) по универсальной индикаторной бумаге и проводили жидкостное экстрагирование хлороформом (10 мл x 3, 10 мин). Хлороформные экстракты отделяли и оставляли в сухом защищенном от света месте для испарения. Сухие остатки при исследовании бупивакаина растворяли в 1,0 мл РП, при исследовании лидокаина – в 1 мл хлороформа и проводили реэкстрагирование 1 мл РП. Полученные реэкстракты центрифугировали (10000 об/мин, 10 мин) и количественно определяли методом КЭ в приведенных выше условиях.

Результаты исследований (табл. 3) показали, что наибольшая степень извлечения из ткани трупной печени наблюдается при использовании в качестве экстрагента раствора щавелевой кислоты, pH 2,0 и составляет 64,82% для бупивакаина и 69,20% для лидокаина.

При этом выбранные условия пробоподготовки позволяют эффективно провести очистку исследуемых оснований от соэкстрактивных веществ ткани печени (рисунок).

Для определения чувствительности методики количественного определения МА в биосубстрате к 1 г мелкоизмельченной ткани печени добавляли аликвоты стандартных растворов МА, содержащих определенное количество вещества в пробе. Дальнейшее выделение и определение осуществляли согласно разработанной методике. Результаты исследований представлены в табл. 4.



ЭФГ бупивакаина (1) и лидокаина (2), выделенных из ткани печени; контрольный опыт (3).
 Экстрагент – раствор щавелевой кислоты, pH 2,0 («Капель – 105»)

Таблица 4

Количественное определение МА в тканях трупной печени

№ п/п	Внесено МА в 1 г ткани печени, мкг	Определено МА					
		Бупивакаин			Лидокаин		
		мкг	%	Метрологические характеристики	мкг	%	Метрологические характеристики
1	20,0	13,21	66,04	$\bar{x} = 66,04$ $S = 0,97$ $CV = 1,47\%$ $S\bar{x} = 0,43$ $\bar{x} \pm \Delta\bar{x} = 66,04 \pm 1,20$ $\bar{\epsilon} = 1,82\%$	13,84	69,20	$\bar{x} = 69,20$ $S = 1,08$ $CV = 1,55\%$ $S\bar{x} = 0,48$ $\bar{x} \pm \Delta\bar{x} = 69,20 \pm 1,34$ $\bar{\epsilon} = 1,93\%$
2	1,0	0,656	65,60	$\bar{x} = 65,60$ $S = 0,55$ $CV = 0,84\%$ $S\bar{x} = 0,25$ $\bar{x} \pm \Delta\bar{x} = 65,60 \pm 0,70$ $\bar{\epsilon} = 1,07\%$	0,67	67,29	$x = 67,29$ $S = 0,31$ $CV = 0,47\%$ $S\bar{x} = 0,14$ $\bar{x} \pm \Delta\bar{x} = 67,29 \pm 0,40$ $\bar{\epsilon} = 0,59\%$
3	0,5	0,316	63,20	$\bar{x} = 63,20$ $S = 1,10$ $CV = 1,74\%$ $S\bar{x} = 0,49$ $\bar{x} \pm \Delta\bar{x} = 63,20 \pm 1,36$ $\bar{\epsilon} = 2,15\%$	0,33	66,52	$x = 66,52$ $S = 0,45$ $CV = 0,68\%$ $S\bar{x} = 0,20$ $\bar{x} \pm \Delta\bar{x} = 66,52 \pm 0,56$ $\bar{\epsilon} = 0,84\%$
4	0,1	+	–	–	+	–	–

Примечание. (+) – количество вещества ниже предела количественного определения.

Таким образом, разработанные методики количественного определения лидокаина и бупивакаина в ткани печени характеризуются удовлетворительной повторяемостью

в пределах данной аналитической области по критерию воспроизводимости (стандартное отклонение среднего результата) и позволяют определить 63,20–66,04%

бупивакаина и 69,20–66,52% лидокаина. При этом граница определения составила 0,5 мкг, а граница обнаружения – 0,1 мкг обоих веществ в 1 г ткани печени.

Выводы

1. Проведена сравнительная характеристика методов выделения исследуемых местных анестетиков из ткани печени. При этом наибольшая степень выделения наблюдается при использовании в качестве извлекателя раствора щавелевой кислоты, рН 2,0. Граница определения составила 0,5 мкг, а граница обнаружения – 0,1 мкг исследуемых веществ в 1,0 г ткани печени.

2. Разработанные методики количественного определения лидокаина и бупивакаина в ткани печени являются валидными по критерию повторяемости результатов измерений в пределах рекомендуемых аналитических областей.

3. Предложенные методики выделения и определения исследуемых местных анестетиков высокочувствительны, селективны и могут быть рекомендованы для проведения судебно-химического (химикотоксикологического) и клинического лабораторного анализов.

Список литературы

1. Калви Т.Н. Фармакология для анестезиолога / Т.Н. Калви, Н.Е. Уильямс: пер. с англ. – М.: БИНОМ, 2007. – 176 с.
2. Местная анестезия. Практическое руководство / М. Малрой, К.М. Бернардс, С.Б. Макдональд, Ф.В. Салинас. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 400 с.
3. Рафмелл Д.П. Регионарная анестезия: Самое необходимое в анестезиологии / Д.П. Рафмелл, Д.М. Нил, К.М. Ви-

скоуми; пер. с англ.; под общ. ред. А.П. Зильбера, В.В. Мальцева. – 3-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2013. – 272 с.

4. Джурко Ю.А. Исследование артикаина в биологических объектах методом капиллярного электрофореза: автореф. дис. ... канд фарм. наук. – Москва, 2006. – 26 с.

5. Комарова Н.В. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» / Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев. – СПб.: ООО «Вед», 2006. – 212 с.

6. Идентификация артикаина и бупивакаина методом капиллярного электрофореза / А.Н. Фомин [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2010. – № 7. – С. 68–72.

7. Идентификация ряда азотсодержащих соединений основного характера в присутствии соэкстрактивных веществ мочи и крови методом капиллярного электрофореза / А.Н. Фомин [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 2010. – Т. 44, № 9. – С. 46–48.

References

1. Kalvi T.N. Farmakologija dlja anesteziologa / T.N. Kalvi, N.E. Uiljams: per. s angl. M.: BINOM, 2007. 176 p.
2. Mestnaja anestezija. Prakticheskoe rukovodstvo / M. Malroj, K.M. Bernards, S.B. Makdonald, F.V. Salinas. M.: BINOM. Laboratorija znaniy, 2014. 400 p.
3. Rafmell D.P. Regionarnaja anestezija: Samoe neobhodimoe v anesteziologii / D.P. Rafmell, D.M. Nil, K.M. Viskoumi; per. s angl.; pod obshh. red. A.P. Zilbera, V.V. Malceva. 3-e izd. M.: MEDpress-inform, 2013. 272 p.
4. Dzhurko Ju.A. Issledovanie artikaina v biologicheskikh objektah metodom kapilljarnogo jelektroforeza: avtoref. dis. ... kand farm. nauk. Moskva, 2006. 26 p.
5. Komarova N.V. Prakticheskoe rukovodstvo po ispolzovaniju sistem kapilljarnogo jelektroforeza «KAPEL» / N.V. Komarova, Ja.S. Kamencev. SPb.: ООО «Veda», 2006. 212 p.
6. Identifikacija artikaina i bupivakaina metodom kapilljarnogo jelektroforeza / A.N. Fomin [i dr.] // Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii. 2010. no. 7. pp. 68–72.
7. Identifikacija rjada azotsoderzhashhij soedinenij osnovnogo haraktera v prisutstvii sojekstraktivnyh veshhestv mochi i krovi metodom kapilljarnogo jelektroforeza / A.N. Fomin [i dr.] // Himiko-farmaceuticheskij zhurnal. 2010. T. 44, no. 9. pp. 46–48.

УДК 546-328

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ ДИЛИМОННОБОРНОЙ КИСЛОТЫ

¹Тютрина С.В., ¹Мясникова Н.В., ¹Осина М.А., ¹Григорьева О.Ю., ²Кузнецова Н.С.

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет, Московский энергетический институт», Москва, e-mail: lana-2001@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Чита, e-mail: kns2702@yandex.ru

Продолжено исследование комплексного соединения на основе борной и лимонной кислот. Используя методы ИК-спектроскопии, термогравиметрии, кондуктометрии, поляризационной электронной микроскопии изучены физико-химические свойства синтезированного комплексного соединения. Предложен механизм протекания химической реакции и дана формула комплексного соединения дилимонноборной кислоты. Проведено сравнение зависимостей удельной κ и молярной λ электропроводности водных растворов борной, лимонной и дилимонноборной кислот от концентрации в определенном интервале температур. Получен результат, доказывающий, что электропроводность сильной комплексной дилимонноборной кислоты значительно выше электропроводности исходных компонентов. Изучены ИК-спектры молекул борной и лимонной кислот, а также синтезированной дилимонноборной кислоты. Показано, что в комплексном соединении атом бора находится в тетракоординированном состоянии и образован путем бидентатной координации атома бора двумя молекулами лимонной кислоты через атомы кислорода центральной карбоксильной и α -гидроксильной групп. Используя метод термогравиметрии, доказана устойчивость комплексного соединения в пределах температурного интервала до 220 °С, определена температура разложения лиганда. Предполагаемая область применения комплексного соединения связана с его антимикробными и противогрибковыми свойствами. Дилимонноборную кислоту можно использовать для производства лекарств, антисептиков, пестицидов, а также в качестве средства, подавляющего жизнедеятельность бактерий, грибов, простейших.

Ключевые слова: дилимонноборная кислота, кристаллообразование, Фурье – ИК-спектроскопия, термогравиметрия, кондуктометрия, электропроводность, синтез, бицидные свойства

STUDY OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND STRUCTURE CRYSTALS OF DILIMONNOBORIC ACID

¹Tyutrina S.V., ¹Myasnikova N.V., ¹Osina M.A., ¹Grigoreva O.Yu., ²Kuznetsova N.S.

¹National research University Moscow power engineering Institute, Moscow, e-mail: lana-2001@yandex.ru;

²Transbaikal State University, Chita, e-mail: kns2702@yandex.ru

The investigation of a complex compound based on boric and citric acids has been continued. Using the methods of IR spectroscopy, thermogravimetry, conductometry, polarization electron microscopy, the physico-chemical properties of the synthesized complex compound were studied. The mechanism of the chemical reaction is proposed and the formula of the complex compound of the dilimonnoboric acid is given. The dependences of the specific κ and molar λ conductivity of aqueous solutions of boric, citric and dilimonnoboric acids on the concentration in a certain temperature range are compared. A result is obtained proving that the electrical conductivity of a strong complex dilimonnoboric acid is much higher than the electrical conductivity of the initial components. The IR spectra of boron and citric acid molecules, as well as of synthesized dilimonnoboric acid, are studied. It is shown that in a complex compound the boron atom is in a tetra-coordinate state and is formed by bidentate coordination of the boron atom by two molecules of citric acid through the oxygen atoms of the central carboxyl and α -hydroxyl groups. Using the method of thermogravimetry, the stability of the complex compound has been proved within the temperature range up to 220 °C, the decomposition temperature of the ligand has been determined. The intended scope of the complex compound is associated with its antimicrobial and antifungal properties. Dilimonnoboric acid can be used for the production of medicines, antiseptics, pesticides; suppression of vital activity of pathogens of infectious diseases, such as bacteria, fungi, protozoa, viruses.

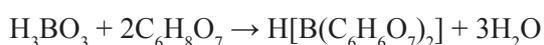
Keywords: diamondaura acid, crystallization, Fourier transform infrared spectroscopy, thermogravimetry, conductometry, conductivity, synthesis, biocidal properties

В последнее десятилетие особое внимание уделяется вопросу синтеза различных биоцидных средств, резистентность микроорганизмов к которым будет развиваться ограниченно или отсутствовать полностью. Широкое применение в медицине находят продукты взаимодействия борной кислоты и органических окисоединений. Синтез соединений бора с биоцидными свойствами, а также оптимизация процессов их по-

лучения, представляет не только практический, но научный интерес.

Для получения комплексного соединения на основе борной и лимонной кислот использовали реактивы: борная кислота «ХЧ», лимонная кислота безводная «ЧДА» ВР2009/Е 330, дистиллированная вода. Синтез дилимонноборной кислоты (ДЛБК) проводили по следующей схеме: навески борной кислоты H_3BO_3 в количе-

стве 0,05 моль (3,09 г) и 0,1 моль (21,03 г) лимонной кислоты растворяли при нагревании в 30 мл дистиллированной воды на водяной бане в температурном интервале примерно 50–60 °С. Систему постоянно перемешивали до полного растворения осадка. Раствор медленно охлаждали до комнатной температуры и оставляли для кристаллизации. Выпадение кристаллов наблюдали в течение 2 суток. Полностью сформированный кристаллический осадок отделяли фильтрованием на воронке Бюхнера, промывали и сушили в эксикаторе. Образование кристаллов дилимонноборной кислоты проходило согласно реакции в мольных соотношениях 1:2.



ДЛБК – кристаллическое вещество белого цвета, устойчивое на воздухе, нерастворимо в неполярных растворителях (бензоле, толуоле) и хорошо растворимо в воде.

Спектры регистрировались на ИК-Фурье-спектрометре FTIR-8400S «Shimadzu», при этом использовался частотный интервал в области 420–4000 см⁻¹. Полученный ИК-спектр дилимонноборной кислоты (рис. 1) сравнивался с исходными спектрами борной и лимонной кислот для выявления характеристичных полос спектра.

Основной полосой поглощения, характеризующей валентные колебания связи В-О для бора с координационным числом, равным четырем, является полоса поглощения при 943 см⁻¹. Данная полоса четко просматривается на спектре, что позволяет утверждать о наличии в комплексном соединении борокислородного тетраэдра. Имеются полосы поглощения в области 1700–1730 см⁻¹, характерные для свободных карбоксильных групп карбоновых кислот. Полоса поглощения в интервале 1056–1092 см⁻¹ соответствует ионизированной группе С-О, находящейся в координированном состоянии. Области 2550–3010 см⁻¹ относятся к валентным колебаниям связанной группы О-Н, данные полосы спектра слабо выражены. В спектре присутствуют пики в области 510–585 см⁻¹, характерный для ковалентной связи С-С. Наличие нескольких полос поглощения в области 1355–1437 см⁻¹ позволяют сделать вывод об имеющихся деформационных колебаниях в связи СН₂. Дицитратоборатный анион в данных комплексных соединениях образован путем бидентатной координации атома бора двумя молекулами лимонной кислоты че-

рез атомы кислорода центральной карбоксильной и α-гидроксильной групп [1].

Термический анализ дилимонноборной кислоты проводили на синхронном термоанализаторе STA 449 F1 Jupiter. измерения исследуемых соединений проводились в диапазоне температур от 0 до 1000 °С в атмосфере аргона. На термогравиметрической кривой (ТГ) видно (рис. 2), что масса исследуемого образца не изменяется до 220 °С. Сохранение неизменности массы изучаемого комплексного соединения позволяет сделать вывод об отсутствии в его составе кристаллизационной воды. Известно, что поэтапное отщепление молекул кристаллизационной воды происходит до 200 °С [2]. Выше 230 °С начинается разложение самого лиганда, что на кривой ТГ отражается в виде резкого пика, характеризующего потерю массы до 43 %. Одновременно проводилось измерение количества теплоты в определенном временном интервале. На кривой ДСК наблюдается четко выраженный эндотермический минимум при 251,9 °С, характерный для реакции декарбоксилирования и деструкции основного компонента.

Выше 270 °С происходит горение оставшейся органической части лиганда. На кривой ДСК имеются экзотермические пики, характерные для протекания окислительных процессов в области температур от 400 °С до 1000 °С, данная термическая аномалия не воспроизводится при повторном нагреве образца, что доказывает необратимость фазового перехода. Образовавшаяся масса после сжигания образца составила 16,75 %. В качестве продуктов реакции образовались газообразные вещества: СО, СО₂, Н₂О, в твердом остатке – В₂О₃.

Измерения удельной и молярной электропроводности водных растворов борной и лимонной кислот и их реакционной смеси – дилимонноборной кислоты проводили с помощью цифрового датчика электропроводности при трех температурах 25, 30 и 35 °С, в интервале концентраций 0,1–0,8 моль/л. При изменении температуры в интервале от 25 °С до 35 °С наблюдается увеличение удельной и молярной электропроводности ортоборной кислоты. Данное изменение можно объяснить увеличением подвижности ионов в результате снижения вязкостных характеристик раствора и ослаблением межмолекулярного взаимодействия [3] (рис. 3).

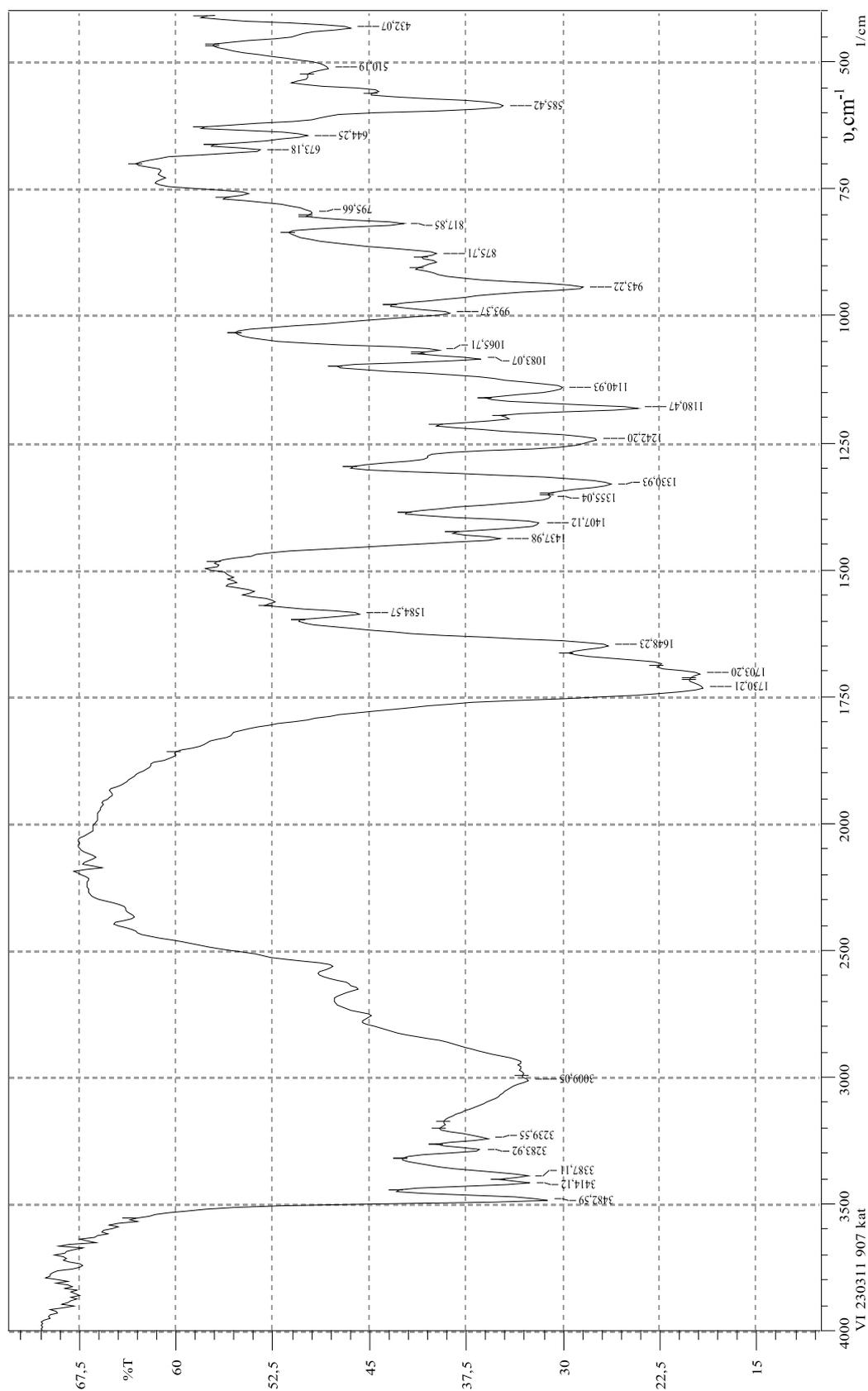


Рис. 1. ИК-спектр диметилмалонной кислоты

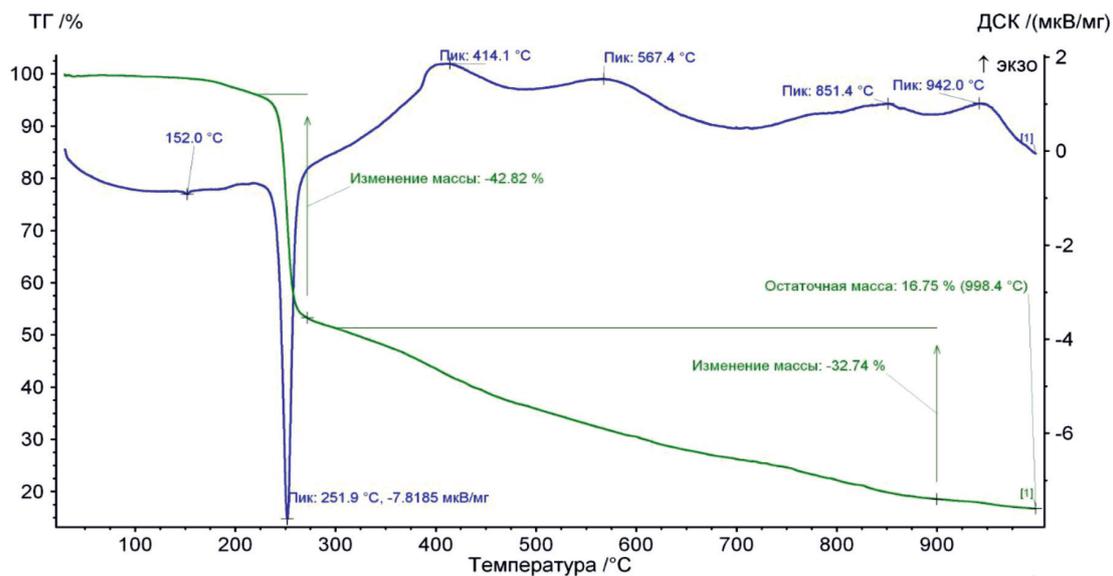


Рис. 2. Термограмма диметилборной кислоты

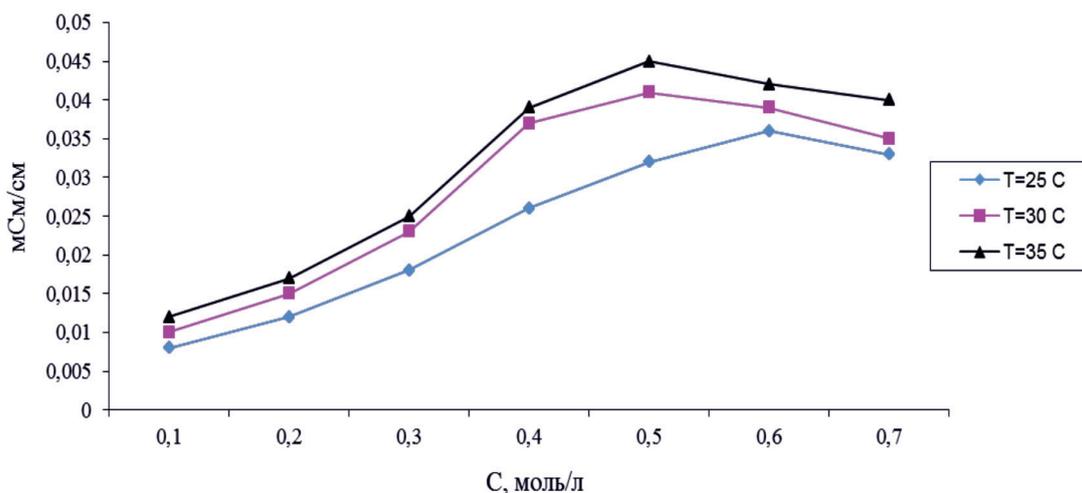


Рис. 3. Зависимость удельной электропроводности борной кислоты от концентрации

При изменении температуры от 25 до 35 °С подвижность ионов и степень диссоциации слабого электролита увеличиваются, что приводит к росту удельной (и молярной) электропроводности лимонной кислот. Лимонная кислота является более сильной, чем борная, и ее электрическая проводимость при одинаковых концентрациях растворов приблизительно на три порядка выше [4].

При измерении удельной электропроводности диметилборной кислоты готовили смеси H_3BO_3 и $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ с различной концентрацией кислот (рис. 4). Концентрации бор-

ной и лимонной кислот были равны соответственно: смесь 1 ($C_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 0,033$ моль/л, $C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7} = 0,067$ моль/л); смесь 2 ($C_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 0,067$ моль/л, $C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7} = 0,134$ моль/л); смесь 3 ($C_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 0,1$ моль/л, $C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7} = 0,2$ моль/л).

Электропроводность смеси кислот значительно превышает суммарную электропроводность отдельных компонентов и резко увеличивается при повышении концентраций кислот в растворе. Данный результат свидетельствует об образовании в реакционной смеси сильной комплексной диметилборной кислоты, электропро-

водность которой значительно выше, чем у исходных компонентов. При повышении температуры в исследуемом интервале наблюдается рост удельной электропроводности, причем электропроводность смеси по-прежнему намного больше суммарной электропроводности реагентов.

Изучение процесса образования кристаллов дилимонноборной кислоты было выполнено с использованием поляризационного микроскопа фирмы ZEISS AXIO Scope A1 в проходящем свете в иммерсионных каплях диаметром до 10 мм. Фотографирование производилось на этом же микроскопе по программе Axio Vision Rel 4.8. Рост кристаллов наблюдали в отраженном свете с использованием светлого и темного поля, а также поляризации. Фотографии получены при использовании режимов

съемки: николи скрещены и николи параллельны, что позволяет сделать выводы об изотропности или анизотропности формирующихся кристаллов [4].

На рис. 5 представлен начальный период кристаллизации комплексной соли дилимонноборной кислоты. Режим съемки – николи параллельны показывает, что кристаллы лимонной кислоты имеют вид перьевых агрегатов, а у борной кислоты – псевдогексагональных чешуек. Так же отчетливо просматривается наличие поликристаллического агрегата, состоящего из мелких кристалликов ДЛБК. Просвечивание кристалла в скрещенных николях позволяет отличить кристаллиты дилимонноборной кислоты, которые имеют выраженную кристаллографическую ориентацию зерен и являются анизотропными.

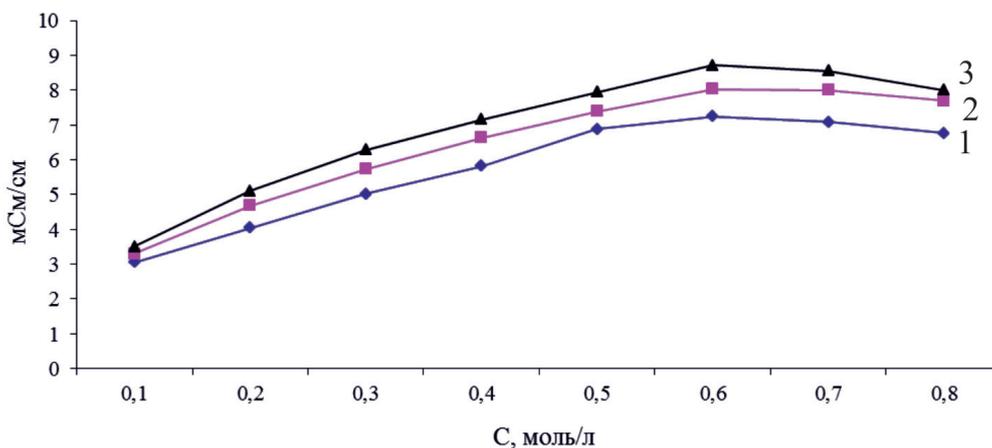


Рис. 4. Зависимость удельной электропроводности дилимонноборной кислоты от концентрации: 1 смесь, 2 смесь и 3 смесь

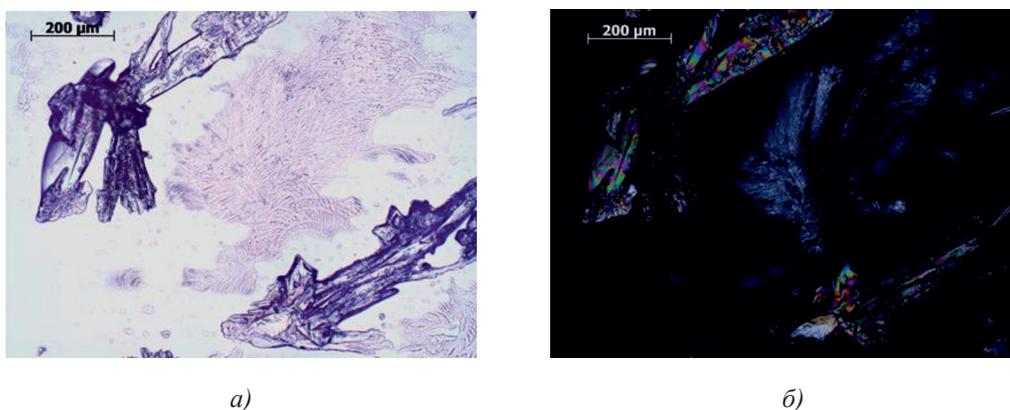
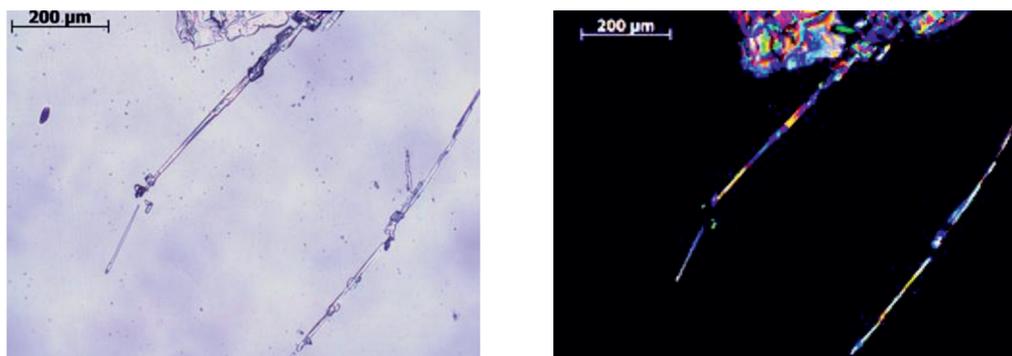


Рис. 5. Кристаллы борной и лимонной и поликристаллиты дилимонноборной кислоты: а) режим съемки николи параллельны; б) режим съемки николи скрещены (12 часов с момента начала кристаллизации)



а)

б)

Рис. 6. Анизотропные кристаллы дилимонноборной кислоты:
а) режим съемки – николи параллельны; б) режим съемки николи скрещены
(через 36 часов с момента начала кристаллизации)

Минимальная подавляющая концентрация комплексных соединений бора
на некоторые культуры микроорганизмов

№ п/п	Название культуры микроорганизма	МПК (мкг/мл)			
		ДЛБК	ДГБМ	ДЦБГ	ДЦБО
1	Кишечная палочка (ATCC 25922)	0,2100	0,200	0,300	250
2	Золотистый стафилококк (25923)	0,0018	0,002	0,030	250
3	Дрожжеподобные грибы рода Кандида	0,0038	0,200	0,003	–

Изменение режима съемки на николи скрещены позволит определить анизотропность кристаллов лимонной и дилимонноборной кислот. Кристаллы борной кислоты симметричны [5], следовательно, являются изотропными и при режиме съемки николи скрещены не видны. Форма кристаллов дилимонноборной кислоты существенно отличается от исходных компонентов и имеет вид тонких игольчатых кристаллов (рис. 6).

Дилимонноборная кислота относится к комплексным соединениям бора, использование которых в качестве антимикробных и противогрибковых средств изучалось ранее [6]. Бактериологическое исследование на антимикробную активность и минимальную подавляющую концентрацию дилимонноборной кислоты проводилось на базе лаборатории ГБОУ ВО ЧГМА Минздрава-соцразвития России. В частности, изучалось воздействие комплексного соединения на культуры *Candida albicans* (дрожжеподобные грибы рода Кандида), *Escherichia coli* (кишечной палочки) и *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк). Результаты исследования сравнивали с имеющимися данными ранее синтезированных соединений: ДЦБГ – дицитратоборатом гу-

анидиния; ДГБМ – диглициноборатом меди (II) и ДЦБО – дицитратоборатом оксихинолина [7]. Результаты исследования показаны в таблице.

ДЛБК проявляет избирательную активность в отношении патогенных микроорганизмов, *Staphylococcus aureus* (золотистого стафилококка) и дрожжеподобных грибов рода Кандида. ДЦБО не оказывает никакого влияния на дрожжеподобные грибы рода Кандида. Дилимонноборная кислота обладает широким спектром применения, является экологически безопасным веществом, на ее основе могут быть синтезированы новые комплексные соединения.

Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1) Изучены свойства и строение дилимонноборной кислоты методами термического анализа, ИК-спектроскопии и кондуктометрии. Получены результаты измерений удельной и молярной электропроводности в зависимости от температуры и концентрации исходных компонентов. Доказано, что дицитратоборатный анион образован путем бидентатной координации атома бора двумя молекулами лимонной кислоты через ато-

мы кислорода центральной карбоксильной и α -гидроксильной групп; определен температурный интервал устойчивости лиганда.

2) Методом поляризационной электронной микроскопии исследованы кристаллы борной, лимонной и ДЛБК в режимах: николи скрещены и николи параллельны. Определено наличие анизотропных характеристик кристаллических структур лимонной и дилимонноборной кислот и изотропных свойств кристаллов борной кислоты.

3) Отсутствие в составе дилимонноборной кислоты агрессивных компонентов делает возможным применение ее как биоцидного препарата, обладающего избирательной активностью в отношении *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк) и дрожжеподобных грибов рода Кандида.

Список литературы

1. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений: пер. с англ. / К. Накамото. – М.: Мир, 1991. – 536 с.
2. Альмяшев В.И. Комплексный термический анализ: учебное пособие / В.И. Альмяшев, А.К. Василевская, С.А. Кириллова [и др.]. – СПб.: Лема, 2017. – 193 с.
3. Гринвуд Н.Н. Химия элементов. В 2-х томах / Н.Н. Гринвуд, А. Эрншо. – М.: Бинум, 2008. – Т. 1. – 607 с.
4. Миомандр Ф. Электрохимия / Ф. Миомандр, С. Садки, П. Одебер, Р. Малле-Рено. – М.: Изд-во Техносфера, 2008. – 360 с.

5. Звиедре И.И. Структура нового двойного комплекса меди (II) с дилимонноборной кислотой / И.И. Звиедре, С.В. Беляков // Журнал неорганической химии. – 2012. – Т. 57, № 10. – С. 1406–1412.

6. Бурнашова Н.Н., Хаткова А.Н., Тютрина С.В., Дабизжа О.Н., Кузнецова Н.С. Диглицитратоборат гуанидиния, проявляющий антимикробные свойства // Патент России № 2474584. 2013. Бюл. № 4.

7. Синтез, строение и изучение биоцидных свойств комплексной соли диглицинобората меди (II) / С.В. Тютрина [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 61–66.

References

1. Nakamoto K. IR-spektry i spektry KR neorganicheskikh i koordinacionnykh soedinenij: per. s angl. / K. Nakamoto. M.: Mir, 1991. 536 p.
2. Almjashhev V.I. Kompleksnyj termicheskij analiz: uchebnoe posobie / V.I. Almjashhev, A.K. Vasilevskaja, S.A. Kirillova [i dr.]. Spb.: Lema, 2017. 193 p.
3. Grinvud N.N. Himija jelementov. V 2-h tomah / N.N. Grinvud, A. Jernsho. M.: Binom, 2008. T. 1. 607 p.
4. Miomandr F. Jelektrohimija / F. Miomandr, S. Sadki, P. Odeber, R. Malle-Reno. M.: Izd-vo Tehnosfera, 2008. 360 p.
5. Zviedre I.I. Struktura novogo dvojnogo kompleksa medi (II) s dilimonnobornoj kislotoj / I.I. Zviedre, S.V. Beljakov // Zhurnal neorganicheskoj himii. 2012. T. 57, no. 10. pp. 1406–1412.
6. Burnashova N.N., Hatkova A.N., Tjutrina S.V., Dabizha O.N., Kuznecova N.S. Dicitratoborat guanidinija, projavljajushhij antimikrobnye svojstva // Patent Rossii no. 2474584. 2013. Bjul. no. 4.
7. Sintez, stroenie i izuchenie biocidnykh svojstv kompleksnoj soli diglicinoborata medi (II) / S.V. Tjutrina [i dr.] // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. no. 8. pp. 61–66.

УДК 632.3/952:66-965.61:661.16

ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРЕПАРАТ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ ТЕБУКОНАЗОЛА С ПОЛИСАХАРИДАМИ ЛАМИНАРИИ

¹Власенко Н.Г., ¹Теплякова О.И., ²Метелева Е.С., ³Поляков Н.Э.,
⁴Халиков С.С., ²Душкин А.В.

¹Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН,
Краснообск, e-mail: vlas_nata@ngs.ru;

²ФГБУН «Институт химии твердого тела и механохимии» СО РАН, Новосибирск,
e-mail: dushkin@solid.nsk.su;

³ФГБУН «Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского» СО РАН,
Новосибирск, e-mail: polyakov@kinetics.nsc.ru;

⁴ФГБУН «Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова» РАН,
Москва, e-mail: salavatkhalikov@mail.ru

Методами механохимии синтезированы межмолекулярные комплексы – твердые композиции на основе тебуконазола (ТБК) и полисахаридов ламинарии. Механохимическая технология получения композиций имеет преимущества в одностадийности процесса, отсутствии растворителей и воды, высокой производительности и низкой себестоимости. Существование комплексов показано методами изучения водорастворимости и мембранной проницаемости на искусственных мембранах, а также методом динамической спектроскопии ¹H ЯМР в водных растворах. Показано увеличение водорастворимости тебуконазола в 1,6 раза за счет образования межмолекулярных водорастворимых комплексов. Аналогично наблюдается резкое сокращение в ~250 раз времен спин-спиновой релаксации протонов ТБК при включении его молекул в межмолекулярные комплексы типа гость – хозяин с полисахаридами ламинарии, обусловленное снижением вращательной диффузионной подвижности его молекул. Мембранная проницаемость молекул ТБК, исследованная методом РАМПА, также показывает увеличение в ~10 раз по сравнению с исходным ТБК. Таким образом, физико-химические эксперименты обосновывают повышенную биологическую активность комплексов за счет повышения водорастворимости и абсорбции в объем зерен через биологическую мембрану. Испытания вышеуказанных композиций в качестве препаратов для предпосевной обработки семян зерновых культур в лабораторных и полевых условиях показали синергизм биологических свойств, проявляющийся в ускорении роста культурного растения, снижении пораженности корневой системы яровой пшеницы и ярового ячменя обыкновенной корневой гнилью и в увеличении их продуктивности при снижении нормы расхода действующих веществ – препаратов. Показано, что межмолекулярные комплексы тебуконазола с полисахаридами ламинарии обладают высокой биологической активностью, особенно в контрасте с исходной субстанцией ТБК, но также и улучшенными характеристиками по сравнению с широко распространенным препаратом Раксил.

Ключевые слова: тебуконазол, ламинария, механохимия, полисахариды, комплексы включения, фунгицидные композиции

EFFECTIVE PREPARATION FOR PRETREATMENT GRAIN CROPS SEEDS BASED ON THE COMPLEXES OF TEBUCONAZOLE WITH KELP POLYSACCHARIDES

¹Vlasenko N.G., ¹Tepliyakova O.I., ²Metelleva E.S., ³Polyakov N.E.,
⁴Khalikov S.S., ²Dushkin A.V.

¹Siberian Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture of Siberian
Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies, Krasnoobsk, e-mail: vlas_nata@ngs.ru;

²Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry of Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: dushkin@solid.nsk.su;

³Institute of Chemical Kinetics and Combustion named after V.V. Voevodskiy of Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: polyakov@kinetics.nsc.ru;

⁴Institute of Organoelement Compounds named after A.N. Nesmeyanov
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: salavatkhalikov@mail.ru

Intermolecular complexes – solid compositions on the basis of tebuconazole (TBA) and polysaccharides of kelp were obtained by the methods of mechanochemistry. The noted technology has the advantages in one stage of the process, the absence of solvents, high performance and low cost. The existence of the complexes shown by the study of water solubility, membrane permeability and by dynamic ¹H NMR spectroscopy in water solutions. The increase of water solubility of TBA is 1.6 times due to the formation of water-soluble intermolecular complexes. Similarly, a dramatic reduction in ~250 folds the time of the spin-spin relaxation of protons of TBA connected with the formation of host-guest complexes with the kelps' polysaccharides, due decreasing in the diffusion rotation mobility of TBA molecules. The membrane permeability of TBA were studied by PAMPA assay also shows an increase in ~10 times compared the original TBK. Thus, physicochemical experiments justify the increased biological activity of the complexes due to increase of water solubility and bioavailability by absorption in the volume of bean through the biological membrane. Testing of the compositions as a drug for pre-treatment of seeds in laboratory and field conditions showed synergism of biological properties, manifested in accelerating the growth of cultivated plants, reduction of infestation of the root system of spring wheat and spring barley by common root rot and in increase their productivity while reducing consumption of active substances of drugs. It is shown that intermolecular complexes of tebuconazole with polysaccharides of kelp had high biological activity especially in contrast with initial TBA substance and some improved action relatively well known Raxil preparation.

Keywords: tebuconazole, kelp, mechanochemistry, polysaccharides, inclusion complex, fungicidal compositions

Известно, что через семена и почву передается от 30 до 60% всех болезней сельскохозяйственных культур [1]. Протравливание посевного материала считается одним из наиболее экологичных способов применения химических препаратов. Это объясняется тем, что фунгициды вносятся только туда и когда они действительно необходимы с последующим разложением до кушения растений, и их остатки в зерне не содержатся [2]. Протравливание на 60–100% ограничивает проявление семенной инфекции и на 30–80% – первичной аэрогенной, почвенной и содержащейся в растительных остатках и повышает урожайность озимой пшеницы на 3–6 ц/га, яровой – на 2–3 ц/га [3]. Протравители семян достаточно эффективны в начальный период развития растений – от появления всходов до фазы кушения или трубкования. В дальнейшем их действие существенно ослабевает. Действие протравителей можно усилить подбором определенных наполнителей, поверхностно-активных веществ, клеящих добавок, обеспечивающих улучшение проникновения действующего вещества в ткань. А так как обработка семян фунгицидами может усилить состояние покоя или повлиять на рост и интенсивность деления клеток зародыша, то проблема снятия как биотических, так и абиотических стрессов при прорастании семян обработанных фунгицидами считается весьма актуальной и должна решаться комплексно [1].

В этом плане перспективной и актуальной будет разработка полифункциональных протравителей семян с помощью технологии механохимической модификации известных и применяемых на практике пестицидов при их совместной обработке с различными природными соединениями [4, 5].

Целью исследований явилась оценка эффективности нового механохимически синтезированного межмолекулярного комплекса (МСМК) тебуконазола (ТБК) с биомассой водоросли ламинарии, обладающей высоким содержанием полисахаридов, прежде всего альгиновой кислоты (до 50% в сухом остатке) в подавлении обыкновенной корневой гнили на мягкой яровой пшенице и яровом ячмене и определение влияния препарата на ростовые процессы, формирование структуры продуктивности культур в условиях лесостепи Новосибирской области.

Материалы и методы исследования

В состав разрабатываемых композиций входили: тебуконазол (ТБК) от Shenzhen Sunrising Industry Co., Ltd. КНР, содержание основного вещества $\geq 98,0\%$.

А также порошок ламинарии от ОАО «Архангельский опытный водорослевый комбинат», полученный по ТУ 9284-039-00462769-02.

Совместную механохимическую обработку ТБК и ламинарии в массовых соотношениях 1:10 проводили в условиях, описанных нами ранее [6]. Обработку проводили в течение 24 часов, отбирая пробы через каждые 2 часа.

Полученные композиции анализировали методом ВЭЖХ на содержание действующего вещества (ТБК), растворимость в воде, рентгенофазового и термического анализов. Оптимальное время механохимической обработки выбиралось по критериям максимальной водорастворимости при условии сохранения содержания ТБК не менее 98% от начального. Концентрацию ТБК в растворе определяли методом ВЭЖХ на хроматографе Agilent 1200 с колонкой Zorbax Eclipse XDB-C18, 4,6x50 мм; температура колонки +30 °С; детектор диодно-матричный. В качестве элюента применяли систему ацетонитрил – вода (1:1), скорость потока – 1 мл/мин., объем пробы – 5 мкл, детектирование на длине волны 238 нм. Концентрации ТБК определяли относительно его специально приготовленного раствора в этаноле.

Для определения содержания ТБК в полученных композициях, они растворялись в этаноле, затем фильтровались через бумажный фильтр (синяя марка). Затем полученные прозрачные растворы анализировались.

ЯМР спектры ^1H комплекса ТБК в растворе D_2O регистрировались на спектрометре Bruker ADVANCE III 500 (Германия) на частоте 500 мГц. Измерение времен фазовой (спин-спиновой) релаксации T_2 проводилось с использованием стандартной последовательности Кара – Парсела – Мебума – Гилла (CPMG) при 30 °С. Порошок ТБК-ламинария 1:10 в количестве 12 мг/мл перемешивали с D_2O 1 час на магнитной мешалке, затем центрифугировали 3 мин при 5000g. Прозрачный раствор анализировали на спектрометре ЯМР.

Измерение трансмембранной проницаемости на искусственных мембранах производилось методом РАМРА. Этот метод используется для предсказания проницаемости биологически активных веществ через клеточные мембраны [7]. Для проведения анализов использовались специальные 12-позиционные ячейки «Transwell» с поликарбонатной мембраной диаметром 12 mm, размерами пор 0,4 мкм и площадью 1,12 cm^2 (Corning Incorporated, арт. 3401) по методике [8]. В донорную ячейку помещали исследуемый образец – навеску композиций ТБК (в пересчете на ТБК 0,002 г) в 0,5 mL дистиллированной воды, в «акцепторную» ячейку помещалось 1,5 мл воды. Сборку из указанных ячеек инкубировали в орбитальном шейкере при +37 °С. Через определенный интервал времени производили отбор 1 мл раствора из акцепторной ячейки с замещением его на равное количество воды. Концентрация ТБК в отобранных растворах измерялась методом ВЭЖХ по ранее указанной методике.

Рентгенофазовый анализ (РФА) композиций ТБК с ламинарией проводили на дифрактометре ДРОН-4 с использованием $\text{CuK}\alpha$ излучения, скорость вращения счётчика 2 град/мин, $I = 1000$.

Термический анализ ТБК и его композиций с ламинарией проводили методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) с помощью прибора DSC-550 (Instrument Scientific Specialists Inc., USA) в атмосфере аргона. Температурная программа: +20 – +150 °С, скорость нагрева 10°/мин.

Оценка биологической активности нового препарата МСМК – тебуконазол: ламинария проведена в лабораторных и полевом экспериментах. В лабораторных опытах изучали влияние обработки семян на уровень оздоровления посевного материала, подавления развития обыкновенной корневой гнили (возбудители – *Bipolaris sorokiniana* Shoem. (syn. *Helminthosporium sativum* Pam., Kinget Bakke, грибы рода *Fusarium*) на растениях мягкой яровой пшеницы и ячменя, а также на ростовые процессы растений. В полевых условиях определяли биологическую эффективность обработки семян новым препаратом МСМК против болезни на растениях пшеницы и ячменя, его влияния на ростовые процессы растений, на структуру продуктивности и урожайность зерновых. Опыты закладывали по схеме: 1 – контроль (без обработки семян); 2 – семена обработаны фунгицидным протравителем Раксил КС (д.в. ТБК, 60 г/л) с нормой расхода препарата 0,5 л/т семян принят в качестве эталона. В лабораторных опытах использовалась субстанция ТБК – норма расхода 0,3 кг/т; 3 – семена обработаны композицией МСМК – тебуконазол: ламинария (1:10) с нормой расхода 0,3 кг/т семян. Протравливание проводили с увлажнением из расчета 10 л/т семян.

Полевой эксперимент закладывали в 2016 г. на опытном поле СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, расположенном в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. Пшеницу сорта Омская 36 и ячмень сорта Ача высевали по паровому предшественнику сеялкой СН-16, норма высева 6 и 5,5 млн всхожих зерен/га соответственно. Площадь делянки 29 м², расположение делянок систематическое, в 4-кратной повторности. Уборку урожая осуществляли прямым комбайнированием. Урожайность приводили к стандартной влажности и чистоте согласно ГОСТ 1386.5-93 и 1386-2-81. Полевой эксперимент проведен в условиях повышенной теплообеспеченности и дефицита осадков. Третья декада мая и июнь 2016 г. были очень теплыми (среднедекадные температуры воздуха превышали норму на 2,3–3,7°C, в мае ощущался небольшой дефицит осадков (13,8%), а в июне выпало 63,7% от нормы, при этом они отсутствовали в первую декаду, а в третью декаду дефицит составил 62,4%. Июль был также немного теплее, чем обычно (на 0,8°C), осадков выпало близко к норме, но в первую декаду они в 2,3 раза превысили ее, а во вторую и третью декаду их было меньше нормы на 34,6 и 40,7%. Август был теплее обычного (на 1,5°C), а осадков выпало всего 20% от нормы.

Микологический анализ семенного материала проведен методом рулонов согласно ГОСТ 12044-93.

Наблюдения за развитием обыкновенной корневой гнили осуществляли в фазы второго листа, кушение, молочная спелость зерна [9]. Структуру урожайности зерновых определяли согласно рекомендациям [10]. Математическую обработку данных полевых и лабораторных экспериментов осуществляли при помощи пакета прикладных программ «СНЕДЕКОР» [11] и Statistica 6.0.

Результаты исследования и их обсуждение

По совокупности характеристик максимального повышения растворимости и стабильности ТБК (табл. 1), была выбрана наилучшая по показателю растворимости композиция для дальнейших физико-химических и биологических исследований (ТБК/ламинария массовое соотношение 1/10, механохимическая обработка в течение 6 часов).

Физико-химическое исследование твердых фаз композиций

Во всех рентгенограммах РФА смесей ТБК и ламинарии наблюдаются характерные рефлексы кристаллической фазы ТБК. Однако их интенсивность уменьшается в результате механохимической обработки, тем не менее демонстрируя наличие остаточной кристаллической фазы. В термограммах ДСК смесей ТБК и ламинарии также наблюдаются характерные эндотермические пики плавления кристаллической фазы ТБК, площади которых уменьшаются после механохимической обработки в 3–10 раз, тем не менее также демонстрируя наличие остаточной кристаллической фазы. Термограммы и рентгенограммы вспомогательных веществ не показывают наличия выраженных тепловых эффектов фазовых переходов в пределах используемого температурного диапазона, проявляя тем самым их аморфное состояние и отсутствие кристаллической структуры.

Таблица 1

Данные увеличения растворимости ТБК из композиций с ламинарией

№ п/п	Образец	Определяемая концентрация ТБК, г/л	Увеличение растворимости	Содержание ТБК, в% от теоретического	
1	Исх. ТБК	0,030	–	100	
2	ТБК/ламинария 1/10	Без м/о	0,042	99	
3		Вм 2 ч	0,042	99	
4		Вм 4 ч	0,042	99	
5		Вм 6 ч	0,047	1,6	99
6		Вм 8 ч	0,044	1,5	99
7		Вм 16 ч	0,042	1,4	99
8		Вм 24 ч	0,041	1,4	97

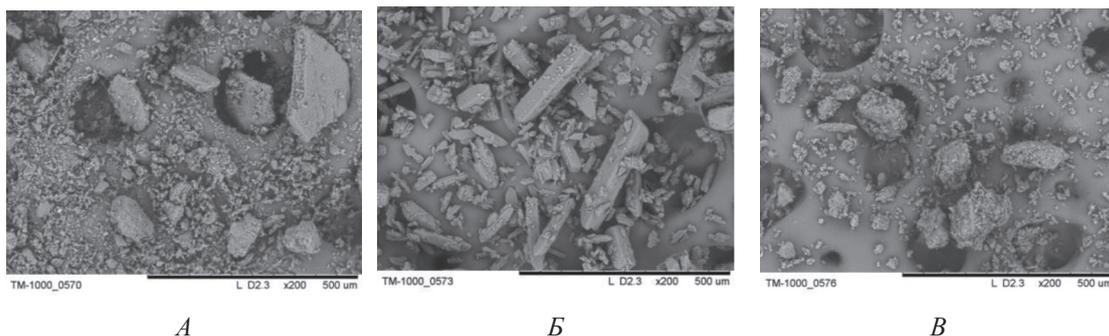


Рис. 1. Микрофотографии А – ламинария, Б – ТБК, В – ТБК/ламинария 1/10 ВМ 6 ч

Микрофотографии. При механохимической обработке происходит разрушение частиц ТБК и ламинарии с последующим формированием полидисперсных порошков, в основном состоящих из частиц неправильной формы и размером 5–50 мкм и их агрегатов (рис. 1).

Физико-химическое исследование композиций в растворе

Для доказательства образования межмолекулярных комплексов ТБК с полисахаридами ламинарии в водных растворах в настоящей работе был использован метод динамической ¹H ЯМР-спектроскопии. Спектр ¹H ЯМР раствора ТБК приведен, на рис. 2. Цифрами 1 и 2 помечены протоны для которых измерялись времена релаксации T₂. Известно, что времена спин-спиновой T₂ релаксации очень чувствительны к диффузионной подвижности молекул, что позволяет использовать этот подход для изучения слабых нековалентных связей между молекулами для комплексов типа гость – хозяин, где «хозяином» является макромолекула полисахарида, обладающая высокой молекулярной массой и низкой диффузионной подвижностью. Это явление может использоваться для доказательства образования комплексов включения [12].

После центрифугирования суспензии порошка ТБК-Ламинария в воде получился абсолютно прозрачный раствор. Величина рН раствора составила 7,04. Спектр ЯМР этого раствора содержит сигналы ТБК и полисахаридов с характерными значениями химических сдвигов протонов (3,2–4,2 мд). При этом сигналы ТБК сильно уширены и имеют более короткое время спин-спиновой релаксации по сравнению с чистым ТБК (рис. 3), что указывает на наличие комплекса [13], а сигналы полисахаридов ламинарии, наоборот, более узкие по

сравнению с ранее изученным полисахаридом арабиногалактаном из древесины лиственницы [13], что указывает на наличие в их составе низкомолекулярных полисахаридов. Это подтверждается и измерением времени релаксации протонов ламинарии. Наблюдаемый спад сигнала ¹H ЯМР мульти-экспоненциальный, что указывает на присутствие полисахаридов в растворе с различной молекулярной массой (рис. 3).

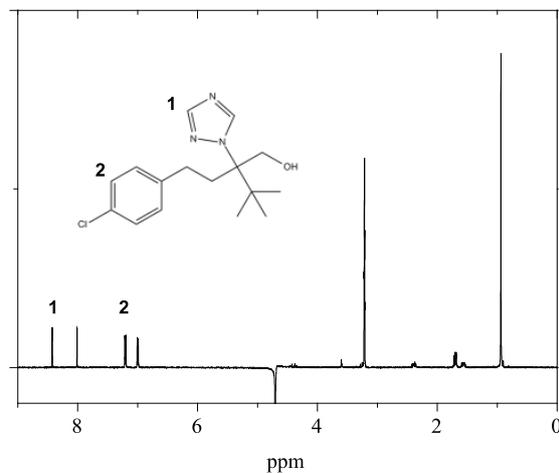


Рис. 2. Спектр ¹H ЯМР ТБК в 20% растворе метанола в воде. Цифрами 1 и 2 помечены протоны для которых измерялись времена релаксации T₂

При этом время релаксации протонов ТБК в комплексе с полисахаридами ламинарии оказалось около 50 мс, что указывает на существование «прочного» комплекса. Можно предположить, что значительный вклад в релаксацию протонов ТБК вносят сахара с большим молекулярным весом, т.е. комплексообразование происходит преимущественно за счет высокомолекулярных полисахаридов.

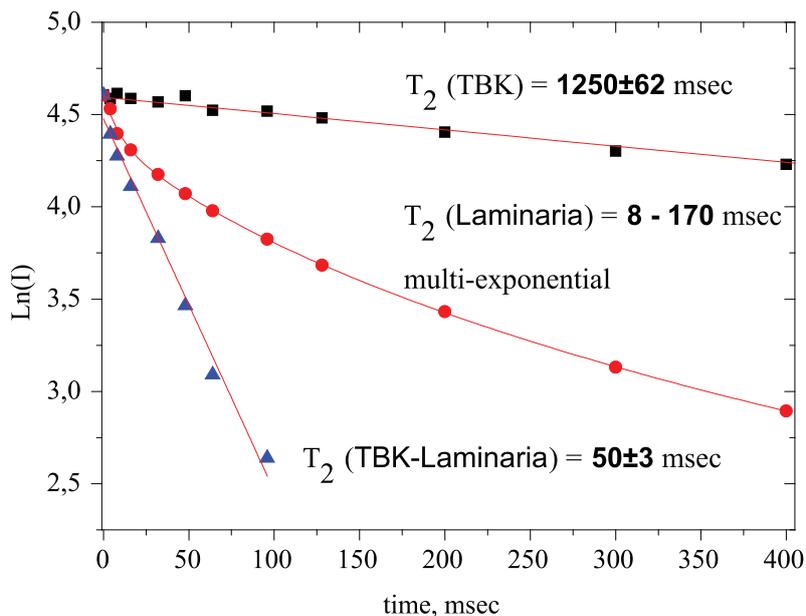


Рис. 3. Кинетики спада сигнала эха (логарифм) и времена релаксации T_2 протонов исходного ТБК, растворимых полисахаридов ламинарии и 2-Н протонов ТБК в комплексе с полисахаридами ламинарии в D_2O при $T = +30^\circ C$

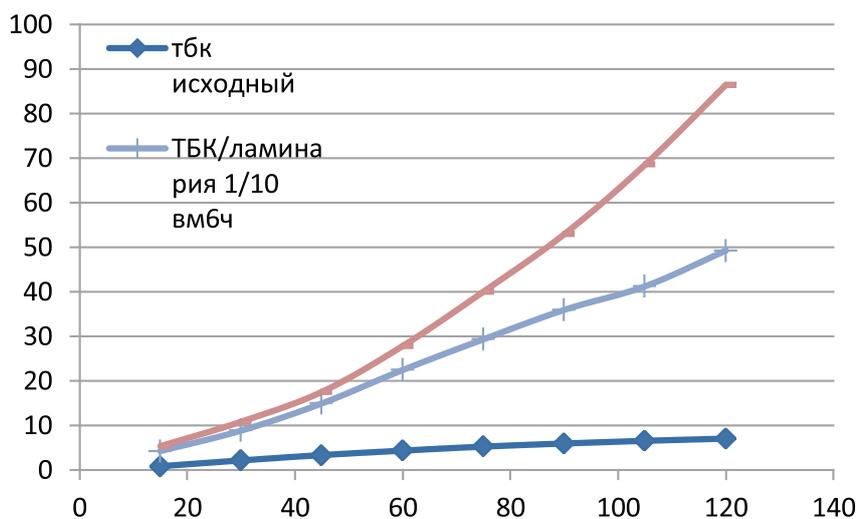


Рис. 4. Динамика переноса ТБК из его композиций через искусственную мембрану – пористый поликарбонат/гексадекан

Результаты измерений трансмембранного переноса, проведенные по методу РАМ-РА, описанному в экспериментальной части, приведены на рис. 4.

Видно, что скорость диффузии/переноса молекул ТБК существенно увеличивается (до ~10 раз) из его композиции с ламинарией, по сравнению с исходной субстанцией ТБК. Высокая проницаемость и форма ее кинетической зависимости при испытаниях препа-

рата Раксил, по нашему мнению, указывает на постепенное разрушение искусственной мембраны органическими растворителями, входящими в состав препарата.

Биологические испытания композиций в полевых и лабораторных условиях

В ходе лабораторных исследований с использованием естественно инфицированного семенного материала обеих

культур выявлена высокая фитосанитарная эффективность изучаемой композиции против основного возбудителя – *B. sorokiniana*. Его развитие полностью подавлялось обработкой зерновок новым МСМК – тебуконазол: ламинария (табл. 2). Фузариевая инфекция была выявлена (6,4%, порог вредоносности = 5%) только на семенах пшеницы. Их обработка комплексом тебуконазол: ламинария обеспечила фитосанитарный эффект, сопоставимый с эталоном – Раксил, который обеспечивал 100%-ную защиту семенного материала от грибов *Fusarium* spp. Чистый ТБК контролировал *Fusarium* spp. в 1,5 раза слабее (биологическая эффективность = 67,2%). На грибы *Alternaria* spp., комплексный препарат действовал слабее (в 1,3 раза) эталона (биологическая эффективность Раксила на пшенице = 69,2%), но был эффективнее (в 1,1 раза) чистого тебуконазола и, как показала фитоэкспертиза, частично сдерживал бактериозную инфекцию. На ячмене биологическая эффективность (66,7%) нового препарата МСМК в подавлении

Alternaria spp. уступала таковой чистого тебуконазола и Раксила (100%), но препарат полностью подавлял плесени хранения (грибы *Penicillium* и *Aspergillum* spp.). И, как показал микологический анализ, на этой культуре достигнут максимальный фитосанитарный эффект (82% здоровых зерновок; пшеница = 62%) от обработки семян изучаемой композицией.

В лабораторных экспериментах показано снижение распространенности обыкновенной корневой гнили на растениях пшеницы и ячменя при обработке посевного материала изучаемым комплексом (табл. 3). Его защитный эффект в зависимости от культуры различался. Обработка семян пшеницы способствовала формированию растений с непораженными coleoptиле, ячменя – первичных корней. В первом случае частота встречаемости растений с пораженными первичными корнями достигала 6,0 против 20,0% в чистом контроле (биологическая эффективность = 70,0%; тебуконазол = 100%), во втором – 1,1% против 65,3% (биологическая эффективность = 98,3%; тебуконазол = 100%).

Таблица 2
Фитопатогенный комплекс и биологическая эффективность предпосевной обработки МСМК – тебуконазола с ламинарией (метод рулонов)

Вариант	Зерновки, не давшие колоний грибов, %	<i>Bipolaris sorokiniana</i>		<i>Fusarium</i> spp.		<i>Alternaria</i> spp.		<i>Penicillium</i> spp.		Бактериоз	
		зараженность, %	биологическая эффективность, %	зараженность, %	биологическая эффективность, %	зараженность, %	Биологическая эффективность, %	зараженность, %	биологическая эффективность, %	зараженность, %	биологическая эффективность, %
Мягкая яровая пшеница Омская 36											
Контроль	0	10,6	–	6,4	–	83,0	–	0	–	0	–
Раксил	64,4	0	100	0	100	26,7	69,2	0	100	8,9	0
Тебуконазол	48,9	0	100	2,1	67,2	43,8	46,2	3,1	0	2,1	
Тебуконазол: ламинария	62,0	0	100	0	100	38,0	51,3	0	100	0	100
Яровой ячмень Ача											
		<i>Bipolaris sorokiniana</i>		<i>Fusariums</i> pp.		<i>Alternaria</i> spp.		<i>Penicillium</i> spp.		<i>Aspergillum</i> spp.	
Контроль	17,0	18,2	–	0	–	58,0	–	6,8	–	0	–
Раксил	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Тебуконазол	98,9	0	100	0	100	0	100	0	100	1,1	
Тебуконазол: ламинария	82,1	0	100	0	100	17,9	66,7	0	100	0	100

Таблица 3

Эффективность МСМК – тебуконазол: ламинария в ограничении распространения обыкновенной корневой гнили в фазе второго листа мягкой яровой пшеницы и ярового ячменя (метод рулонов)

Оцениваемые органы	Контроль		Тебуконазол		Тебуконазол: ламинария = 1:10	
	распространенность болезни, %	биологическая эффективность, %	распространенность болезни, %	биологическая эффективность, %	распространенность болезни, %	биологическая эффективность, %
Мягкая яровая пшеница Омская 36						
Первичные корни	20,0	–	0	100	6,0	70,0
Колеоптиле	17,8	–	0	100	0	100
Яровой ячмень Ача						
Первичные корни	70,8	–	0	100	0	100
Колеоптиле	65,3	–	0	100	1,1	98,3

Таблица 4

Влияние обработки семян МСМК – тебуконазол: ламинария на показатели роста растений (метод рулонов)

Вариант	Длина главного корня, см	Высота ростка, см	Воздушно-сухая биомасса, мг	
			корней 1 растения	1 ростка
Мягкая яровая пшеница Омская 36				
Контроль	12,7 ± 0,36	21,2 ± 0,35	11,8 ± 0,39	18,5 ± 0,51
Раксил	15,0 ± 0,54	14,0 ± 0,11	12,8 ± 0,40	15,0 ± 0,45
Тебуконазол	10,7 ± 0,06	16,3 ± 0,25	14,6 ± 0,29	15,7 ± 0,33
Тебуконазол ламинария	15,3 ± 0,23	20,1 ± 0,13	14,8 ± 0,43	18,7 ± 0,44
Яровой ячмень Ача				
Контроль	14,5 ± 0,21	21,0 ± 0,12	19,6 ± 0,62	23,7 ± 0,38
Раксил	12,0 ± 0,04	10,4 ± 0,22	13,0 ± 0,74	17,2 ± 0,73
Тебуконазол	13,0 ± 0,12	13,0 ± 0,07	15,8 ± 0,60	17,4 ± 0,76
Тебуконазол : ламинария	15,4 ± 0,24	21,6 ± 0,49	22,0 ± 0,57	21,2 ± 0,41

Таблица 5

Влияние обработки семян МСМК – тебуконазол: ламинария на показатели роста мягкой яровой пшеницы и ярового ячменя

Вариант	Высота растения, см		Воздушно-сухая биомасса надземной части 15 растений, г		Площадь флага листа (см ²), фаза налива зерна
	пшеница	ячмень	пшеница	ячмень	
3 листа					
Контроль	23,0 ± 0,15	21,8 ± 0,18	0,95 ± 0,02	1,20 ± 0,01	Пшеница
Раксил	21,7 ± 0,07	21,2 ± 0,08	1,11 ± 0,01	1,45 ± 0,02	
Тебуконазол: ламинария	24,6 ± 0,13	23,2 ± 0,19	1,21 ± 0,01	1,79 ± 0,03	
5 листьев					
Контроль	37,8 ± 0,28	34,2 ± 0,11	7,02 ± 0,01	7,66 ± 0,39	Ячмень
Раксил	35,8 ± 0,17	32,2 ± 0,22	6,52 ± 0,17	8,88 ± 0,41	
Тебуконазол: ламинария	38,8 ± 0,23	37,1 ± 0,11	7,66 ± 0,04	10,23 ± 0,15	

Обработка семян МСМК – тебуконазол: ламинария, в отличие от чистого тебуконазола, не приводила к угнетению роста главного корня у обеих зерновых культур. Его длина у проростков пшеницы и ячме-

ня (15,3 и 15,4 см) увеличивалась на 30,1 и 15,6% (табл. 4).

Но лучшая ростостимуляция корней от применения фунгицидного комплекса наблюдалась у проростков ячменя, где масса

корней одного растения относительно варианта с применением чистого тебуконазола (15,8 мг) увеличивалась на 28,2% и превышала эталон (Раксил = 13 мг) на 41%. На пшенице ростостимулирующий эффект проявился слабее. Биомасса корней одного растения (14,8 мг), выросшего из семян, обработанных фунгицидной композицией, не отличалась от таковой чистого тебуконазола (14,0 мг), но была выше (на 13,5 и 20,2%) контрольного (11,8 мг) и эталонного (12,8 мг) вариантов.

так и эталона (на 8,6 и 14,9 – пшеница; на 19,0 и 13,2% – ячмень). К фазе налива зерна у растений пшеницы и ячменя, выросших из семян, обработанных МСМК, площадь флаг-листа достоверно превышала контрольный показатель ($НСР_{05} = 0,29$ и $0,17$; $V = 96,6$ и $98,4\%$).

Протравливание семян комплексом тебуконазол: ламинария на ранних этапах развития растений эффективно снижало развитие обыкновенной корневой гнили (рис. 5).

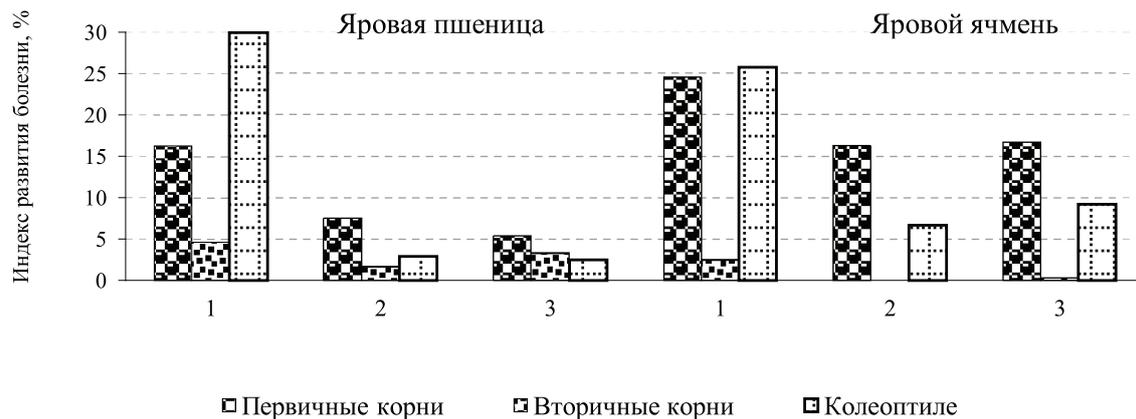


Рис. 5. Влияние состава протравителей на развитие обыкновенной корневой гнили мягкой яровой пшеницы и ярового ячменя. Обозначения: 1 – контроль, 2 – Раксил, 3 – тебуконазол: ламинария

Обработка семян МСМК – тебуконазол: ламинария способствовала несколько замедленному (меньше на 5,1 и 2,7%), чем в контроле (20,1 и 21,6 см), развитию ростков пшеницы и ячменя. Но у обеих культур их высота (на 18,9 и 30,3% – пшеница; 39,8 и 51,9% – ячмень) и биомасса (на 16 и 18,4%) превышала таковую для вариантов с обработкой семян чистым тебуконазолом и Раксилем.

В полевых условиях защищенные новым фунгицидным комплексом растения в обе фазы развития интенсивнее наращивали биомассу надземной части растений. В отличие от эталона, МСМК не оказывал ретардантного эффекта на изучаемые культуры (табл. 5).

Высота растений и ячменя в опытном варианте достоверно превышала контроль как в фазе трех, так и пяти листьев ($НСР_{05} = 0,23$ и $0,30$ – пшеница; $0,24$ и $0,28$ – ячмень; степень влияния по Снедекору ($V = 98,7$ и $99,1\%$ и $98,1$ и $99,5\%$). Биомасса растений в варианте с новым препаратом увеличивалась как относительно контроля (на 21,5 и 8,3% – пшеница; на 33,0 и 25,1% – ячмень соответственно фазам развития растений,

Фитосанитарный эффект обуславливался высеваемой культурой (доля влияния фактора ($V = 54,8$ – первичные корни; $48,9\%$ – вторичные корни). Эффективнее защищались первичные корни у пшеницы и слабее – у ячменя. В первом случае биологическая эффективность МСМК составила 66,9, во втором – 32,1% (Раксил – 54,0 и 33,7% соответственно). Его эффективность ослабевала к концу кущения: частота встречаемости растений пшеницы с пораженными вторичными корнями в варианте тебуконазол: ламинария (13,3%) относительно эталона (Раксил = 5,0%) возрастала в 2,6 раза, но оставалась ниже, чем в контроле (18,3%) – в 1,4 раза. Вторичные корни ячменя полностью защищал Раксил. Эффективность нового фунгицидного комплекса несколько уступала эталону, но оставалась высокой – 83%. Пораженность coleoptile в варианте с обработкой семян новым фунгицидным комплексом сокращалась до 2,5 на пшенице и до 9,2% – на ячмене (в контроле 30 и 25,8% соответственно), биологическая эффективность достигала 91,7 и 64,3%. У ячменя coleoptile поражался в меньшей степени, если при посеве использовали семена, про-

травленные Раксиллом. В этом случае биологическая эффективность возрастала до 74% или в 1,2 раза. На пшенице защитный эффект комплекса тебуконазол: ламинария сопоставим с таковым от Раксила (90,3%). Из пораженных колеоптиле незащищенных пшеницы и ячменя выделено 50 и 64% грибов *B. sorokiniana*, защищенных Раксиллом – 10 и 24, новым фунгицидным комплексом тебуконазола – 6 и 38%. К фазе молочной спелости пшеницы в варианте с обработкой семян новым препаратом распространенность обыкновенной корневой гнили была ниже на 29%, чем в контроле, где показатель был 96% (Раксил = 72%). Индекс развития болезни достигал 18,3%, что ниже показателя в контроле (26,3%) и в варианте с Раксиллом – 19,8%. Распространенность болезни в посевах ячменя при применении МСМК(97%) не отличалось от таковой в контроле (99%), но интенсивность поражения (31,5%; Раксил – 32,0%) понижалась в 1,2 раза.

Защита растений новым комплексным фунгицидным протравителем положитель-

но влияла на все показатели структуры продуктивности посевов пшеницы и ячменя (табл. 6), но в большей мере – на продуктивный стеблестой обеих культур, который увеличился на 33,4 и 30,9%, и сбор зерна с боковых колосьев пшеницы – на 43; ячменя – на 11,6%.

Все показатели достоверно превышали контроль (без обработки семян протравителями) и 75% из них – стандарт (Раксил, КС, 0,5 л/т). К показателям, достоверно не превысившим стандарт относятся длина колоса у ячменя, число колосков и число зерен в главном колосе обеих культур. Более высокорослые (пшеница на 10,1, ячмень – на 13%) защищенные растения формировали колосья с большим, чем в контроле, числом зерен (на 5,9 и 6,5%), их массой (на 10,8 и 11,2%) и выполненностью зерновок (масса 1000 зерен – на 1,6 и 1,8 г). В конечном итоге сбор зерна с одного растения пшеницы повысился на 29,3, ячменя – на 23,4%, а с 1 га посевной площади – на 0,28 и 0,3 т/га по сравнению с контролем.

Таблица 6

Влияние МСМК – тебуконазол: ламинария на густоту стояния растений, продуктивный стеблестой, структуру продуктивности и урожайность яровой пшеницы и ячменя

Показатель	Контроль ¹	Раксил ²	Тебуконазол: ламинария	НСР ₀₅
Мягкая яровая пшеница, сорт Омская 36				
Число растений, шт/ м ²	386	401	453	8,86
Число продуктивных стеблей, шт/ м ²	452	581	679	9,29
Высота растений, см	86,7	94,8	96,5	0,29
Число стеблей/растение, шт.	1,17	1,45	1,5	0,01
Длина колоса, см	8,14	8,76	8,81	0,16
Число колосков в главном колосе, шт.	13,11	13,54	13,43	0,13
Число зерен в главном колосе, шт.	26,9	28,5	28,6	0,33
Масса зерна с главного колоса, г	0,99	1,06	1,11	0,03
Масса зерна с 1 бокового колоса, г	0,45	0,49	0,79	0,01
Масса зерна с 1 растения, г	1,06	1,27	1,5	0,03
Масса 1000 зерен, г	33,7	34,4	35,3	0,34
Урожайность, т/га	2,45	2,61	2,73	0,02
Яровой ячмень, сорт Ача				
Число растений, шт/ м ²	404	447	493	5,3
Число продуктивных стеблей, шт/ м ²	540	702	781	16,4
Высота растений, см	53,8	60,0	61,9	1,46
Число стеблей/растение, шт.	1,34	1,58	1,59	0,06
Длина колоса, см	7,7	8,0	8,3	0,11
Число колосков в главном колосе, шт.	10,6	11,1	10,8	0,20
Число зерен в главном колосе, шт.	18,8	20,3	20,1	0,46
Масса зерна с главного колоса, г	0,95	1,02	1,07	0,01
Масса зерна с 1 бокового колоса, г	0,76	0,78	0,86	0,01
Масса зерна с 1 растения, г	1,21	1,47	1,58	0,09
Масса 1000 зерен, г	46,6	46,9	48,4	0,29
Урожайность, т/га	2,51	2,58	2,81	0,01

Примечание. 1, 2 – данные измерений контроля и раксилла совпадают с ранее опубликованными данными в работах [4, 5], поскольку были получены в едином расширенном эксперименте.

Выводы

Механохимическим твердофазным синтезом получены композиционные материалы субстанции тебуконазола с биомассой ламинарии. Существование межмолекулярных комплексов ТБК с полисахаридами ламинарии в водных растворах доказано увеличением растворимости ТБК, а также их исследованием методом динамической спектроскопии ¹H ЯМР. На модели искусственной мембраны методом РАМРА показано увеличение трансмембранной проницаемости ТБК из полученного препарата МСМК по сравнению с исходной субстанцией ТБК. Изучение эффективности предпосевной обработки семян мягкой яровой пшеницы и ярового ячменя фунгицидным препаратом МСМК тебуконазол: ламинария в дозах по ТБК, эквивалентных промышленному препарату Раксил, показало, что препарат полностью оздоравливает посевной материал от фитопатогенов *B. sorokiniana* и *Fusarium* spp., на первых этапах органогенеза мягкой яровой пшеницы снижает распространение обыкновенной корневой гнили в 3,5 раза, интенсивности поражения растений в 5,5 раза. Новый препарат на основе межмолекулярных комплексов ТБК с полисахаридами ламинарии повышает рост и накопление биомассы растениями, продуктивный стеблестой, зерновую продуктивность колоса, и в итоге – сбор зерна с 1 га посевов мягкой яровой пшеницы на 0,28 т/га, ярового ячменя – на 0,3 т/га.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-29-05835).

Список литературы

1. Тютюрев С.Л. Совершенствовать защиту сельскохозяйственных культур от семенной и почвенной инфекции / С.Л. Тютюрев // Защита и карантин растений. – 2000. – № 2. – С. 14–16.
2. Ассортимент химических средств защиты растений нового поколения (Фунгициды для предпосевной обработки семян) / В.И. Долженко, Л.Д. Гришечкина, Т.И. Ишкова и др. – СПб.: Изд. Россельхозакадемии, ВНИИ защиты растений, Инновационный центр защиты растений, 2013. – 484 с.
3. Абеленцев В.И. Возможности современных протравителей семян зерновых колосовых культур / В.И. Абеленцев // Защита и карантин растений. – 2011. – № 2. – С. 19–21.
4. Душкин А.В. Новый пестицидный препарат на основе комплексов тебуконазола и производных глициррицина / А.В. Душкин [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11–2. – С. 296–300.
5. Душкин А.В., Метелева Е.С., Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Халиков С.С. Композиция для протравливания семян и способ ее получения. Патент России № 2619249. 2017. Бюл. № 14.
6. Механохимическое получение и свойства водорастворимых межмолекулярных комплексов полисахаридов и бета-циклодекстрина с лекарственными веществами / А.В. Душкин // Химия в интересах устойчивого развития. – 2010. – Т. 18, № 4. – С. 517–525.

7. Faller B. Artificial membrane assays to assess permeability / B. Faller // Curr. Drug Metab. – 2008. – V.9. – № 9. – P. 886–892.
8. McCallum M.M. High-throughput approaches for the assessment of factors influencing bioavailability of small molecules in pre-clinical drug development / M.M. McCallum. – Ph.D. Dissertations&Theses. – Gradworks, 2013.
9. Тепляков Б.И. Обыкновенная корневая гниль яровой пшеницы на черноземах в лесостепной зоне Западной Сибири / Б.И. Тепляков. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. аграрн. ун-та, 2012. – 122 с.
10. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие / В.Е. Ещенко, М.Ф. Трифонова, П.Г. Копытко и др. – М.: КолосС, 2009. – 268 с.
11. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. / О.Д. Сорокин. – Новосибирск: Изд-во ГУП РПО СО РАСХН, 2012. – 282 с.
12. Diehl B. Principles in NMR Spectroscopy / B. Diehl. – Amsterdam: Elsevier, 2008. – P. 3–41.
13. Механохимическое получение и фармакологическая активность водорастворимых комплексов арабиногалактана и лекарственных веществ / Е.С. Метелева [и др.] // Известия РАН, сер. Химическая. – 2008. – № 6. – С. 1274–1282.

References

1. Tjuterev S.L. Sovershenstvovat zashhitu sel'skoxozhaystvennykh kultur ot semennoy i pochvennoj infekcii / S.L. Tjuterev // Zashhita i karantin rastenij. 2000. no. 2. pp. 14–16.
2. Assortiment himicheskikh sredstv zashhity rastenij novogo pokolenija (Fungicidy dlja predposevnoj obrabotki semjan) / V.I. Dolzhenko, L.D. Grishechkina, T.I. Ishkova i dr. Spb.: Izd. Rossel'hoz'akademii, VNIi zashhity rastenij, Innovacionnyj centr zashhity rastenij, 2013. 484 p.
3. Abelencev V.I. Vozmozhnosti sovremennykh protravitelej semjan zernovykh kolosovykh kultur / V.I. Abelencev // Zashhita i karantin rastenij. 2011. no. 2. pp. 19–21.
4. Dushkin A.V. Novyj pesticidnyj preparat na osnove kompleksov tebukonazola i proizvodnykh glicirrizina / A.V. Dushkin [i dr.] // Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. no. 11–2. pp. 296–300.
5. Dushkin A.V., Meteleva E.S., Vlasenko N.G., Tepljakova O.I., Halikov S.S. Kompozicija dlja protравlivaniya semjan i sposоb ee polucheniya Patent Rossii no. 2619249. 2017. Bjul. no. 14.
6. Mehanohimicheskoe poluchenie i svoystva vodorastvorimyykh mezhmolekuljarnykh kompleksov polisaharidov i beta-ciklodekstrina s lekarstvennyimi veshhestvami / A.V. Dushkin // Himija v interesah ustojchivogo razvitija. 2010. T. 18, no. 4. pp. 517–525.
7. Faller B. Artificial membrane assays to assess permeability / B. Faller // Curr. Drug Metab. 2008. V.9. no. 9. pp. 886–892.
8. McCallum M.M. High-throughput approaches for the assessment of factors influencing bioavailability of small molecules in pre-clinical drug development / M.M. McCallum. Ph.D. Dissertations&Theses. Gradworks, 2013.
9. Tepljakov B.I. Obyknovennaja kornevaja gnij jarovoj pshenicy na chernozemah v lesostepnoj zone Zapadnoj Sibiri / B.I. Tepljakov. Novosibirsk: Izd-vo Novosib. gos. agrarn. un-ta, 2012. 122 p.
10. Osnovy opytnogo dela v rastenievodstve: uchebnoe posobie / V.E. Eshhenko, M.F. Trifonova, P.G. Kopytko i dr. M.: KolosS, 2009. 268 p.
11. Sorokin O.D. Prikladnaja statistika na kompjutere. 2-e izd. / O.D. Sorokin. Novosibirsk: Izd-vo GUP RPO SO RASHN, 2012. 282 p.
12. Diehl B. Principles in NMR Spectroscopy / B. Diehl. Amsterdam: Elsevier, 2008. pp. 3–41.
13. Mehanohimicheskoe poluchenie i farmakologicheskaja aktivnost vodorastvorimyykh kompleksov arabinogalakтана i lekarstvennykh veshhestv / E.S. Meteleva [i dr.] // Izvestija RAN, ser. Himicheskaja. 2008. no. 6. pp. 1274–1282.

УДК 630*43(470.22)

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛЕСА ПОСЛЕ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

¹Гаврилова О.И., ²Пак К.А.

¹*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, e-mail: ogavril@mail.ru;*

²*Карельский филиал ФГБУ «Рослесинфорг» «Кареллеспроект», Петрозаводск,
e-mail: mao-zin@yandex.ru*

В работе рассматриваются вопросы формирования послепожарных растительных сукцессий после беглых низовых пожаров в таежной зоне в южной части республики Карелия. Пробные площади закладывали в черничных, травяных, брусничных и скальных типах леса после пожаров и определяли процент проективного покрытия площади (ППП), процент встречаемости, а также число подлесочных видов и подроста. Живой напочвенный покров через 9 лет после пожара восстановился с доминированием видов, характерных для гарей, с небольшим участием в составе представителей лесных сообществ. Для пожарищ характерны представители политриховых мхов *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum commune* (47–90% ППП), злаков *Deschampsia cespitosa*, *Calamagrostis arundinacea* (11–43% ППП) и иван-чая узколистного *Chamaenerion angustifolium* (30% ППП), которые являются характерными видами для послепожарных восстановительных сукцессий во всех типах условий местопроизрастания. Виды напочвенного покрова, характерные для лесных ценозов, представлены в основном черникой (*Vaccinium vitis-idaea*) (13% ППП) и кислицей (*Oxalis acetosella*) в небольшом количестве после пожаров в ельнике и сосняке травяном. Из подлеска по гарям разрастались в основном рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*) (0,25–1,25 тыс. шт/га), ольха серая (*Alnus incana*) (0,3–0,55 тыс. шт/га) и ива прутовидная (*Salix viminalis*) и козья (*S. caprea*) (0,55–1,2 тыс. шт/га), которые обеспечивают лучшее затенение площади и обогащают почву органическим веществом ежегодным опадом листвы. По скальному, брусничному и травяному типу леса прошедший беглый низовой пожар после уничтожения мертвого и живого напочвенного покрова способствовал появлению подроста хвойных пород в достаточном количестве для восстановления площади хозяйственно ценными видами деревьев (1,05–18 тыс. шт/га) при числе лиственного подроста 1,25–26 тыс. шт/га. По гарям после ельников черничных подрост хвойных пород практически не присутствовал, и здесь для возобновления леса следует проводить лесные культуры.

Ключевые слова: лесной пожар, живой напочвенный покров, естественное лесовосстановление, подрост хвойных и лиственных пород, республика Карелия

NATURAL FOREST RESTORATION AFTER FIRES IN THE REPUBLIC OF KARELIA

¹Gavrilova O.I., ²Pak K.A.

¹*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: ogavril@mail.ru;*

²*Karelian branch of «Roslesinforg» «Karellesproject», Petrozavodsk, e-mail: mao-zin@yandex.ru*

The article covers the issues of the formation of post-fire vegetational successions after running ground fires in the taiga zone in the Southern part of the Republic of Karelia. Growth plots were set in bilberry, grass, cranberry and rocky types of conditions of the habitat and there were defined the percentage of the projective cover of the plot (PCP), the percentage of occurrence, as well as the number of under-forest species and understory. The living topsoil 9 years after the fire was restored with the dominance of the species typical for fire-sites, with little presence of representatives of forest communities. For fire-sites the typical representatives are polytrich mosses *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum commune* (47–90% of PCP), cereals *Deschampsia cespitosa*, *Calamagrostis arundinacea* (11–43% of PCP) and pigweed *Chamaenerion angustifolium* (30% of PCP), which are conventional species for post-fire recreative successions in all types of conditions of the habitat. The types of the ground cover, common for forest coens, are represented by the bilberry (*Vaccinium vitis-idaea*) (13% of PCP) and oxalis (*Oxalis acetosella*) in the small bulk after fires in spruce forests and grass pine forests. From underwood to fire-sites grew out substantially quickbeam (*Sorbus aucuparia*) (0,23–1,25 thousand trees/ha), white alder (*Alnus incana*) (0,3–0,55 thousand trees/ha) and basket (*Salix viminalis*) and goat willows (*S. caprea*) (0,55–1,2 thousand trees/ha), which provide better suppression and enrich the soil with the organic matter through the annual leaf fall. As for the rocky, cranberry and grass types of forests the by-past running ground fire after destruction of dead and living ground cover encouraged the appearance of understory of conifer species in the amount enough for restoring the plot with agriculturally important species of trees (1,05–18 thousand trees/ha) with the amount of deciduous understory 1,25–26 thousand trees/ha. Fire-sites after bilberry scrub forests did not faced the conifer undergrowth, and here for the forest recovery forestry crops have to be developed.

Keywords: forest fire, living ground cover, natural reforestation, undergrowth of coniferous and deciduous species, Republic of Karelia

Лесные пожары, являясь важнейшим фактором формирования таежной растительности, уничтожают деревья и кустарники, заготовленную в лесу древесину. При этом снижаются защитные, водоохранные и другие полезные свойства леса,

уничтожается фауна, сооружения и населенные пункты. Кроме того, лесной пожар представляет серьезную опасность для людей и сельскохозяйственных животных [1, 2]. Процессы сукцессии после пожаров зависят от различных факторов: географиче-

скогог расположения, климата, структура ландшафта и размещения площади, особенностей рельефа, типа условий местопроизрастания, биологии представленных на площади пород, особенностей типа леса и сукцессионной фазы, типа и интенсивность пожара; размера сгоревшей площади, наличия источников обсеменения и качества семян и т.д. [3, 4].

В статье рассмотрены вопросы состояния естественного возобновления напочвенного покрова, подроста и подлеска разных по почвенным условиям сосняков и ельников в условиях южной части республики Карелия после лесных низовых пожаров средней интенсивности. Давность пожара на момент исследования составила 9 лет. Целью работы являлось установление необходимости проведения лесовосстановительных работ в насаждениях после пожара.

Материалы и методы исследования

Исследование напочвенного покрова происходило по трансекте, закладываемой по диагонали места, пройденного пожаром. Здесь закладывалось 10 площадок 1×1 м, на которых производилось исследование напочвенного покрова. Поверхность площадки принималась за 100%, далее определялась площадь проективного покрытия каждого вида растений, выраженная в процентах от общей площади учётной площадки [5].

Учёт подроста и подлеска производился по широко применяющимся в лесоводстве методам [6, 7], по породам на диагональной ленте, ширина которой была 2 м, а длина изменялась в зависимости от размера площади пройденной пожаром. При пересчёте подрост разделяли на три группы: мелкий – высотой до 0,5 м, средний – 0,6–1,5 м и крупный – выше 1,5 м [8, 9]. В пределах каждой группы отдельно учитывали благонадёжный и неблагонадёжный подрост, а также время его появления до или после пожара. При разделении подрост по состоянию вносится некоторое допущение, а именно, предполагалось, что неблагонадёжный подрост пострадал после пожара и не успел восстановиться. Разделение подрост на категории определяется по соотношению величины прироста по высоте у ствола и боковых побегов. Если величина прироста боковых побегов за последние 3 года, начиная с третьей мутовки, меньше величины прироста ствола, подрост считается благонадёжным. И наоборот, если величина прироста у боковых побегов больше, чем прирост по высоте у ствола, подрост (молодняк) считается неперспективным. Подлесок также учитывался аналогично отдельно с указанием породы с разделением по высотным градациям (мелкий, средний, крупный) [6].

Результаты исследования и их обсуждение

На основании проведенной работы по участкам разных типов леса выявлено, что по площади пожарниц распространены из

зеленых мхов в основном мхи рода политрихум, в основном политрих можжевельниковый и обыкновенный (*Polytrichum juniperinum* Hedw. и *Polytrichum commune* Hedw.), а также плеурозий Шребера (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.) (таблица, рис. 1–3). Лишайниковая растительность представлена родом кладония, преимущественно *Cladonia alpestris* (L.) Rabench. По мере увеличения влажности почвы появляются зеленые мхи рода дикран и гилокомий (*Dicranum polysetum* Sw. (*D. undulatum* Ehrh. ex Web. et Mohr.), *Hilocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. (*H. proliferum* Lindb.)). По относительно богатым типам условий произрастания по микропонижениям появляются сфагновые мхи (*Sphagnum acutifolium* Ehrh. et Schrad.). Встречаемость зеленых мхов составила от 90 до 60% (по сосняку травяному). В напочвенном покрове практически присутствуют злаки, которые обычно появляются после пожара и оказывают губительное влияние на возобновление. Даже по сосняку скальному через 9 лет после пожара ППП (процент проективного покрытия площади) составил в среднем 42,5% при встречаемости 80%. Представлен здесь в основном луговик дернистый (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv.) со встречаемостью по площадкам 80%.

После пожара в сосняке брусничном из злаков преобладали луговик и вейник (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth.), с ППП 11,22%, по сосняку травяному эти виды злаков покрывали до 39,8% площади. Здесь встречаемость видов 80%.

После пожара по ельнику черничному злаки встречались на 50% пробных площадок, составляя не менее 16% ППП. После пожара по ельнику травяному злаки составляли менее 5% ППП, а в составе преобладал иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop/ (до 31,4% от ППП и 60% встречаемость).

Брусника (*Vaccinium myrtillus* L.) встречалась на 40% площадок после пожара в сосняке брусничном и на 50% – в ельнике черничном. На остальных участках исследования ППП был менее 5.

Таким образом, наиболее характерные виды для послепожарных восстановительных сукцессий (злаки, иван-чай узколистный, политриховые мхи) присутствовали в том или ином количестве во всех типах условий местопроизрастания.

Черника (*Vaccinium vitis-idaea* L.) как характерный для лесных фитоценозов вид встречалась в количестве 13,1% проектив-

ного покрытия на 2 площадках из 10 только после пожара в сосняке травяном. Для ельника травяного были более характерны кислица (*Oxalis acetosella* L.), растущая в достаточно затененных местах (16% ППП и встречаемость 80%) и в качестве раз-

нотравья ожика волосистая (*Luzula pilosa* (L.) Willd.), костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea* L.) и пр. (5,2% ППП встречаемость 100%).



Рис. 1. Площадь, пройденная пожаром по сосняку черничному (слева) и сосняку травяному через 9 лет после пожара



Рис. 2. Сосняк скальный и сосняк брусничный, пройденный пожаром, через 9 лет



Рис. 3. Ельник черничный и ельник травяной, пройденный пожаром, через 9 лет

Процент проективного покрытия основных видов живого напочвенного покрова и встречаемость по учетным площадкам после пожара в разных типах условий произрастания

Тип леса	Группы видов напочвенного покрова	Процент проективного покрытия площади, %	Встречаемость видов, %
Сосняк скальный, беломошный, <i>Pinetum cladinosum</i>	Зеленые мхи – класс Musci	82,2 ± 20,15	90
	Злаки – сем. Poaceae	42,5 ± 9,2	80
	Лишайники – Род Cladonia	17,0 ± 4,1	60
Сосняк брусничный <i>Pinetum vacciniosum</i>	Зеленые мхи – класс Musci	80,6 ± 20,1	90
	Злаки – сем. Poaceae	11,2 ± 3,0	30
	Вереск – род Calluna	21,8 ± 5,0	30
	Брусника – <i>Vaccinium myrtillus</i>	22,0 ± 5,3	40
Сосняк травяной <i>Pinetum herbosum</i>	Зеленые мхи – класс Musci	47,1 ± 9,9	60
	Злаки – сем. Poaceae	39,8 ± 6,7	80
	Черника – <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	13,2 ± 5,0	20
Ельник черничный <i>Piceetum myrtillosum</i>	Зеленые мхи – класс Musci	98 ± 3,2	90
	Злаки – сем. Poaceae	16,3 ± 5,3	50
	Брусника – <i>Vaccinium myrtillosum</i>	18,1 ± 4,6	50
Ельник травяной <i>Piceetum herbosum</i>	Зеленые мхи – класс Musci	90,4 ± 8,2	90
	Кислица – <i>Oxalis acetosella</i>	16,1 ± 3,6	80
	Иван-чай узколистный – <i>Chamaenerion angustifolium</i>	31,4 ± 7,6	60
	Разнотравье	5,2 ± 1,2	100

В ельнике травяном через 9 лет после бедного пожара были в большей степени представлены лесные виды живого напочвенного покрова. На структуру живого напочвенного покрова начинают оказывать влияние древесные породы, в том числе подлесок и подрост хвойных и лиственных пород. Общий процент проективного покрытия площади превышает 100%, то есть уже в напочвенном покрове присутствует ярусность, что приводит к вытеснению видов растительности, свойственной открытым пространствам и появлению лесной растительности.

Подлесок, по результатам проведенной работы, состоит в основном из рябины, видов ивы, ольхи серой, черемухи и можжевельника. Он существенно может улучшить плодородие почвы, защищает всходы хвойных пород от неблагоприятных природно-климатических факторов, однако при густом стоянии может препятствовать прорастанию семян и заглушать всходы. Оценивая количество подлеска на площадях исследования, следует отметить большое количество рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) до 1,25 и 0,9 тыс. шт/га по травяным соснякам и ельникам (рис. 4). В небольшом количестве почти по всем горельникам представлены ива козья и прутьевидная, *Salix viminalis* L. и *S. caprea* L., в количестве от 0,45 тыс. шт/га по сосняку скальному до 1,2 тыс. шт/га по сосняку брусничному. По сосняку скальному встречался

можжевельник (*Juniperus communis* L.) на местах выхода скальных пород и большой каменистости и минерализации почвы. Эти неприхотливые растения часто размножаются вегетативно и в связи с большими расстояниями, преодолеваемыми семенами, способны стать породой-пионером на площадях разного богатства почвы и независимо от режима увлажнения. На участке исследований пожарища ельника черничного после 9 лет представлена в основном ольха серая (*Alnus incana* L.) и рябина. Можжевельник и черемуху (*Prunus padus* L.) наблюдали после пожара в небольшом количестве по сосняку скальному.

Подрост, или молодые деревья, которые в будущем способны сформировать древостой [10], на площади исследований представлены сосной, елью, березой и осиной (рис. 5). По сухим типам условий произрастания, представленным сосняками скальным и брусничным, достаточно большое количество самосева сосны, представленного мелкими и средними растениями. Благонадежный подрост составил 60% от общего числа сосны на площади сосняка скального и 86% брусничного. Поскольку подрост высотой от 0,1 до 1,5 м отнесен к категории благонадежного, вероятность естественного восстановления этих площадей сосной высокая. Большое количество подростка березы крупной градации (более 25 тыс. шт/га) по брусничному типу условий делает необходимым

проведение работ по уходу за молодняком для осветления. В условиях сосняка скального осветление не требуется в связи с отсутствием подроста лиственных пород.

После пожара в сосняках и ельниках травяных после сгорания большей части

живого напочвенного покрова и частичной минерализации грунта через 9 лет после пожара из крупного подроста присутствовала только осина в количестве 3250 шт/га в сосновом насаждении и осина с березой (450 и 900 шт/га соответственно) в ельнике.

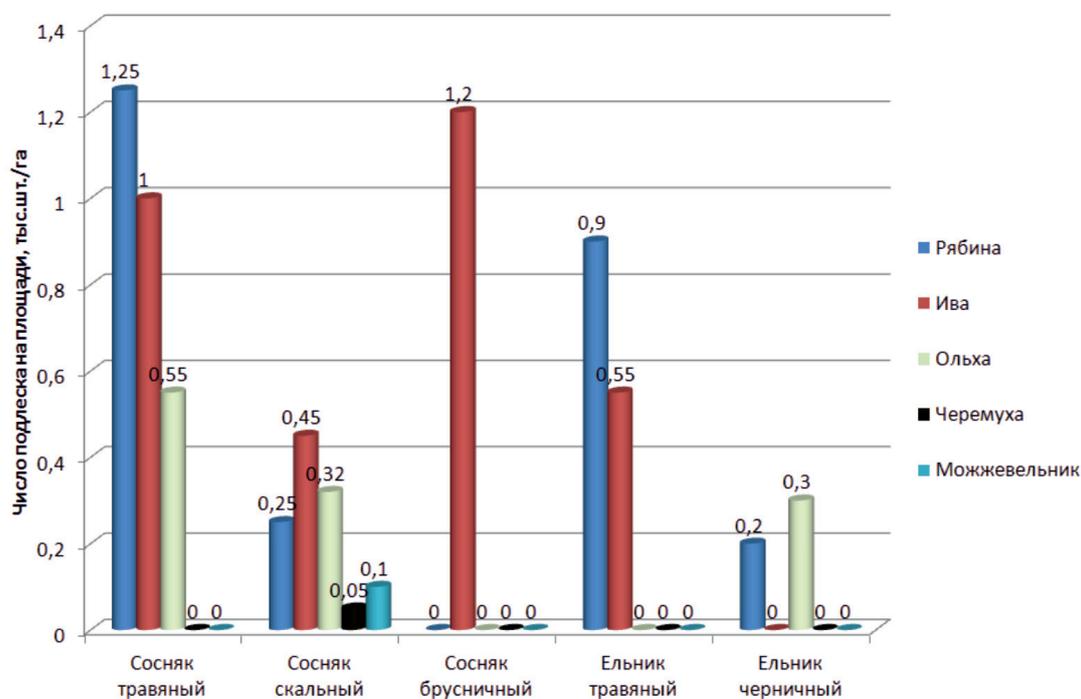


Рис. 4. Количество подлеска на площадях разных типов условий через 9 лет после пожара

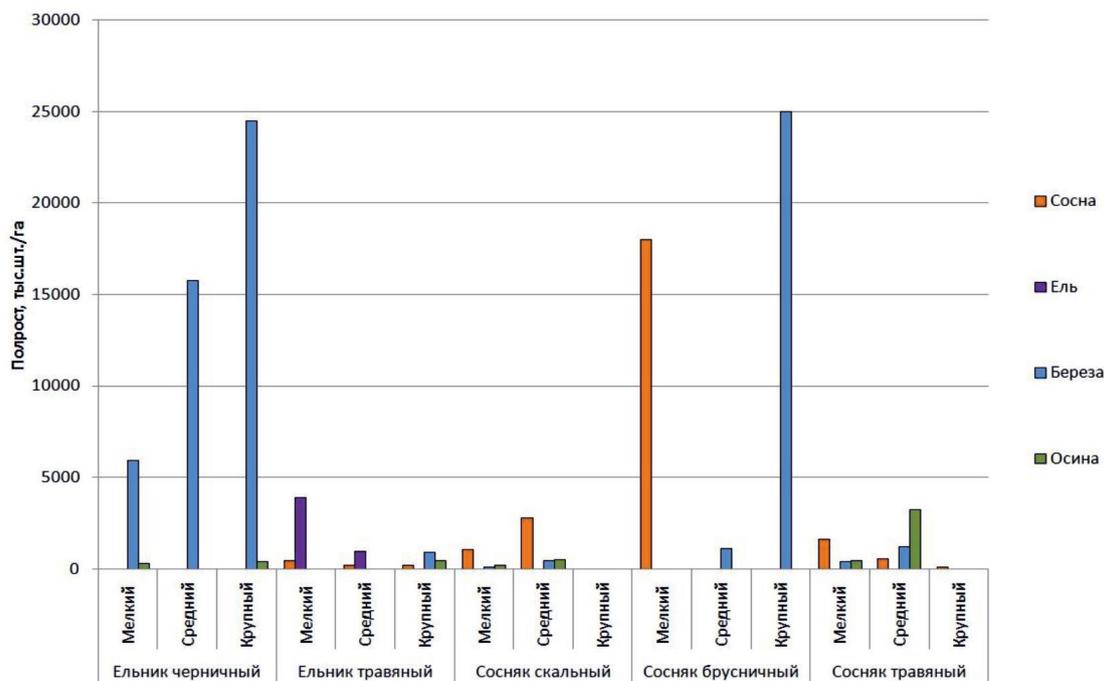


Рис. 5. Количество подроста после пожара в лесах разных типов условий местопроизрастания

Подрост хвойных пород в основном мелкий, до 0,5 м. После пожара в сосняке число мелкого подроста сосны составило 1600 шт/га, среднего 550 шт/га. В ельнике травяном после 9 лет после пожара число мелкого подроста сосны составило 450 шт/га и среднего – 250 шт/га. Подрост ели на той же территории составил соответственно 3900 и 950 шт/га. Категория неблагонадежного подроста для этих площадей для хвойного подроста составила не более 20–25 % от общего количества. Таким образом, для успешного восстановления площади после пожара в сосняке и ельнике травяном достаточно естественного возобновления хвойных пород.

После пожара в ельнике черничном, где весьма сильно после пожара развился живой напочвенный покров, особенно злаки и иван-чай, наблюдали в основном подрост лиственных пород, в том числе 590 шт/га мелкого подроста березы, 15850 шт/га среднего и 74300 шт/га крупного. Осина насчитывала 400 шт/га крупного подроста. Подроста хвойных пород на площади пожарища ельника черничного не наблюдали. Таким образом, для данного типа условий произрастания после пожара естественное возобновление хвойными породами, вероятнее всего, не произойдет.

Выводы

1. На основании проведенной работы и литературного обзора источников выявлено, что восстановление живого напочвенного покрова происходит в течение первых 9–10 лет после пожара представителями политриховых мхов, злаков и иван-чая, которые являются характерными видами для послепожарных восстановительных сукцессий во всех типах условий местопроизрастания.

2. Виды напочвенного покрова, характерные для лесных ценозов, представлены в основном черникой и кислицей в небольшом количестве после пожаров в ельнике и сосняке травяном. Для черничного типа леса после пожара активнее развивались злаки и брусника.

3. Из подлеска по гарям разрастались в основном рябина обыкновенная, ольха серая и ива прутовидная и козья, которые обеспечивают лучшее затенение площади.

4. По скальному, брусничному и травяному типам леса прошедший беглый низовой пожар после уничтожения мертвого

и живого напочвенного покрова способствовал появлению подроста хвойных пород в достаточном количестве для восстановления площади хозяйственно ценными видами деревьев. По гарям ельников черничных подрост хвойных пород практически не присутствовал, и здесь для возобновления леса следует проводить лесные культуры.

Список литературы

1. Грязькин А.В. Математическая модель естественного лесовозобновления / А.В. Грязькин, С.В. Гуров, Н.В. Беляева, Н.В. Ковалев, А.Н. Дадох // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2011. – № 197. – С. 247–256.
2. Комарова Е.П. Динамика возобновления площадей, пройденных лесными пожарами / Е.П. Комарова, С.В. Малоков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – № 5–3. – С. 48–52.
3. Гаврилова О.И. Восстановительные сукцессии после пожаров в сосняках брусничных южной Карелии / О.И. Гаврилова, К.А. Пак // Повышение эффективности лесного комплекса: Матер. Всерос. научно-практ. конф. с межд. участием 22 мая 2017. – С. 275–279.
4. Ильичев Ю.Н. Влияние пожаров и рубок по гарям на почвенно-экологические факторы естественного возобновления / Ю.Н. Ильичев, Н.Т. Бушков // Сибирский экологический журнал. – 2011. – № 6. – С. 861–869.
5. Писаренко А.И. Роль всемирных конгрессов лесоводов в глобализации лесного хозяйства / А.И. Писаренко // Лесное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 2–6.
6. Щеглова Е.Г. Лесные пожары и их роль в формировании и развитии лесных биоценозов в пойменных лесах степной зоны / Е.Г. Щеглова, Ю.М. Нестеренко, В.М. Шабаев // Известия Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 2. – С. 8–11.
7. Смирнова О.В. Потенциальная растительность и потенциальный экосистемный покров / О.В. Смирнова, Н.А. Торопова // Успехи современной биологии. – 2016. – № 2. – С. 199–211.
8. Смирнова О.В. Концептуальная модель динамики напочвенного покрова / О.В. Смирнова, С.И. Чумаченко // Вестник МГУ леса. – 2012. – № 9. – С. 94–102.
9. Уланова Н.Г. О конкуренции среди популяций с дискретной структурой: динамика популяций вейника и березы, растущих совместно / Н.Г. Уланова, И.Н. Белова, Д.О. Логофет // Журнал общей биологии. – 2008. – № 6. – С. 478–494.
10. Шубин Д.А. Естественное возобновление на пройденных лесными пожарами площадях в условиях Бобровского лесничества Алтайского края / Д.А. Шубин // Леса России и хозяйство в них. – 2009. – № 2–32. – С. 29–35.

References

1. Grjazkin A.V. Matematicheskaja model estestvennogo lesovozobnovlenija / A.V. Grjazkin, S.V. Gurov, N.V. Beljaeva, N.V. Kovalev, A.N. Dadoha // Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoi akademii. 2011. no. 197. pp. 247–256.
2. Komarova E.P. Dinamika vozobnovlenija ploshhadej, projdennyh lesnymi pozharemi / E.P. Komarova, S.V. Maljukov // Aktualnye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. 2014. no. 5–3. pp. 48–52.
3. Gavrilova O.I. Vosstanovitelnye suksessii posle pozharov v sosnjakah brusnichnyh juzhnoj Karelii / O.I. Gavrilova,

K.A. Pak // Povyshenie jeffektivnosti lesnogo kompleksa: Mater. Vseross. nauchno-prakt. konf. s mezhd. uchastiem 22 maja 2017. pp. 275–279.

4. Ilichev Ju.N. Vlijanie pozharov i rubok po garjam na pochvenno-jekologicheskie faktory estestvennogo vozobnovlenija / Ju.N. Ilichev, N.T. Bushkov // Sibirskij jekologicheskij zhurnal. 2011. no. 6. pp. 861–869.

5. Pisarenko A.I. Rol vseмирnyh kongressov lesovodov v globalizacii lesnogo hozjajstva / A.I. Pisarenko // Lesnoe hozjajstvo. 2015. no. 3. pp. 2–6.

6. Shheglova E.G. Lesnye pozhary i ih rol v formirovanii i razvitii lesnyh biocenozov v pojmnennyh lesah stepnoj zony / E.G. Shheglova, Ju.M. Nesterenko, V.M. Shabaev // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. no. 2. pp. 8–11.

7. Smirnova O.V. Potencialnaja rastitelnost i potencialnyj jekosistemnyj pokrov / O.V. Smirnova, N.A. Toropova // Uspehi sovremennoj biologii. 2016. no. 2. pp. 199–211.

8. Smirnova O.V. Konceptualnaja model dinamiki napochvennogo pokrova / O.V. Smirnova, S.I. Chumachenko // Vestnik MGU lesa. 2012. no. 9. pp. 94–102.

9. Ulanova N.G. O konkurencii sredi populjacij s diskretnoj strukturoj: dinamika populjacij vejnika i berezy, rastushhih sovместno / N.G. Ulanova, I.N. Belova, D.O. Logofet // Zhurnal obshhej biologii. 2008. no. 6. pp. 478–494.

10. Shubin D.A. Estestvennoe vozobnovlenie na projdenykh lesnymi pozharami ploshhadjah v uslovijah Bobrovskogo lesnichestva Altajskogo kraja / D.A. Shubin // Lesa Rossii i hozjajstvo v nih. 2009. no. 2–32. pp. 29–35.

УДК 631.454/.8

МИНЕРАЛЬНЫЕ И ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ АДАПТИВНЫХ СЕВОБОРОТОВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Дроздов И.А., Тюлин В.А., Сутягин В.П.

ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь,
e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru

На опытном поле Тверской ГСХА изучено влияние минеральных и органических удобрений на продуктивность и энергетический потенциал кормовых севооборотов с короткой ротацией. Наибольший энергетический потенциал пашни отмечается в зернопаротравяном севообороте, а меньший – при бессменном возделывании картофеля. Во всех изучаемых севооборотах, кроме бессменного картофеля, прибавка урожая культур от внесения удобрений незначительна и можно говорить только о тенденции её увеличения. Причина в том, что во всех севооборотах в почву в виде пожнивно-корневых остатков поступало в среднем до 6–7 т/га сухой массы органического вещества, что в пересчёте на условный навоз составляет 30–35 т/га навоза. В среднем за 7 лет исследований минеральные удобрения лучше используются вико-овсяной смесью и ячменём, а навоз крупного рогатого скота – озимой рожью и клевером. Наибольшая продуктивность отмечается в севообороте С6, где два поля клевера, два поля зерновых культур и одно поле пропашных (картофель). Меньшая продуктивность отмечается при бессменном возделывании картофеля С4. Плодосменный севооборот С1 продуктивнее зернотравяных севооборотов С2, С3, С5, но менее продуктивен, чем кормовой севооборот С6, что можно объяснить разнообразием видового состава культур и более интенсивным воздействием на почву. Следовательно, не только структура посевных площадей, но и чередование культур играет большую роль в продуктивности пашни. Коэффициент энергетической эффективности возделывания картофеля в севообороте без удобрений составляет 3,7, на фоне применения минеральных удобрений – 2,8, при внесении навоза 2,2. Коэффициент использования N мочевины различными травостоями колебался от 18,5 до 36,4. В звене полевого севооборота наиболее высокая прибавка урожая при применении птичьего помета, смеси торфа с пометом и навоза соломистого.

Ключевые слова: агроэкосистема, адаптивные севообороты, органические удобрения, минеральные удобрения, метод меченых атомов

MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS OF ADAPTIVE CROP ROTATIONS OF THE HIGH VOLGA REGION

Drozdov I.A., Tyulin V.A., Sutyagin V.P.

Tver State Agricultural Academy, Tver, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru

The effect of mineral and organic fertilizers on the productivity and energy potential of fodder crop rotations with a short rotation was studied in the experimental field of the Tver State Agricultural Academy. The largest energy potential of arable land is noted in the grain-and-steam crop rotation, and the smaller – with the permanent cultivation of potatoes. In all the studied crop rotations, in addition to permanent potatoes, the increase in the crop yield from fertilizer application is not significant and we can only talk about the tendency of its increase. The reason is that in all crop rotations in the soil in the form of stubble-root residues, an average of 6–7 t / ha of dry weight of organic matter came in, which translates into conditional manure of 30–35 t / ha manure. On average, for 7 years of research, mineral fertilizers are better used by the vico-axle mixture and barley, and the manure of cattle used by winter rye and clover. The highest productivity is revealed in the rotation of C6, where two fields of clover, two fields of cereals and one field of tilled (potatoes). Less productivity is observed with the continued cultivation of potatoes C4. The crop rotation C1 is more productive than grain-crop rotations of C2, C3, C5, but less productive than the feed rotation of C6, which can be explained by the diversity of the species composition of the crops and the more intensive impact on the soil. Consequently, not only the structure of crop areas, but also the alternation of crops plays a large role in the productivity of arable land. The coefficient of energy efficiency of potato cultivation in crop rotation without fertilizers is 3.7, against the background of the application of mineral fertilizers – 2.8, with the application of manure – 2.2. The coefficient of N urea use by various herbs varied from 18.5 to 36.4. In the link of field crop rotation, the highest yield increment is when using bird droppings, a mixture of peat with bird droppings and straw manure.

Keywords: agro-ecosystem, adaptive crop rotations, organic fertilizers, mineral fertilizers, radioactive tracer method

Агроэкосистемы являются сбалансированной экологической системой. При интенсификации агротехнологий изменяется содержание гумуса в почве, его баланс [1–3]. Минимизировать разбалансированность агроэкосистем в Центральном Нечерноземье можно за счёт конструирования севооборотов [3–5]. Обращают на себя внимание исследования севооборотов с короткой

ротацией. Их преимущество в мобильности, сокращении переходного периода при изменении конъюнктуры на продовольственном рынке. Кроме того, насыщение структуры посевных площадей севооборотов с короткой ротацией многолетними бобово-злаковыми травосмесями позволяет увеличивать количество пожнивно-корневых остатков.

Большой вклад в изучение агротехники возделывания основных культур, бесменных посевов, различных предшественников и видов севооборотов и севооборотных звеньев внесла Шатиловская опытная станция [6]. В исследованиях на темно-серой почве изучена эффективность полевых севооборотов с использованием приемов биологизации проведены в пятипольных севооборотах на трех фонах питания: естественный (без удобрений), минеральный и органо-минеральный показали повышение плодородия почвы и урожайности полевых культур [7].

В современном земледелии Центральной Нечернозёмной зоны необходимы севообороты с короткой ротацией. Многолетние травы в структуре посевных площадей играют особую роль. Современное состояние – более 60% занимают многолетние травы свыше трёх лет пользования. В настоящее время значение органического вещества почвы в снабжении сельскохозяйственных культур элементами питания не только снижается, а возрастает. Изучено влияние систем удобрения, технологий возделывания сельскохозяйственных культур в различных севооборотах и их роль в накоплении пожнивно-корневых остатков [8]. Установлено, что в 1980-х гг., когда вносились высокие нормы минеральных удобрений, наблюдалось ухудшение качества растениеводческой продукции [3, 4]. Ставится задача все большего обеспечения растений питательными веществами за счет почвенных запасов, которые связаны, прежде всего, с органическим веществом. Рациональное применение нетрадиционных форм органических удобрений (сидерат, солома) обеспечивает ведение экологически сбалансированного и безопасного земледелия за счет повышения устойчивости агробиоценозов к воздействию природных стресс-факторов [4, 7]. Важную роль в регулировании плодородия почвы играют послеуборочные растительные остатки, ценность которых зависит не только от массы и химического состава, но и от скорости разложения [2, 3, 9–11].

Систематическое применение органических и минеральных удобрений, выращивание многолетних бобовых трав способствует повышению исходного уровня окультуренности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, что обеспечивает устойчивую урожайность полевых культур при снижении степени деградации почвы до экологических нормативов [9, 10, 12]. Повышение продуктивности севооборотов возможно при адаптации агротехнологий к ландшафтным и погодным условиям [13–15].

Цель исследований – изучение влияния минеральных и органических удобрений на продуктивность и энергетический потенциал короткоротационных кормовых севооборотов Верхневолжья.

Исследования проводились с 1997 по 2010 гг. на опытном поле ТГСХА. В двухфакторном полевом опыте, заложенном в трёхкратной повторности методом расщеплённых делянок, изучалось шесть севооборотов на трёх фонах минерального питания (фактор А): С1 – 1) клевер, 2) картофель, 3) ячмень с подсевом клевера, 4) клевер, 5) озимая рожь с подсевом клевера; С2 – 1) клевер, 2) ячмень с подсевом клевера, 3) клевер, 4) озимая рожь; С3 – 1) клевер, 2) ячмень с подсевом клевера; С4 – 1) картофель бесменно; С5 – 1) клевер 1 г.п., 2) клевер 2 г.п., 3) озимая рожь, 4) ячмень; С6 – 1) занятой пар (вико-овес), 2) озимая рожь с подсевом клевера, 3) клевер, 4) ячмень на трёх фонах питания (фактор В): 1) без удобрений (0); 2) минеральные удобрения при норме по 25 кг/га д.в. N, P, K (NPK); 3) навоз по 5 т/га севооборотной площади (навоз). Норма минеральных удобрений рассчитана на продуктивность пашни 2,0–2,5 т/га. Норма навоза эквивалентна минеральным удобрениям по азоту. Проведен эксперимент по определению коэффициента использования N мочевины с помощью метода меченых атомов. Основное содержание гумуса находилось в пахотном горизонте (2,48%) и резко снизилось в горизонте A_2 , достигнув 0,18%. Подвижные формы фосфора и калия находилось в горизонте $A_{\text{пах}}$ – 21,1 и 18,2 мг-экв. на 100 г почвы соответственно, их содержание снизилось в аллювиальном и вновь увеличилось в горизонте B_1 . Органические удобрения в опыте 2 вносили из расчета 60 т/га физической массы, сбалансированных по углероду.

Изучение различных форм органических удобрений проводилось в трех мелкоделяночных опытах, площадью 0,65 га, который разбит на 40 делянок по 140 м², их расположение рендомизированное. Повторность 4-х кратная. Удобрения внесли из расчета 60 т/га физической массы. При отборе почвенных образцов руководствовались существующими инструкциями и ГОСТ (ГОСТ 28168-89), а при выполнении химических анализов пользовались общепринятыми в аналитической химии методами. Агроэнергетическую эффективность определяли по методике ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. Технология возделывания культур в опытах общепринятая для Центральных районов Нечернозёмной зоны.

Исследования показали, что продуктивность пашни во многом зависит от севооборотов и структуры посевных площадей. Так, наибольшая продуктивность отмечается в севообороте С6, а меньшая – при бессменном возделывании картофеля С4. Установлено, что двупольный севооборот С3 (клевер – ячмень) уступает по продуктивности севооборотам С2 и С5, хотя во всех трёх севооборотах клевер занимает 50% пашни. Следовательно, не только структура посевных площадей, но и чередование культур играет большую роль в продуктивности пашни. Плодосменный севооборот С1 продуктивнее зернотравяных севооборотов С2, С3, С5, но менее продуктивен, чем кормовой севооборот С6, что можно объяснить разнообразием видового состава культур и более интенсивным воздействием на почву (табл. 1).

В С1, С2 и С6 наблюдается тенденция повышения продуктивности пашни при внесении органических удобрений, а в двупольном севообороте С3 – минеральных. При бессменном возделывании картофеля (С4) и двухгодичном использовании многолетних трав (С5) эффективность органических и минеральных удобрений одинакова. Следует отметить, что по всем севооборотам, кроме бессменного картофеля (С4), прибав-

ка урожая культур от внесения удобрений незначительна и можно говорить только о тенденции её увеличения. Разнонаправленное действие удобрений определяется культурами, возделываемых в севооборотах.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что в среднем за 7 лет исследований (1999–2005) минеральные удобрения лучше используются вико-овсом и ячменём, а навоз крупного рогатого скота – озимой рожью и клевером. В целом по культурам более эффективным удобрением в севообороте является навоз крупного рогатого скота. Анализ энергетических потоков свидетельствует, что коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) выше в посевах клевера и многолетних травах 1 г.п. Энергетический баланс возделывания полевых культур позволяет рассчитать предел урожайности, ниже которого производство продукции невыгодно, т.е. коэффициент энергетической эффективности < 1,0. Предел урожайности на фоне без удобрений составляет для зерновых 0,6...0,7 т/га (11,3–13,2 ГДж/га), клевера и многолетних трав на сено – 0,5...0,8 т/га (9,8–15,8 ГДж/га). Вычисление этих результатов исходит из сопоставления суммарных затрат энергии на возделывание конкретной культуры.

Таблица 1

Энергетический потенциал севооборотов на разных фонах питания, ГДж/га (1999–2005 гг.)

Севообороты	Фон			Среднее по фону	Доверительный интервал
	О	НПК	навоз		
С1	49,7	53,5	61,0	54,8	9,5
С2	46,9	48,0	51,0	48,8	9,8
С3	41,0	42,1	40,3	41,0	16,1
С4	23,2	25,1	24,6	24,4	1,1
С5	39,7	44,6	44,6	43,1	7,4
С6	72,2	76,0	81,3	76,5	11,7
Среднее по севооборотам	45,5	48,2	50,5	48,0	9,6
Доверительный интервал ±	9,3	8,9	10,8	9,6	9,3

Таблица 2

Энергетический эквивалент урожайности культур в зернотравяном севообороте, ГДж/га (1999–2005 гг.)

культура	фон				Доверительный интервал ±
	О	НПК	навоз	среднее	
Вико/овёс	75,5	76,4	82,6	78,2	4,4
Озимая рожь	58,5	65,8	63,5	62,6	4,2
Клевер	80,0	77,1	90,3	82,5	7,8
Ячмень	48,3	54,4	53,4	52,1	3,7
Среднее	71,3	73,1	78,8	74,4	–
Доверительный интервал ±	14,5	10,5	16,6	13,8	–

Таблица 3

Влияние вида органических удобрений на энергетический потенциал урожайности культур, ГДж/га (2008–2010 гг.)

Вариант	Картофель 2008 г.	Ячмень 2009 г.	Вико-овёс 2010 г.	среднее
1. Контроль (без удобрений)	55	56	86	66
2. Навоз бесподстилочный	69	65	131	88
3. Птичий помет	75	68	159	101
4. Торфо-навозный компост (ТНК)	68	63	124	85
5. Навоз солоmistый	71	64	148	94
6. Торф	59	60	118	79
7. Сапропель	55	61	113	77
8. 0,5 торф + 0,5 навоз бесподстилочный	65	70	157	97
9. 0,5 торф + 0,5 помет	67	63	172	101
НСР ₀₅ ГДж/га	9	4	19	11

Использование азота минеральных удобрений исследовалось методом радиоактивной метки. Коэффициент использования N мочевины тимофеечным травостоем в первом укосе составлял 36,4%, а во втором – 18,51%. В клеверо-тимофеечной смеси злаковый компонент во втором укосе использовал азот мочевины на 31,3%. Это объясняется тем, что клевер луговой активизировал жизнедеятельность почвенных микроорганизмов.

Эффективность удобрений во многом зависит от вида органического субстрата. Энергетический эквивалент урожайности культур за ряд лет, а также в целом за время проведения опыта свидетельствует о положительном действии всех изучаемых удобрений (табл. 3).

Наиболее заметной она оказалась на вариантах применения птичьего помета, смеси торфа с пометом и навоза солоmistого. Тем не менее коэффициент энергетической эффективности картофеля в севообороте без удобрений составляет 3,7, на фоне применения минеральных удобрений – 2,8, при внесении навоза 2,2.

Выводы

1. Адаптивные севообороты с полями многолетних трав позволяют получать устойчивую продуктивность пашни без применения удобрений или при ограниченном их применении на уровне 45–51 ГДж/га, используя их способность подавлять сорную растительность и энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков.

2. Наиболее эффективным удобрением в севообороте является навоз крупного рогатого скота, который повышает продуктивность пашни больше чем на 10%.

3. Исследования показали разную отзывчивость культур короткоротационного севооборота на удобрения. Минеральные удобрения лучше используются вико-овсом и ячменём, а навоз крупного рогатого скота – озимой рожью и клевером.

4. Применение птичьего помета, смеси торфа с пометом и навоза солоmistого в пропашном звене севооборота эффективнее других органических удобрений, увеличивая энергетический потенциал агрофитоценозов на 41–50 ГДж/га.

Список литературы

1. Шрамко Н.В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах Верхневолжья / Н.В. Шрамко, Г.В. Вихорева // Земледелие. – 2016. – № 1. – С. 14–16.
2. Ковалев Н.Г. Баланс гумуса в агроландшафтном земледелии / Н.Г. Ковалев, В.А. Тюлин, Д.А. Иванов, В.П. Сутягин // Бюллетень ВИУА. – 2003. – № 119. – С. 77–78.
3. Сутягин В.П. Формирование устойчивой продуктивности в агрономии: монография / В.П. Сутягин, В.А. Тюлин. – Тверь: Тверская ГСХА, 2017. – 182 с.
4. Черкасов Г.Н. Основы модернизации севооборотов и формирования их систем в соответствии со специализацией хозяйств Центрального Черноземья / Г.Н. Черкасов, А.С. Акименко // Земледелие. – 2017. – № 4. – С. 3–5.
5. Сутягин В.П. Агроэкологические аспекты продукционного процесса в растениеводстве / В.П. Сутягин, В.А. Тюлин. – Тверь: Изд. «Агросфера», 2009. – 332 с.
6. Зотиков В.И. Вклад Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции в изучение севооборотов, приёмов обработки почвы и применения гербицидов / В.И. Зотиков, З.А. Зарьянова // Земледелие. – 2016. – № 4. – С. 6–10.
7. Постников П.А. Продуктивность севооборотов при использовании приёмов биологизации / П.А. Постников // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 6 (136). – С. 20–23.
8. Драганская М.Г. Влияние систем удобрения на продуктивность севооборота возделывания культур // М.Г. Драганская, Н.М. Белоус, С.А. Бельченко // Агроконсультант. – 2011. – № 2. – С. 6–15.
9. Матюк Н.С. Роль сидератов и соломы в стабилизации процессов трансформации органического вещества

в дерново-подзолистой почве / Н.С. Матюк, О.В. Селицкая, С.С. Солдатова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2013. – № 3. – С. 63–74.

10. Тюлин В.А. Многолетние бобовые травы в агроландшафтах Нечерноземья / В.А. Тюлин, Н.Н. Лазарев, Н.Н. Иванова, Д.А. Вагунин. – Тверь: «Тверская ГСХА», 2014. – 234 с.

11. Дедов А.А. Влияние темпов разложения растительных остатков на лабильное органическое вещество почвы и урожайность культур севооборота / А.А. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Земледелие. – 2017. – № 4. – С. 6–9.

12. Матюк Н.С. Трансформация верхней части почвенного профиля дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при длительном окультуривании (К 100-летию длительного опыта ТСХА) // Н.С. Матюк, М.А. Мазиров, Д.М. Кашеева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2012. – № 3. – С. 13–26.

13. Постников П.А. Роль паров в стабилизации плодородия почвы и урожайности зерновых культур в севооборотах / П.А. Постников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 6 (44). – С. 41–43.

14. Савоскина О.А. Пестрота почвенного покрова и урожайность многолетних трав на склонах различной крутизны / О.А. Савоскина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2012. – № 1. – С. 81–93.

15. Корчагин А.А. Ресурсы адаптации агротехнологий в различные по погодным условиям годы / А.А. Корчагин, Л.И. Ильин, М.А. Мазиров, Т.С. Бибики, Р.Д. Петросян, А.А. Марков, А.Р. Гаспарян // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 16–20.

References

1. Shramko N.V. Rol biologizirovannyh sevooborotov v izmenenii soderzhaniya gumusa v derново-podzolistykh pochvah Verhnevolzhja / N.V. Shramko, G.V. Vihoreva // Zemledelie. 2016. no. 1. pp. 14–16.

2. Kovalev N.G. Balans gumusa v agrolandshaftnom zemledelii / N.G. Kovalev, V.A. Tjulín, D.A. Ivanov, V.P. Sutjagin // Bjulleten VIUA. 2003. no. 119. pp. 77–78.

3. Sutjagin V.P. Formirovanie ustojchivoj produktivnosti v agronomii: monografija / V.P. Sutjagin, V.A. Tjulín. Tver: Tverskaja GSHA, 2017. 182 p.

4. Cherkasov G.N. Osnovy modernizacii sevooborotov i formirovanija ih sistem v sootvetstvii so specializaciej hozjajstv

Centralnogo Chernozemja / G.N. Cherkasov, A.S. Akimenko // Zemledelie. 2017. no. 4. pp. 3–5.

5. Sutjagin V.P. Agroekologicheskie aspekty produkcionnogo processa v rastenievodstve / V.P. Sutjagin, V.A. Tjulín. Tver: Izd. «Agrosfera», 2009. 332 p.

6. Zotikov V.I. Vklad Shatilovskoj sel'skohozjajstvennoj opytnoj stancii v izuchenie sevooborotov, prijomov obrabotki pochvy i primeneniya gerbicidov / V.I. Zotikov, Ž.A. Zarjanova // Zemledelie. 2016. no. 4. pp. 6–10.

7. Postnikov P.A. Produktivnost sevooborotov pri ispolzovanii prijomov biologizacii / P.A. Postnikov // Agrarnyj vestnik Urals. 2015. no. 6 (136). pp. 20–23.

8. Draganskaja M.G. Vlijanie sistem udobrenija na produktivnost sevooborota vzdelyvanija kultur // M.G. Draganskaja, N.M. Belous, S.A. Belchenko // Agrokonsultant. 2011. no. 2. pp. 6–15.

9. Matjuk N.S. Rol sideratov i solomy v stabilizacii processov transformacii organicheskogo veshhestva v derново-podzolistoj pochvy / N.S. Matjuk, O.V. Selickaja, S.S. Soldatova // Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii. RGAU-MSHA imeni K.A. Timirjazeva. 2013. no. 3. pp. 63–74.

10. Tjulín V.A. Mnogoletnie bobovye travy v agrolandshaftah Nечерноземья / V.A. Tjulín, N.N. Lazarev, N.N. Ivanova, D.A. Vagunin. Tver: «Tverskaja GSHA», 2014. 234 p.

11. Dedov A.A. Vlijanie tempov razlozhenija rastitelnyh ostatkov na labilnoe organicheskoe veshhestvo pochvy i urozhajnost kultur sevooborota / A.A. Dedov, M.A. Nesmejanova, A.V. Dedov // Zemledelie. 2017. no. 4. pp. 6–9.

12. Matjuk N.S. Transformacija verhnej chasti pochvennogo profilja derново-podzolistykh legkosuglinistykh pochv pri dlitelnom okulturivanii (K 100-letiju dlitel'nogo opyta TSHA) // N.S. Matjuk, M.A. Mazirov, D.M. Kashheeva // Izvestija timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii. RGAU-MSHA imeni K.A. Timirjazeva. 2012. no. 3. pp. 13–26.

13. Postnikov P.A. Rol parov v stabilizacii plodorodija pochvy i urozhajnosti zernovykh kultur v sevooborotah / P.A. Postnikov // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. no. 6 (44). pp. 41–43.

14. Savoskina O.A. Pestrota pochvennogo pokrova i urozhajnost mnogoletnih trav na sklonah razlichnoj krutizny / O.A. Savoskina // Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii. RGAU-MSHA imeni K.A. Timirjazeva. 2012. no. 1. pp. 81–93.

15. Korchagin A.A. Resursy adaptacii agrotehnologij v razlichnye po pogodnym uslovijam gody / A.A. Korchagin, L.I. Ilin, M.A. Mazirov, T.S. Bibik, R.D. Petrosjan, A.A. Markov, A.R. Gasparjan // Zemledelie. 2017. no. 1. pp. 16–20.

УДК 630*6

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ОЧИСТКУ ЛЕСОВ ОТ ЗАХЛАМЛЁННОСТИ

Животягина Н.И., Орехова Н.В., Чугунова Е.В.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
Воронеж, e-mail: pozhni@mail.ru*

В статье рассмотрены причины возникновения захламлённости в лесу. Проблема уборки захламлённых территорий и экономическое обоснование затрат на их очистку является наиболее актуальной для малолесной зоны Российской Федерации, в которой преобладают защитные леса. Рассматривается проблема принятия научно обоснованного решения, связанного с расчётом затрат на очистку лесных территорий в зависимости от категорий лесов. Эта проблема заключается в том, что могут использоваться различные методы нормирования затрат труда, а также разные единицы измерения. Приведен краткий анализ методики расчёта коэффициента для определения расходов на обеспечение проведения мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов. Данная методика используется для обоснования суммы финансирования затрат на лесохозяйственные работы. Опыт лесопользователей показывает, что суммы денежных средств, выделяемые на данные работы в виде субвенций, недостаточны. Учитывая факт сокращения расходов госбюджета Российской Федерации за последние годы, целесообразно ориентировать методы нормирования затрат на их экономию. В связи с этим предлагается усовершенствованный метод нормирования затрат на комплекс работ по уборке захламлённости с указанием логической последовательности выполнения расчётов. На основе усовершенствованного метода приводятся соответствующие вычисления для конкретных лесных участков Курской области. Расчёты проведены с учётом лесоводственных характеристик захламлённых земель и соответствующей им технологии работ. В заключении делаются выводы, которые содержат направления снижения себестоимости работ в случае превышения ею лимита субвенций, выделяемых из федерального бюджета Российской Федерации. Обозначается проблема необходимости расчёта эколого-экономического ущерба от отсутствия своевременных санитарно-оздоровительных мероприятий.

Ключевые слова: очистка леса от захламлённости, метод нормирования затрат, снижение себестоимости работ, лимит субвенций, эколого-экономический ущерб

ECONOMIC JUSTIFICATION THE COST OF CLEANING THE FORESTS FROM LITTER

Zhivotyagina N.I., Orekhova N.V., Chugunova E.V.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
e-mail: pozhni@mail.ru*

The article reveals the reasons of forest littery. Both the matter of cleaning of littery areas and economical justification of forest cleaning costs are of great importance for forest-poor zone of Russian Federation. Protection forests are predominant in these areas. The article also considers the issue of adoption of scientifically based salvation for forest cleaning cost calculation depending on forest category. The point is that different normalization methods of labor costs and different units of measurement can be used. The brief analysis of ratio calculation method of expenditure for forest protection and restoration has been given. The given method is used for financial approval for forest management costs. Experienced forest managers prove that subventions received for the given works are not sufficient. Taking into consideration the fact of Russian Federation state budget reduction it is reasonable to concentrate on methods of costs normalization to their savings. Due to this the improved method of cost rationing for littery forest cleaning, the following logical consequence of calculations are suggested. Basing on the improved method the corresponding calculations for certain forest areas in Kursk region are shown. The calculations conducted considering the forestry management characteristics of littery lands together with the correspondent technology of work. In conclusion the authors give the ways of cost reduction of work in a case of subvention overlimit. The authors denote the point of necessity of ecological and economical calculation of damage caused by the absence of timely sanitation.

Keywords: forest litter cleaning, cost valuation method, cost activity reduction, subvention limit, ecological and economical damage

Лесные участки, находящиеся на территории государственного лесного фонда многих субъектов Российской Федерации, имеют большую захламлённость, которая в настоящее время связана с рядом причин: естественный отпад древесно-кустарниковых пород, невостребованность мелкотоварной и низкосортной древесины, невысокая инвестиционная привлекательность таких участков для арендаторов, низкий уровень

финансирования работ по очистке захламлённости со стороны собственника – государства. Существенную роль в увеличении захламлённости лесов играют граждане, а также предприятия, которые выбрасывают бытовой мусор в лесные массивы.

Проблема уборки захламлённых территорий и экономического обоснования затрат на их очистку является наиболее актуальной для малолесной зоны РФ. В пер-

вую очередь уборка захламлиенности производится на территориях, примыкающих к населенным пунктам и, соответственно, наиболее посещаемых гражданами: рекреационных зонах; защитных полосах вдоль водных объектов и дорог. В таких лесах вероятность возникновения очагов пожаров и вредителей достаточно высока.

Однако некоторые ученые в настоящее время считают, что отжившая древесина приносит больше пользы, чем вреда. Например, польский профессор, руководитель Беловежской геоботанической станции Варшавского университета Богдан Ярошевич уверен в том, что если забрать «мертвую» древесину из леса, то его биоразнообразие и плодородие снизятся [1].

Но если рассматривать экономический аспект лесопользования, то при несвоевременной вырубке усыхающих деревьев ущерб от отсутствия санитарно-оздоровительных мероприятий значительно превысит затраты на их своевременное проведение [2].

Цель исследования – экономически обосновать затраты на очистку лесов от захламлиенности на основе усовершенствованного метода нормирования затрат.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на основании договора Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова № 49/16 на оказание услуги научно-технического характера от 07.10.2016 г. по проекту «Разработка методов нормирования по расчету затрат на выполнение работ по очистке территории от захламлиенности».

Исходными данными разработки явились материалы лесоустройства Медвенского участкового лесничества Обоянского лесничества Комитета лесного хозяйства Курской области, а также результаты натурных обследований изучаемых территорий.

Расчёт затрат на очистку лесных территорий от захламлиенности представляет некоторую трудность, поскольку в качестве единицы измерения выступают разнородные показатели (m^3 , га и др.), а также могут использоваться различные методы нормирования (расчетно-аналитический, экономико-математический, экспериментальный и др.) [3].

Постановлением от 4 декабря 2015 г. № 1320 Правительство РФ утвердило методику расчёта коэффициента для определения расходов на обеспечение проведения мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов. Этот коэффициент должен применяться при продаже лесосек субъектам малого и среднего предпринимательства согласно поправкам, внесенным в Лесной кодекс РФ Федеральным законом от 29 июня 2015 г. № 206-ФЗ. Постановление официально опубликовано и вступило в силу 16 декабря 2015 г. (далее Постановление) [4]. С этой даты Федеральный закон № 206-ФЗ в части купли-продажи лесных насаждений субъектами малого и среднего предпринимательства начал работать.

Проблема заключается в том, что Постановление практически не дает ответа на вопрос о том, ка-

ким образом считать коэффициент для определения нормативных расходов на обеспечение проведения мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов (далее коэффициент). Коэффициент складывается из четырех вспомогательных коэффициентов, основанных на «нормативных затратах» на те или иные мероприятия. Эти «нормативные затраты» включают в себя затраты на отвод и таксацию лесосек, затраты на прокладку минерализованных полос и уход за ними, затраты на очистку леса от захламлиенности и затраты на выращивание лесных культур, начиная с подготовки почвы и заканчивая прочистками.

Некоторые из этих затрат можно применять для кубометров или гектаров продаваемых лесосек (затраты на отвод и таксацию лесосек и затраты на выращивание лесных культур), а некоторые – «привязать» весьма трудно (затраты на прокладку и содержание минерализованных полос и очистку лесов от захламлиенности), поскольку эти затраты непосредственно не связаны с конкретными лесосеками.

Совершенствование нормирования затрат при выполнении лесохозяйственных работ должно учитывать текущие финансовые условия хозяйствования в отрасли. Опыт лесопользователей показывает, что суммы денежных средств, выделяемые на данные работы в виде субвенций, недостаточны. Этому способствует принцип финансирования работ на основе конкурсов, что предполагает приоритетность более низких затрат для победителя. При этом реальность такова: расходы Госбюджета РФ за последние годы сокращаются во многих секторах экономики, в том числе и в лесном хозяйстве; следовательно, направления совершенствования методов нормирования целесообразно ориентировать на экономию затрат [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Предложенный авторами усовершенствованный метод нормирования затрат на комплекс лесохозяйственных работ (на $1 m^3$), в отличие от расчетно-аналитического метода, учитывает лимит соответствующих субвенций из федерального бюджета РФ (объем бюджетных ассигнований, предусмотренных на указанные цели бюджетной росписью Рослесхоза на соответствующий финансовый год и плановый период).

Порядок проведения экономического обоснования по данному методу состоит из следующих этапов:

1. Составление расчётно-технологической карты (РТК).

2. Выборка показателей из РТК (затрат и затрат на содержание и эксплуатацию оборудования).

3. Смета затрат на выполнение лесохозяйственных работ.

4. Сравнение затрат на комплекс лесохозяйственных работ (на $1 m^3$) с лимитом соответствующих субвенций на их проведение из федерального бюджета РФ и введение соответствующих корректировок.

Представленные ниже расчеты по нормированию затрат по очистке территории осуществлялись на основе материалов лесоустройства 24 квартала Медвенского участкового лесничества Обоянского лесничества Комитета лесного хозяйства Курской области (табл. 1).

Данные, представленные в табл. 1, показывают, что уровень захламливания в 24 квартале вышеуказанного лесного участка (далее – лесной участок) достаточно высок. Причины сложившейся ситуации, по мнению авторов, могут быть различными: несвоевременный уход, ухудшение экологической обстановки в регионе, отсутствие заинтересованности лесопользователей или их неграмотность в ведении лесного хозяйства.

Технология проведения лесохозяйственных работ зависит от категории лесов и в условиях вышеуказанной территории Курской области представляет следующие операции по уборке захламливания (табл. 2).

Различия в технологиях, приведенных в табл. 2, связаны с более щадящим режимом хозяйствования в лесах водоохранных зон, где очистка мест рубок ухода за лесом представлена измельчением и разбрасыва-

нием порубочных остатков. Специализированное измельчительное оборудование на отечественном рынке сегодня представляют компании из Европы и Азии, а также немногочисленные российские производители.

Натурные исследования, выполненные в соответствии с Лесоустроительной инструкцией [6], выявили дополнительный прирост захламливания в изучаемом квартале за 2013–2016 гг. в объеме 64,68 м³ (табл. 3).

Территория 24 квартала государственного лесного фонда прилегает к этнографическому ландшафтному комплексу «Хутор Песочное», поэтому проблемы очистки квартала и, соответственно, финансирования работ являются особо актуальными. Лесные участки, подвергшиеся очистке от захламливания, потенциально более привлекательны для отдыхающих. Повышение спроса на услуги комплекса «Хутор Песочное» приведёт к повышению его доходности, что станет основой для заключения договора аренды на эти лесные участки. Таким образом, возникнет взаимная выгода государства, как собственника лесных ресурсов, и предпринимателей, как получателей дохода.

Таблица 1

Лесоводственные характеристики захламливаемых земель лесного фонда

Номер выдела	Площадь, га	Состав насаждения	Элемент леса	Высота, м	Диаметр, см	Средний объем хлыста, м ³	Запас на выделе (захламливание), м ³
Леса водоохранных зон							
8	1,4	6Ос1Гш3Кло	Ос	19	26	0,35	10
19	0,7	5Дбн2Кло2Б1Ос	Б	23	30	0,58	10
Противоэрозионные леса							
6	2,5	5Дбн2Кло1Б1Ос1Гш	Ос	23	32	0,89	30
12	0,9	4Кло1Дбн2Кля2Гш1Лп	Лп	18	22	0,30	10
14	5,7	5Дбн2Кло2Б1Ос	Ос	22	32	0,86	60
Итого	11,2						120

Таблица 2

Характеристика применяемых технологий проведения работ по уборке захламливания лесных участков

Категории лесов	
Леса водоохранных зон	Противоэрозионные леса
1. Подвоз рабочих	1. Подвоз рабочих
2. Работы на отводе лесосек	2. Работы на отводе лесосек
3. Очистка леса от захламливания	3. Очистка леса от захламливания
4. Обрезка сучьев и вершин	4. Обрезка сучьев и вершин
5. Раскряжевка хлыстов бензопилами	5. Раскряжевка хлыстов бензопилами
6. Измельчение и разбрасывание порубочных остатков	6. Сортировка-штабелевка древесины на верхнем складе
	7. Очистка мест рубок ухода за лесом

Таблица 3

Лесоводственные характеристики захламливаемых земель лесного фонда 24 квартала Медвенского участкового лесничества Обоянского лесничества Комитета лесного хозяйства Курской области (по материалам натурных исследований)

Номер выдела	Площадь, га	Состав насаждения	Элемент леса	Средний объем хлыста, м ³	Запас на выделе (захлавленность), м ³
Леса водоохранных зон					
8	1,4	6Ос1Гш3Кло	Ос	0,38	11,76
19	0,7	5Дбн2Кло2Б1Ос	Ос	0,62	0,98
21	0,5	5Б2Лп3Кло	Лп	0,58	1,4
Противоэрозионные леса					
1	2,4	4Дбн2Кло2Кля1Лп1Ос	Ос	0,56	3,36
2	1,8	6Кля1Дб1Кло1Б1Гш	Б	0,37	2,52
3	0,6	5Дбн2Кло2Б1Ос	Б	0,67	1,68
6	2,5	5Дбн2Кло1Б1Ос1Гш	Б	0,96	3,5
10	3,8	4Дбн5Кло1Б	Б	0,90	5,32
12	0,9	4Кло1Дбн2Кля2Гш1Лп	Лп	0,33	1,26
13	1,9	5Б2Лп3Кло	Б	1,22	13,3
14	5,7	5Дбн2Кло2Б1Ос	Б	0,91	15,96
16	0,9	5Дбн2Кло2Б1Ос	Б	0,78	2,52
20	0,4	5Дбн2Кло2Б1Ос	Б	0,78	1,12
Итого	23,5				64,68

Таблица 4

Сводная смета затрат на уборку захлавленности

Наименование показателей	Итого затрат, р.	Удельный вес, %
Расходы на содержание и эксплуатацию бензопил, р.	17313,12	15,7
Общий фонд заработной платы (ОФЗП), р.	58641,91	53,0
Страховые взносы (31,2% от ОФЗП)	18296,27	16,5
Итого производственная себестоимость, р.	94251,3	85,2
Управленческие расходы (доплата бригадиру)	4712,59	4,3
Полная себестоимость (без подвоза рабочих), р.	98963,89	89,5
Полная себестоимость на 1 м ³ (без подвоза рабочих), р.	535,87	–
Полная себестоимость (с подвозом рабочих), р.	110618,05	100
Полная себестоимость на 1 м ³ (с подвозом рабочих), р.	598,97	–
Лимит субвенций, выделяемый из федерального бюджета РФ р/м ³	600	–

В соответствии с разработанным авторами проектом «Разработка методов нормирования по расчету затрат на выполнение работ по очистке территории от захлавления» были проведены необходимые расчеты. Они отражены в сводной смете затрат на выполнение работ, основные показатели которой представлены в табл. 4.

Расчёты проводились на основании данных финансовой отчетности Комитета лесного хозяйства Курской области, материалов арендаторов с учетом имеющейся в наличии у них лесозаготовительной техники.

Наибольший удельный вес в затратах приходится на оплату труда персонала со страховыми взносами – 69,5%. Экономия

по данным статьям невозможна, поскольку существуют законодательные ограничения, присутствующие в Налоговом кодексе РФ, Трудовом кодексе РФ и в Федеральном законе «О минимальном размере оплаты труда».

Выводы

1. Усовершенствованный метод нормирования затрат на комплекс лесохозяйственных работ (на 1 м³) позволяет осуществлять расчеты для конкретных лесных участков и вводить корректировку затрат с учётом лимита соответствующих субвенций из федерального бюджета РФ.

2. Расчетная нормируемая средняя себестоимость затрат на уборку захлавленности

1 м³ древесины на лесном участке исследуемого объекта составила 598,97 р., что не превышает лимита субвенций, выделяемого из федерального бюджета РФ на данный комплекс работ в 2016 г. (600 р.). Таким образом, корректировка себестоимости затрат на уборку захламлённости в изучаемом 24 квартале не требуется.

3. Снижение себестоимости затрат на уборку захламлённости исследуемого лесного участка возможно в результате:

- проведения комплекса работ в более благоприятное время года, что приведет к увеличению норм выработки и, соответственно, к сокращению общего фонда заработной платы со страховыми взносами;
- упрощения технологии работ без ухудшения качества выполняемых работ;
- привлечения к комплексу работ исполнителя, применяющего упрощенную систему налогообложения, что позволит сократить страховые взносы;
- сокращения управленческих расходов.

4. В отдельных случаях для экономического обоснования финансирования работ по очистке лесных территорий от захламлённости следует рассчитывать эколого-экономический ущерб от отсутствия своевременных санитарно-оздоровительных мероприятий.

Список литературы

1. Мёртвая древесина в лесу: польза от неё или вред? [Электронный ресурс]. – URL: <http://greenbelarus.info/articles/11-01-2016/myortvaya-drevesina-v-lesu-polza-ili-vred> (дата обращения: 27.11.17).
2. Животягина Н.И. Применение расчета эколого-экономического ущерба в лесопользовании / Н.И. Животягина, Н.В. Орехова, Н.В. Казанцева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 88. – С. 744–754.
3. Петров В.Н. Организация, планирование и управление в лесном хозяйстве: Учебное пособие. – СПб.: Наука, 2010. – 416 с.
4. Об утверждении методики расчета коэффициента для определения расходов на обеспечение проведения мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 04.12.2015 № 1320. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/71270118/> (дата обращения: 01.10.2017).
5. Третьяков А.Г. Экономическая доступность лесных ресурсов и затраты на воспроизводство лесов [Текст] / А.Г. Третьяков // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 4, № 4 (16). – С. 250–264.
6. Об утверждении Лесоустроительной инструкции [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 12 декабря 2011 г. № 516 г. – Режим доступа: <https://rg.ru/2012/03/07/lesoustroystvo-site-dok.html> (дата обращения: 27.11.2017).

References

1. Mjortvaja drevesina v lesu: polza ot nejo ili vred? [Elektronnyj resurs]. URL: <http://greenbelarus.info/articles/11-01-2016/myortvaya-drevesina-v-lesu-polza-ili-vred> (data obrashhenija: 27.11.17).
2. Zhivotjagina N.I. Primenenie rascheta jekologo-jekonomicheskogo ushherba v lesopolzovanii / N.I. Zhivotjagina, N.V. Orehova, N.V. Kazanceva // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. no. 88. pp. 744–754.
3. Petrov V.N. Organizacija, planirovanie i upravlenie v lesnom hozjajstve: Uchebnoe posobie. SPb.: Nauka, 2010. 416 p.
4. Ob utverzhdenii metodiki rascheta kojefficienta dlja opredelenija rashodov na obespechenie provedenija meroprijatij po ohrane, zashhite, vosproizvodstvu lesov [Elektronnyj resurs]: postanovlenie Pravitelstva Rossijskoj Federacii ot 04.12.2015 no. 1320. Rezhim dostupa: <http://base.garant.ru/71270118/> (data obrashhenija: 01.10.2017).
5. Tretjakov A.G. Jekonomicheskaja dostupnost lesnyh resursov i zatraty na vosproizvodstvo lesov [Tekst] / A.G. Tretjakov // Lesotehnicheskij zhurnal. 2014. T. 4, no. 4 (16). pp. 250–264.
6. Ob utverzhdenii Lesoustroitelnoj instrukcii [Elektronnyj resurs]: Prikaz Federalnogo agentstva lesnogo hozjajstva (Rosleshoz) ot 12 dekabrja 2011 g. no. 516 g. Rezhim dostupa: <https://rg.ru/2012/03/07/lesoustroystvo-site-dok.html> (data obrashhenija: 27.11.2017).

УДК 635.63:631.445.51/.67(470.44+470.47)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПЧЁЛООПЫЛЯЕМЫХ ГИБРИДОВ ОГУРЦОВ И ГИБРИДОВ С ЖЕНСКИМ ТИПОМ ЦВЕТЕНИЯ (ПАРТЕНОКАРПИКОВ) В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

¹Звонкова И.Ю., ^{1,2}Павленко В.Н., ²Мухортова Т.В., ²Полухина Е.В.

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград, e-mail: irina_zvonkova@mail.ru;

²ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», Солёное Займище, e-mail: Pniiaz@mail.ru

На повышение урожайности и качества овощей огромное влияние оказывают климат местности, рельеф, агрофизические и агрохимические свойства почв, способы их обработки, сорта и гибриды, послеуборочная обработка урожая, хранение полученной продукции и др. При оптимальном сочетании всех этих факторов можно ежегодно получать высокие урожаи овощей с непревзойденными вкусовыми и товарными качествами. Все факторы равнозначны, при отклонении одного из них от нормы в растении нарушаются физиологические процессы, снижается продуктивность, что в конечном итоге сказывается на изменении качества и лежкости выращенной продукции. С целью выявления сортов и гибридов огурцов, приспособленных к условиям их возделывания на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, с учетом метеорологических условий, были проведены исследования. В статье приводятся особенности метеоусловий лет изучения: распределение атмосферных осадков по месяцам вегетации за годы изучения, температура воздуха за вегетационный период огурцов, относительная влажность воздуха и степень увлажнения территории (через ГТК), сумма активных температур выше 10°C по месяцам. Показано соотношение раннего урожая зеленца огурцов и основного урожая, а также уровень биологической урожайности как пчелоопыляемых гибридов, так и гибридов с женским типом цветения и их значительным преимуществом по продуктивности. Установлен значительный уровень раннего урожая у гибридов с женским типом цветения: Шопен – 58,9 т/га; Штраус – 53,0 т/га, с общей урожайностью 143,9 и 141,6 т/га соответственно. Гидротермический коэффициент в 2016 г. за четыре месяца вегетации равнялся 0,7, а в 2015 г. он был равен 0,3.

Ключевые слова: среднесуточные температуры, сумма активных температур, гидротермический коэффициент, ранний урожай, основной урожай, биологическая урожайность

COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF CULTIVATION OF BEE POLLINATING AND FEMALE TYPE OF FLOWERING (PARTHENO-CARPIC) CUCUMBER HYBRIDS IN TERMS OF DRIP IRRIGATION IN THE LOWER VOLGA REGION

¹Zvonkova I.Yu., ^{1,2}Pavlenko V.N., ²Mukhortova T.V., ²Polukhina E.V.

¹Volgograd State Agricultural University, Volgograd, e-mail: irina_zvonkova@mail.ru;

²Near-Caspian Scientific Research Institute of Arid Agriculture, Salted Zaimishche, e-mail: Pniiaz@mail.ru

Climate, topography, agro-chemical and agro-physical soils properties, methods of soil cultivation, vegetable crops varieties, post – harvesting processing and storage are greatly affected on vegetables crop improvement. When optimal combination of these factors is excellent the product properties vegetables of high yields can be produced. All factors are equivalent, if one of them deviates from the norm, the physiological processes are violated in the plant, and productivity is reduced, which ultimately affects the quality and keeping quality of the grown produce. In order to identify varieties and hybrids of cucumbers adapted to the conditions of their cultivation on light chestnut soils of the Lower Volga region, taking into account meteorological conditions, studies were carried out. The article describes the features of the meteorological conditions of the study years: the distribution of atmospheric precipitation by months of vegetation over the years of study, air temperature over the growing season of cucumbers, relative humidity and degree of humidity of the territory (via SCC), sum of active temperature above 10°C for months. The relationship of early crops of cucumbers and silence of the main crop and the level of biological yield of hybrids pollinated by bees, and hybrids with a female type of flowering and their significant advantage in productivity are shown. It is revealed the significant level of early harvest in the hybrids with female type of flowering: Chopin – 58.9 t/ha; Strauss – 53.0 t/ha, with a total yield of 141.6 and 143.9 t/ha, respectively. The hydrothermal coefficient in 2016 for four months of vegetation was 0.7, and in 2015 it was 0.3.

Keywords: average daily temperature, the sum of active temperatures, guide-watermiscible ratio, early crop, main crop, biological productivity

Орошаемое земледелие южных регионов Российской Федерации может быть высокоэффективным только при возделывании ценных высокорентабельных культур, к числу которых относятся овощи открытого грунта.

Огурец – одна из самых востребованных овощных культур, эффективность возделывания которой зависит как от достаточной водообеспеченности в течение всей вегетации, так и от выбранного сорта или гибрида. Предпочтение отдается наиболее адап-

тированным, с высокой продуктивностью индивидуальных растений и достаточным потенциалом урожайности [1].

Высоко востребованы гибриды огурцов ранних и средних сроков созревания, партенокарпические или с преимущественно женским типом цветения, а также с пучковым типом завязи. Большим разнообразием отличаются сорта и гибриды и по размеру плодов: пикули (длиной 2–4 см), мини-корнишоны (длиной 4–6 см), корнишоны (длиной 6–8 и 8–12 см), длинноплодные (до 50 см) и салатные [2].

По скороспелости выделяют: скороспелые сорта и гибриды с вегетационным периодом (от появления полных всходов до начала сбора урожая): раннеспелые – 40–50 суток, среднеспелые – 50–60 суток, среднепоздние – 60–70 суток и позднеспелые – более 70 суток.

Сорта и гибриды по форме куста делятся на штамбовые (до 60 см), среднелетистые (60–150 см), длинноплетистые (длина плетей 150 см и выше).

Сортоизучение различных коллекций огурцов на орошаемом опытном поле ФГБНУ «ПНИИАЗ» проводится с 2008 г., с использованием капельного орошения и современных сортов и гибридов нового поколения – с 2012 г.

Цель проводимого сортоизучения – выявить наиболее перспективные для агроклиматических условий Нижнего Поволжья сорта и гибриды огурцов с высокими адаптационными возможностями, пластичностью и значительным уровнем потенциальной урожайности [3].

Направление исследований имеет большое научное и практическое значение, так как позволяет установить взаимосвязь генотипических особенностей с биотическими и абиотическими факторами для получения планируемого урожая огурцов.

Полевые опыты проводились нами в 2015–2016 гг. на орошаемом участке капельного орошения. Почвы – светло-каштановые низкой степени солонцеватости с содержанием гумуса 1,1%, легкогидролизуемого азота 6–9 мг, подвижного фосфора 2–4 мг, обменного калия – 50–55 мг/100 г почвы. По гранулометрическому составу почвы суглинистые, с реакцией почвенного раствора pH 7,6. Плотность пахотного слоя высокая (1,35–1,37 т/м³), водопроницаемость низкая (0,30–0,40 мм/мин).

Закладку полевого опыта проводили при установлении температуры посевного слоя почвы (3–5 см) до 18–20 °С, что по годам

совпадало с первой декадой мая. Посев мы проводили с учетом ширины между капельными лентами 1,5 м через 0,5 м по два семени в гнездо с густотой 40,0 тыс. шт. растений на гектар – в трехкратной повторности.

Все полевые учеты и наблюдения проводились с использованием общепринятых классических методик [4]. Отмечались даты всходов, цветения, плодообразования. Учет урожая проводился нами с момента начала плодообразования (за 15 суток учета – ранний урожай) через день, как минимум за 20 сборов, что и позволило наиболее полно определить потенциал урожайности огурцов. Одновременно с определением массы плодов с учетных делянок подсчитывалось общее число плодов, их средняя масса, масса нетоварных плодов с определением процента товарности. Учитывалась форма куста, определялись длина плетей и преимущественный тип цветения [5].

Материалы и методы исследования

Пчелоопыляемые с преимущественно женским типом цветения гибриды для открытого грунта, отличающиеся скороспелостью, высокой товарностью зелени и отличными вкусовыми качествами со средней массой плода 68–75 г: Денёк F1, Красавчик F1, Кай F1 и Сын полка F1. Кроме этого, коллекция также включает и партенокарпические гибриды корнишонного типа (9–14 см): Бетховен F1, Моцарт F1, Рихтер F1, Сальери F1, Шопен F1, Штраус F1, Шуберт F1, Прокофьев F1 – это так называемая «музыкальная серия».

Результаты исследования и их обсуждение

Краткое описание метеорологических условий лет проведения исследований. По агроклиматическому районированию Астраханская область относится ко второму агроклиматическому району, близкому по условиям к полупустыне. Климат области резко континентальный, сухой [6].

Основными лимитирующими факторами, определяющими в значительной мере возможность выращивания овощных культур, являются низкая влагообеспеченность, повышенная теплообеспеченность, континентальность климата, высокая сумма активных температур воздуха в этот период, активность ветрового режима, частота и продолжительность засух, суховеев и многое другое [6].

Особенности климата рассматривались с учетом биоэкологических требований, предъявляемых изучаемой культурой.

1. Распределение атмосферных осадков по месяцам вегетации за годы изучения. О характере погодных условий судят, прежде всего, по атмосферным осадкам и те-

плообеспеченности вегетационного периода. Так, если в 2015 г. общее количество атмосферных осадков за период май – август составило 80,8 мм, распределение по месяцам было следующим: в мае – 13,4 мм – 16,6%; в июне – 23,0 мм – 28,5%; в июле – 28,4 мм – 35,1%; в августе – 16,0 мм или 19,8%.

В 2016 г. количество атмосферных осадков превысило показания 2015 г. более чем в два раза и составило за тот же период 164,7 мм; распределение по месяцам было следующим: в мае – 89,8 мм – 54,5%; в июне – 3,6 мм – 2,2%; в июле – 62,2 мм – 37,8%; в августе – 9,1 мм – 5,5%. В среднем за два года распределение осадков по месяцам выглядело крайне неравномерным: в 2015 г. наиболее обеспечены были июнь и июль (28,5 и 35,1%), в 2016 г. – май и июль (54,5 и 37,8%).

2. Температура воздуха за вегетационный период огурцов. Биологический оптимум температур многих овощных культур, и в том числе огурца, заключается в интервале 23–30°C. Недостаток почвенных температур на начальном этапе роста и развития приводит к затягиванию появления полных всходов и развитию грибных патологий. Чрезмерно высокие температуры ведут к снижению образования плодоземелентов и даже их осыпанию, тем самым снижается не только реальная урожайность, но и не до конца раскрываются потенциальные возможности используемых сортов и гибридов (табл. 1).

Из приведенных данных следует, что наряду с низкой обеспеченностью осадками 2015 г. отличался превышением среднесуточных температур воздуха относительно среднесезонных показателей на 19,0°C с перепадом от 4,5 до 40,3°C. В 2016 г. подобные отклонения составили 10,1°C, что почти в два раза ниже. Колебания экстремальных температур находились в интервале 4,0–39,8°C.

3. Относительная влажность воздуха и гидротермический коэффициент. Необходимо также отметить, что атмосферные засухи в аридных условиях формируются не только за счет высоких температур воздуха, но и за счет его пониженной влажности [7] (табл. 2).

Как видим, при небольшом количестве атмосферных осадков в 2015 г. сумма активных температур по месяцам и в целом за вегетацию составила 2900,94°C, что приближено к показаниям 2016 г. (2924,1). Относительная влажность воздуха при этом была на уровне 41,0–57,0%, в отдельные дни опускалась до 30% и ниже. За вегетаци-

онный период (123 суток) таких дней было 22,5%. В 2016 г. значения влажности воздуха были выше, хотя дней с влажностью воздуха ниже 30% было уже 77 (в 2015 г. – 27 суток) – или 62,6%. Гидротермический коэффициент при этом в целом за четыре месяца вегетации был приближен к единице и равнялся 0,7, а в 2015 г. он был равен 0,3.

4. Динамика плодообразования и учет урожайности гибридов огурцов. Сев огурцов по годам исследований был ориентирован на стабильное прогревание посевного слоя почвы 3–5 см до 16–18°C. Такие условия были характерны для первых чисел мая, когда и был произведен высеv изучаемых гибридов. Период посев – всходы занял 8–10 суток по годам. От массовых всходов до первого настоящего листа прошло в среднем 10 суток. Период от первого настоящего листа до цветения занял 17–18 суток, от массового цветения до плодообразования, в среднем – 11 суток. Общая продолжительность вегетационного периода – 123 суток.

Первый пробный сбор огурцов был проведен в среднем по годам 2–4 июля. За 15 суток был определен ранний урожай в разрезе гибридов за 7 сборов (табл. 3).

У пчелоопыляемых гибридов наиболее высокую отдачу раннего урожая показал гибрид Денек F1 – 46,1% от общего урожая, несколько уступает ему гибрид Кай F1 – 34,8%. Гибриды Сын полка F1 и Красавчик F1 сформировали лишь 25,7 и 29,9% раннего урожая по сравнению с гибридом Денек F1.

Гибриды-партекарпики по уровню раннего урожая находились примерно на одном уровне: от 30,4 до 42,2%. Наибольший сбор в раннем урожае у пчелоопыляемых гибридов пришелся на пятый и седьмой сборы, у партенокарпиков – начиная с четвертого по седьмой сборы. В дальнейшем, динамика нарастания урожая огурцов у пчелоопыляемых гибридов увеличивается с восьмого по 15-ый сборы, а у партенокарпиков – по 13-ый сбор включительно.

Биологическая урожайность гибридов изучаемой коллекции распределилась, таким образом, соответственно процентному соотношению раннего и основного урожая и приведена в табл. 4.

Наиболее высоким уровнем ранней урожайности выделился гибрид Денек F1 – 47,1 т/га (46,1%), гибрид Сын полка F1 сформировал значительный основной урожай – 58,2 т/га. Из этой группы коллекции гибрид Денек F1 был наиболее урожайным, за вегетационный период общая биологическая урожайность составила 102,2 т/га.

Таблица 1

Среднесуточные температуры воздуха с отклонениями от средних многолетних, 2015–2016 гг.

Месяцы	2015 г.					2016 г.				
	Среднесуточн. t° возд., °С	Средне- голетн. t° возд., °С	Отклоне- ние, ±°С	t° возд. макс., °С	t° возд. ми- ним., °С	Среднесуточн. t° возд., °С	Средне- голетн. t° возд., °С	Отклонение, ±°С	t° возд. макс., °С	t° возд. ми- ним., °С
Май	18,4	16,7	+1,7	35,0	4,5	18,0	16,7	+1,3	30,8	4,0
Июнь	26,4	21,5	+4,9	40,3	11,4	23,6	21,5	+2,1	36,6	8,2
Июль	25,9	24,3	+1,6	38,7	12,6	26,1	24,3	+1,8	39,8	14,7
Август	23,9	34,7	+10,8	33,0	9,7	39,6	34,7	+4,9	39,6	15,2
Среднее	23,7	24,3	+19,0	40,3	4,5	26,8	24,3	+10,1	39,8	4,0

Таблица 2

Относительная влажность воздуха и гидрогермический коэффициент, среднее за 2015–2016 гг.

Месяцы	2015 г.					2016 г.				
	Относительная влаж- ность воздуха, %	Кол-во дней с относит. влажностью < 30 %	ГТК	∑ акт. t > 10 °С	Относительная влаж- ность воздуха, %	Кол-во дней с относит. влажностью < 30 %	ГТК	∑ акт. t > 10 °С		
Май	52,0	2,0	0,2	569,4	67,3	5,0	1,6	569,4		
Июнь	38,0	8,0	0,3	791,5	50,0	24,0	0,0	795,3		
Июль	41,0	6,0	0,4	797,8	50,0	21,0	0,8	804,5		
Август	57,0	11,0	0,2	742,2	42,3	27,0	0,2	754,9		
Всего	47,0	27,0	0,3	2900,9	52,4	77,0	0,7	2924,1		
22,5 %					62,6 %					

Таблица 3

Соотношение раннего и основного урожая гибридов огурцов, среднее за 2015–2016 гг.

№ п/п	Гибриды	Общая масса с делянки, кг	Ранний урожай		Основной урожай, % от общего
			Масса, кг	% от общего	
Пчёлоопыляемые гибриды					
1	Денек F1	66,433	30,614	46,1	53,9
2	Красавчик F1	38,806	11,620	29,9	70,1
3	Кай F1	46,232	16,110	34,8	65,2
4	Сын полка F1	21,096	5,422	25,7	74,3
Партенокарпические гибриды					
5	Бетховен F1	44,803	16,178	36,1	63,9
6	Моцарт F1	56,470	17,164	30,4	69,6
7	Рихтер F1	51,749	16,666	32,2	67,8
8	Сальери F1	57,801	19,175	33,2	66,8
9	Шопен F1	64,948	26,571	40,9	59,1
10	Штраус F1	53,506	22,602	42,2	57,8
11	Прокофьев F1	56,796	18,036	31,8	68,2
12	Шуберт F1	66,048	21,672	32,8	67,2

Таблица 4

Биологическая урожайность гибридов огурцов с учетом ранней и основной продукции

№ п/п	Гибриды	Продуктивность одного растения, г	Биологическая урожайность, ранняя		Биологическая урожайность основная, т/га	Биологическая урожайность общая, т/га
			т/га	%		
Пчёлоопыляемые гибриды						
1	Денек F1	2555,1	47,1	46,1	55,1	102,2
2	Красавчик F1	1847,9	22,1	29,9	51,8	73,9
3	Кай F1	1926,3	26,8	34,8	50,3	77,1
4	Сын полка F1	1958,9	20,2	25,7	58,2	78,4
НСР ₀₅			1,5		2,7	4,1
Партенокарпические гибриды						
5	Бетховен F1	2866,8	41,4	36,1	73,3	114,7
6	Моцарт F1	3352,9	40,6	30,4	93,5	134,1
7	Рихтер F1	3156,2	40,6	32,2	85,6	126,2
8	Сальери F1	3312,0	44,0	33,2	88,5	132,5
9	Шопен F1	3597,9	58,9	40,9	85,0	143,9
10	Штраус F1	3140,2	53,0	42,2	72,6	125,6
11	Прокофьев F1	3184,5	40,5	31,8	86,9	127,4
12	Шуберт F1	3540,3	46,4	32,8	95,2	141,6
НСР ₀₅			2,3		4,3	6,5

Гибриды-партенокарпики показали более высокий уровень как ранней, так и основной урожайности. Гибриды Шопен F1 и Штраус F1 – 58,9 и 53,0 т/га (ранняя урожайность). Наиболее урожайны гибриды: Шопен F1 – 143,9 т/га; Шуберт F1 – 141,64 т/га, Моцарт F1 – 134,1 т/га; Сальери F1 – 132,5 т/га. Уровень урожайности остальных гибридов: 127,4–114,7 т/га.

Таким образом, при наличии благоприятных метеоусловий и создании оптимального агрофона выбору гибрида принад-

лежит очень важное место, так как в его геноме заложен значительный потенциал урожайности, что и подтверждено приведенными выше данными.

Список литературы

1. Матвеев В.П. Овощеводство / В.П. Матвеев, М.И. Рубцов. – М.: Изд-во Колос, 1978. – 424 с.
2. Мухортова Т.В. Климатически обеспеченная урожайность гибридов огурца в условиях светло-каштановых почв Северо-Западного Прикаспия / Т.В. Мухортова, Е.В. Полушина // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной восстановлению сорта Нежин-

ский местный в Госреестре Украины (в рамках II-го научного форума). – Круты, 2017. – С. 105–120.

3. Звонкова И.Ю. Урожайность и параметры экологической адаптивности гибридов огурца агрофирмы «Седек» при капельном орошении в условиях Северо-Западного Прикаспия / И.Ю. Звонкова, В.Н. Павленко, Т.В. Мухортова, Е.В. Полухина // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 4. – С. 20–24.

4. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: Россельхозакадемия, 2011. – 650 с.

5. Бондаренко А.Н. Возделывание гибридов огурца по интенсивной технологии / А.Н. Бондаренко, Кади Силла, О.В. Костыренко, А.Ф. Туманян // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2016. – № 4(29). – С. 13–18.

6. Агроклиматические ресурсы Астраханской области. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 136 с.

7. Журина Л.Л. Агрометеорология / Л.Л. Журина, А.П. Лосев. – ООО «Квадро», 2014. – 368 с.

References

1. Matveev V.P. Ovoshhevodstvo / V.P. Matveev, M.I. Rubcov. M.: Izd-vo Kolos, 1978. 424 p.

2. Muhortova T.V. Klimaticheski obespechennaja urozhajnost gibrinov ogurca v uslovijah svetlo-kashtanovyh pochv Severo-Zapadnogo Prikaspija / T.V. Muhortova, E.V. Poluhina // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj vosstanovleniju sorta Nezhinskij mestnyj v Gosreestre Ukrainy (v ramkah II-go nauchnogo foruma). Kruty, 2017. pp. 105–120.

3. Zvonkova I.Ju. Urozhajnost i parametry jekologicheskoj adaptivnosti gibrinov ogurca agrofirmy «Sedek» pri kapelnom oroshenii v uslovijah Severo-Zapadnogo Prikaspija / I.Ju. Zvonkova, V.N. Pavlenko, T.V. Muhortova, E.V. Poluhina // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017. no. 4. pp. 20–24.

4. Litvinov S.S. Metodika polevogo opyta v ovoshhevodstve. M.: Rosselhozakademija, 2011. 650 p.

5. Bondarenko A.N. Vozdelyvanie gibrinov ogurca po intensivnoj tehnologii / A.N. Bondarenko, Kadi Silla, O.V. Kostyrenko, A.F. Tumanjan // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. 2016. no. 4(29). pp. 13–18.

6. Agroklimaticheskie resursy Astrahanskoj oblasti. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 136 p.

7. Zhurina L.L. Agrometeorologija / L.L. Zhurina, A.P. Losev. ООО «Kvadro», 2014. 368 p.

УДК 633.15:631.52

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ НОВЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ,
СОЗДАНЫХ С УЧАСТИЕМ ОМСКИХ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ,
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ**

Ильин В.С., Логинова А.М., Губин С.В., Гетц Г.В.

*Сибирский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы»,
Омск, e-mail: sibmais@rambler.ru*

Стабильное развитие животноводства в Российской Федерации невозможно без увеличения объёмов заготовки высококачественных кормов. Базой экономически эффективного кормопроизводства во всем мире обоснованно является кукуруза. Широкий ареал распространения кукурузы в Российской Федерации ставит перед селекционерами задачу по созданию гибридов, различающихся по скороспелости, адаптированных к конкретным климатическим условиям регионов. Основные усилия в селекционной работе направлены на создание раннеспелых гибридов зернового направления, которые должны обладать высокой потенциальной продуктивностью. Для распространения посевов кукурузы в зонах рискованного земледелия необходимо создавать раннеспелые гибриды с ФАО 100–180, способные формировать зерно в лимитированных условиях вегетации. Работа по созданию таких гибридов постоянно ведется в Сибирском филиале ВНИИ кукурузы. Для выделения перспективных гибридов кукурузы, обладающих оптимальным сочетанием высокой урожайности и экологической стабильности, с учетом других ценных для зерновой кукурузы качеств определяется селекционная ценность генотипов по результатам экологического сортоиспытания. Селекционный индекс позволяет выделять более скороспелые гибриды, быстро теряющие влагу зерном при созревании при их равной или близкой урожайности с более позднеспелыми гибридами. Экологическое испытание проводится в нескольких научных учреждениях, расположенных в разных регионах. В данной статье приведены результаты экологического сортоиспытания новых раннеспелых гибридов кукурузы в течение трех лет в шести географических пунктах. Эти гибриды созданы с участием омских инбредных линий Ом 14 и Ом 136. Оценка адаптивности новых гибридов проведена с использованием селекционных индексов.

Ключевые слова: кукуруза, раннеспелые гибриды, экстремальные факторы среды, экологическое сортоиспытание, селекционный индекс

**ECOLOGICAL TESTING OF NEW MAIZE HYBRIDS DEVELOPED WITH THE
INVOLVEMENT OF OMSK INBRED LINES AND BY USING SELECTION INDEXES**

Ilin V.S., Loginova A.M., Gubin S.V., Getts G.V.

Siberian Branch of All-Russian Research Institute of Maize, Omsk, e-mail: sibmais@rambler.ru

Stable development of livestock industry in the Russian Federation is impossible without increasing the production volumes of high-quality forages. It is with good reason that maize is the foundation of economically efficient forage production all over the world. A wide area of maize distribution in the Russian Federation sets plant breeders a task of developing the hybrids that are different in their ripening and adapted to specific climatic conditions of the regions. The main efforts in selective breeding work are aimed at the development of early ripening hybrids of grain maize that should have high potential productivity. To spread maize crops in risky agriculture areas, early-season hybrids (FAO 100-180) that are able of forming grain under short growing season conditions should be developed. Ongoing development of such hybrids is undertaken in the Siberian Branch of All-Russian Research Institute of Maize. To identify promising maize hybrids that have an optimal combination of high-yielding and ecological stability traits, and other valuable qualities of grain maize, the selective breeding value of genotypes is determined by the results of ecological variety testing. The selection index enables to identify more early-ripening hybrids that quickly lose moisture in the grain during maturation while their yielding capacity is equal or close to that of later ripening hybrids. Ecological testing is carried out in several research institutions located in different regions. This paper presents the results of ecological testing of new early-season maize hybrids for three years at six geographical locations. These hybrids were developed with the involvement of Omsk inbred lines Om 14 and Om 136. The adaptability of new hybrids was evaluated by using selection indexes.

Keywords: maize, early-season hybrids, extreme environmental factors, ecological variety testing, selection index

С развитием интенсивного животноводства в России потребность в фуражном кукурузном зерне и высококачественном силосе постоянно растет. Зерно кукурузы – компонент научно обоснованных полноценных рационов кормления животных и птицы. По содержанию кормовых единиц, обменной энергии и калорийности кукуруза превосходит другие зернофуражные культуры.

Основными путями увеличения объёмов производства кукурузного зерна и высококачественных сочных кормов являются:

- совершенствование технологий возделывания кукурузы и заготовки кормов;
- расширения площадей посева;
- создание новых более урожайных, технологичных, приспособленных к произрастанию в экстремальных для этой теплолюбивой культуры гибридов [1, 2].

Аграрное производство в России отличается большим разнообразием географических (почвенно-климатических) и хозяйственно-экономических условий. Более 70% пахотных площадей в стране находятся в условиях постоянно действующих неконтролируемых лимитированных факторов, главным из которых являются недостаточная сумма эффективных температур (короткий безморозный период) и засуха. Очевидно, что различным условиям выращивания должны соответствовать предлагаемые к возделыванию гибриды кукурузы [3].

Кукуруза – одна из наиболее урожайных злаковых культур. Для получения высоких урожаев зерна кукурузы необходимы гибриды с высоким потенциалом и условия внешней среды для реализации этого потенциала. Важным свойством создаваемых гибридов является экологическая стабильность – способность незначительно снижать урожай при ухудшении условий выращивания [4]. Большая изменчивость кукурузы позволяет создавать гибриды с широкой приспособленностью. Отбор на скороспелость более успешен в зонах с коротким безморозным периодом, как правило, скороспелые формы являются более холодостойкими [5, 6]. Раннеспелые гибриды кукурузы имеют большое значение, прежде всего они должны обеспечить повышение урожайности зерна кукурузы с высоким содержанием сухого вещества, а также значительное расширение площадей в северных районах с ограниченным периодом вегетации.

Возделывание раннеспелых гибридов в зонах с коротким безморозным периодом обеспечивает получение достаточно высоких урожаев зерна. Однако же создание раннеспелых и высокоурожайных гибридов – задача одна из самых сложных и трудных в селекции, трудность заключается прежде всего в существовании положительной корреляции между урожайностью и продолжительностью вегетационного периода.

Для раннеспелых гибридов скорость созревания является определяющим фактором их выращивания в более северных районах [7].

При создании раннеспелых гибридов большое значение имеет вовлечение в селекционные программы скороспелых линий, приспособленных к конкретным условиям выращивания, и более позднего

исходного материала из других научных учреждений.

Изучаемые гибриды Ом 130 и Ом 131 были получены путем скрещивания простого гибрида из ВНИИ кукурузы РДТ 7 (материнская форма) и местных линий Ом136 и Ом14 (отцовская форма): Ом130 – это РДТ7х Ом14, а Ом131- РДТ7хОм136. Эти гибриды в течение трех лет проходили экологическое испытание в нескольких научных учреждениях, расположенных в различных зонах.

Цель работы – изучить адаптивные свойства гибридов Ом130 и Ом131 на основе экологического испытания в различных агроклиматических условиях.

Важный этап оценки и внедрения в производство новых гибридов кукурузы – экологическое испытание. Эта работа проводится с помощью селекционных учреждений, расположенных в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации. В данной статье приведены результаты изучения новых гибридов кукурузы, созданных с участием омских инбредных линий, в шести экологических пунктах, расположенных в г. Омске, Краснодарском крае, Самарской области, г. Пятигорске, г. Белгороде, Волгоградской области. Стандартами были раннеспелые гибриды ВНИИ кукурузы – Машук 150МВ и Катерина СВ.

Погодные условия в указанных пунктах за три года испытаний значительно отличались как между собой, так и по годам. В табл. 1 приведены средние значения температуры воздуха и суммы осадков за вегетационные периоды 2014–2016 гг.

Погодные условия Волгоградской области и Самары характеризуются как засушливые, Краснодарский край и Пятигорск – как более благоприятные для роста и развития кукурузы. Омск и Белгород, более северные пункты изучения, Омск характеризуется коротким, но жарким летом и коротким безморозным периодом, Белгород – умеренными температурами с большим количеством осадков.

На основании средней урожайности новых гибридов в качестве лимитированных пунктов были взяты – Белгородский НИИСХ, Самарский НИИСХ и Поволжский филиал ВНИИОЗ. В качестве оптимальных пунктов – ООО «Семеноводство Кубани», ВНИИ кукурузы и Сибирский филиал ВНИИ кукурузы. Урожай зерна и уборочная влажность гибридов кукурузы различались по пунктам изучения (табл. 2).

Таблица 1

Среднесуточная температура воздуха и сумма осадков за вегетационный период в пунктах экологического изучения в 2014–2016 гг.

Годы испытаний	Климатические показатели	Сибирский филиал ВНИИ, кукурузы г. Омск	Белгородский НИИСХ г. Белгород	Самарский НИИСХ г. Самара	Поволжский филиал ВНИИОЗ, Волгоградская обл.	ООО «Семеноводство Кубани», Краснодарский край	ВНИИ кукурузы, г. Пятигорск
2014	Среднесуточная температура воздуха, °С	17,9	18,3	18,3	18,9	23,0	21,0
	Сумма осадков, мм	115	506	158	165	259	215
2015	Среднесуточная температура воздуха, °С	18,0	17,3	19,0	18,9	22,9	21,4
	Сумма осадков, мм	185	324	155	206	297	225
2016	Среднесуточная температура воздуха, °С	19,0	17,5	18,9	18,4	22,3	20,5
	Сумма осадков, мм	225	611	254	266	321	370

Таблица 2

Урожайность и уборочная влажность зерна гибридов кукурузы по пунктам изучения за 2014–2016 гг.

Урожайность

№ п/п	Пункты изучения	Гибриды				среднее
		Машук 150МВ	Катерина СВ	Ом130	Ом 131	
1	Сибирский филиал ВНИИ кукурузы, г. Омск	Урожайность зерна 14% влажности				
		5,0	5,1	5,8	6,6	5,6
2	Белгородский НИИСХ, г. Белгород	4,1	4,5	4,4	4,3	4,4
3	Самарский НИИСХ, г. Самара	3,5	3,5	4,3	4,4	3,9
4	Поволжский филиал ВНИИОЗ, Волгоградская область	3,7	3,8	4,1	3,7	3,8
5	ООО «Семеноводство Кубани», Краснодарский край	5,7	5,1	5,7	5,8	5,6
6	ВНИИ кукурузы, г. Пятигорск	5,2	5,5	5,1	5,3	5,3
	Среднее по пунктам	4,5	4,6	5,0	5,0	4,8
	НСР ₀₅ -0,1438					

Уборочная влажность зерна, %

№ п/п	Пункты изучения	Машук 150МВ	Катерина СВ	Ом 130	Ом 131	среднее
1	Сибирский филиал ВНИИ кукурузы, г. Омск	38,6	39,4	37,3	36,5	38,0
2	Белгородский НИИСХ, г. Белгород	19,1	18,6	19,7	22,0	19,8
3	Самарский НИИСХ, г. Самара	15,3	15,5	16,1	16,8	15,9
4	Поволжский филиал ВНИИОЗ, Волгоградская область	17,3	19,9	18,5	17,6	18,3
5	ООО «Семеноводство Кубани», Краснодарский край	12,9	13,2	12,6	12,3	12,8
6	ВНИИ кукурузы, г. Пятигорск	16,3	15,6	15,6	15,3	15,7
	Среднее по пунктам	19,9	20,4	20,0	20,1	20,1

Таблица 3

Результаты экологического сортоиспытания гибридов кукурузы
с учетом селекционных индексов за 2014–2016 гг.

Гибрид	Урожайность зерна при 14% влажности, т/га	Влажность зерна при уборке, %	Селекционный индекс, C_{ii}	Селекционная ценность гибрида, C_{ii}	Селекционный индекс ценности, C_{iii}
Машук 150	4,5	20,0	2,6	1461,6	38,3
Катерина СВ	4,6	20,5	2,6	1613,2	41,8
Ом 130	5,0	20,0	2,8	1849,6	51,8
Ом 131	5,0	20,1	2,8	1771,2	49,3

При анализе результатов экологического сортоиспытания учитывалась средняя урожайность в трех лимитированных и трех оптимальных пунктах за три года. Условия в экологических пунктах относились к лимитированным или оптимальным по величине средней урожайности за годы испытаний. Это позволило усреднить норму реакции генотипов на условия мест выращивания.

Самый низкий урожай зерна новых гибридов отмечен в Самарском НИИСХ и Поволжском филиале ВНИИОЗ. На существенное снижение урожайности здесь оказала влияние засуха. В то же время в Белгороде лимитирующим фактором являются пониженные среднесуточные температуры с большим количеством осадков. Наиболее высокий средний урожай зерна новых гибридов кукурузы отмечен в Сибирском филиале и в ООО «Семеноводство Кубани». Влажность зерна гибридов самой высокой была в Сибирском филиале ВНИИ кукурузы, так как климат Омска характеризуется коротким безморозным периодом и уборку гибридов проводили во второй половине сентября. Для выделения перспективных гибридов, обладающих оптимальным сочетанием высокой урожайности и адаптивности, использовали оценку селекционной ценности гибридов кукурузы, усовершенствованную Н.А. Орлянским формулу В.В. Хангильдина [6]:

$$C_{ii} = \bar{X}^2 (\bar{X}_{lim} / \bar{X}_{opt}),$$

где \bar{X} , \bar{X}_{lim} и \bar{X}_{opt} – средняя урожайность соответственно по всем пунктам, по лимитированным и оптимальным пунктам (ц/га).

Наряду с уровнем продуктивности в системе экологических испытаний определяется селекционный индекс по В.С. Сотченко [8], который рассчитывается по формуле

$$C_{ii} = Y / B,$$

где C_{ii} – селекционный индекс, Y – урожайность зерна при 14% влажности (ц/га), B – влажность зерна при уборке (%).

Окончательная оценка результатов экологического сортоиспытания проводилась с помощью селекционного индекса ценности, рассчитанного по формуле, предложенной Н. А. Орлянским [9]:

$$C_{iii} = (C_{ii} \cdot C_{ii}) / 100,$$

где C_{ii} – селекционный индекс по В.С. Сотченко, C_{ii} – селекционная ценность.

Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Новые гибриды кукурузы, созданные с участием омских инбредных линий, превзошли стандарты Машук 150 МВ и Катерина СВ в группе спелости ФАО 100–150 по урожайности зерна во всех пунктах испытания, при уборочной влажности на уровне стандартов. Значение селекционных индексов у новых гибридов больше, чем у стандартов, что говорит об их экологической адаптивности.

Выводы

1. Использование раннеспелых инбредных линий кукурузы омской селекции позволяет создавать адаптивные гибриды с высокой селекционной ценностью.

2. Применение селекционных индексов при определении ценности изучаемых гибридов позволяет дать предварительную оценку новым раннеспелым гибридам кукурузы, созданным с участием омских инбредных линий.

Список литературы

1. Сотченко В.С. Перспективы возделывания кукурузы для производства высокоэнергетических кормов // Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы. – Пятигорск, 2009. – С. 12–16.
2. Логинова А.М., Губин С.В. Изучение новых инбредных линий кукурузы омской селекции // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 3. – С. 15–17.
3. Орлянский Н.А. Селекция и семеноводство зерновой кукурузы на повышение адаптивности в условиях Центрального Черноземья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.А. Орлянский. – 2004. – С. 19–20.
4. Орлянский Н.А., Орлянская Н.А. Методика выделения скороспелых гибридов кукурузы для северных регионов России / Н.А. Орлянский, Н.А. Орлянская // Селекция. Се-

меноводство. Технология возделывания кукурузы. – Пятигорск, 2012. – С. 42.

5. Борозан П.А. Изучение и оценка раннеспелых инбредных линий кукурузы на холодостойкость / П.А. Борозан // Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы. – Пятигорск: ОАО «Кавказская здравница», 2012. – С. 67–76.

6. Логинова А.М., Гетц Г.В. Сибирские инбредные линии / А.М. Логинова, Г.В. Гетц // Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы. – Пятигорск: ОАО «Кавказская здравница», 2012. – С. 58–66.

7. Логинова А.М., Гетц Г.В. Экологическое испытание гибридов кукурузы в условиях юга Омской области / А.М. Логинова, Г.В. Гетц. // Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы. – Пятигорск: ОАО «Кавказская здравница», 2009. – С. 40–46.

8. Хангильдин В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа / В.В. Хангильдин // Генетика качественных признаков с.-х. растений. – М., 1978. – С. 11–116.

9. Орлянский Н.А., Орлянская Н.А. / Оценка результатов экологического испытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов // Кукуруза и сорго. – 2016. – № 2. – С. 4–5.

References

1. Sotchenko V.S. Perspektivy vozdeljvanija kukuruzy dlja proizvodstva vysokojenergeticheskikh kormov // Sелекция. Семеноводство. Tehnologija vozdeljvanija kukuruzy. Pjatigorsk, 2009. pp. 12–16.

2. Loginova A.M., Gubin S.V. Izuchenie novyh inbrednyh linij kukuruzy omskoj selekcii // Kukuруза i sorgo. 2012. no. 3. pp. 15–17.

3. Orljanskij N.A. Selekcija i semenovodstvo zernovoј kukuruzy na povыshenie adaptivnosti v uslovijah Centralnogo Chernozemja: avtoref. dis. ... d.-ra s.-h. nauk / N.A. Orljanskij. 2004. pp. 19–20.

4. Orljanskij N.A., Orljanskaja N.A. Metodika vydelenija skorospelyh gibridov kukuruzy dlja severnyh regionov Rossii / N.A. Orljanskij, N.A. Orljanskaja // Selekcija. Semenovodstvo. Tehnologija vozdeljvanija kukuruzy. Pjatigorsk, 2012. pp. 42.

5. Borozan P.A. Izuchenie i ocenka rannespelyh inbrednyh linij kukuruzy na holodostojkost / P.A. Borozan // Selekcija. Semenovodstvo. Tehnologija vozdeljvanija kukuruzy. Pjatigorsk: ОАО «Kavkazskaja zdravnica», 2012. pp. 67–76.

6. Loginova A.M., Getc G.V. Sibirskie inbrednye linii / A.M. Loginova, G.V. Getc // Selekcija. Semenovodstvo. Tehnologija vozdeljvanija kukuruzy. Pjatigorsk: ОАО «Kavkazskaja zdravnica», 2012. pp. 58–66.

7. Loginova A.M., Getc G.V. Jekologicheskoe ispytanie gibridov kukuruzy v uslovijah juga Omskoj oblasti / A.M. Loginova, G.V. Getc. // Selekcija. Semenovodstvo. Tehnologija vozdeljvanija kukuruzy. Pjatigorsk: ОАО «Kavkazskaja zdravnica», 2009. pp. 40–46.

8. Hangildin V.V. O principah modelirovanija sortov intensivnogo tipa / V.V. Hangildin // Genetika kachestvennyh priznakov s.-h. rastenij. M., 1978. pp. 11–116.

9. Orljanskij N.A., Orljanskaja N.A. / Ocenka rezultatov jekologicheskogo ispytvanija gibridov kukuruzy s ispolzovaniem selekcionnyh indeksov // Kukuруза i sorgo. 2016. no. 2. pp. 4–5.

УДК 635.044/63:631.8

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОГУРЦА В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ****Олива Т.В., Лицуков С.Д., Панин С.И., Манохина Л.А.***ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Майский,
e-mail: olivatv@mail.ru*

Изучена стимуляция продукционных процессов при выращивании тепличной культуры огурца гибрида Мева F1 с применением инновационных хелатных микроудобрений «Органомикс» и «Органо-Бор». В состав удобрений входит природный биостимулятор биофлавоноид дигидрокверцетин и в активной хелатной форме биогенные макро- и микроэлементы (магний, сера, марганец, железо, цинк, медь, кобальт, бор и молибден). Для капельного полива установлена оптимальная (0,1 мг/л) и токсичная (0,3 мг/л) доза внесения бора в виде раствора хелатного комплекса «Органо-Бор». В статье обоснованы результаты усиления фотосинтетической активности и метаболизма растения, увеличения динамики роста и формирования количества завязей плода. Показано влияние удобрений на физиологические процессы и изменение химического состава органов огурца. Установлены ряды распределения биогенных элементов в вегетативных органах и плодах культуры огурца. Уровень токсичных элементов кадмия и свинца в плодах огурца был значительно ниже ПДК, а ртуть и мышьяк обнаружены не были. Применение дополнительной подкормки увеличивает в тканях листа уровень сухого вещества, массовую долю азота и белка ($p < 0,05$), хлорофилла ($p < 0,01$) и витамина С. Это ускоряет начало процесса плодоношения в среднем на 2–3 дня, а также повышает урожайность огурца гибрида Мева F1 в среднем на 26–36% по сравнению с контрольным вариантом. Рентабельность производства огурца повышена в среднем на 46–65%. Содержание нитратов в огурцах было ниже ПДК. Выращивание огурцов с применением изучаемых микроудобрений является ресурсосберегающей и экологически безопасной технологией возделывания культуры огурца гибрида Мева F1.

Ключевые слова: теплица, капельный полив, партенокарпический гибрид огурца, подкормочная подкормка, хелатное микроудобрение «Органомикс», хелатное микроудобрение «Органо-Бор»

**RESOURCE-SAVING USE OF FERTILIZERS FOR CUCUMBER
GROWING UNDER COVER****Oliva T.V., Litsukov S.D., Panin S.I., Manokhina L.A.***The Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, Maysky, e-mail: olivatv@mail.ru*

Stimulation of productional processes at cultivation of greenhouse culture of a cucumber hybrid Meva F1 with the use of innovative chelate micro fertilizer «Organomiks» and «Organo-bor» is studied. Fertilizers consist of a natural bioflavonoid dihydroquercetin and in an active form of chelate biogenous macro – and microelements (magnesium, sulfur, manganese, ferrum, zinc, cuprum, cobalt, boron and molybdenum). The optimal dose (0,1 mg/l) and toxic dose (0,3 mg/l) of boron application for drip watering of chelate complex «Organo-bor» is found out. In the article the results of strengthening of photosynthetic activity and plant metabolism, growth rates increase, formation of quantity of seed bud fruit are shown. The influence of fertilizers on physiological processes and change of the chemical composition of cucumber's parts is shown. Variation series of biogenous elements in vegetative organs and fruits of cucumber are found out. The level of toxic elements of cadmium and lead in cucumber's fruits was much lower than maximum permissible concentration, and mercury and arsenic weren't found. Additional dressing use increases dry substance level, mass fraction of nitrogen and protein ($p < 0,05$), a chlorophyll ($p < 0,01$) and vitamin C in leaf tissue. It is activate the process beginning of fructification on average for 2–3 days and also increases cucumber hybrid Meva F1 productivity on average for 26–36% against the control variant. Cucumber production profitability is increased by an average of 46–65%. The nitrate concentration in cucumbers was lower than maximum permissible concentration. Cultivation of cucumbers with the use of the studied micro fertilizers is resource-saving and environmentally safe cultivation technology of cucumber hybrid Meva F1.

Keywords: greenhouse, drip watering, parthenocarpic cucumber hybrid, soil-dressing, chelate micro fertilizer «Organomiks», chelate micro fertilizer «Organo-bor»

Потребность тепличных овощных культур в биогенных микроэлементах из питательного раствора для гидрополива различная. Для отдельных культур обнаружена тенденция их повышенного накопления в вегетативных органах и плодах [1–3]. Формы химического соединения, из которых растения поглощают элементы питания, также влияют на содержание элементов в питательном растворе капельного полива [4]. Поэтому для повышения продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур необходимо знать форму соединения биогенных

элементов и их оптимальное содержание в растворе системы капельного полива растений. В то же время для управления устойчивым качеством экологически безопасной продукции необходимо внедрение методов сельскохозяйственной биотехнологии [5, 6]. Исходя из этого целью работы является изучение особенностей применения инновационных хелатных комплексов микроэлементов при выращивании культуры партенокарпического гибрида огурца Мева F1 с использованием системы капельного полива в условиях ООО СХП «Теплицы Белогорья».

Материалы и методы исследования

Опыт проводили в соответствии с общепринятой методикой полевого опыта с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта по Б.А. Доспехову. Стимуляцию продукционных процессов тепличного огурца осуществляли концентрированными хелатными микроудобрениями, которые были произведены в ЗАО «Петрохим» (Россия, г. Белгород). Жидкое хелатное удобрение «Органо-Бор» содержит 110 г/л бора в биологически активной форме ускоренного усвоения в виде четырехкоординированного внутрикомплексного соединения. «Органомикс», включает хелатные формы марганца (8 г/л), железа (30 г/л), магния (5 г/л), серы (21 г/л), цинка (8 г/л), меди (8 г/л), кобальта (0,1 г/л), бора (4 г/л) и молибдена (0,1 г/л). Оба препарата нетоксичны, экологически безвредны, без запаха, не вызывают аллергии и принадлежат к IV классу малоопасных веществ. В состав этих удобрений входит природный биофлавоноид дигидрокверцетин, обладающий свойствами природного биостимулятора. Данные хелаты легко усваиваются растениями и не имеют ожогового эффекта из-за невысоких концентраций при их применении.

Схема опыта включала варианты: контроль – выращивание культуры огурца с применением питательного раствора по схеме выращивания теплицы; вариант 1 – с дополнительной прикорневой подкормкой раствором «Органо-Бор» в двух группах с концентрацией 0,1 и 0,3 мг/л (в пересчете на бор); вариант 2 – с прикорневой подкормкой раствором «Органомикс» в концентрации 0,1 мг/л.

В каждом варианте опыта было по 90 растений. Подкормки хелатными удобрениями проводили непосредственно в ватоминеральный кубик под корень растения в фазу формирования первого листа, 3–4 листа, через неделю после переноса растений из цеха рассады в цех роста, перед цветением и в фазу начала образования плодов. Известно, что растения очень чувствительны к потреблению бора и других микроэлементов. Нашей задачей было установить грань между их дефицитом и переизбытком с учетом применения биогенного элемента в хелатной легкодоступной для растения форме.

Семена опытных вариантов предварительно в течение 4 часов замачивали в растворах удобрений, затем проводили высев в насыщенные питательными растворами ватоминеральные кубики Grotan (7x7 см). Температуру среды, влажность субстрата в течение нескольких дней поддерживали в пределах 20 °С и на уровне 75–89% от наименьшей влагоемкости. Массовые всходы гибрида огурца Мева F1 были на 4 день после посадки: для контрольного варианта – 83,3%; для варианта 1 и 2 – 94,5 и 97,8% соответственно. Проводили выбраковку растений. В контрольном варианте выбраковка растений составила 7%, в первом варианте – 3%, во втором варианте выбракованных растений не было. Первый настоящий лист у растений появлялся на четвертый день после всходов. В этот период в рассадном отделении поддерживали параметры среды: освещение не менее 10 тыс. люкс, среднесуточная температура воздуха ночью – не менее 18 °С, днем – не менее 21 °С. Второй настоящий лист быстрее формировался у растений второго и первого вариантов опыта (98,0 и 97,7% от общего количества растений) по сравнению с контрольным вариантом (94,6%). Однако у огурца из группы с применением раствора с кон-

центрацией активного бора 0,3 мг/л были обнаружены явные признаки борной токсичности. Окантовка второго настоящего листа пожелтела. Известно, что бор не мигрирует из старых листьев во вновь образовавшиеся молодые листья. То есть, с одной стороны, растение требует постоянного внесения биогенного элемента для нормального развития, а с другой стороны, необходимо точно подобрать дозу вносимого быстрорусоваемого бора из активной хелатной формы. Из-за признаков токсичности раствор «Органо-Бора» в концентрации 0,3 мг/л прекратили применять. Растения огурца сняли с опыта, продолжая проводить наблюдения за развитием растений с применением активного бора в концентрации 0,1 мг/л.

Когда у растения огурца появлялся шестой лист, культуру осторожно перевозили в цех роста теплицы. Растения расставляли по 4 штуки на ватоминеральные маты Grotan. Капельницу для введения питательного раствора подводили в ватоминеральный кубик под каждое растение. Параметры среды в этот период были следующие: освещение не менее 12 тыс. люкс, среднесуточная температура не менее 19 °С. *Ес* равнялась 2,45–3,30 мСм/см.

На стадии начала плодообразования отбирали по 10 штук из каждой группы методом рандомизации растения для фенологических и биохимических испытаний. Проводили биометрический и биохимический анализ образцов стебля, листа и плода растения огурца по общепринятым методам исследования. Сухое вещество, массовую долю азота, калия и фосфора, минеральные элементы и токсичные вещества определяли по ГОСТ 20851.4, ГОСТ 30181.1, ГОСТ 20851.3 и ГОСТ 20851.2, ГОСТ 30692 и ГОСТ 30178 соответственно. Общий сахар – по Бергману; витамин С, хлорофилл и каротин – по общепринятым методикам.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 показана динамика высоты растений в период интенсивного вегетативного роста огурца под влиянием изучаемых удобрений после переноса в блок роста теплицы. Изучаемые удобрения стимулировали рост и развитие огурца.

Анализ результатов исследований показывает, что максимальная скорость роста растений огурца под влиянием удобрения «Органо-Бор» обнаружена к 22 дню после всходов, а под влиянием удобрения «Органомикс» – к 32 дню после всходов. Интенсивным опережающим ростом растений под влиянием удобрений можно объяснить большее количество образовавшихся завязей. Масса сформированного к 39 дню выращивания растений зеленца огурца из опытных вариантов была значительно больше контрольного варианта. Более интенсивный рост и быстрое начало плодообразования у растения огурца можно объяснить влиянием биогенных элементов из доступных форм изучаемых удобрений на физиологические процессы, протекающие в тканях листа.

Таблица 1

Влияние удобрений на высоту растения огурца гибрида Мева F1

Показатели	Контроль	Вариант 1	±% к контролю	Вариант 2	±% к контролю
Высота растений (22 день после всходов), см	31,13 ± 1,50	44,83 ± 1,50*	+44,0	42,83 ± 0,67*	+37,6
Высота растений (25 день), см	41,47 ± 2,60	54,82 ± 1,80*	+32,2	51,08 ± 0,88*	+23,2
Высота растений (32 день), см	69,40 ± 1,60	96,33 ± 1,40**	+38,8	104,8 ± 0,50**	+51,0
Количество завязей (38 день), шт.	4,0 ± 0,20	6,2 ± 0,20*	+55,0	6,0 ± 0,40*	+50,0
Масса зеленца огурца (39 день), г	8,21 ± 0,20	13,29 ± 0,10*	+61,9	16,20 ± 0,20**	+97,3

Примечание. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ по сравнению с контролем.

Таблица 2

Влияние удобрений на химический состав листьев рассады огурца

Показатели	Контроль	Вариант 1	± % к контролю	Вариант 2	± % к контролю
Массовая доля влаги, %	86,9 ± 0,16	84,89 ± 0,19	-2,3	85,86 ± 0,12	-1,2
Массовая доля общего азота, %	0,59 ± 0,05	0,67 ± 0,04*	+13,6	0,67 ± 0,05*	+13,6
Массовая доля белка, %	3,69 ± 0,31	4,19 ± 0,31*	+13,6	4,19 ± 0,31*	+13,6
Хлорофилл, мг/кг	5600 ± 20	7000 ± 25**	+25,0	6120 ± 15**	+9,3
Каротин, мг/кг	60,0 ± 2,5	54,0 ± 1,6	-10,0	49,0 ± 1,4*	-18,3
Витамин С, мг/кг	46,0 ± 1,9	47,90 ± 1,6	+4,1	47,0 ± 1,5	+2,2

Примечание. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ по сравнению с контролем.

В табл. 2 представлены данные о влиянии удобрений на химический состав зеленой массы листьев огурца в пересчете на натуральное вещество в фазу интенсивного роста рассады.

Анализ таблицы показывает, что применение дополнительной подкормки увеличивает в тканях листа уровень сухого вещества, массовую долю азота и белка ($p < 0,05$), хлорофилла ($p < 0,01$), витамина С и снижает содержание каротина. Лучшее развитие ассимиляционного аппарата растений свидетельствует об усилении метаболизма в тканях растения, что согласуется с выводами других научных работ [7, 8]. Итак, применение вегетативной подкормки растений способствовало ускорению сроков поступления продукции в среднем на 2–3 дня, а значит, ресурсной экономии воды, электродосвечивания и питательных веществ из удобрений.

Накопление питательных веществ в организме растения в начальную фазу интенсивного плодоношения в вариантах опыта было разным. В табл. 3 представлен химический состав в пересчете на натуральное вещество вегетативных органов огурца в результате применения удобрения «Органо-Бор» и «Органомикс».

В табл. 4 представлен химический состав в пересчете на натуральное вещество плодов огурца в результате применения удобрения «Органо-Бор» и «Органомикс».

Применение удобрений увеличивало содержание сухого вещества во всех органах растения. Хотя динамика накопления питательных элементов в вегетативных органах и плодах огурца под влиянием удобрений была разной. В листьях и плодах растения наблюдалась общая тенденция увеличения уровня основных питательных элементов, таких как азот и калий. По-разному накапливался фосфор в тканях органов. Отмечено повышение его уровня в стебле и плодах огурца и уменьшение в листьях растения. Максимальное накопление сахара отмечено для листьев растений под влиянием удобрения «Органомикс». Разное присутствие химических элементов в удобрениях по-разному влияло на поступление токсичных металлов в ткани огурца, хотя уровень кадмия и свинца в плодах огурца был значительно ниже ПДК. ПДК для кадмия составляет не более 0,03 мг/кг, для свинца – не более 0,5 мг/кг. Ртуть и мышьяк в растении огурца обнаружены не были. Содержание нитратов в огурцах тоже было ниже ПДК. По-

этому товарную продукцию, выращенную при использовании изучаемых удобрений, согласно нормативам СанПиН 2.3.2.1078 – 2001 надо отнести к группе экологически безопасной.

Анализируя данные табл. 3 и 4, составили ряды распределения биогенных элементов в тканях вегетативных органов и плодах огурца. Убывающие ряды для общего азота, серы, меди, марганца, железа и цинка: лист – стебель – плод; в отношении магния, натрия, калия, фосфора и кальция: лист – плод – стебель; для общего сахара: плод – лист – стебель. При сравнении результатов

химического анализа по вариантам опыта обнаружено, что максимальное количество сахара обнаружено в плодах огурцах, которые подкармливали концентрированным микроудобрением «Органомикс». Так как под влиянием удобрений в листьях растения происходят интенсивные метаболические процессы, в тканях огурца также отмечено максимальное накопление общего азота, макро- и микроэлементов.

Применение хелатных борного и комплексного микроудобрений повлияло на среднюю урожайность огурца гибрида Мева F1 (табл. 5).

Таблица 3

Влияние удобрений на химический состав стебля огурца гибрида Мева F1

Показатели	Контроль	Вариант 1	± % к контролю	Вариант 2	± % к контролю
стебель огурца					
Влага, %	95,30	95,25	-0,05	95,08	-0,23
Зола, %	1,01	1,03	+1,98	1,10	+8,97
Общий азот, %	0,11	0,13	+18,18	0,11	0
Сахар, %	0,03	0,03	0	0,03	0
Кальций, %	0,035	0,040	+14,29	0,50	+28,57
Фосфор, %	0,044	0,045	+2,27	0,050	+13,64
Калий, %	0,458	0,479	+4,59	0,499	+8,95
Натрий, %	0,018	0,013	-27,78	0,019	+5,56
Сера, г/кг	0,14	0,15	+7,14	0,15	+7,14
Магний, г/кг	0,17	0,20	+17,65	0,16	-5,58
Железо, мг/кг	4,54	5,88	+29,59	6,37	+40,31
Цинк, мг/кг	6,95	7,21	+3,74	8,52	+22,59
Медь, мг/кг	0,31	0,35	+12,90	0,46	+48,39
Марганец, мг/кг	0,67	0,76	+13,43	0,73	+8,96
Кадмий, мг/кг	0,006	0,010	+6,67	0,008	+3,33
Свинец, мг/кг	0,62	0,54	-12,90	0,53	-14,52
лист огурца					
Влага, %	90,45	89,48	-1,07	89,88	-0,63
Зола, %	1,88	2,07	+10,11	2,07	+10,11
Общий азот, %	0,51	0,56	+9,81	0,52	+1,96
Сахар, %	0,08	0,085	+6,25	0,09	+12,50
Кальций, %	0,41	0,41	0	0,42	+2,44
Фосфор, %	0,088	0,081	-7,96	0,082	-6,82
Калий, %	0,38	0,45	+18,42	0,40	+5,26
Натрий, %	0,016	0,018	+12,50	0,015	0
Сера, г/кг	0,53	0,74	+39,62	0,76	+43,40
Магний, г/кг	1,09	1,20	+10,08	1,16	+6,42
Железо, мг/кг	12,46	16,88	+35,47	16,32	+30,98
Цинк, мг/кг	6,95	7,21	+3,74	8,52	+22,60
Медь, мг/кг	0,99	1,04	+5,05	1,14	+15,15
Марганец, мг/кг	3,22	3,33	+0,31	3,70	+14,91
Кадмий, мг/кг	0,13	0,17	+3,77	0,17	+3,08
Свинец, мг/кг	0,94	0,94	0	1,00	+6,38

Таблица 4

Влияние удобрений на химический состав плода огурца гибрида Мева F1

Показатели	Контроль	Вариант 1	± % к контролю	Вариант 2	± % к контролю
Влага, %	95,30	95,25	-0,05	95,08	-0,23
Зола, %	1,01	1,03	+2,18	1,08	+6,93
Общий азот, %	0,10	0,13	+30,0	0,11	+10,0
Сахар, %	0,55	0,55	0	0,60	+9,09
Кальций, %	0,35	0,40	+14,30	0,50	+42,86
Фосфор, %	0,44	0,45	+2,27	0,50	+13,64
Калий, %	0,458	0,479	+4,59	0,499	+8,95
Натрий, %	0,060	0,050	-16,67	0,050	-16,67
Сера, г/кг	0,14	0,10	-14,29	0,14	0
Магний, г/кг	0,46	0,48	+4,35	0,36	-21,74
Железо, мг/кг	4,49	4,52	+0,67	5,11	+13,81
Цинк, мг/кг	1,06	1,74	+64,15	1,68	+58,49
Медь, мг/кг	0,29	0,31	+6,90	0,39	+34,48
Марганец, мг/кг	0,64	0,66	+3,13	0,67	+4,69
Кадмий, мг/кг	0,011	0,016	+4,46	0,013	+1,82
Свинец, мг/кг	0,177	0,118	-33,33	0,148	-16,38

Таблица 5

Влияние удобрений на структуру урожая огурца гибрида Мева F1

Показатели		Контроль	Вариант 1	Вариант 2
Урожайность, кг/м ²		октябрь		
		6,0 ± 0,985	8,85 ± 0,339	7,20 ± 0,432
Выход плодов, %	товарных	99,88	99,90	99,90
	нетоварных	0,12	0,10	0,10
Урожайность, кг/м ²		ноябрь		
		9,80 ± 0,360	11,80 ± 0,424	11,30 ± 0,283
Выход плодов, %	товарных	99,50	99,79	99,70
	нетоварных	0,50	0,21	0,30
Урожайность, кг/м ²		декабрь		
		6,95 ± 0,180	10,20 ± 0,270	10,11 ± 0,365
Выход плодов, %	товарных	99,08	99,30	99,20
	нетоварных	0,92	0,70	0,80
Урожайность, кг/м ²		в среднем за вегетацию		
		22,75 ± 0,375	30,85 ± 0,330	28,61 ± 0,326
Выход плодов, %	товарных	98,46	98,99	98,8
	нетоварных	1,54	1,01	1,2
Товарная урожайность, кг/м		22,40 ± 0,363	30,54 ± 0,322	28,27 ± 0,320
интервалы		22,037–22,763	30,218–30,862	27,950–28,590
d			8,14	5,87
НСР ₀₀₁			3,28	4,45

Таблица 6

Экономическая эффективность производства товарной продукции огурцов

Показатели	Контроль	Вариант 1	Вариант 2
Урожайность, кг/м ²	22,40	30,54	28,27
Закупочная цена 1 кг, руб.	100	100	100
Стоимость продукции, тыс. руб./ т	2240	3054	2827
Заграты, тыс. руб.	1045	1060	1060
Прибыль, тыс. руб.	1195	1994	1767
Рентабельность, %	114,35	188,11	166,70

Результаты математической обработки показали, что доверительные интервалы не перекрываются, фактическая разница между вариантами опыта с удобрениями и контролем больше НСР, следовательно, удобрения оказывают существенное влияние на урожайность огурца гибрида Мева F1. В первом и во втором вариантах опыта товарная урожайность была выше в 1,36 и 1,26 раза соответственно контрольного варианта. Это повысило рентабельность производства огурцов в среднем на 46–65% (табл. 6).

Заключение

В эксперименте показано, что рекомендуемая научной литературой норма бора в концентрации 0,3 мг/л при включении в питательный раствор для полива огурца в вадоминеральные кубики в виде хелатного активного соединения токсична. Впервые установлена оптимальная доза бора в виде активного хелатного комплекса в питательном растворе для капельного полива в концентрации 0,1 мг/л для снижения выбраковки, повышения продуктивности и урожайности огурца гибрида Мева F1.

Разработанная технология применения минеральных хелатных микроудобрений для замачивания семян, в качестве подкормочной подкормки тепличного огурца, выращиваемого на вадоминеральных кубиках с применением системы капельного полива, создает оптимальные условия роста и развития растения, сокращает период вегетации до образования плодов и таким образом ускоряет сроки поступления продукции. То есть выращивание тепличной культуры огурца гибрида Мева F1 с применением инновационных хелатных микроудобрений «Органо-Бор» и «Органомикс» можно отнести к ресурсосберегающей экологически безопасной технологии производства овощей.

Список литературы

1. Селиванова М.В. Влияние удобрений на структуру урожая огурца в защищенном грунте / М.В. Селиванова, О.Ю. Лобанкова, В.В. Агеев // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – № 1 (9). – С. 28–31.
2. Селиванова М.В. Применение удобрений и их сочетаний в подкормку огурца в защищенном грунте – резерв сокращения затрат и повышения урожайности / М.В. Селиванова, А.Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова, В.В. Агеев // Современ-

ные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9191>.

3. Олива Т.В. Использование хелатного микроудобрения и гумата в технологии выращивания тепличного огурца / Т.В. Олива, Л.А. Манохина, Е.А. Кузьмина // Успехи современной науки и образования. – 2016. – Т. 7, № 12. – С. 139–144.

4. Колесниченко Е.Ю. Влияние органоминеральных удобрений на выращивание рассады культуры огурца гибрида Гладиатор F1 в условиях защищенного грунта / Е.Ю. Колесниченко // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 10, № 11. – С. 136–140.

5. Олива Т.В. Экологическая безопасность с.-х. технологий и управление качеством продукции на основе современных методов с.-х. биотехнологии / Т.В. Олива / В кн.: Национальные проекты и сбережение нации. – М.: ИНИОН РАН. – 2008. – С. 365–368.

6. Литвинов С.С. Защищенный грунт: стратегия развития / С.С. Литвинов // Картофель и овощи. – 2013. – № 10. – С. 20–21.

7. Медведев С.С. Механизмы регуляции морфогенеза растений / С.С. Медведев // В мат. VII съезда общества физиологов растений России. Материалы докладов (в двух частях). Часть II. Нижний Новгород. – 4–10 июля 2011. – С. 470–471.

8. Костин В.И. Влияние регуляторов роста на фотосинтетическую активность растений и урожайность тепличного огурца и томата / В.И. Костин, П.В. Смирнов, Н.И. Епифанов // Гавриш. – 2013. – № 4. – С. 17–19.

References

1. Selivanova M.V. Vlijanie udobrenij na strukturu urozhaja ogurca v zashhishhennom grunte / M.V. Selivanova, O.Ju. Lobankova, V.V. Ageev // Vestnik APK Stavropolja. 2013. no. 1 (9). pp. 28–31.
2. Selivanova M.V. Primenenie udobrenij i ih sochetanij v podkormku ogurca v zashhishhennom grunte rezerv sokrashhenija zatrat i povyshenija urozhajnosti / M.V. Selivanova, A.N. Esaulko, O.Ju. Lobankova, V.V. Ageev // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2013. no. 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9191>.
3. Oliva T.V. Ispolzovanie helatnogo mikroudobrenija i gumata v tehnologii vyra-shhivanija teplichnogo ogurca / T.V. Oliva, L.A. Manohina, E.A. Kuzmina // Uspehi sovremennoj nauki i obrazovanija. 2016. T. 7, no. 12. pp. 139–144.
4. Kolesnichenko E.Ju. Vlijanie organomineralnyh udobrenij na vyrashhivanie ras-sady kultury ogurca gibrida Gladiator F1 v uslovijah zashhishhennogo grunta / E.Ju. Kolesnichenko // Uspehi sovremennoj nauki. 2016. T. 10, no. 11. pp. 136–140.
5. Oliva T.V. Jekologicheskaja bezopasnost s.-h. tehnologij i upravlenie kachestvom produkcii na osnove sovremennyh metodov s.-h. biotehnologii / T.V. Oliva / V kN.: Nacionalnye proekty i sbezhenie nacii. M.: INION RAN. 2008. pp. 365–368.
6. Litvinov S.S. Zashhishhennyj grunt: strategija razvitija / S.S. Litvinov // Kartofel i ovoshhi. 2013. no. 10. pp. 20–21.
7. Medvedev S.S. Mehanizmy reguljicii morfogeneza rastenij / S.S. Medvedev // V mat. VII sezda obshhestva fiziologov rastenij Rossii. Materialy dokladov (v dvuh chastjah). Chast II. Nizhnij Novgorod. 4–10 ijulja 2011. pp. 470–471.
8. Kostin V.I. Vlijanie reguljatorov rosta na fotosinteticheskuju aktivnost rastenij i urozhajnost teplichnogo ogurca i tomata / V.I. Kostin, P.V. Smirnov, N.I. Epifanov // Gavrish. 2013. no. 4. pp. 17–19.

УДК 630*116.4:674.031.623.23

ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (*POPULUS BALSAMIFERA* L.) В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Попельницкая И.М., Попов А.О.

*ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Институт экологии и географии,
Красноярск, e-mail: popelnickayairina@mail.ru*

В работе проведен статистический анализ распределения значений морфометрических признаков, листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), подвергнувшегося обрезке. Для определения характера распределения признаков и их разности использовались критерии Колмогорова – Смирнова (К-С), описательная статистика, графические методы. Проведенный анализ показал, что для четырех исследуемых признаков можно исключить антисимметрию, на основании статистических критериев К-С, значений асимметрии, эксцесса и совпадения средних значений с медианами распределений. Для всех признаков с левой и правой стороны листовой пластины наблюдается слабая левая асимметрия и островершинное нормальное распределение. Исключением является пятый признак – угол между главной и второй жилкой, распределение величин которого можно отнести к нормальному с определенными допущениями, поэтому при расчете интегрального показателя флуктуирующей асимметрии использовали четыре морфометрических признака. Для выявления направленной асимметрии использовали F-тест и двухвыборочный t тест с одинаковыми дисперсиями величин признака с правой и левой стороны листа. Доказан флуктуирующий характер асимметрии. По величине интегрального показателя оценено жизненное состояние 30 деревьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera*), произрастающих на острове Татышев в г. Красноярске. Среднее значение интегрального показателя для тополей, подвергнувшихся обрезке $FA = 0,038 \pm 0,02$, для необрезанных тополей $FA = 0,036 \pm 0,001$, что соответствует условно нормальному состоянию вида индикатора. Отсутствие статистически достоверных отличий значения интегрального показателя флуктуирующей асимметрии для тополей, не подвергнувшихся и подвергнувшихся обрезке, позволяет использовать последние для оценки здоровья среды как вида индикатора.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, направленная асимметрия, антисимметрия, тополь бальзамический, обрезанные тополя

LEAVES' FLUCTUATING ASYMMETRY OF POPLARS (*POPULUS BALSAMIFERA*) IN THE URBAN ENVIRONMENT

Popelnitskaya I.M., Popov A.O.

*Siberian Federal University, Institute of ecology and geography, Krasnoyarsk,
e-mail: popelnickayairina@mail.ru*

The statistical analysis of the distribution of values of morphometric characteristics, leaves of poplar balsamic (*Populus balsamifera* L.), subjected to pruning, was carried out in the work. To determine the nature of the distribution of features and their difference, Kolmogorov-Smirnov criteria (K-S), descriptive statistics, graphical methods were used. The analysis showed that for the four features studied, antisymmetry can be excluded, based on the statistical criteria of K-S, the values of asymmetry, kurtosis, and the coincidence of mean values with the medians of the distributions. For all signs on the left and right side of the leaf plate, there is a weak left asymmetry and a fine normal distribution. The exception is the fifth sign – the angle between the main and the second vein, the distribution of whose values can be attributed to the normal with certain assumptions, therefore four integral morphometric features were used to calculate the integral index of the fluctuating asymmetry. To determine the directional asymmetry, the F-test and a two-sample t test were used with the same variances of the values of the characteristic on the right and left side of the sheet. The fluctuating nature of asymmetry is proved. By the value of the integral index, the life state of 30 poplar balsam trees (*Populus balsamifera*), which grows on the island of Tatyshchev in Krasnoyarsk, is estimated. The average value of the integral index for poplars subjected to trimming $FA = 0.038 \pm 0.02$, for uncircular poplars, $FA = 0.036 \pm 0.001$, which corresponds to the conditionally normal state of the indicator type. The absence of statistically significant differences in the value of the integral index of fluctuating asymmetry for poplars not subjected to and subjected to pruning allows the latter to be used to assess the health of the environment as an indicator type.

Keywords: fluctuating asymmetry, directional asymmetry, antisymmetry, poplar balsamic, poplar subjected to pruning

Зеленые насаждения являются неотъемлемой составляющей не только природных, но и городских экосистем и выполняют весьма важные экологические функции: средообразующие; санитарно-гигиенические; рекреационные; эстетические.

В озеленении г. Красноярска достаточно широко на протяжении нескольких десяти-

летий используется тополь бальзамический (*Populus balsamifera*). Деревья этого вида распространены во всех районах города, в парках, во дворах, вдоль автомобильных дорог. Встречаются как чисто тополиные посадки, так и в смешении с другими древесно-кустарниковыми растениями. В связи с большим количеством пуха, который

является бичом города в летнее время, со старением деревьев, их интенсивным ростом в городе производится массовая обрезка деревьев [1, 2]. Тополь достаточно часто используется как вид-индикатор для оценки здоровья среды города, но в работах не указывается, для обрезанных или необрезанных деревьев рассчитывается интегральный показатель флуктуирующей асимметрии (ФА) [3]. Так как в г. Красноярске присутствует большое количество тополей, подвергшихся обрезке, было интересно оценить стабильность их развития, используя метод флуктуирующей асимметрии.

Цель исследования

Оценить жизненное состояние в городской среде тополя бальзамического (*Populus balsamifera*), подвергавшегося обрезке.

Материалы и методы исследования

В качестве пробной площади был выбран остров Татышев, расположенный на реке Енисей в черте г. Красноярска. Его протяжённость составляет около 6 км вдоль течения реки и 1,5 км поперек. На острове присутствует большое количество обрезанных и необрезанных тополей, произрастающих в одинаковых условиях, что позволяет провести сравнительный анализ стабильности их развития. Для исследования была взята центральная часть острова.

Предварительная, визуальная оценка жизненного состояния бальзамических тополей с обрезанной и необрезанной кроной проводилась с помощью шкалы категорий состояния деревьев, приведенной в Санитарных правилах в лесах РФ (2011 г.) [4].

Для оценки взаимосвязи состояния деревьев с их морфометрическими показателями использовали метод флуктуирующей асимметрии. Было исследовано 30 случайно выбранных одновозрастных деревьев, подвергшихся обрезке 3 года назад. С каждого дерева было собрано по 10 листьев, пригодных для анализа, на высоте 180–200 см. Листья собирались по кругу. Так же определение ФА было проведено для 30 необрезанных деревьев.

Для каждого листа определяли по пять билатеральных признаков: 1 – ширина половины листа; 2 – длина второй жилки; 3 – расстояние между первой и второй жилкой в центральной части листа; 4 – расстояние между первой и второй жилкой на периферии листа; 5 – угол между главной и второй жилкой. Измерения проводились в период, когда завершается интенсивный рост листьев [5].

Флуктуирующая асимметрия (ФА) рассчитывалась по формуле

$$\Phi A = \frac{1}{n * m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left| \frac{L_{nij} - L_{nij}}{L_{nij} + L_{nij}} \right|, \quad (1)$$

где L_{nij} и L_{nij} соответственно левый и правый признак $-j$, исследуемого объекта $-i$.

Для оценки характера асимметрии используемых метрических билатеральных признаков, использовали статистические методы анализа. Для определения характера распределения признаков и их разности использовали критерий Колмогорова – Смирнова (К-С),

описательная статистика, графические методы. Для выявления направленной асимметрии использовали F-тест и двухвыборочный t тест с одинаковыми дисперсиями для величин признаков с правой и левой стороны листа.

Обработка результатов проводилась при помощи пакета анализа «Статистика Version10».

Результаты исследования и их обсуждение

Визуальная оценка жизненного состояния бальзамических тополей показала, что 27 из 30 обрезанных тополей (90%) не имеют видимых признаков ослабления, а оставшиеся 3 дерева (10%) можно отнести к ослабленным. Из 30 тополей, не подвергавшихся обрезке, 25 (83,3%) не имеют видимых признаков ослабления, а (16,7%) можно отнести к ослабленным.

Элементом фенотипической изменчивости, например, тополя, является флуктуирующая асимметрия (ФА) листовой пластины. Основными критериями ФА являются ее независимость и случайность, поэтому она не должна иметь четко выраженной направленности. Другими словами одна половинка листа должна изменяться независимо от второй. В связи с этим необходимо выявить характер асимметрии, то есть исключить такие ее виды, как направленная асимметрия (НА) и антисимметрия (АС), для этого необходимо оценить характер распределения, используемых билатеральных признаков и отсутствие достоверных различий между их значениями справа и слева.

Для исключения АС необходимо оценить нормальность распределения, используемых признаков. Проверку распределения используемых билатеральных признаков проводили, используя К-С при $D > 0,08$ и $p < 0,05$ распределение отличается от нормального. При идеальном нормальном распределении величины асимметрии и эксцесса должны равняться 0, а значение медианы (Me) и среднего совпадать. В нашем случае распределение можно отнести к нормальному, если величина асимметрии (A) не превышает 0,25, а эксцесса (E) – 2,59 (для выборки объемом $n = 300$ и уровня значимости $p = 0,05$).

Характер распределения значений ширины листовой пластины слева и справа и их разности для обрезанных тополей представлен на рис. 1.

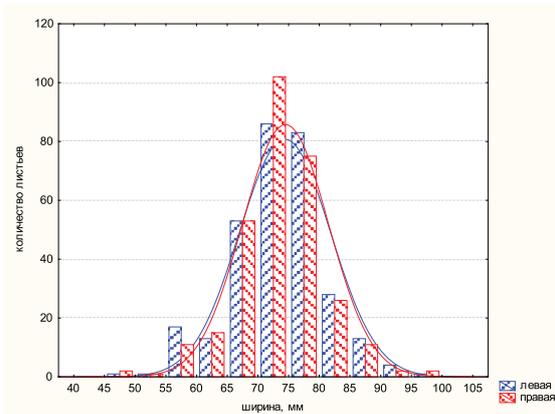
Характер распределения для значений левой, правой половины практически одинаков (рис. 1, а). По величине критерия К-С $D = 0,064$, $p < 0,2$. Для ширины листовой пластины слева значения $A = -0,17$,

$E = 0,11$, среднее значение признака $X_{\text{ср,л}} = (62,9 \pm 0,40)$ мм, медиана $Me = 64$ мм; для распределения ширины листовой пластинки справа – $A = -0,21$, $E = 0,40$, $X_{\text{ср,п}} = (62,9 \pm 0,39)$ мм, $Me = 64$ мм. Таким образом, распределение значений ширины листовой пластины слева и справа можно считать нормальным островершинным с незначительной левой асимметрией. Распределение разности между шириной листовой пластины слева и справа (рис. 1, б) подтверждает флуктуирующий характер изменения признака, так как также подчиняется нормальному значению, со средним значением $X_{\text{ср}} = (0 \pm 0,11)$ мм, $Me = 0$ ($A = -0,04$, $E = 1,1$, $D = 0,07$, $p < 0,11$).

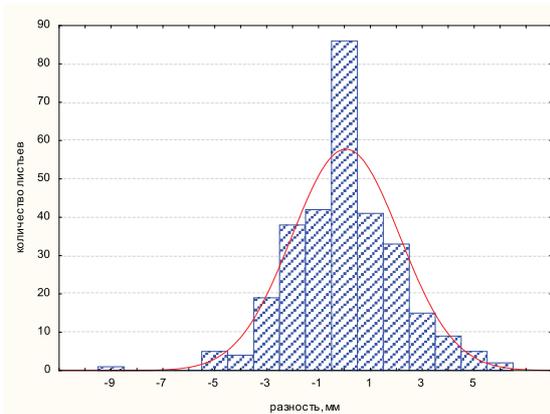
Распределение значений второго признака – длина второй жилки и ее разности с левой и правой сторон листовой пластины

для обрезанных тополей представлено на рис. 2.

Для длины второй жилки листьев значения слева $A = -0,17$, $E = 1,05$, К-С $D = 0,077$, $p < 0,11$; справа – $A = -0,14$, $E = 1,35$; К-С $D = 0,078$; $p < 0,1$, то есть оба распределения данного признака также можно отнести к нормальному закону распределения. Среднее значение длины второй жилки с правой стороны листовой пластинки $X_{\text{ср,п}} = (74,3 \pm 0,40)$ мм, $Me = 75$, для левой – $X_{\text{ср,л}} = (74,2 \pm 0,43)$ мм, $Me = 75$. Распределение разности длины второй жилки листьев слева и справа (рис. 1, б) подтверждает флуктуирующий характер изменения признака, так как подчиняется нормальному значению, со средним значением близким к 0 $X_{\text{ср}} = (0,08 \pm 0,23)$ мм, $Me = 0$ ($A = -0,10$, $E = 0,66$, $D = 0,072$, $p < 0,10$).

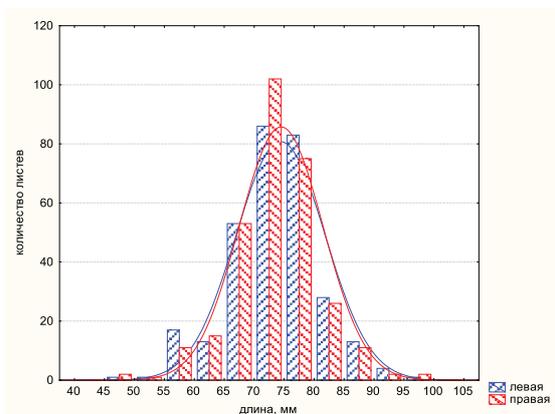


а)

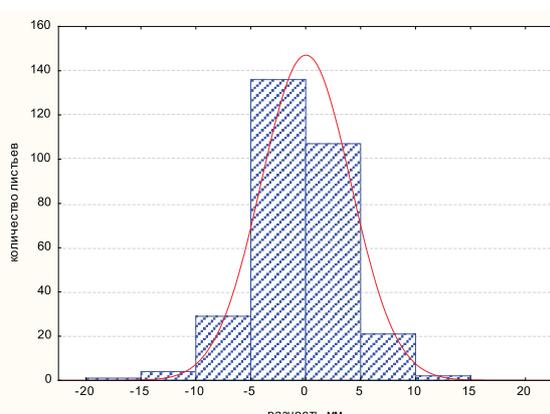


б)

Рис. 1. Распределение значений ширины листовой пластины (а) и разности между шириной слева и справа (б)



а)



б)

Рис. 2. Распределение значений длины второй жилки листовой пластины (а), и значений ее разности слева и справа (б)

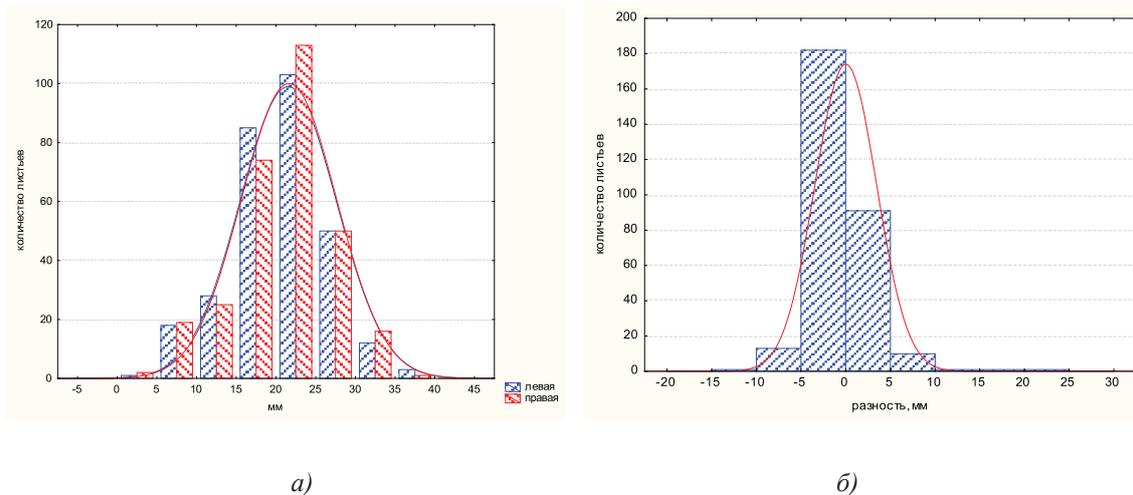


Рис. 3. Распределение значений расстояния между первой и второй жилкой в центральной части листа (а) и их разности (б)

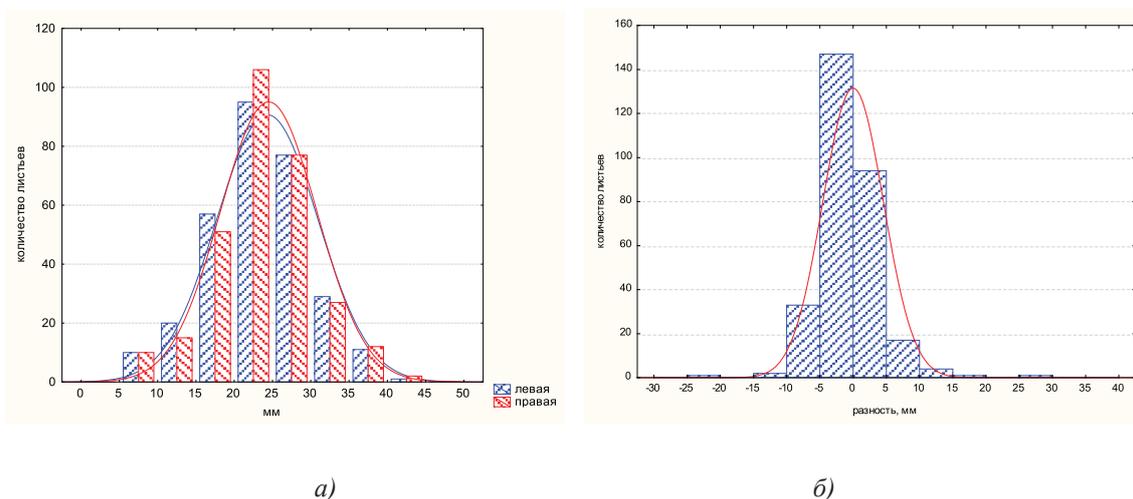


Рис. 4. Распределение значений четвертого признака – расстояние между первой и второй жилкой на периферии листа (а) и разности слева и справа (б)

Распределение значений третьего признака – расстояние между первой и второй жилкой в центральной части листа и разницей ее значений представлено на рис. 3.

Для расстояний между первой и второй жилкой в центральной части листа значения слева $A = -0,23$, $E = 0,62$, $K-C D = 0,0697$, $p < 0,15$; справа – $A = -0,40$, $E = 0,42$, $K-C D = 0,076$; $p < 0,11$; данный признак так же, как и предыдущие, можно считать нормально распределенным. Среднее значение расстояний между первой и второй жилкой в центральной части листа с правой стороны листовой пластинки $X_{ср,п} = (21,6 \pm 0,33)$ мм, $Me = 22$ с левой – $X_{ср,л} = (21,6,2 \pm 0,34)$ мм, $Me = 22$. Распределение разности между

первой и второй жилкой в центральной части листа с левой и правой стороны листа (рис. 1, б), подтверждает флуктуирующий характер изменения признака, так как подчиняется нормальному значению, со средним значением $X_{ср} = (0,10 \pm 0,19)$ мм, $Me = 0$ мм ($A = -0,25$, $E = 2,06$, $D = 0,077$, $p < 0,10$).

Распределение значений четвертого признака – расстояние между первой и второй жилкой на периферии листа и разности значений слева и справа для тополей, подвергавшихся обрезке, представлены на рис. 4.

По величинам асимметрии и абсциссы распределение четвертого признака наиболее близко к нормальному по сравне-

нию со всеми ранее проанализированными признаками. Для значений признака слева $A = 0,03$, $E = 0,06$, К-С $D = 0,06$, $p < 0,15$; справа $A = 0,008$, $E = 0,52$, К-С $D = 0,0697$, $p < 0,15$. При этом можно отметить, что для значений признака слева и справа характерно повышенное рассеивание больших переменных, то есть в данном распределении присутствует незначительная правая асимметрия. Среднее значение расстояний между первой и второй жилкой на периферии листа с правой стороны листовой пластинки $X_{\text{ср,пр}} = (24,4 \pm 0,36)$ мм, $Me = 25$ мм, с левой – $X_{\text{ср,л}} = (24,2 \pm 0,38)$ мм, $Me = 24$ мм, а сами распределения соответствуют нормальному закону. Распределение разности между первой и второй жилкой на периферии листа с левой и правой стороны листа (рис. 1, б), также подчиняется нормальному распределению со средним значением $X_{\text{ср}} = (0,16 \pm 0,03)$ мм и $Me = 0$ ($A = -0,26$, $E = 2,75$, $D = 0,076$, $p < 0,10$).

Распределение значений пятого признака – угол между главной и второй жилкой и разности его значений слева и справа для обрезанных тополей приведено на рис. 5.

Для распределении значений угла между главной и второй жилкой листовой пластинки значения показателей распределения равны слева $A = -0,21$, $E = -0,99$, К-С $D = 0,080$, $p < 0,05$; справа – $A = -0,26$, $E = -0,14$, К-С $D = 0,087$, $p < 0,05$. Среднее значение угла между главной и второй жилкой с правой стороны листовой пластинки $X_{\text{ср,пр}} = (59,8 \pm 0,23)^0$, $Me = 60^0$ с левой –

$X_{\text{ср,л}} = (59,8 \pm 0,32)^0$, $Me = 60^0$. По критерию согласия К-С оба распределения данного признака нельзя отнести к нормальному закону распределения, при этом по величине эксцесса, асимметрии, равенстве моды, медианы и среднего значения распределение можно считать нормальным. Распределение разности значений угла слева и справа (рис. 1, б) подчиняется нормальному, со средним значением $X_{\text{ср}} = (0,02 \pm 0,03)^0$, $Me = 0^0$ ($A = 0,26$, $E = 2,7$, $D = 0,076$, $p < 0,10$).

Проведенный анализ показал, что для четырех исследуемых признаков можно исключить антисимметрию, на основании статистических критериев К-С, значений асимметрии, эксцесса и совпадения средних значений с медианами распределений. Для всех признаков с левой и правой стороны листовой пластинки наблюдается слабая левая асимметрия и островершинное нормальное распределение. Исключением является пятый признак – угол между главной и второй жилкой, распределение величин которого можно отнести к нормальному с определенными допущениями. Распределение разности значений всех признаков с левой и правой стороны листа подтверждает флуктуирующий характер их изменения.

Для выявления наличия или отсутствия направленной асимметрии использовали F-тест на равенство дисперсий двух выборок величин признака с правой и левой стороны листа. Результаты проведенного анализа представлены в таблице.

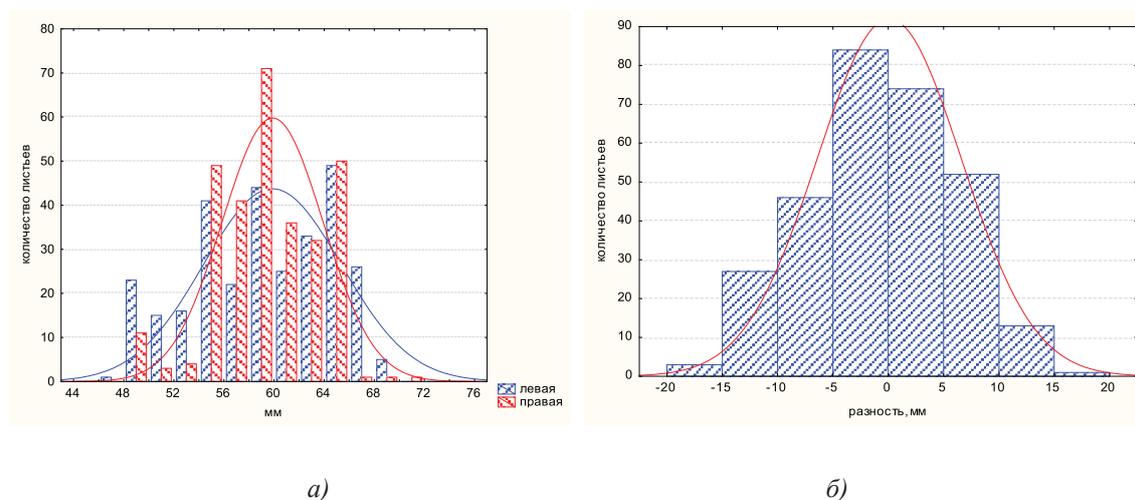


Рис. 5. Распределение значений пятого признака – угол между главной и второй жилкой (а) и разность значений слева и справа (б)

Результаты F-теста и t теста на равенство дисперсий двух выборок величин признака с правой и левой стороны листа при уровне значимости $p < 0,05$

Признак	$F_{ст}$	$F_{кр}$	p	$t_{ст}$	$t_{кр}$	$t_{кр}$ -одностороннее
ширина половины листа	1,01	1,21	0,20	0	1,96	0,5
длина второй жилки	1,12	1,21	0,15	0,14	1,96	0,44
расстояние между первой и второй жилкой в центральной части листа	1,02	1,21	0,42	0,21	1,96	0,42
расстояние между первой и второй жилкой на периферии листа	1,09	1,21	0,21	0,3	1,96	0,39
угол между главной и второй жилкой	1,86	1,21	$4,1 \cdot 10^{-8}$	0,05	1,96	0,49

Для четырех метрических билатеральных признаков: ширина половины листа; длина второй жилки; расстояние между первой и второй жилкой в центральной части листа; расстояние между первой и второй жилкой на периферии листа; значение критерия Фишера, найденное экспериментальным путем $F_{ст}$ меньше критического значения $F_{кр}$ при уровне значимости $p < 0,05$ (таблица). То есть отклонения с правой и левой стороны листовой пластины для каждого признака относятся к одной выборочной совокупности, то же самое подтверждает и двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями. Для выборочных совокупностей значений угла между главной и второй жилкой с левой и правой части листовой пластины значение $F_{кр}$ меньше критерия Фишера, найденного экспериментальным путем при уровне значимости $p < 0,05$ (таблица), то есть нельзя говорить о равенстве дисперсий двух совокупностей. В связи с этим использовали двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями, который позволил подтвердить случайный характер изменений значений угла между главной и второй жилкой с левой и правой стороны листовой пластины, так как $t_{кр}$ - одностороннее $< t_{кр}$ (таблица). Проведенный статистический анализ метрических билатеральных признаков позволил исключить наличие НА для листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera*), подвергнувшегося обрезке.

Заключение

Исследование пяти билатеральных признаков листьев тополей подвергнувшихся обрезке позволило для четырех из них исключить направленную асимметрию (НА) и антисимметрию (АС) и подтвердить флуктуирующий характер их вариаций. Из расчетов был исключен пятый при-

знак – угол между главной и второй жилкой, так как его распределение отличается от нормального.

Рассчитанный средний интегральный показатель флуктуирующей асимметрии листьев 30 тополей, не подвергшихся обрезке $\Phi A_{необр} = (0,0373 \pm 0,002)$, что соответствует 1 баллу шкалы оценки состояния видов-индикаторов по величине отклонений от симметрии. Для 30 тополей, подвергнувшихся обрезке, $\Phi A_{об} = (0,038 \pm 0,002)$ тоже соответствует 1 баллу по этой шкале ($\Phi A < 0,055$) [5, 6] и позволяет оценить состояние тополей произрастающих на острове Татышев как условно нормальное, что так же подтверждает их визуальная оценка. Достоверных различий между полученными значениями, интегрального показателя для деревьев, подвергнувшихся и не подвергнувшихся обрезке, нет. Таким образом, обрезка тополей не отразилась на стабильности их развития, и обрезанные тополя можно использовать в качестве вида – индикатора здоровья окружающей среды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РГНФ № 16-12-24023 «Методология моделирования и прогнозирования сценариев развития «зеленой экономики» и биоэкономики регионов в условиях активного хозяйственного освоения ресурсов Арктической зоны».

Список литературы

1. Нефедова Е.В. Исследование экологического состояния деревьев в результате обрезки в городе Новотроицке // Е.В. Нефедова, Т.С. Деулина // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2016. – Т. 1, № 1. – С. 225–227.
2. Кружилин С.Н. Экологически обоснованные мероприятия по формированию габитуса тополевого насаждений в условиях урбандшафтов нижнего Дона / С.Н. Кружилин, С.С. Таран // Наука, мысль. – 2014. – № 1. – С. 84–86.
3. Коротченко И.С. Влияние теплоэнергетического комплекса г. Красноярска на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластины тополя бальзамическо-

го / И.С. Коротченко // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 8. – С. 15–20.

4. Лесоустроительная инструкция [Текст]: Приказ Рослехоза от 12.12.2011 № 516 // Зарегистрирована в Минюсте РФ 06.03.2012 № 23413. – 76 с.

5. Здоровье среды: практика оценки / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев и др. – М.: Центр экологической политики России, 2006. – 68 с.

6. Рунова Е.М., Гнатович П.С. Экологическая оценка рекреационных зон города Братска методом флуктуирующей асимметрии березы повислой / Е.М. Рунова, П.С. Гнатович // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – С. 223–227.

References

1. Nefedova E.V. Issledovanie jekologicheskogo sostojanija derevev v rezultate obrezki v gorode Novotroicke // E.V. Nefedova, T.S. Deulina // Aktualnye problemy sovremennoj nauki, tehniki i obrazovanija. Magnitogorsk: Magnitogorskij

gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. G.I. Nosova, 2016. T. 1, no. 1. pp. 225–227.

2. Kruzhilin S.N. Jekologičeski obosnovannye mero-prijatija po formirovaniju gabitusa topolevyh nasazhdenij v uslovijah urbolandshaftov nizhnego Dona / S.N. Kruzhilin, S.S. Taran // Nauka, mysl. 2014. no. 1. pp. 84–86.

3. Korotchenko I.S. Vlijanie teplojenergetičeskogo kompleksa g. Krasnojarska na veličinu fluktuirujushhej asimmetrii listovoj plastiny topolja balzamicheskogo / I.S. Korotchenko // Vestnik KrasGAU. 2015. no. 8. pp. 15–20.

4. Lesoustroitel'naja instrukcija [Tekst]: Prikaz Roslehoza ot 12.12.2011 no. 516 // Zaregistrovana v Minjuste RF 06.03.2012 no. 23413. 76 p.

5. Zdorove sredy: praktika ocenki / V.M. Zaharov, A.T. Chubinishvili, S.G. Dmitriev i dr. M.: Centr jekologičeskij politiki Rossii, 2006. 68 p.

6. Runova E.M., Gnatovich P.S. Jekologičeskaja ocenka rekreacionnyh zon goroda Bratska metodom fluktuirujushhej asimmetrii berezy povisloj / E.M. Runova, P.S. Gnatovich // Fundamentalnye issledovanija. 2013. no. 11. pp. 223–227.

УДК 630*641:581.55

СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В ДУБРАВАХ И ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОВ

¹Самсонова А.М., ¹Кабанов С.В., ¹Самсонов Е.В., ²Ларионов М.В.

¹Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
Саратов, e-mail: schneider66@mail.ru;

²Балашовский институт (филиал) Саратовского национального
исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского,
Балашов, e-mail: m.larionow2014@yandex.ru

Лесной кодекс Российской Федерации основной целью освоения защитных лесов декларирует формирование устойчивых лесных насаждений, выполняющих средообразующие, водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные полезные функции. Важнейшим аспектом устойчивости лесных насаждений является разновозрастность древостоев. В статье приводится экспертная оценка систем лесного хозяйства в дубравах в защитных лесах, в том числе современного подхода, регламентируемого нормативными документами Рослесхоза, систем хозяйства, предлагаемых научным сообществом России, а также практики ведения лесного хозяйства в дубравах в США. Приводится матрица сравнительных экспертных оценок систем ведения лесного хозяйства в дубравах. Сравнение систем ведения лесного хозяйства проведено на основе ряда наиболее принципиальных (для дифференциации хозяйства) показателей – структуры древостоя, лесного района, вида лесов по целевому назначению, класса бонитета древостоя, типа леса (группы типов леса), доли участия дуба в составе древостоя, происхождения насаждения, экотипа дуба, полноты древостоя, нацеленности на реализацию задачи перехода к разновозрастным насаждениям в защитных лесах, возрастной структуры древостоя, жизненного состояния дуба, возможности выбора использования семенного или порослевого возобновления, учета семенных годов. Возрастная структура порослевых дубрав Саратовской области в процессе роста и развития претерпевает значительную трансформацию, в результате которой формируются циклично-разновозрастные и ступенчато-разновозрастные древостои. Наиболее принципиальным недостатком современных правил ведения хозяйства в дубравах является отсутствие учета возрастной структуры древостоев, а также нацеленности лесохозяйственных мероприятий, в первую очередь рубок ухода, на формирование сложных по возрастной структуре насаждений.

Ключевые слова: *Quercus robur L.*, дубравы, система ведения хозяйства, защитные леса, возрастная структура древостоев, разновозрастные древостои, устойчивость лесных насаждений, жизненное состояние ценопопуляций, виталитетная структура ценопопуляций

THE SYSTEMS OF FOREST MANAGEMENT IN OAK FORESTS AND PURPOSE OF THE DEVELOPMENT OF THE PROTECTIVE FORESTS

¹Samsonova A.M., ¹Kabanov S.V., ¹Samsonov E.V., ²Larionov M.V.

¹Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, e-mail: schneider66@mail.ru;

²Balashov Institute (branch) of the National Research Saratov State University named after
N.G. Chernyshevsky, Balashov, e-mail: m.larionow2014@yandex.ru

Formation of the sustained forest stands which are carrying out environment creation, water preserving, protective, sanitary and hygienic, improving and other useful functions of the protective forests is the main purpose of protective forest development declared by Forest Code of Russian Federation. Uneven-age structure is the most important aspect of stability of forest plantings. The expert assessment of forest management systems in oak groves in the protective woods including the modern approach regulated by normative documents of Federal Forestry Agency, systems offered by scientific community of Russia, and also forestry practices in oak groves in the USA are given in the article. The matrix of comparative expert estimates of forest management systems in oak groves is given. Comparison of forest management systems is carried out on the basis of a number of the most fundamental indicators (for differentiation of forestry systems) – the structure of a forest stand, the forest region, the types of forests by purpose, the bonitet class of a forest stand, the forest type (group of types of the forest), the oak share as a part of a forest stand, the origin of the forest, the ecotype of an oak, the forest stand density, the focus on the implementation of the transformation towards uneven-aged forest stands in protective forests, the age structure of a forest stand, the oak vitality, the possibility of the choice of use of seed or coppice renewing, the seed year accounting. The age structure of upland oak coppices of Saratov region in the process of growth and development undergoes the considerable transformation as a result of which cyclically uneven-aged and stepwise uneven-aged forest stands are formed. The most fundamental disadvantage of the modern rules in forest management system of oak groves is the lack of the accounting of age structure of forest stands, and also the lack of orientation of management system, first of all the thinning, on formation complex age structure of forest stands.

Keywords: *Quercus robur L.*, oak forest, forest management systems, protective forests, the age structure of forest stands, uneven-aged forests, sustainability of forest stands, the vital status of the cenopopulation, vitality structure of cenopopulations

Лесной кодекс РФ (статья 12) предполагает формирование в защитных лесах устойчивых лесных насаждений для непрерывного выполнения ими определенных функций.

Оценка возрастной структуры как критерий устойчивости лесного сообщества является едва ли не самым важным показателем [1]. Разновозрастные древостои по сравнению

с одновозрастными при меньшей продуктивности более устойчивы к вытаптыванию, ветру, замедляют снеготаяние, накапливают большой запас лесной подстилки, да и в целом лучше выполняют защитную, рекреационную и водоохранную функции [2]. Кроме того, выполнение защитных функций в таких лесах не прерывается во времени. Исходя из вышесказанного, ведение лесного хозяйства в защитных лесах должно быть сфокусировано на создании устойчивых разновозрастных древостоев.

Не следует считать, что проблеме сохранения дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и дубрав не уделялось внимание. Эта проблема стоит на повестке дня долгое время, но стратегического решения так и не получила. Не произошло и коренного улучшения в вопросах ведения лесного хозяйства в этих лесах, так как продолжает ухудшаться видовой состав, наблюдается стремление к формированию чистых древостоев, а они имеют гораздо меньшую экологическую устойчивость, идет смена пород, оставляет желать лучшего санитарное состояние этих лесов [3].

Для оценки степени соответствия методов ведения лесного хозяйства целям освоения защитных лесов и дифференцированности подходов при осуществлении хозяйства в дубовых лесах были проанализированы различные известные нам системы: современный подход, регламентируемый нормативными документами Рослесхоза, системы хозяйства в дубравах, предлагаемые научным сообществом России, а также зарубежный опыт ведения хозяйства в дубовых лесах.

Сравнение подходов при осуществлении лесного хозяйства в дубовых лесах проведено на основе ряда принципиальных (для дифференциации хозяйства) показателей и приведено в таблице.

Современный метод ведения хозяйства в лесах на территории России регламентируется нормативными документами (Правила ухода за лесами, Правила заготовки древесины, Правила лесовосстановления). Нормативные документы, регламентирующие рубки ухода, учитывают такие факторы, как лесной район, тип леса, доля участия дуба в составе, класс бонитета и полнота древостоя, происхождение насаждения. Однако не учитываются такие факторы, как экотип дуба, возрастная структура, виталитетная структура древостоя. При заготовке древесины в лесах различного целевого назначения не учитываются класс бонитета древостоя, тип леса, экотип дуба, сомкнутость полога, наличие ярусов, возрастная и виталитетная структура древостоя.

Обобщая анализ современной системы ведения хозяйства в российских дубравах, можно сделать вывод, что она не нацелена на реализацию задачи перехода к разновозрастным насаждениям в защитных лесах.

Подходы к ведению лесного хозяйства в дубовых лесах, выработанные и предложенные в научной литературе (таблица), в отличие от нормативных документов, имеют более разграниченный подход к организации ухода в дубравах. В некоторых системах учтены следующие факторы: экотип дуба [3–6], допустимость выбора применения вегетативного или семенного возобновления [4, 6–8], а также «санитарно-лесоводственный рейтинг» дубовых насаждений, принимающий в расчет, кроме доли больших деревьев, также другие данные роста и развития древостоя [9]. Методы лесного хозяйства, разработанные в Руководстве по улучшению состояния и повышению продуктивности дубрав в лесостепной зоне европейской части РФ [3] и Руководстве по ведению хозяйства и восстановлению дубрав в равнинных лесах европейской части РФ [5], представляют наибольший интерес. Кроме того, что учитывается происхождение и структура древостоя, при назначении в рубку также берется во внимание возрастная структура древостоя [3, 5]. В некоторых случаях при помощи добровольно-выборочных рубок предоставляется возможным из одновозрастных насаждений формировать более устойчивые дубовые древостои с разновозрастной структурой [3], учитывая периодичность обильных урожаев желудей. В этих системах также предусматривается допустимость выбора вегетативного или семенного возобновления, либо комбинированного подхода для постепенного замещения деградирующих производных дубрав на семенные [3, 5]. В режиме низкоствольного хозяйства обновление дубовых насаждений рекомендуется проводить с учетом возраста возобновительной спелости [3, 5].

Сегодняшний подход в лесовосстановлении практически перечеркивает вегетативный способ возобновления в производных дубовых древостоях, нацеливает лесоводов исключительно на семенное или на лесокультурное возобновление на вырубках. При этом не учитывается значительная затратность и трудоемкость, а иной раз и неосуществимость этого процесса для дубрав, приуроченных к разным типам рельефа. В некоторых условиях местопрорастания дубовые леса порослевой генерации оказываются устойчивыми, а выращивание дуба семенного происхождения связано с рядом сложностей [8].

Матрица сравнительных экспертных оценок концепций лесного хозяйства в дубовых лесах

	Дифференциация режимов хозяйства в зависимости от														
	структуры дубового лесного района	вида лесов по целевому назначению	класса бонитета дубового леса	типа леса (группы типов леса)	доли участка дуба в составе дубового леса	присхождений насаждений	экология дуба	полноты дубового насаждения на разном уровне	нагрузки насаждения в заповедных лесах	возрастной структуры дубового насаждения	жизненного состояния дуба	возможность выбора использования семенного (С) или порослевого (П) возобновления	Учет семенных годов		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Концепции лесного хозяйства в дубовых лесах															
1															
Современный подход:															
Правила ухода за лесами (2007 г.)	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	
Правила заготовки древесины (2016 г.)	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	С	+	
Правила лесовосстановления (2016 г.)		+	-		+		-	-					С	+	
Литературные источники:															
«Дуб» (Лосицкий К.Б., 1981 г.)	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	С	+	
«Дубравы» (Новосельцев В.Д., 1985 г.)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	С	+	
«Руководство по улучшению состояния и повышению продуктивности дубрав в лесостепной зоне европейской части РФ» (1997 г.)	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	С	+	
«Руководство по ведению хозяйства и восстановлению дубрав в равнинных лесах европейской части РФ» (2000 г.)	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	С	+	
«Дубравы России» (Калиниченко Н.П., 2000 г.)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	С	+	
«Деградация порослевых дубрав и их реабилитация с помощью санитарных рубок» (Царалунга В.В., 2005 г.)	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	
«Ландшафтно-типологические основы восстановления дубрав степного Придонья» (Турчин Т.Я., 2008 г.)	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	С	+	
Зарубежный опыт:															
«The ecology and silviculture of oaks» (P.S. Johnson, S.R. Shifley, R. Rogers, 2002 г.)	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	С	+	

Примечание: «+» – показатель учитывается для дифференциации концепции лесного хозяйства; «-» – показатель не учитывается для дифференциации концепции лесного хозяйства.

Исследования, проведенные нами в смешанных по составу производных дубравах, показали, что возрастная структура древостоев после сплошной рубки со временем претерпевает значительную трансформацию, в результате которой формируются ступенчато- и циклично-разновозрастные древостои. Причем переход в спелом возрасте к ступенчато-разновозрастной структуре наблюдается чаще, чем к циклично-разновозрастной. Усложнение возрастной структуры древостоя происходит в первую очередь за счет липы (*Tilia cordata* Mill.) и клена (*Acer platanoides* L.), подрост которых в процессе роста достигает древесного полога [10].

Для формирования устойчивых насаждений также значительную роль играет состояние древостоев в целом, так как оно непосредственно оказывает влияние на принцип отбора деревьев при осуществлении ухода в лесах. Для оценки состояния деревьев чаще всего применяют шкалу В.А. Алексева [11]. Значительно реже для оценки состояния применяется оценка виталитета особей на основе морфометрического подхода Ю.А. Злобина [12]. Результаты проведенного нами сравнительного анализа оценки состояния 15 ценопопуляций *Pinus sylvestris* L. двумя различными подходами (морфометрический подход Ю.А. Злобина, шкала В.А. Алексева) показали, что более чем в 80% случаев оценки отличаются, а в 74% – результаты этих двух подходов прямо противоположны [13].

С использованием факторного анализа были определены три наиболее показательных признака, оценивающих жизненное состояние деревьев дуба в дубравах Саратовской области. Два из них – «диаметр кроны» и «отношение диаметра кроны к диаметру ствола» – имеют важные биологические сведения о состоянии дерева, обрисовывая прошлые, уже воплощенные уровни активности особей, а следовательно, и условия их существования [12]. Третий – динамический признак «радиальный прирост за последние 10 лет» – показывает величину радиального прироста за последние 10 лет и в большей мере отражает нынешнее жизненное состояние растения [14]. Более объективным подходом оценки жизненного состояния ценопопуляций дуба является разделение деревьев на 3 класса виталитета (высший, средний, низший). Наши исследования показали преобладание деревьев дуба низкой жизненности в нагорных низкоствольных дубравах Саратовской области,

что указывает на то, что осуществляемый уход не обеспечивает создание в древостое стабильного ядра хорошо развитых особей. Дубовая популяция по сути в течение всей жизни пребывает в угнетенном состоянии [14].

Необходимо использовать иностранный опыт [15], основанный на понимании сложности и разнообразия дубрав, отличающийся более существенной степенью дифференциации хозяйства в них, где концепция лесного хозяйства в первую очередь определяется целевым назначением лесов и обращена на создание насаждений с конкретной возрастной структурой. Для эксплуатационных лесов формируются разновозрастные насаждения (условно разновозрастные), для лесов, выполняющих защитные функции, формируется разновозрастная структура, наиболее приближенная к природному (естественному, климаксному) типу и ее поддержанию во времени [15].

Таким образом, современные правила ведения лесного хозяйства в дубравах в защитных лесах, регламентируемые нормативными документами, имеют ряд недостатков. Наиболее принципиальными из них являются отсутствие учета возрастной структуры древостоев, как наиболее важного аспекта их устойчивости и эффективности выполнения защитных функций, а также нацеленности лесохозяйственных мероприятий, в первую очередь рубок ухода, на формирование сложных по возрастной структуре насаждений. В большей степени это воздействие необходимо оказывать на популяцию дуба, так как в процессе естественной возрастной динамики дубовых сообществ изменение структуры популяций сопутствующих пород в сторону усложнения идет во времени довольно быстро без целенаправленного влияния со стороны человека [10].

Список литературы

1. Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества [Текст] / В.Г. Стороженко. – М.: Изд-во «Гриф и К», 2007. – 190 с.
2. Основы лесного хозяйства и таксации леса [Текст]: Учебное пособие / А.Н. Мартынов, Е.С. Мельников, В.Ф. Ковязин и др. – СПб.: ООО Изд-во «Лань», 2008. – 372 с.
3. Руководство по улучшению состояния и повышению продуктивности дубрав в лесостепной зоне европейской части РФ [Текст] / Под ред. В.Г. Шаталова. – Воронеж: ВГЛТА, 1997. – 68 с.
4. Калининченко Н.П. Дубравы России: монография [Текст] / Н.П. Калининченко. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 536 с.
5. Руководство по ведению хозяйства и восстановлению дубрав в равнинных лесах европейской части РФ [Текст] / Н.П. Калининченко, В.И. Желдак, С.А. Румянцева и др. – М.: ВНИИЛМ, 2000. – 136 с.

6. Турчин Т.Я. Ландшафтно-типологические основы восстановления дубрав степного Придонья: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук (06.03.03) [Текст] / Т.Я. Турчин. – Брянск, 2008. – 39 с.

7. Лосяцкий К.Б. Дуб [Текст] / К.Б. Лосяцкий. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 101 с.

8. Новосельцев В.Д. Дубравы [Текст] / В.Д. Новосельцев, В.А. Бугаев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 214 с.

9. Царалунга В.В. Деградация порослевых дубрав и их реабилитация с помощью санитарных рубок: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук (06.03.03) [Текст] / В.В. Царалунга. – Брянск, 2005. – 44 с.

10. Самсонова А.М. Возрастная структура древостоев нагорных низкоствольных дубрав юга Приволжской возвышенности [Текст] / А.М. Самсонова, С.В. Кабанов, Е.В. Самсонов // Известия Саратовского ун-та. Новая серия: химия, биология, экология. – 2016. – № 4. – С. 469–475.

11. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев [Текст] / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.

12. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений: учебно-методическое пособие [Текст] / Ю.А. Злобин. – Казань: изд-во Казанского ун-та, 1989. – 147 с.

13. Самсонова А.М. Сравнительный анализ оценки жизненного состояния ценопопуляции *Pinus sylvestris* L. с использованием различных методических подходов [Текст] / А.М. Самсонова, С.В. Кабанов, Р.И. Рязанов // Мониторинг биоразнообразия экосистем степной и лесостепной зон: матер. Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием (29–30 сентября 2011г., г. Балашов) / под общ. ред. А.А. Овчаренко. – Балашов: Николаев, 2011. – С. 33–39.

14. Самсонова А.М. Виталитетная структура ценопопуляций *Quercus robur* L. нагорных низкоствольных дубрав Красноармейского лесничества Саратовской области [Текст] / А.М. Самсонова, С.В. Кабанов, Е.В. Самсонов // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 7. – С. 21–24.

15. Johnson Paul S. The Ecology and Silviculture of Oaks [Текст] / Paul S. Johnson, Stephen R. Shifley, Robert Rogers. – New York: CABI Publishing, 2002. – 503 p.

References

1. Storozhenko V.G. Ustojchivye lesnye soobshhestva [Текст] / V.G. Storozhenko. М.: Изд-во «Grif i K», 2007. 190 p.

2. Osnovy lesnogo hozhajstva i taksacii lesa [Текст]: Uchebnoe posobie / A.N. Martynov, E.S. Melnikov, V.F. Kovjazin i dr. SPb.: OOO Izd-vo «Lan», 2008. 372 p.

3. Rukovodstvo po uluchsheniju sostojanija i povysheniju produktivnosti dubrav v lesostepnoj zone evropejskoj chasti RF [Текст] / Pod red. V.G. Shatalova. Voronezh: VGLTA, 1997. 68 p.

4. Kalinichenko N.P. Dubravy Rossii: monografija [Текст] / N.P. Kalinichenko. М.: VNIIClesresurs, 2000. 536 p.

5. Rukovodstvo po vedeniju hozhajstva i vosstanovleniju dubrav v ravninnyh lesah evropejskoj chasti RF [Текст] / N.P. Kalinichenko, V.I. Zheldak, S.A. Rumjanceva i dr. М.: VNIILM, 2000. 136 p.

6. Turchin T.Ja. Landshaftno-tipologicheskie osnovy vosstanovlenija dubrav stepnogo Prido-nja: avtoref. dis. ... dokt. s.-h. nauk (06.03.03) [Текст] / T.Ja. Turchin. Brjansk, 2008. 39 p.

7. Losickij K.B. Dub [Текст] / K.B. Losickij. М.: Lesnaja promyshlennost, 1981. 101 p.

8. Novoselcev V.D. Dubravy [Текст] / V.D. Novoselcev, V.A. Bugaev. М.: Agropomizdat, 1985. 214 p.

9. Caralunga V.V. Degradacija poroslevykh dubrav i ih reabilitacija s pomoshhju sanitarnykh rubok: avtoref. dis. ... dokt. s.-h. nauk (06.03.03) [Текст] / V.V. Caralunga. Brjansk, 2005. 44 p.

10. Samsonova A.M. Vozrastnaja struktura drevostoev nagornykh nizkostvolnykh dubrav juga privolzhskoj vozvyshehnosti [Текст] / A.M. Samsonova, S.V. Kabanov, E.V. Samsonov // Iz-vestija Saratovskogo un-ta. Novaja serija: himija, biologija, jekologija. 2016. no. 4. pp. 469–475.

11. Alekseev V.A. Diagnostika zhiznennogo sostojanija derevev i drevostoev [Текст] / V.A. Alekseev // Lesovedenie. 1989. no. 4. pp. 51–57.

12. Zlobin Ju.A. Principy i metody izuchenija cenoticheskikh populjacij rastenij: uchebno-metodicheskoe posobie [Текст] / Ju.A. Zlobin. Kazan: izd-vo Kazanskogo un-ta, 1989. 147 p.

13. Samsonova A.M. Sravnitelnyj analiz ocenki zhiznennogo sostojanija cenopopuljacji *Pinus sylvestris* L. s ispolzovaniem razlichnykh metodicheskikh podhodov [Текст] / A.M. Samsonova, S.V. Kabanov, R.I. Rjazapov // Monitoring bioraznoobrazija jekosistem stepnoj i lesostepnoj zon: mater. Vseros. nauch.-praktich. conf. s mezhdunar. uchastiem (29–30 sentjabrja 2011g., g. Balashov) / pod obshh. red. A.A. Ovcharenko. Balashov: Nikolaev, 2011. pp. 33–39.

14. Samsonova A.M. Vitalitetnaja struktura cenopopuljacij *Quercus robur* L. nagornykh nizko-stvolnykh dubrav Krasnoarmejskogo lesnichestva Saratovskoj oblasti [Текст] / A.M. Samsonova, S.V. Kabanov, E.V. Samsonov // Vestnik Saratovskogo GAU im. N.I. Vavilova. 2014. no. 7. pp. 21–24.

15. Johnson Paul S. The Ecology and Silviculture of Oaks [Текст] / Paul S. Johnson, Stephen R. Shifley, Robert Rogers. New York: CABI Publishing, 2002. 503 p.

УДК 630*43:582.29:[504.064.36+581.524.342](571.63)

ЛИШАЙНИКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ ПОСЛЕПОЖАРНЫХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ)

Скирина И.Ф., Родникова И.М., Скирин Ф.В.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Владивосток, e-mail: sskirin@yandex.ru

В статье рассматривается использование лишайников в мониторинге состояния послепожарных дубовых лесов юга Приморского края. В исследуемом районе выявлено 193 вида лишайников, относящихся к 35 семействам, 77 родам, 14 порядкам. Показано, что интенсивность и давность низовых пожаров влияет на состояние и видовое разнообразие лишайникового покрова. Изучено распространение, жизненное состояние лишайников в районе исследования, рассчитан коэффициент их встречаемости. Выделено четыре категории участков согласно пожарному режиму. На участках, постоянно подвергающихся действию пирогенного фактора, отмечено наименьшее видовое разнообразие, преобладание устойчивых и нитрофильных лишайников с широкой экологической амплитудой и снижение доли редких видов. Талломы лишайников депигментированы, деформированы, несут следы непосредственного воздействия огня. В нижней части стволов лишайники отсутствуют или встречаются небольшими фрагментами. На участках, не прогоравших длительное время, на талломах отсутствуют следы антропогенного влияния. Лишайники развиваются от комля до кроны с общим проективным покрытием до 70–100%. Здесь отмечено богатое видовое разнообразие, которое характеризуется высокой долей редких видов, часть из которых охраняется на федеральном и региональном уровнях. Своеобразие лишайникового покрова участков с наименьшим влиянием пожаров подчеркивается присутствием реликтовых и эндемичных видов. Под воздействием низовых пожаров на деревьях формируется или сформировался вторичный эпипокров из нитрофильных и устойчивых к влиянию пирогенного фактора эпифитных лишайников. Состояние лишайникового покрова может служить индикатором начальной стадии трансформации лесных сообществ под воздействием пожаров.

Ключевые слова: лишайники, низовые пожары, дубовые леса, юг Дальнего Востока России

LICHENS IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF POST-FIRE FOREST COMMUNITIES (A CASE STUDY OF THE SOUTH OF PRIMORSKY KRAI)

Skirina I.F., Rodnikova I.M., Skirin F.V.

Pacific Geographical Institute of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok,
e-mail: sskirin@yandex.ru

The use of lichens to indicate condition of post-fire oak forests in the south of Primorsky Krai is discussed in the article. A total of 193 lichen species belonging to 77 genera, 35 families and 14 orders were found in the study area. It was shown that severity and time regime of fire affect vitality and species diversity of the lichen cover. The lichen distribution and occurrence coefficient were obtained. According to the fire regime all study sites were distinguished into four categories. The sites with regular fires have the lowest species diversity, dominance of tolerant and nitrophilous lichens with wide ecological range, as well as decreasing the rare taxon part. The lichens are discolored, misshaped and burnt. The tree trunk bottoms have lack of lichens or tiny lichen thalli. Long-unburnt sites maintain healthy species. Lichens grow on the tree trunk from the bottom to the canopy with total cover of 70–100%. High species diversity and many rare lichens are found at the long-unburnt sites. Some of the rare species are included in Red books of the Russian Federation and Primorsky Krai. Relict and endemic species emphasize lichen cover singularity of long-unburned sites. The ground fires have shaped secondary lichen cover of nitrophilous and fire tolerant species. Lichen cover can indicate the first stage of forest community transformation under fire influence.

Keywords: lichens, ground fires, oak forests, south of the Russian Far East

Глобальным природным и антропогенным фактором, трансформирующим структуру, функции, возобновление, динамику и эволюцию всех компонентов лесных экосистем, являются повторяющиеся лесные пожары [1]. Активизация деятельности человека в течение последних столетий привела к существенному изменению режима и силы пожаров [2]. Оценка и прогнозирование влияния лесных пожаров на природную среду необходимы для разработки подходов рационального природопользования.

Для экологического мониторинга состояния лесов, подвергающихся частым пожарам, возможно применение методов биологической индикации. Лишайники являются чувствительными индикаторами состояния экосистем и широко используются в экологическом мониторинге в разных странах.

Одно из основных проявлений пожаров – снижение видового разнообразия растительного покрова, в том числе и лишайников. Действие пирогенного фактора на лишайники до сих пор изучено недоста-

точно полно. В работах рассматриваются в основном эпигейные виды, так как в некоторых типах леса мохово-лишайниковый покров является одним из источников горючего материала и проводником огня [3]. В отдельных работах рассматривается влияние пожаров на эпифитные лишайники. В ненарушенных лесах особый режим влажности и температуры, отличный от режимов открытых мест и нарушенных сообществ. У основания стволов относительная влажность воздуха выше, а приток солнечной радиации ниже, чем на высоте 130 см и в кроне деревьев [4]. После пожаров существенно изменяются микроклиматические условия обитания эпифитных лишайников – увеличивается освещенность, снижается влажность воздуха, меняется температурный режим, при обугливания изменяются свойства субстрата. Давность последнего пожара и его интенсивность являются важными характеристиками лишайникового покрова. В процессе послепожарного восстановления наблюдается изменение видовой структуры эпифитного лишайникового покрова. На начальном этапе лишайники формируют зачатки талломов и только через несколько лет образуются талломы, достигающие в диаметре нескольких сантиметров. Время стабилизации отдельных видов варьирует от 20 до 240 лет и более [4].

На юге Дальнего Востока исследований, связанных с изучением влияния пирогенного фактора на лишайниковый покров, проводилось немного. В отдельных работах есть указания на малые скорости восстановления напочвенных лишайников на гарях [5], высокую чувствительность эпифитных лишайников к задымлению воздуха во время пожаров и палов [6], а также влияние пожаров на формирование лишайникового покрова [7].

Цель настоящей работы – изучить влияние низовых пожаров на формирование лишайникового покрова дубовых лесов юга Приморского края для возможности использования этих данных в экологическом мониторинге состояния лесных экосистем.

Материалы и методы исследования

Район исследования расположен на юге Приморского края и охватывает предгорья Сихотэ-Алиня и Восточно-Маньчжурских гор. Рельеф среднегорный – 200–300 м над ур. м. Климат муссонный. Согласно геоботаническому районированию исследованная территория относится к подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов Маньчжурской геоботанической области. Наиболее характерная растительная формация в районе исследования – широколиственные леса, представленные в основном

вторичными дубняками, возникшими в результате пожаров и рубок на месте чернопихтовых или кедрово-широколиственных лесов [8]. Юг Приморья почти ежегодно в течение многих десятилетий подвергается массовым низовым пожарам, в основном антропогенного происхождения.

В 2006–2017 гг. на юге Приморского края авторами было проведено изучение влияния низовых пожаров на формирование лишайникового покрова дубовых лесов. Для этого было заложено 43 временных геоботанических площадки размером 25х25 м (рис. 1). Площадки закладывались с учетом физико-географических условий. На каждой площадке проводилось изучение лишайников на всех субстратах, но основное внимание уделялось эпифитным видам, как наиболее распространенной экологической группе и в связи с использованием эпифитов в экологическом мониторинге. Описание лишайников проводилось по стандартной методике [9]. Учитывался видовой состав лишайников, степень покрытия субстрата каждым видом, общее покрытие всеми видами, их жизненное состояние. Для каждого вида лишайников рассчитывался коэффициент встречаемости ($R = a \cdot 100/N$, где R – коэффициент встречаемости, a – число контрольных площадок, где данный вид встречается, N – общее число участков). Всего сделано 150 описаний, собрано около 800 образцов лишайников. Видовая принадлежность лишайников определялась по общепринятой методике [9]. Жизненное состояние (ж.с.) оценивалось по 5-балльной шкале [9]: 1 балл (б.) – полностью поврежденное слоевище; 2 – сильное повреждение (повреждено более 50% слоевища), разрушен верхний коровой слой, изменен цвет, слоевище вымирающее; 3 – незначительное повреждение (разрушено менее 50% слоевища), слоевище живое; 4 – лишайник угнетен – слоевище деформировано, имеет небольшие размеры (размеры слоевища ниже средних); 5 – поврежденный нет, слоевище здоровое. По жизненному состоянию лишайников оценивались интенсивность и длительность воздействия низовых пожаров. Длительное влияние характеризуется, в основном, ж.с. талломов 4 б., кратковременное – 1–3 б. На каждой площадке фиксировались видимые следы пожаров (ожоги на деревьях). В районе исследования отсутствуют крупные промышленные предприятия, которые могут служить источниками загрязнения. В работе рассматривается влияние низовых пожаров, характеризующихся незначительным повреждением древесного яруса в дубовых лесах, но значительным повреждением лишайникового покрова.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования выявлено 193 вида лишайников, относящихся к 35 семействам, 77 родам, 14 порядкам. Наибольшее число видов отмечено в семействах – *Physciaceae* Zahlbr., *Parmeliaceae* Zenker, *Lecanoraceae* Körb., *Ramalinaceae* C. Agardh, *Cladoniaceae* Zenker, *Collembataceae* Zenker, *Teloschistaceae* Zahlbr. Наиболее крупные рода – *Lecanora* Ach. in Luyken, *Phaeophyscia* Moberg, *Heterodermia* Trevis., *Ramalina* Ach., *Rinodina* (Ach.) Gray.

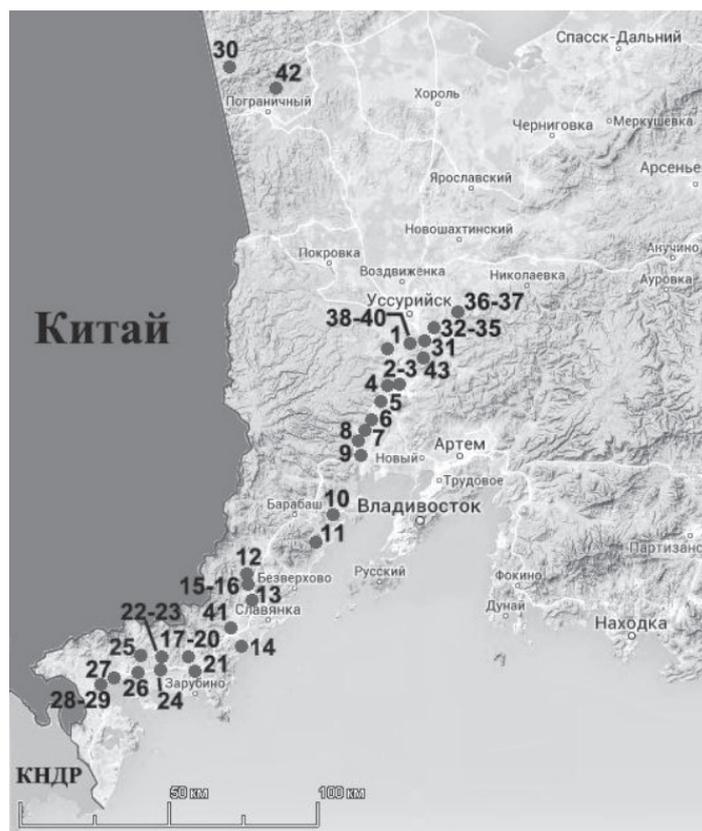


Рис. 1. Картограмма района исследования (• – точки описаний и сбора лишайников)

В спектре жизненных форм преобладают листоватые (86 вида) и накипные (84) лишайники, незначительно представлены кустистые виды (23). По отношению к субстрату выделяются 4 экологические группы: эпифиты (162 вида), эпигеиды (18), эпилиты (11), эпибриофиты (2). Преобладание эпифитов связано с лесным типом растительности. Незначительное число эпилитов, эпигеидов, эпибриофитов и отсутствие эпиксиллов объясняется развитием травянистой растительности и воздействием пожаров.

Выявленные лишайники разделены на группы по встречаемости на исследованной территории. Первая группа состоит из 6 видов (*Candelaria concolor* (Dicks.) Stein, *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale и др.), произрастающих повсеместно ($R = 74,4–95,4\%$); вторая группа включает 8 очень часто встречающихся лишайников ($R = 51,2–69,8\%$), таких как *Heterodermia hypoleuca* (Mühl.) Trevis., *Phaeophyscia hirtuosa* (Kremp.) Essl.; третья группа объединяет 16 часто встречающихся видов ($R = 34,9–48,4\%$), среди них – *Anaptychia isidiata* Tomin, *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale; четвертая группа нечасто встречаю-

щихся видов представлена 19 лишайниками ($R = 20,9–32,6\%$), такими как, *Cetrelia braunsiana* (Müll.Arg.) W.L. Culb. et C.F. Culb., *Graphis scripta* (L.) Ach и др.; пятая группа состоит из 41 редкого лишайника ($R = 9,3–18,6\%$), среди них: *Anaptychia palmulata* (Michaux) Vain., *Evernia mesomorpha* Nyl.; шестая группа представлена 103 очень редкими видами ($R = 2,3–7,0\%$), среди которых – *Anzia colpodis* (Ach.) Stizenb., *Lobaria japonica* (Zahlbr.) Asahina.

Согласно пожарному режиму все исследованные площадки отнесены к четырем категориям (таблица). Категория I – площадки постоянно находящиеся под влиянием пирогенного фактора, со следами недавно прошедших пожаров. Здесь отмечены лишайники с широкой экологической амплитудой. Видовое богатство наименьшее (рис. 2). Доминируют виды, произрастающие повсеместно. Среди них отмечаются нитрофильные лишайники: *Candelaria concolor*, *Phaeophyscia hirtuosa*, *P. rubropulchra* (Degel.) Essl. и др. На отдельных деревьях эти виды, особенно *Candelaria concolor*, имеют большое проективное покрытие. В нижней части стволов лишайники отсутствуют или

встречаются небольшими фрагментами (до 1 см). Общее проективное покрытие на высоте ствола до 100 см составляет 1–3%, а выше по стволу 10–15%. Талломы деформированы (ж.с. – 4 б.), частично обожжены или депигментированы (1–3 б.). Лишайники произрастают в трещинах коры. Категория II – площадки, прогорающие часто, со следами старых пожаров. Проективное покрытие в нижней части стволов составляет до 10%, а выше по стволу – 15–20%. Ж.с. талломов оценивается 3–4 б. и изредка 5. Здесь встречаются широко распространенные и нитрофильные виды, но отмечаются и редкие лишайники. Категория III – площадки, редко подвергающиеся низовым пожарам. Проективное покрытие до высоты 100 см составляет 40–50%, выше – 60–70%. Ж.с. талломов – 3–5 б. (доминируют виды со здоровыми талломами). Возрастает доля редких и очень редких лишайников. Категория IV – площадки, расположенные у вершин сопок и по водоразделам и не прогоравшие долгое время. Следы пожаров здесь отсутствуют. Лишайники развиваются от комля до кроны с проективным покрытием до 70–100%. Ж.с. талломов оценивается в основном 5 б. Значительно снижается доля широко распространенных, нитрофильных лишайников и увеличивается доля чувствительных к данному фактору видов, таких как *Flavoparmelia caperata*,

Parmelia saxatilis (L.) Ach., *Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal.

В целом на участках категории I отмечается небольшое число широко распространенных лишайников. На их долю приходится от 63 до 90%, на редкие виды от 10 до 25%. На участках категории IV более 50% приходится на редкие и очень редкие лишайники, около 14% на виды, встречающиеся очень часто. Здесь остаются «островки» с богатым разнообразием лишайников. В таких уникальных сообществах чаще отмечаются редкие виды, охраняемые на федеральном (*) и на региональном (+) уровнях [10, 11]: +*Anzia colpodes*, +*A. stenophylla* Asahina, +*Cetrelia japonica* (Zahlbr.) W.L. Culb. et C.F. Culb., **Coccocarpia palmicola* (Spreng.) Arv. et D. Galloway, **Leptogium burnetiae* C.W. Dodge, **L. hildenbrandii* (Garov.) Nyl., **Lobaria retigera* (Bory) Trevis, **Menegazzia terebrata*, +*Myelochroa perisidians* (Nyl.) Elix et Hale, **Pannaria lurida*, +*Parmelina quercina* (Willd.) Hale, **Parmotrema arnoldii* (Du Rietz) Hale, **P. cetratum* (Ach.) Hale, **P. reticulatum* (Taylor) M. Choisy, **Punctelia rudecta* (Ach.) Krog., **Pyxine soreliata* (Ach.) Mont.. Здесь произрастают реликты различного возраста – *Coccocarpia palmicola*, *Heterodermia speciosa* (Wulfen) Trevis., *Normandina pulchella* (Borrer) Nyl. и эндемичный вид – *Pyxine sibirica* Tomin.

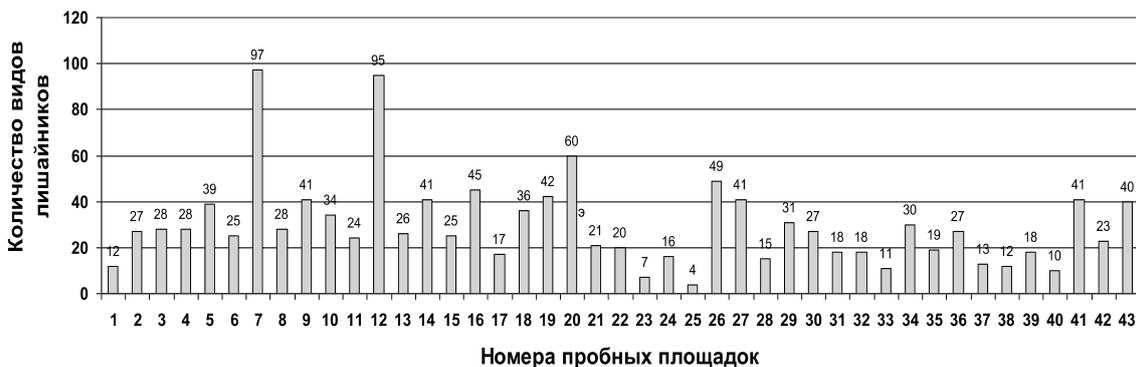


Рис. 2. Количество видов лишайников на исследованных участках

Характеристика площадок, относящихся к разным категориям пожарного режима

Категория пожарного режима	Номера площадок	Характеристика лишайникового покрова		
		Количество видов	Жизненное состояние	Проективное покрытие
I	1, 17, 23, 24, 25, 28, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 40	4–18	1–4 балла	0–15%
II	2, 3, 4, 6, 8, 11, 13, 21, 22, 30, 35, 36, 42	19–29	3–5 баллов	10–20%
III	5, 9, 10, 14, 15, 16, 18, 19, 26, 27, 29, 34, 41, 43	30–59	3–5 баллов	40–70%
IV	7, 12, 20	60–97	5 баллов	70–100%

Заключение

Исследования показали, что в дубовых лесах на юге Приморья во время низовых пожаров эпигейные лишайники сгорают полностью, эпифитные сгорают или обгорают в первую очередь в нижней части стволов деревьев (проективное покрытие 1–3%). Иногда они сохраняются на одной стороне ствола в зависимости от направления и интенсивности пожара, экспозиции склона и т.д. В меньшей степени непосредственно от огня страдают лишайники, произрастающие в средней части стволов и в кронах (проективное покрытие 10–15%). На них больше влияет задымление воздуха. В результате влияния пожаров на юге Приморья встречаются участки дубовых лесов, в которых лишайники в нижней части стволов представлены фрагментами или отсутствуют. Основные симптомы повреждения лишайников при низовых пожарах: деформация, депигментация и разрушение талломов (ж.с. 1–3 балла). При непосредственном влиянии огня на кончиках лопастей образуются некротические полосы от коричневого до черного цвета, при действии задымления на всей поверхности таллома появляются некротические пятна. Под воздействием низовых пожаров формируется вторичный эпипокров из нитрофильных и устойчивых к влиянию пирогенного фактора эпифитных лишайников. На часто прогорающих участках наблюдается низкое видовое разнообразие лишайников (4–18 видов). Отдельные участки, менее подверженные пожарам, характеризуются богатым видовым разнообразием лишайников (до 97 видов) из различных экологических групп. Из-за частых пожаров восстановление лишайниковых сообществ, произраставших до пожаров, не происходит.

Таким образом, состав и состояние лишайникового покрова могут служить индикатором режима низовых пожаров и использоваться в экологическом мониторинге на территории юга Дальнего Востока России.

Список литературы

1. Сухомлинов Н.Р. Мониторинг пирогенной трансформации экосистем: проблемы, методы, подходы // Мониторинг и биоразнообразие экосистем Сибири и Дальнего Востока: сборник научных статей. – Находка: Институт технологии и бизнеса, 2012. – С. 46–52.
2. Bowman D., Balch J., Artaxo P., Bond W., Cochrane M., D'Antonio C., DeFries R., Johnston F., Keeley J., Krawchuk M., Kull C., Mack M., Moritz M., Pyne S., Roos C., Scott A., Sod-

hi N., Swetnam T. The human dimension of fire regimes on Earth // *Journal of Biogeography*. – 2011. – vol. 38. – P. 2223–2236.

3. Магомедова М.А. Послепожарное восстановление лишайникового покрова на севере Тюменской области // *Биол. проблемы Севера*. – Сыктывкар, 1981. – С. 194.

4. Тарасова В.Н. Структура и динамика эпифитного мохового и лишайникового покрова в среднетаежных лесах северо-запада европейской части России: автореф. дисс. ... докт. биол. наук: 03.02.08 / Тарасова Виктория Николаевна. – СПб.: ФГБОУ «Петрозаводский государственный университет», 2017. – 46 с.

5. Шеметова Н.С. Кедрово-широколиственные леса и их гари на восточных склонах среднего Сихотэ-Алиня / Отв. ред. Г.Э. Куренцова. – АН СССР. Сиб. отд.-ние. Дальневост. фил. им. В.Л. Комарова. Биол.-почв. ин-т. – Владивосток, 1970. – 103 с.

6. Скирин Ф.В. Лихенофлора Вольнского хребта и ее современное состояние (Приморский край, Пограничный район) // *Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах. Материалы II Междунар. науч. конф. г. Минск – д. Каменюки, Беларусь (20–23 сентября 2016 г.)*. – Минск: «Колорград», 2016. – С. 215–219.

7. Скирина И.Ф. Роль лесных пожаров в формировании лихенофлоры дубовых лесов юга Приморского края // *Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии: Материалы Всероссийской конференции с международным участием (Иркутск, 15–19 сентября 2010 г.)* – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2010. – С. 535–538.

8. Куренцова Г.А. Естественные и антропогенные смены растительности Приморья и Южного Приамурья. – Новосибирск: «Наука», 1973. – 231 с.

9. Скирина И.Ф., Коженкова С.И., Родникова И.М. Эпифитные лишайники Приморского края и использование их в экологическом мониторинге. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 150 с.

10. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природы и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природоохранной деятельности; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М.В. Ломоносова; Гл. редколл.: Ю.П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.

11. Красная книга Приморского края: растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. – 446 с.

References

1. Suhomlinov N.R. Monitoring pirogennoj transformacii jekosistem: problemy, metody, podhody // *Monitoring i bioraznoobrazie jekosistem Sibiri i Dalnego Vostoka: sbornik nauchnyh statej. Nahodka: Institut tehnologii i biznesa*, 2012. pp. 46–52.
2. Bowman D., Balch J., Artaxo P., Bond W., Cochrane M., D'Antonio C., DeFries R., Johnston F., Keeley J., Krawchuk M., Kull C., Mack M., Moritz M., Pyne S., Roos C., Scott A., Sodhi N., Swetnam T. The human dimension of fire regimes on Earth // *Journal of Biogeography*. 2011. vol. 38. pp. 2223–2236.
3. Magomedova M.A. Poslepozharnee vosstanovlenie lishajnikovogo pokrova na severe Tjumenskoj oblasti // *Biol. problemy Severa. Syktyvkar*, 1981. pp. 194.
4. Tarasova V.N. Struktura i dinamika jepifitnogo mohovogo i lishajnikovogo pokrova v srednetaezhnyh lesah severozapada evropejskoj chasti Rossii: avtoref. diss. ... dokt. biol. nauk: 03.02.08 / Tarasova Viktorija Nikolaevna. Spb.: FGBOU «Petrozavodskij gosudarstvennyj universitet», 2017. 46 p.
5. Shemetova N.S. Kedrovo-shirokolistvennyye lesa i ih gari na vostochnyh sklonah srednego Sihotje-Alinja / *Otv. red.*

G. Je. Kurencova. AN SSSR. Sib. otd-nie. Dalnevost. fil. im. V.L. Komarova. Biol.-pochv. in-t. Vladivostok, 1970. 103 p.

6. Skirin F.V. Lihenoflora Volynskogo hrebta i ee sovremennoe sostojanie (Primorskij kraj, Pogranichnyj rajon) // Biologija, sistematika i jekologija gribov i lishajnikov v prirodnyh jekosistemah i agrofocenzah. Materialy II Mezhdu-nar. nauch. konf. g. Minsk-d. Kamenjuki, Belarus (20–23 sent-jabrja 2016 g.). Minsk: «Kolorgrad», 2016. pp. 215–219.

7. Skirina I.F. Rol lesnyh pozharov v formirovanii li-henoflory dubovyh lesov juga Primorskogo kraja // Prob-lemy izuchenija i sohranjenja rastitelnogo mira Evrazii: Materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (Irkutsk, 15–19 sentjabrja 2010 g.) Irkutsk: Izda-telstvo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2010. pp. 535–538.

8. Kurencova G.A. Estestvennye i antropogennye sme-ny rastitelnosti Primorja i Juzhnogo Priamurja. Novosibirsk: «Nauka», 1973. 231 p.

9. Skirina I.F., Kozhenkova S.I., Rodnikova I.M. Jepifit-nye lishajniki Primorskogo kraja i ispolzovanie ih v jekolog-icheskom monitoringe. Vladivostok: Dalnauka, 2010. 150 p.

10. Krasnaja kniga Rossijskoj Federacii (rastenija i griby) / Ministerstvo prirody i jekologii RF; Federalnaja slu-zhba po nadzoru v sfere prirodohozjajstvovanija; RAN; Rossijskoe botanicheskoe obshestvo; MGU im. M.V. Lomonosova; Gl. redkoll.: Ju.P. Trutnev i dr.; Sost. R.V. Kamelin i dr. M.: Tovarišhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2008. 855 p.

11. Krasnaja kniga Primorskogo kraja: rastenija. Redkie i nahodjashhiesja pod ugroznoj ischeznovenija vidy rastenij i gri-bov. Vladivostok: AVK «Apelsin», 2008. 446 p.

УДК 630*641:581.55

**ВАРЬИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ЗЕРНЕ ОВСА И ЯЧМЕНЯ, ВЫРАЩЕННОГО
В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**¹Сумина А.В., ²Полонский В.И., ³Шалдаева Т.М.¹ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова»,
Абакан, e-mail: alenasumina@list.ru;²ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск;³Центральный Сибирский ботанический сад, Новосибирск

Ячмень и овес на сегодняшний день занимают лидирующие позиции по объему производства, им принадлежат соответственно четвертое и шестое места в мире. В России основная часть урожая идет исключительно на корм сельскохозяйственным животным. Данная ситуация характерна и для территории Республики Хакасия, где овес и ячмень по посевным площадям занимают второе и третье места после пшеницы. На данной территории в основной своей массе выращенное зерно идет на кормовые цели. Вместе с тем исследования последних лет показали высокую значимость данных культур в питании человека. Зерно овса и ячменя содержит сложные углеводы, имеет низкое содержание жира, богато белком, макро- и микроэлементами. Кальций и фосфор являются основными минеральными компонентами человеческого организма. С целью исследования варьирования содержания макроэлементов в зерне овса и ячменя произведен анализ образцов, выращенных в трех районах Республики Хакасия и юга Красноярского края. Изучено содержание кальция и фосфора в зерне 5 образцов ярового ячменя и 5 образцов овса сибирской селекции. Установлено, что в изученных сортах ячменя содержание кальция находится в интервале от 0,8 до 2,8%, в овсе – от 0,7 до 3,4%. По содержанию фосфора в зерне более высокие значения характерны для образцов ячменя (2,7–7,4%), для овса данный химический показатель имел значения от 2 до 6%. На основании выполненных расчетов коэффициента вариации можно заключить, что формирование вышеуказанных показателей в большей степени определяется факторами окружающей среды, а не сортом.

Ключевые слова: зерно, овес, ячмень, фосфор, кальций, макроэлементы, Красноярский край, Республика Хакасия

**VARIATION OF MACROELEMENTS CONTENT IN OATS AND BARLEY GRAIN
GROWING IN VARIOUS GEOGRAPHICAL CONDITIONS**¹Sumina A.V., ²Polonskiy V.I., ³Shaldaeva T.M.¹Khakassia State University named after N.F. Katanov, Abakan, e-mail: alenasumina@list.ru;²Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk;³Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk

Barley and oats today occupy a leading position in terms of production; they are respectively the fourth and sixth place in the world. In Russia, the bulk of the crop goes exclusively to feed agricultural animals. This situation is also typical for the territory of the Republic of Khakassia, where oats and barley in the sown areas occupy the second and third place after wheat. In this territory, in bulk, the grown grain goes for fodder purposes. At the same time, recent studies have shown the high importance of these crops in human nutrition. The grain of oats and barley contains complex carbohydrates, has a low fat content, is rich in protein, macro- and trace elements. Calcium and phosphorus are the main mineral components of the human body. In order to study the variation in the content of macroelements in the grain of oats and barley, an analysis of samples grown in three regions of the Republic of Khakassia and the south of the Krasnoyarsk Territory was made. The content of calcium and phosphorus in the grain in five samples of spring barley and 5 samples of Siberian oats was studied. It has been established that in the studied barley varieties the calcium content is in the range from 0.8 to 2.8%, in oat – from 0.7 to 3.4%. According to the content of phosphorus in the grain, higher values are characteristic for barley samples (2.7–7.4%), for oats this chemical indicator has valued from 2 to 6%. Based on the performed calculations of the coefficient of variation, it can be concluded that the formation of the above indicators is largely determined by environmental factors, and not by the variety.

Keywords: grain, oats, barley, phosphorus, calcium, macroelements, Krasnoyarsk Krai, Republic of Khakassia

Ячмень и овес с древних времен относятся к самым распространенным злакам, возделываемым человеком, и на сегодняшний день им принадлежат соответственно четвертое и шестое места в мире по объему производства [1, 2]. В России основная часть урожая, к сожалению, идет исключительно на корм сельскохозяйственным

животным. Данный факт можно объяснить положительным влиянием на увеличение массы и качество мяса сельскохозяйственных животных [3, 4]. Вместе с тем исследования последних лет показали высокую значимость данных культур в питании человека. В европейских странах из зерна ячменя и овса изготавливают не только тради-

ционные крупы для приготовления каш, но и сухие завтраки, соусы, супы, пасты, хлебобулочные изделия и т.д.

Зерно овса и ячменя содержит сложные углеводы, имеет низкое содержание жира, богато белком, макро- и микроэлементами. Минеральные вещества в растениях обладают биологической активностью, участвуют в биохимических процессах в организме человека [1, 5]. Как известно, кальций является одним из основных минеральных компонентов человеческого организма. В растительных продуктах питания человека кальций может иметь невысокую биодоступность из-за значительного содержания в них оксалатов и фитиновой кислоты, образующих с кальцием трудно абсорбируемые комплексы. Но при термической обработке, например хлебопечении, варке каши, фитиновая кислота частично разрушается, и биодоступность данного элемента повышается. Оптимальным для усвоения кальция из пищи считается соотношение Са:Р, находящееся в интервале 1:1,5 [5].

Фосфор является незаменимым макроэлементом в организме человека. В зерновых, бобовых, семенах и орехах фосфор находится в форме фитиновой кислоты, доступность которой также может быть увеличена в результате температурной переработки растительного сырья [3].

Данные по содержанию кальция и фосфора в зерне современных сортов ячменя и овса, выращенных в различных условиях Сибири, в литературе нам встретить не удалось.

Цель работы заключалась в анализе зависимости содержания кальция и фосфора в зерне ячменя и овса, выращенных на территории Республики Хакасия и Юга Красноярского края.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали по 5 образцов ярового пленчатого и голозерного ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и овса (*Avena sativa* L.) (табл. 1). Все сорта включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Республике Хакасия и Красноярскому краю.

Растения были выращены в 2015–2016 гг. по паровому предшественнику на Бейском (Южно-Минусинская котловина) и Ширинском (Чулымо-Енисейская котловина) ГСУ Республики Хакасия и Краснотуранском (Сыдо-Ербинская котловина) ГСУ (Красноярский край). Семенной материал был любезно предоставлен сотрудниками учреждений.

Метеорологические условия пунктов исследования имели как общие черты, так и различия по обеспеченности осадками и режимам среднесуточных температур по годам и по пунктам исследования (табл. 2–4).

Можно видеть, что средняя температура по месяцам в пунктах изучения имеет показатели как выше, так и ниже среднемноголетних значений.

Например, самой обеспеченной теплом за исследуемых период была территория Краснотуранского ГСУ, самой «холодной» – Ширинского ГСУ. В 2015 г. основная часть осадков на Бейском ГСУ выпала в июне – июле, в 2016 г. в июле – августе. В Ширинском районе июль и август оказались самыми увлажненными в 2015 г., а в 2016 г. таковыми были июнь и август.

В Краснотуранском районе зарегистрированная основная часть дождей за вегетационный период 2015 г. выпала в июле – августе, за 2016 г. – в июне – июле.

Таблица 1

Краткая характеристика изучаемых образцов овса и ячменя

№ п/п	Сорт	Разновидность	Тип зерновки	Масса 1000 зерен*, г
Овес				
1	Аргумент	мутика	пленчатая	36–45
2	Голец	инермис	голозерная	20–27
3	Саян	ауреа	пленчатая	34–39
4	Сельма	мутика	пленчатая	30–36
5	Тубинский	мутика	пленчатая	34–41
Ячмень				
1	Ача	нуганс	пленчатая	34–56
2	Биом	нуганс	пленчатая	46–55
3	Буян	нуганс	пленчатая	43–54
4	Красноярский 91	паллидум	пленчатая	44,7–34,3
5	Омский голозерный 1	нудум	голозерная	41–50

Примечание. *минимальные и максимальные значения массы 1000 зерен, зарегистрированные в период сортоиспытания (по данным Филиала ФГБУ «Госсорткомиссия» по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва).

Таблица 2

Распределение среднемесячных температур и осадков в пункте исследования
Бейский ГСУ (с. Бея) за 2015–2016 гг.

Год	Месяц	Май		Июнь		Июль		Август	
		T*	O**	T*	O**	T*	O**	T*	O**
2015		11,3	45	17	67	20	103	16,8	51
2016		10,1	47,2	17,7	38,2	20,7	63,5	15,7	76,4
Среднемесячное по годам		10,7	46,1	17,4	52,6	20,3	83	16,3	63,7
Среднемноголетнее		10,4	47,1	16,1	59,6	18,1	77,7	15,5	69,1

Пр и м е ч а н и е . *Среднемесячное значение температуры, **Количество осадков за месяц.

Таблица 3

Распределение среднемесячных температур и осадков в пункте исследования
Ширинский ГСУ (с. Шира) за 2015–2016 гг.

Год	Месяц	Май		Июнь		Июль		Август	
		T*	O**	T*	O**	T*	O**	T*	O**
2015		10,6	29	17,3	37	19,6	86	16,6	60
2016		8,8	34	17,1	87,5	19,3	57,4	15,3	93
Среднемесячное по годам		9,7	31,5	17,2	62,2	19,5	71,7	16	76,5
Среднемноголетнее		9,2	30,9	15,6	49,7	17,9	77,2	15	54,5

Пр и м е ч а н и е . *Среднемесячное значение температуры, **Количество осадков за месяц.

Таблица 4

Распределение среднемесячных температур и осадков в пункте исследования
Краснотуранский ГСУ (с. Лебяжье) за 2015–2016 гг.

Год	Месяц	Май		Июнь		Июль		Август	
		T*	O**	T*	O**	T*	O**	T*	O**
2015		12,3	36,8	18,6	36,3	21,5	97,2	18,5	76,6
2016		10,8	22,4	18,5	84	21,5	72,8	17,6	47,5
Среднемесячное по годам		11,6	29,6	18,6	60,2	21,5	85	18	62,1
Среднемноголетнее		10,9	32	17,2	54	19,7	64	17	58

Пр и м е ч а н и е . *Среднемесячное значение температуры, **Количество осадков за месяц.

Лабораторные исследования были проведены на базе ФГБУ ГСАС «Хакасская» по официально утвержденным методикам: содержание кальция в зерне по ГОСТ 26570 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания кальция», фосфора по ГОСТ 26657-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора» [6]. Статистическая обработка результатов была произведена с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате лабораторных исследований было установлено (рис. 1), что содержание кальция в зерне изучаемых образцов овса находилось в интервале от 1,65 (сорт Тубинский, Краснотуранский ГСУ) до 2,6 г/кг (сорт Голец, Краснотуранский ГСУ). Данный показатель зависел как от генотипа, так и условий выращивания. Среднее значение для сортов, выращенных на Краснотуранском ГСУ, составило 2,22 г/кг, Бейском

ГСУ-2,05 г/кг, Ширинском ГСУ-2,13 г/кг. Таким образом, разница в среднем значении по содержанию кальция в зерне для сортов овса между Бейским (min) и Краснотуранским (max) сортоучастками составила около 10%. Относительно высокие стабильные значения были зарегистрированы у двух сортов овса: Аргумент и Сельма. У образцов Голец и Саян также отмечено высокое содержание кальция, но не во всех пунктах исследования.

Все образцы ячменя имели более низкое содержание кальция в зерне по сравнению с овсом (рис. 2). Невысокое значение данного параметра отмечено у сорта Омский голозерный 1 (0,8 г/кг), выращенного на Краснотуранском участке, повышенное содержание кальция зарегистрировано у сорта Буян (2,75 г/кг), собранного с Ширинского участка. Средние значения по пунктам находились практически в одном

интервале: Краснотуранск – 1,5 г/кг; Бея – 1,5 г/кг; Шира – 1,9 г/кг. В отличие от овса, где основная часть образцов имела значе-

ния выше 2 г/кг, для большей части сортов ячменя величины содержания кальция находились в интервале от 1 до 2 г/кг.

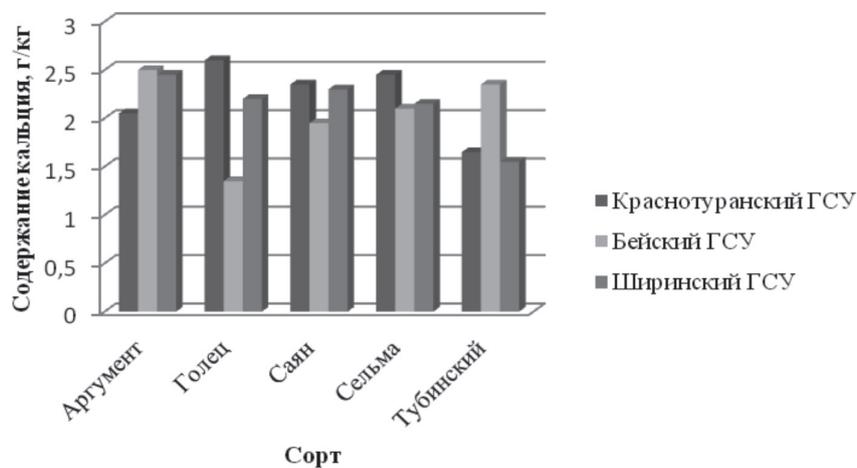


Рис. 1. Средние значения содержания кальция в зерне различных сортов овса, выращенного в 2015–2016 гг. по пунктам исследования

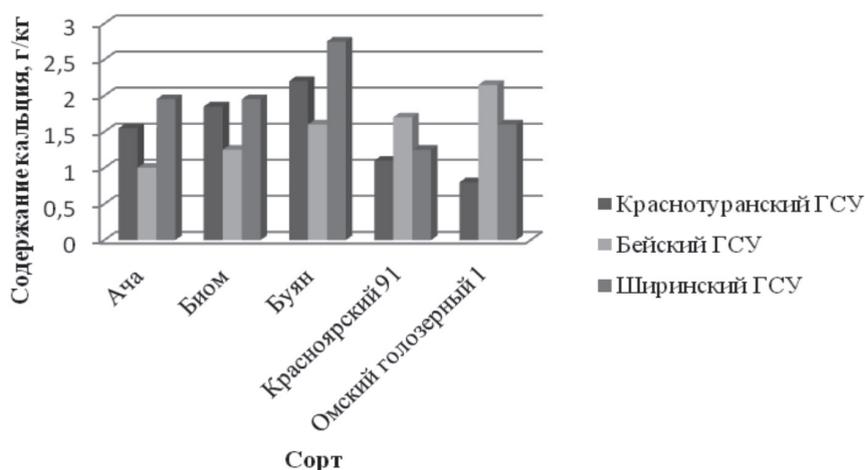


Рис. 2. Средние значения содержания кальция в зерне различных сортов ячменя, выращенного в 2015–2016 гг. по пунктам исследования

Таблица 5

Содержание кальция в зерне ячменя и овса, выращенного в трех географических точках в 2015–2016 гг.

	Пункт выращивания, ГСУ		
	Краснотуранский	Бейский	Ширинский
Овес			
среднее	2,22	2,35	2,13
Lim	1,1–2,7	0,7–3,4	1,5–2,9
V, %	18,13	32,46	17,91
Ячмень			
среднее	1,54	1,6	1,9
Lim	0,8–2,7	1–2,7	1,2–2,8
V, %	36,31	33,9	27,9

Табл. 5 отражает варьирование данного показателя по пунктам выращивания и изучаемым сортам. Можно видеть, что относительно стабильными являются образцы овса, выращенные в Краснотуранском и Ширинском районах, где коэффициент вариации для них имел значения 18,3 и 17,9% соответственно. Образцы ячменя характеризовались нестабильностью по содержанию кальция, при этом коэффициент вариации находился в интервале от 27,9 до 36,31%, что может свидетельствовать о зависимости этого химического показателя от генотипа.

Согласно данным, представленным на рис. 3, содержание фосфора в исследуемых образцах овса находилось в пределах от 3,6 (сорт Аргумент, Краснотуранский ГСУ) до 5,7 г/кг (сорт Сельма, Бейский ГСУ). Средние значения указанного параметра по Ширинскому району составили 4,6, по Бейско-

му – 4,7, по Краснотуранскому – 4,02 г/кг. Интересно отметить, что все сорта, выращенные в Ширинском районе, имели содержание фосфора выше 4 г/кг, при этом данный факт в других пунктах выращивания зарегистрирован был. Исключение составил сорт Голец со стабильно высоким содержанием фосфора по всем пунктам исследования.

Среди образцов ячменя содержание фосфора изменялось в интервале от 3,9 (сорт Красноярский 91, Бея) до 6,6 г/кг (сорт Красноярский 91, Краснотуранск) (рис. 4). По пунктам средние значения содержания фосфора среди образцов имели следующие значения: 4,74 г/кг (Краснотуранский ГСУ), 5,4 г/кг (Бейский ГСУ) и 4,6 г/кг (Ширинский ГСУ). Выявлено наличие у сорта Омский голозерный 1 высокого значения вышеуказанного параметра, зарегистрированное во всех пунктах исследования.

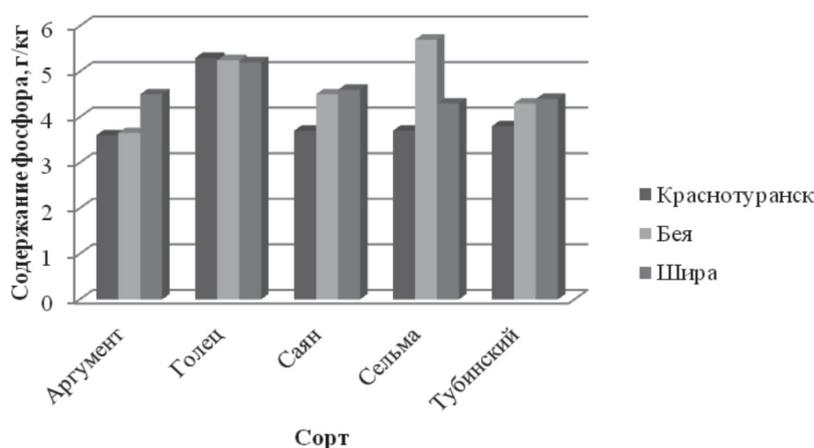


Рис. 3. Средние значения содержания фосфора в зерне разных сортов овса, выращенного в 2015–2016 гг. по пунктам исследования

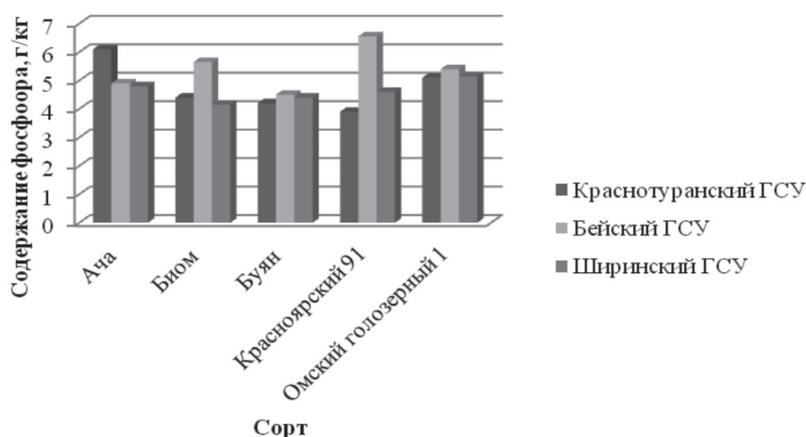


Рис. 4. Средние значения содержания фосфора в зерне разных сортов ячменя, выращенного в 2015–2016 гг. по пунктам исследования

Таблица 6

Среднее содержание фосфора в зерне пяти сортов ячменя и овса, выращенного в трех географических точках в 2015–2016 гг.

	Пункт выращивания, ГСУ		
	Краснотуранский	Бейский	Ширинский
Овес			
среднее	4,02	4,68	4,6
Lim	3,4–5,8	2–6	3,5–5,3
V, %	15,97	21,18	9,8
Ячмень			
среднее	4,7	5,36	4,6
Lim	3,6–7,4	4–8,6	2,7–5,6
V, %	18,96	20,7	13,87

Исходя из данных, представленных в табл. 6, можно заключить, что содержание фосфора в исследуемых образцах имеет более стабильные показатели как по сортам, так и по пунктам изучения, в сравнении с содержанием кальция.

Например, у образцов овса, выращенных на Ширинском ГСУ, коэффициент вариации составляет 9,8%, а у ячменя – 13,9%, что практически в 2 раза ниже аналогичных показателей для содержания кальция.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что все исследуемые образцы овса и ячменя характеризуются относительно высоким накоплением кальция и фосфора в зерне. Так, по данным В.Е. Торикова [7], проводившего аналогичные исследования на сортах ячменя и овса отечественной и белорусской селекции на Брянской ГСХА, средние значения по содержанию кальция составили 0,18 г/кг, фосфора – 2,1 г/кг. Все образцы ячменя и овса, выращенные на территории Республики Хакасия и Юга Красноярского края, имели более высокие значения указанных показателей. Зарегистрированный факт позволяет предположить более высокую питательную ценность полученного в наших условиях зерна в части содержания фосфора и кальция – важных элементов организма человека и растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования Республики Хакасия (грант № 6-44-190763).

Список литературы

1. Elke K.A. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries / K.A. Elke, E. Zannini // *Technology and Nutrition*. – 2013. – № 201. – P. 155–200.
2. Chappell A.K. The agronomic performance and nutritional content of oat and barley varieties grown in a northern

maritime environment depends on variety and growing conditions / A.K. Chappell, P. Scott // *Journal of Cereal Science*. – 2017. – № 74. – P. 1–10.

3. Sormunen-Cristian R. Effect of barley and oats on feed intake, live weight gain and some carcass characteristics of fattening lambs / R. Sormunen-Cristian // *Small Ruminant Research*. – 2013. – № 109. – P. 22–27.

4. Чудаков Н. Овес: как избежать неоправданных потерь / Н. Чудаков // *Аграрное обозрение*. – 2016. – № 4(56). – С. 20–22.

5. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.

6. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200024370> (дата обращения: 20.10.17).

7. Ториков В.Е. Изменение минерального состава зерна ярового ячменя и овса в зависимости от сорта и технологий возделывания / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, В.В. Ториков // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2015. – № 3. – С. 10–15.

References

1. Elke K.A. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries / K.A. Elke, E. Zannini // *Technology and Nutrition*. 2013. no. 201. pp. 155–200.
2. Chappell A.K. The agronomic performance and nutritional content of oat and barley varieties grown in a northern maritime environment depends on variety and growing conditions / A.K. Chappell, P. Scott // *Journal of Cereal Science*. 2017. no. 74. pp. 1–10.
3. Sormunen-Cristian R. Effect of barley and oats on feed intake, live weight gain and some carcass characteristics of fattening lambs / R. Sormunen-Cristian // *Small Ruminant Research*. 2013. no. 109. pp. 22–27.
4. Chudakov N. Oves: kak izbezhat neopravdannyh poter / N. Chudakov // *Agrarnoe obozrenie*. 2016. no. 4(56). pp. 20–22.
5. Kazakov E.D. Biohimija zerna i hleboproduktov / E.D. Kazakov, G.P. Karpilenko. SPb.: GIORD, 2005. 512 p.
6. Jelektronnyj fond pravovoj i normativno-tehnicheskoy dokumentacii [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200024370> (data obrashhenija: 20.10.17).
7. Torikov V.E. Izmenenie mineralnogo sostava zerna jarovogo jachmenja i ovsa v zavisimosti ot sorta i tehnologij vozdeľvanija / V.E. Torikov, O.V. Melnikova, V.V. Torikov // *Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj selskohozjajstvennoj akademii*. 2015. no. 3. pp. 10–15.

УДК 633.17:573.6:577.21

ПЕРЕВАРИВАЕМОСТЬ IN VITRO ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ ЭНДОСПЕРМА ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ СОРГО, НЕСУЩИХ ГЕНЕТИЧЕСКУЮ КОНСТРУКЦИЮ ДЛЯ САЙЛЕНСИНГА ГЕНА ГАММА-КАФИРИНА

Эльконин Л.А., Итальянская Ю.В.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», Саратов,
e-mail: lelkonin@gmail.com

Одним из перспективных направлений использования генетической инженерии в селекции является улучшение питательной ценности возделываемых культур. Это направление имеет особую актуальность для сорго – высокоурожайной засухоустойчивой злаковой культуры, отличающейся более низкой, по сравнению с другими злаками, питательной ценностью зерна, в основе которой лежит устойчивость его запасных белков (кафиринов) к протеолитическому расщеплению. В данной работе исследовали перевариваемость кафиринов у потомства трансгенных растений сорго (поколения T_3 – T_4), полученных посредством агробактериальной трансформации со штаммом *Agrobacterium tumefaciens* GV3101, несущим генетическую конструкцию для РНК-сайленсинга гена гамма-кафирина. Муку, полученную из цельносмолотых зерновок, обрабатывали пепсином в условиях *in vitro*, образцы подвергали SDS-электрофорезу в ПААГ, для оценки количества непереваренного белка электрофореграммы сканировали и подвергали компьютерному анализу. Выявлено, что у растений из трех изученных семей перевариваемость белков эндосперма достигает 85–90% (против 52–53% у исходной нетрансгенной линии Желтозерное 10). Установлено, что данный признак проявляется у растений, выращиваемых как в искусственных тепличных условиях, так и в естественных условиях внешней среды. Выявлены растения, у которых высокая перевариваемость кафиринов сочетается с формированием модифицированного эндосперма, в котором стекловидный слой представлен в виде тонкого «серпика», а также нормально развитого стекловидного эндосперма. Данный факт свидетельствует о возможности получения агрономически ценных линий сорго с высокой перевариваемостью кафиринов и твердым эндоспермом.

Ключевые слова: кафирины, трансгенные растения, перевариваемость белка *in vitro*, сорго

IN VITRO DIGESTIBILITY OF STORAGE ENDOSPERM PROTEINS OF TRANSGENIC SORGHUM PLANTS CARRYING GENETIC CONSTRUCT FOR SILENCING OF THE GAMMA-KAFIRIN GENE

Elkonin L.A., Itlyanskaya Yu.V.

Agricultural Research Institute of the South-East Region, Saratov, e-mail: lelkonin@gmail.com

Improvement of the nutritional value of cultivated crops is one of the promising areas for application of plant genetic engineering in plant breeding. This direction is of particular relevance for sorghum – a high-yielding drought-resistant cereal crop, which is characterized by a lower nutritional value of the grain, in comparison with other cereals. The basis of such a feature of sorghum grain is stability sorghum storage protein (kafirins) to proteolytic digestion. In this paper, we studied the digestibility of kafirins in offspring of transgenic sorghum plants (T_3 – T_4 generations) obtained by transformation with *Agrobacterium* strain carrying a genetic construct for the RNA-silencing of the gamma-kafirin gene. The flour obtained from the whole-ground kernels was treated with pepsin under *in vitro* conditions, after that the samples were subjected to SDS-PAGE electrophoresis, to evaluate the amount of undigested protein; the electrophoregrams were scanned and subjected to computer analysis. It was revealed that in most plants of the three studied families, the digestibility of endosperm proteins reaches 85–90% (versus 52–53% in the original non-transgenic line of Zheltozernoje 10). It has been established that this trait manifested in plants grown both under artificial greenhouse conditions and in the experimental plot in natural environmental conditions. The plants have been found in which the high digestibility of kafirins is combined with the formation of a modified endosperm, in which the vitreous layer resembling a thin «sickle», as well as a normally developed vitreous endosperm. This fact indicates the possibility of obtaining of agronomically valuable sorghum lines with high digestibility of kafirins and hard endosperm.

Keywords: kafirins, transgenic plants, *in vitro* protein digestibility, sorghum

Создание сортов и гибридов, обладающих нужными для человека признаками и свойствами, является основной целью селекции растений. С развитием методов генетической инженерии возможности селекционеров и генетиков по созданию новых сортов и гибридов значительно расширились. Одним из перспективных направлений использования генетической инженерии в селекции является улучшение

питательной ценности возделываемых культур, а именно изменение содержания белка, крахмала, незаменимых аминокислот, подавление синтеза аллергенов и различных веществ, обладающих антипитательными свойствами [1, 2].

Особенно актуальны эти работы для сорго – высокоурожайной засухоустойчивой злаковой культуры. Сорго входит в число пяти наиболее широко возделываемых

злаковых культур мирового сельскохозяйственного производства. С потеплением климата и увеличением посевных площадей, подвергающихся воздействию засухи, эта культура будет получать все большее распространение. В то же время, по сравнению с другими видами злаков, большинство ныне возделываемых сортов и гибридов сорго имеют более низкую питательную ценность [3].

Одной из причин сравнительно низкой питательной ценности зерна сорго является устойчивость его запасных белков (кафиринов) к расщеплению протеазами. При этом считается, что наибольшей устойчивостью к протеолитическому расщеплению обладает гамма-кафирин, занимающий периферийное положение в белковых тельцах клеток эндосперма и тем самым блокирующий доступ протеаз к альфа-кафиринам, располагающимся внутри белковых телец [4, 5].

Развитие методов генетической инженерии открывает возможность решения этой проблемы с помощью технологии РНК-интерференции, позволяющей целенаправленно «выключать» экспрессию отдельных генов. В последние годы технология РНК-интерференции стала широко использоваться для изменения состава запасных белков и крахмала у разных видов злаков, в том числе и у сорго [6–8].

Нами ранее сообщалось о получении трансгенных растений сорго, несущих генетическую конструкцию, способную к индукции РНК-сайленсинга гена гамма-кафирина [9]. В данной статье представлены результаты исследования перевариваемости запасных белков в системе *in vitro* у потомства полученных трансгенных растений.

Материалы и методы исследования

Исследовали потомство (поколения T_3 – T_4) трансгенных растений, полученных ранее в опыте по генетической трансформации незрелых зародышей линии Желтозерное-10 (Ж10) с использованием штамма *Agrobacterium tumefaciens* GV3101, несущего бинарный вектор pNRKafSil, созданный в Центре биоинженерии РАН [9]. Данный вектор содержит в составе T-ДНК селективный маркерный ген *bar* под контролем *nos*-промотора и целевую вставку, представляющую собой инвертированный повтор последовательности внутренней области гена гамма-кафирина сорго, разделенный последовательностью интрона гена *ubi1* кукурузы, под контролем *35S*-промотора.

У зерновок, завязавшихся на растениях, исследовали текстуру эндосперма (расекая скальпелем зерновку на две половины), а также перевариваемость запасных белков. Для изучения перевариваемости белков использовали метод обработки муки пепсином в условиях *in vitro*, широко применявшийся ранее в ряде исследований [10–12]. Мука (20 мг), получен-

ная от цельносмолотых зерновок трансгенных растений и исходной нетрансгенной линии Ж10, подвергалась обработке 0,15% раствором пепсина (P7000 Sigma-Aldrich) в 0,1 М калий-фосфатном буфере (pH 2,0) в течение 2 час при 37°C [10]. Контрольные образцы инкубировали в калий-фосфатном буфере без добавления пепсина при тех же условиях.

Для количественной оценки перевариваемости белков использовали информативный метод, основанный на SDS-электрофорезе в полиакриламидном геле (ПААГ) с последующей денситометрией полученных спектров [12]. Для этой цели образцы подвергали электрофорезу в редуцирующих условиях (2% SDS, 5% 2-меркаптоэтанол) в 13,0% ПААГ в соответствии с методом Лэммли [13]. Гели окрашивали Кумасси ярко-синим R-250, сканировали и оцифровывали с помощью компьютерной программы Скангель (д-р А.Ф. Равич, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»), учитывавшей число пикселей в отдельных фракциях электрофоретического спектра белков. Величину перевариваемости вычисляли как процентное отношение разницы между числом пикселей в контрольном и опытном образце к числу пикселей в контрольном образце. Эксперименты проводили в двух-четырёх повторениях.

Статистическую обработку результатов экспериментов осуществляли с использованием пакета программ AGROS, версия 2.09 (д-р С.П. Мартынов, ИОГен РАН).

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ перевариваемости запасных белков в системе *in vitro* у потомства полученных ранее трансгенных растений показал, что некоторые из них отличаются более высокой перевариваемостью, по сравнению с исходной нетрансгенной линией, Ж10. Так, у растений поколения T_3 из семей 94-2-04 и 94-3-04, выращенных в вегетационных сосудах, уровень перевариваемости достигал 85–90% (рис. 1, табл. 1). При этом в семье 94-2-04 зерновки с более высокой перевариваемостью (83–87%) отличались модифицированным типом эндосперма, в котором стекловидный слой был представлен в виде тонкого «серпика» (рис. 2), тогда как сегрегант с обычным стекловидным эндоспермом имел низкую перевариваемость (43–55%, табл. 1). Однако у растений из семьи 94-3-04 высокая перевариваемость наблюдалась у зерновок, как со стекловидным (рис. 1, треки 9–12), так и с мучнистым типом эндосперма (рис. 1, треки 5–8). Следует отметить, что мучнистый тип эндосперма характерен для трансгенных растений кукурузы и сорго с сайленсингом гамма-проламинов [2, 7, 8].

В потомстве трансгенных растений из других семей наблюдалось значительное варьирование перевариваемости запасных белков, связанное, по-видимому, с условия-

ми выращивания. Так, в потомстве растения 94-6 с высокой перевариваемостью кафиринов все четыре изученных растения T_2 (94-6-1, 94-6-2, 94-6-3, 94-6-4), выращенные в условиях климатокамеры, не отличались по уровню перевариваемости от исходной нетрансгенной линии. Однако среди растений из этой семьи, выращенных на опытной грядке, обнаружили растения с почти полной перевариваемостью запасных белков, которая обычно наблюдается у пшеницы или ржи, но не у сорго (рис. 3, треки 10, 12). Данный факт заслуживает дальнейшего детального исследования. Учитывая, что зерновки у таких растений имели обычную текстуру эндосперма с выраженным стекловидным слоем, то данный генотип представляет высокую ценность для возможного использования в селекции. У растений из другой трансгенной семьи, 94-2-04 (поколение T_4), выращенных в условиях опытной грядки, уровень перевариваемости также значимо превышал показатели исходной нетрансгенной линии Желтозерное-10 (табл. 2), что свидетельствует о проявлении

данного признака не только в искусственных тепличных условиях, но и в естественных условиях внешней среды.

Таблица 1
Перевариваемость *in vitro* белков эндосперма трансгенных растений сорго (семьи T_3)

Образец	Тип эндосперма	Перевариваемость, % ¹
Желтозерное-10, исходная линия	Стекловидный	52,3 а
T_3 94-3-04-1	Мучнистый	83,1 cd
	Модифицированный	90,3 d
T_3 94-02-4-2	Мучнистый	85,2 d
T_3 94-02-4-3	Стекловидный	49,3 а
HCP ₀₅		10,9
F		34,105*

Примечание. ¹ Данные, обозначенные разными буквами, значимо отличаются при $p < 0,05$ в соответствии с Тестом множественных сравнений Дункана; * $p < 0,05$.

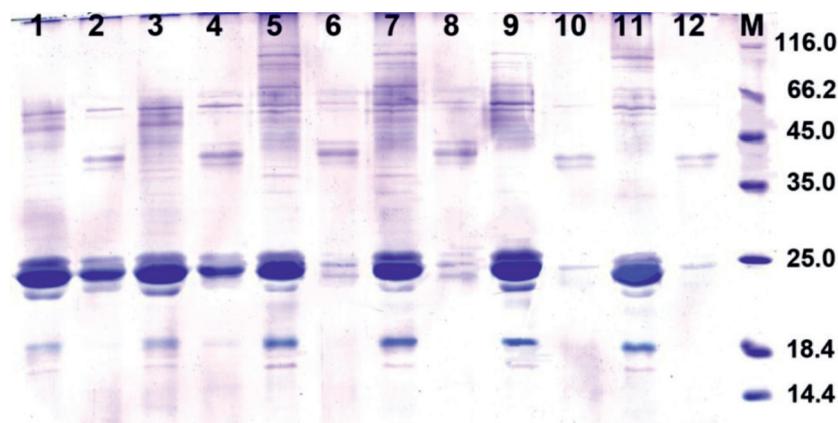


Рис. 1. Перевариваемость кафиринов в системе *in vitro* у разных зерновок растения T_3 94-3-04-1.

1–4 – исходная нетрансгенная линия Желтозерное-10 со стекловидным эндоспермом;
5–8 – зерновки с мучнистым эндоспермом; 9–12 – зерновки со стекловидным эндоспермом;
1, 3, 5, 7, 9, 11 – контроль без обработки пепсином; 2, 4, 6, 8, 10, 12 – после обработки пепсином; М – маркеры молекулярной массы



Рис. 2. Поперечные срезы зерновок трансгенных растений сорго. А – зерновка с нормально развитым слоем стекловидного эндосперма, Б – зерновка с мучнистым эндоспермом, В – зерновка с модифицированным типом эндосперма, в котором стекловидный слой представлен в виде «серпика»

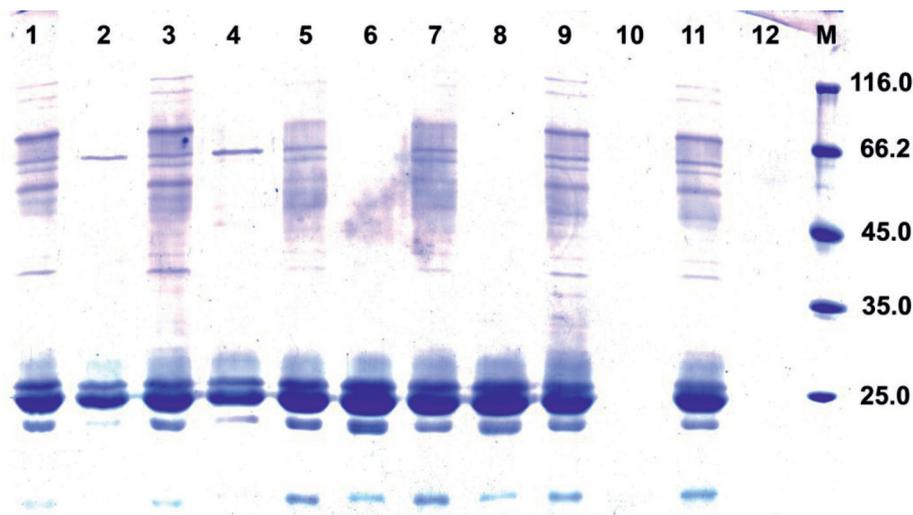


Рис. 3. SDS-электрофорез белков из зерновок трансгенных растений из семьи 94-6 (поколение T_3), выращенных в опытной грядке, до (1, 3, 5, 7, 9, 11) и после обработки пепсином (2, 4, 6, 8, 10, 12). 1–4 – исходная нетрансгенная линия Желтозерное 10, 5–8 – растение из семьи T_3 (№ 217-4) с низкой перевариваемостью белков эндосперма, 9–12 – растение из семьи T_3 (№ 217-3) с почти 100% перевариваемостью белков эндосперма; М – маркеры молекулярной массы

Таблица 2
Перевариваемость в условиях *in vitro* запасных белков трансгенных растений сорго (поколение T_4)

Образец	Условия вегетации	Перевариваемость, %	
		$x \pm s_x^1$	Lim
Ж10 ²	Опытная грядка	53,3 ± 4,4	40,0–65,0
94-2-04-2	Опытная грядка	73,2 ± 3,2 **	64,9–81,6
94-2-11-3	Вегетационные сосуды, открытый воздух	75,0 ± 4,1 **	63,5–86,5
94-2-11-3	Вегетационные сосуды, климатокамера	67,7 ± 8,4	47,4–81,8

Примечание. ¹ s_x – ошибка средней; ² исходная нетрансгенная линия Желтозерное 10; **значимо отличается от исходной линии при $p < 0,01$, в соответствии с *t*-тестом Стьюдента.

Заключение

Высокая перевариваемость кафиринов, выявленная нами ранее у трансгенных растений сорго, несущих генетическую конструкцию для индукции сайленсинга гена гамма-кафирина [9], наследуется в их потомстве и проявляется как у растений, выращиваемых в искусственных тепличных условиях, так и в естественных условиях внешней

среды. Эндосперм у трансгенных растений с высокой перевариваемостью кафиринов может быть как мучнистым, так и стекловидным, имеющим более высокую ценность в селекции. Данный факт свидетельствует о возможности получения агрономически ценных линий сорго с высокой перевариваемостью кафиринов и твердым эндоспермом.

Список литературы/References

- Godwin I.D., Williams S.B., Pandit P.S., Laidlaw H.K.C. Multifunctional grains for the future: genetic engineering for enhanced and novel cereal quality // *In Vitro Cell & Dev. Biol.* – 2009. – vol. 45. – P. 383–399.
- Elkonin L.A., Domanina I.V., Italyanskaya Yu.V. Genetic engineering as a tool for modification of seed storage proteins and improvement of nutritional value of cereal grain // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2016. – vol. 51. – P. 17–30.
- Henley E.C., Taylor J.R.N., Obukosia S.D. The Importance of Dietary Protein in Human Health: Combating Protein Deficiency in Sub-Saharan Africa through Transgenic Biofortified Sorghum // *Advances in Food and Nutrition Research* / ed. by S.L. Taylor. – Burlington: Academic Press, 2010. – vol. 60. – P. 21–52.
- Oria M.P., Hamaker B.R., Shull J.M. Resistance of sorghum α -, β - and γ -kafirins to pepsin digestion // *J. Agric. Food Chem.* – 1995. – vol. 43. – P. 2148–2153.
- De Mesa-Stonestreet N.J., Alavi S., Bean S.R. Sorghum proteins: the concentration, isolation, modification, and food applications of kafirins // *J. Food Sci.* – 2010. – vol. 75. – P. 90–104.
- Younis A., Siddique M.I., Kim C.-K., Lim K.-B. RNA Interference (RNAi) induced gene silencing: a promising approach of Hi-tech plant breeding // *Int. J. Biol. Sci.* – 2014. – vol. 10. – P. 1150–1158.

7. Da Silva L.S., Taylor J., Taylor J.R.N. Transgenic sorghum with altered kafirin synthesis: kafirin solubility, polymerization and protein digestion // *J. Agric. Food Chem.* – 2011. – vol. 59. – P. 9265–9270.
8. Kumar T., Dweikat L., Sato S., Ge Z., Nersesian N., Elthon T., Bean S., Ioerger B.P., Tiley M., Clemente T. Modulation of kernel storage proteins in grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) // *Plant Biotechnol. J.* – 2012. – vol. 10. – P. 533–544.
9. Elkonin L.A., Italianskaya J.V., Domanina I.V., Selivanov N.Y., Rakitin A.L., Ravin N.V. Transgenic sorghum with improved digestibility of storage proteins obtained by agrobacterium-mediated transformation. *Russ // J. Plant Physiol.* – 2016. – vol. 63. – P. 678–689.
10. Aboubacar A., Axtell J.D., Huang C.P., Hamaker B.R. A rapid protein digestibility assay for identifying highly digestible sorghum lines // *Cereal Chem.* – 2001. – vol. 78. – P. 160–165.
11. Nunes A., Correia I., Barros A., Delgadillo I. Sequential in vitro pepsin digestion of uncooked and cooked sorghum and maize samples // *J. Agric. Food Chem.* – 2004. – vol. 52. – P. 2052–2058.
12. Elkonin L.A., Italianskaya J.V., Fadeeva I.Yu., Bychkova V.V., Kozhemyakin V.V. In vitro protein digestibility in grain sorghum: effect of genotype and interaction with starch digestibility. *Euphytica.* – 2013. – vol. 193. – P. 327–337.
13. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature.* – 1970. – vol. 227. – P. 680–685.

УДК 553.61:908

КЕРАМИЧЕСКИЕ ГЛИНЫ МЕЖДУРЕЧНЫХ ПРОСТРАНСТВ ВОСТОЧНЫХ СКЛОНОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ КАК ОСНОВА ДЛЯ НАРОДНЫХ ПРОМЫСЛОВ

Аничкина Н.В.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», Липецк, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

Глины человечество использовало на всём протяжении развития цивилизации. На современном этапе развития цивилизации глины также широко используются в технологических процессах производства. Уникальность глин в том, что геологические условия их формирования в различных регионах имеют свои особенности, что породило многообразие глин, их отличие по физико-химическим характеристикам, и, как следствие, уникальность и узнаваемость народных промыслов, существующих на их основе. Глины между-дуречных пространств восточных склонов Среднерусской возвышенности представлены огнеупорными и тугоплавкими глинами мелового периода и легкоплавкими глинами четвертичного возраста. Её состав представлен: суглинками ледникового и элювиально-делювиального происхождения; песками, супесями и глинами флювиогляциального и озерно-ледникового происхождения. Отложения воловской и сенцовской свит меловой системы относятся к неомскому надъярусу. Аптский ярус (латненская) сложен песками и глинами. Породы девона находятся под мезозойскими отложениями. Латненская серия глин активно разрабатывалась в регионе на всех этапах развития человеческой цивилизации. Цвет эксплуатируемых глин зависит от их химического состава, представлен в широком диапазоне: желтые, белые, красные, светло-серые, которые могут иметь сизоватые, фиолетовые оттенки. На месторождениях можно встретить горизонтальную слоистость. Отложения глин часто прослаиваются тонкими слоями песка, а также встречается рассеянная песчаная примесь. Глинистый апт разделяется на два слоя: верхний и нижний. Верхний слогают умеренно-пластичные, грубодисперсные и дисперсные полукислые глины. Нижний сложен жирными, пластичными, тонкодисперсными глинами. По горно-геологическим условиям залегания полезной толщи более выгодное положение занимают месторождения, территориально привязанные к центральной части Липецкой области. Этносы, населяющие данную территорию на протяжении тысячелетий, использовали данные месторождения в своей хозяйственно-бытовой деятельности.

Ключевые слова: четвертичная система, меловая система, глины, народные промыслы, добровская игрушка, романовская игрушка

CERAMIC CLAYS INTERFLUVE SPACES OF THE EASTERN SLOPES OF THE SREDNERUSSKAYA UPLAND AS A BASIS FOR FOLK CRAFTS

Anichkina N.V.

Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shanskiy University, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

Clay, humanity used throughout the development of civilization. At the present stage of the development of civilization, clays are also widely used in the technological processes of production. The uniqueness of clays is that the geological conditions of their formation in different regions have their own peculiarities, which gave rise to a variety of clays, their difference in their physico-chemical characteristics. and, as a consequence, the uniqueness and recognition of folk crafts existing on their basis. Clays of the interfluvial spaces of the eastern slopes of the Central Russian Upland are represented by refractory and refractory clays of the Cretaceous period and low-melting clays of Quaternary age. Its composition is represented by: loams of glacial and eluvial-deluvial origin; sand, sandy loam and clays of fluvioglacial and lacustrine-glacial origin. Deposits of the Cossack and Sentzovo formations of the Cretaceous system refer to a non-Russian supranus. Aptian stage (latnenskaya) is composed of sands and clays. The Devonian rocks are under Mesozoic deposits. The Latten series of clays was actively developed in the region at all stages of the development of human civilization. The color of the exploited clays depends on their chemical composition, is represented in a wide range: yellow, white, red, light gray, which can have a bluish, violet hue. On the deposits one can find horizontal stratification. The deposits of clays are often interlayered with thin layers of sand, and also a scattered sandy admixture. Clay apt is divided into two layers: upper and lower. The upper layer consists of moderately plastic, coarse-dispersed and dispersed semi-acid clays. The lower one is composed of fat, plastic, finely dispersed clays. According to the geological conditions of occurrence of the useful stratum, the deposits located geographically in the central part of the Lipetsk region occupy a more advantageous position. Ethnoses inhabiting this territory for millennia have used these deposits in their economic activities.

Keywords: quaternary system, chalk system, clay, folk handicrafts, the toy of dobrovskaya, the toy of romanovskaya

Такое минеральное сырьё, как глины, человечество использовало на всём протяжении развития цивилизации. Остатки глиняных изделий используются археологами и историками для реконструкций былых эпох. На современном этапе развития цивилизации глины также широко используют-

ся в технологических процессах производства [1]. Крупнейший потребитель глины в современном мире – это кирпичное производство, каолины идут как наполнители в производстве бумаги и резины. Очистление и нефтепродуктов и многих пищевых продуктов происходит с помощью монтморил-

лонитовых глин. Возведение крупнейших водохранилищ, полигонов ТБО невозможно без этого водозадерживающего материала. Глины находят применение в медицине и косметологии. Уникальность глин в том, что геологические условия их формирования в различных регионах имеют свои особенности, что породило многообразие глин, их отличие по физико-химическим характеристикам, и, как следствие, уникальность и узнаваемость народных промыслов, существующих на их основе. Народные промыслы являются имиджевой составляющей любого государства. Это то, что вызывает определенные ассоциации и служит основой для формирования положительного образа страны. Сувениры на основе народных промыслов информируют о географических особенностях страны, геологии и истории развития данных территорий. Определенный опыт у регионов уже имеется. Так, в XIX в., значительным сегментом рынка сбыта романовской игрушки в качестве сувениров был Липецкий курорт. В настоящее время романовская игрушка используется в создании имиджевого образа Липецкого региона и России в целом.

Цель исследования

Работа посвящена изучению месторождению глин на междуречных пространствах восточных склонов Среднерусской возвышенности, совпадающей территориально с частью Липецкой области и сохранившихся народных промыслов на их основе. Для достижения цели мы решали следующие задачи: сбор и изучение фондовых и литературных источников по данной теме; рассмотрение особенностей условий образования глин на междуречных пространствах; изучали географию месторождений глин Липецкой области; работали с фондами музеев по изучению особенностей добровской и романовской игрушки. Исследовали народные промыслы Липецкой области и месторождения глин как основу народных промыслов Липецкой области.

Материалы и методы и исследования

При написании работы применялись такие методы как литературный, картографический, полевых исследований; интервьюирования.

Глины Липецкой области представлены огнеупорными и тугоплавкими глинами мелового периода и легкоплавкими глинами четвертичного возраста [2]. В настоящее время в регионе известно двадцать одно месторождение легкоплавких глин и суглинков, семнадцать из них находятся на Государственном балансе. Запасы легкоплавких глин и суглинков составляют 34,5 млн м³. По данным Государственного баланса,

в регионе находятся четыре месторождения тугоплавких глин (Лукошкинское, Чибисовское, Алексеевский и Ивовский участки), их суммарный запас оценивается примерно в 47,3 млн т. Четвертичная система представлена: суглинками ледникового и элювиально-делювиального происхождения; песками, супесями и глинами флювиогляциального и озерно-ледникового происхождения. Отложения воловской и сенцовской свит меловой системы относятся к неомскому надъярусу. Аптский ярус (латненская) сложен песками и глинами [3, 4]. Породы девона находятся под мезозойскими отложениями. Латненская серия глин активно разрабатывалась в регионе на всех этапах развития человеческой цивилизации. Цвет эксплуатируемых глин зависит от их химического состава, представлен в широком диапазоне: желтые, белые, красные, светло-серые, которые могут иметь сизоватые, фиолетовые оттенки. На месторождениях можно встретить горизонтальную слоистость. Отложения глин часто прослаиваются тонкими слоями песка, а также встречается рассеянная песчаная примесь. Мощность полезной толщи более пяти метров. Мощность вскрышных пород от семи метров до одиннадцати метров. Глинистый апт разделяется на два слоя: верхний и нижний. Верхний слагают умереннопластичные, грубодисперсные и дисперсные полукислые глины. Нижний сложен жирными, пластичными, тонкодисперсными глинами. По горно-геологическим условиям залегания полезной толщи более выгодное положение занимают месторождения, территориально привязанные к центральной части Липецкой области (Чибисовско-Лукошкинское, Чириковское месторождения). Они характеризуются небольшими мощностями вскрышных пород от трех до восьми метров. На Кузовлевской площади, что расположена к северо-востоку мощность вскрышных пород увеличивается до десяти метров, содержание кремнезема падает до пятидесяти процентов, глинозема становится больше до тридцати процентов, а мощность глиноносной пачки уменьшается до полутора двух метров. Чтобы понять, каким образом формировались на данной территории различные виды полезных ископаемых, в том числе огнеупорных и керамических глин, надо знать, что формирование пород апта отражает геолого-географические процессы на данной территории и происходило оно в различных условиях: континентальных, лагунно-морских и мелководно-морских с отличающимися гидродинамическими режимами. На междуречных пространствах сформировались ледниковые глины и суглинки. Этнос, населяющие данную территорию на протяжении тысячелетий, использовали данные месторождения в своей хозяйственно-бытовой деятельности. В настоящее время данные месторождения используются для производства кирпича. Как правило, производства были привязаны к более крупным месторождениям, таким как Задонское, Боринское, Чаплыгинское, Добровское (табл. 1, 2).

Результаты исследования и их обсуждение

На территории Липецкой области самыми известными народными промыслами являются романовская и добровская игрушка. Историки установили, что гончарный промысел в селе Добром существовал уже

в XVII–XVIII веке [5] На территории села местные жители периодически находят фрагменты керамических сосудов, реже игрушки. Гончарный промысел в городе Добрый, разжалованном потом в село Доброе, на протяжении нескольких столетий поддерживал экономическое благополучие данной территории. Он кормил гончаров и их многочисленные семьи. Гончарные изделия добровских гончаров («махотки» – кувшины для молока) пользовались большим спросом в близлежащих селах и городах. Для работы использовали местную глину, из которой получалась прочная посуда с тонким, звонким черепком от кремowego до персикового цвета. Добровская игрушка была своеобразным побочным продуктом основного гончарного производства. Из остатков подготовленной глины лепили в основном простейшую птичку-свистульку. В этом изначальное отличие по цели производства добровской игрушки от романовской, если романовская игрушка была основным продуктом производства и лепилась как сувениры на продажу, то в Добром гончары лепили игрушку и «игрушечную» посуду в основном не для продажи, а для своих детей и внуков. Ещё в начале XX в. гончарным промыслом в селе занимались несколько семей. Гончары работали дома, затем некоторые в 1938 г. вошли в артель «Ударник». Добровская народная игрушка в XX в., существовала в большой степени, благодаря народному мастеру Ивану Константиновичу Пустовалову (1926–2001) и его брату Василию Константиновичу Пустовалову (1933 г.р.), потомственным гончарам, которые долгие десятилетия работали на производстве в керамическом цехе села Доброе. В настоящее время данный промысел угас, попытки сохранения традиций добровской игрушки и гончарства предпринимают преподаватели института искусств ЛГПУ, сумевшие перенять живую нить традиций потомственных народных мастеров. Специалисты условно разделяют добровскую игрушку на две группы. Первая, наиболее многочисленная, связана с влиянием романовской глиняной игрушки, о которой будет сказано далее. Это пустотелые и цельные фигурки-свистульки птиц и животных, вытянутые по горизонтали и окрашенные, подобно романовским – одним цветом голова и три разноцветных полосы поперек спины. Лепили также всадника. Вторая группа – игрушка гончарного типа. Появление подобных игрушек было естественно в промысле, где преобладает гончарное дело [6].

Идентичность формы в изображении женской и мужской фигур добровской игрушки свидетельствуют о достаточно архаичных истоках этого сюжета. Цвет и особенности декора игрушек определялись диапазоном производственных керамических красителей – коричневый, желтый, зеленый, синий ангоб с последующим закреплением слоем прозрачной глазури, желто-зеленая и коричневая глазурь. История романовской игрушки началась в XVI веке, когда близкий родственник царя И.Н. Романов основал здесь поселение. Из села Вослебы Скопинского уезда И.Н. Романов вывез ремесленников, с ними и связано зарождение романовского промысла. Глина использовалась местная, из урочища Белый Колодезь, недалеко от Романова. Наибольшего расцвета романовский промысел достиг в начале XIX века, когда в 1805 г. по приказу Александра I был открыт Курзал на Липецких Минеральных водах. В этот период на романовскую игрушку появляется спрос, так как каждый, кто приезжал на курорт, хотел вывезти сувенир, и мастера начинают лепить игрушку на продажу. Игрушку лепили из черной глины, так как она более пластичная и огнеупорная. На посуду шли желтая и красная глины. Белая, грубая глина использовалась в качестве добавок в другие виды глин. Интересно, что технология лепки игрушек сходна с технологией изготовления пельменей, которые в народной кухне данных мест представлены не были. Шарик из сырой глины раздавливается в руках как блинчик. Затем этот блинчик залепливают, заглаживают шов, чтобы не было видно. Из данной заготовки вылепливается игрушка. Лепили животных и птиц: утку, барашка, петуха. Популярны были изображения барынь и генералов, а также жанровой скульптуры с их участием [7]. Для обжига игрушки использовались горны, золу из которых выносили в качестве удобрения на огороды. Такой своеобразный биогеохимический круговорот веществ под влиянием антропогенных факторов. Постепенно, с появлением промышленных образцов посуды, гончарный промысел в селе Романово пришел в упадок, как, впрочем, и в других селах. Игрушку перестали изготавливать на продажу, из-за введения налога на гончарство, в 1940-х гг. Промысел стал стремительно забываться. Но обломки глиняных игрушек, которые находил на своём огороде школьный учитель В.В. Маркин, подтолкнули к поискам старых мастеров и возрождению промысла [8]. В январе 2012 г. был создан

«Областной Центр романовской игрушки» в селе Троицкое. С его созданием появилась возможность приобщиться к традиционной народной культуре и промыслам на месте

их традиционного бытования. Миссия центра – это сохранение и возрождение традиционной культуры, приобщение детей к ремёслам, которыми владели наши предки.

Таблица 1

Месторождения глин и перспективные участки Липецкого района Липецкой области

Месторождения глин и перспективные участки	Расположение и горно-геологические условия разработки
Сокольско-Ситовское	Месторождение цементных суглинков, запасы составляют 2700 тыс. м ³ , разрабатывается ООО «Липецкое карьеруправление»
Боринское II	Месторождение керамических суглинков, запасы составляют 2139 тыс. м ³ . Резервное. Территориально находится на севере села Борино, полезная толща состоит из глин апта, условия для разработки хорошие, коэффициент вскрыши 0,3
Студено-Хуторское	Резервное месторождение тугоплавких керамических глин, запасы – 1304 тыс. м ³ . Территориально входит в городскую черту Липецка, ближе к западной окраине села. Ленино. Горно-геологические условия интересны невыдержанным строением полезной толща. Месторождение не разрабатывается в настоящее время и часть его занята промышленными строениями
Сырский участок	Резервное месторождение керамических суглинков. Территориально находится между новыми микрорайонами Липецка и посёлком Сырский рудник, который в настоящее время также входит в состав города. То есть всё месторождение находится на городских территориях, условия для разработки хорошие. Запасы – 1662,6 тыс. м ³
Подгоренский участок	Резервное месторождение керамических суглинков. Условия для разработки хорошие. Запасы составляют 706,7 тыс. м ³
Крутогорский участок	Резервное месторождение, запасы составляют 1642,3 тыс. м ³ . Условия для разработки хорошие
Патриарший участок	Тугоплавкие глины, резервное, запасы – 5024 тыс. м ³
Ивовский участок	Месторождение тугоплавких глин, промышленные запасы составляют 5400 тыс. м ³ . Условия для разработки изменчивы. В настоящее время не разрабатывается. Территориально расположен в трёх километрах к югу от села Ивово
Залежь XIII	Находится в семи километрах к северо-востоку от села Новая Деревня. Условия для разработки изменчивы. Огнеупорность глин 1580–1630 °С
Студено-Хуторской участок	Резервное месторождение тугоплавкой беложгущей глины. Расположено между селами Крутые Хутора и Ленино. Южный участок месторождения может служить основой для строительства керамического комбината. Северный участок месторождения, не имеющий границ с южным в эксплуатацию введён не может, по причине малоэтажного строительства на его территории
Боринский участок	Резервное месторождение цементной глины. Условия для разработки хорошие. Разведанные запасы 11700 тыс. т. Находится в одном километре к северу от села Борино
Пружинский участок	Резервное месторождение цементной глины. Условия для разработки хорошие. Месторождение имеет выгодное положение. В десяти километрах от него находится железнодорожная станция (Патриаршая). На его основе можно создать крупное производство

Таблица 2

Месторождения глин и перспективные участки Добровского района Липецкой области

Месторождения глин и перспективные участки	Расположение и горно-геологические условия разработки
Волчинский участок	Суглинки керамические, месторождение расположено между селами Волчье и Первомайское, сырьё умеренно-пластичное, занимает верхнюю вскрышную часть Волчинской титано-цирконовой россыпи. Оцененные запасы – 8200 тыс. м ³
Залежь XII	Тугоплавкие глины. Запасы – 716,5 тыс. т. Участок располагается в 12,5 км к востоку от с. Сухая Лубна. Горно-геологические условия относительно сложные. Коэффициент вскрыши высокий и равен 5,6 м. Огнеупорность глин – 1560–1640 °С

Заключение

Глины Липецкой области представлены огнеупорными и тугоплавкими глинами мелового периода (47,3 млн т) и легкоплавкими глинами четвертичного возраста (34,5 млн м³). Глинистый апт разделяется на два слоя: верхний и нижний. Верхняя пачка апта представляет собой умереннопластичные, грубодисперсные и дисперсные полукислые глины. Нижняя пачка апта это жирные, пластичные, тонкодисперсные глины. Центральная часть региона по горно-геологическим условиям залегания для полезной толщи более благоприятна. Формирование пород апта отражает геолого-географические процессы на данной территории, что определило формирование огнеупорных и керамических глин. Междуречные пространства сформировали месторождения ледниковых глин и суглинков, которые использовались и используются в быту и промышленности. Для лепки традиционных игрушек подходит пластичная и огнеупорная глина Боринского и Добровского месторождений.

Список литературы

1. Федорин Р.П. Набухание глин и фильтрация растворов в глинах / Р.П. Федорин, М.Г. Храменков // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2010. – Т. 152, № 1. – С. 235–243.
2. Котельников Д.Д. Главнейшие факторы эволюции глинистых минералов в осадочном процессе / Д.Д. Котельников // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2012. – № 5. – С. 18–27.
3. Геохимические особенности глин латненского месторождения огнеупорных глин (Воронежская область) / А.Д. Савко [и др.] // Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы. – Воронеж, 2010. – С. 195–00.
4. Минерагения аптских отложений Воронежской антеклизы. Огнеупорные и керамические глины / А.Д. Сав-

ко [и др.] // Вестник ВГУ, серия: Геология. – 2011. – № 2. – С. 116–136.

5. Чалых Н.Е. Глиняная игрушка XVII–XVIII вв. из фондов Липецкого областного краеведческого музея // Верхнедонской археологический сборник. – Липецк: ЛГПУ, 2001. – Вып. 2. – С. 246–260.

6. Пастухова С.Ю. Добровская игрушка как самобытное явление в культуре Липецкого региона // Региональная культура как компонент содержания современного художественного образования. – Липецк: Изд-во ЛГПУ. – 2016. – С. 15–20.

7. Пряжкова Н.А. Два вида традиционной романовской глиняной игрушки / Н.А. Пряжкова // История в подробностях. – 2016. – № 9–10 (75–76). – С. 76–83.

8. Уваров А. Сохранение традиций: романовская игрушка / А. Уваров // Сельская нива. – 2013. – № 31. – С. 5.

References

1. Fedorin R.P. Nabuhanie glin i filtracija rastvorov v glinah / R.P. Fedorin, M.G. Hramchenkov // Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Serija: Estestvennye nauki. 2010. T. 152, no. 1. pp. 235–243.
2. Kotelnikov D.D. Glavnejšie faktory jevoljucii glinistykh mineralov v osadochnom processe / D.D. Kotelnikov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka. 2012. no. 5. pp. 18–27.
3. Geohimicheskie osobennosti glin latnenskogo mestorozhdenija ognepornyh glin (Voronezhskaja oblast) / A.D. Savko [i dr.] // Struktura, svojstva, dinamika i mineragenija litosfery Vostochno-Evropejskoj platformy. Voronezh, 2010. pp. 195–00.
4. Mineragenija aptskih otlozhenij Voronezhskoj anteklizy. Ognepornye i keramicheskie gliny / A.D. Savko [i dr.] // Vestnik VGU, serija: Geologija. 2011. no. 2. pp. 116–136.
5. Chalyh N.E. Glinjanaja igrushka XVII–XVIII vv. iz fondov Lipeckogo oblastnogo kraevedcheskogo muzeja // Verhnedonskoj arheologicheskij sbornik. Lipeck: LGPU, 2001. Vyp. 2. pp. 246–260.
6. Pastuhova S.Ju. Dobrovskaja igrushka kak samobytnoe javlenie v kulture Lipeckogo regiona // Regionalnaja kultura kak komponent sodержanija sovremennogo hudozhestvennogo obrazovanija. Lipeck: Izd-vo LGPU. 2016. pp. 15–20.
7. Prjamkova N.A. Dva vida tradicijnoj romanovskoj glinjanoj igrushki / N.A. Prjamkova // Istorija v podrobnostjah. 2016. no. 9–10 (75–76). pp. 76–83.
8. Uvarov A. Sohranenie tradicij: romanovskaja igrushka / A. Uvarov // Selskaja niva. 2013. no. 31. pp. 5.

УДК 502.53(262.5)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВЫХ СИСТЕМ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОДХОДА

¹Аракелов М.С., ¹Аракелов А.С., ¹Яйли Е.А., ¹Яйли Д.Е., ¹Мерзаканов С.А.,
²Гогоберидзе Г.Г., ¹Долгова-Шхалахова А.В., ³Ахсалба А.К., ³Жиба Р.Ю., ⁴Крыленко М.В.

¹Филиал ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
Туапсе, e-mail: kafirnigan@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
Санкт-Петербург, e-mail: ggg@rshu.ru;

³Институт экологии Академии наук Абхазии, Сухум, e-mail: asida_cen@mail.ru;

⁴Институт океанологии им. П.П. Ширишова РАН, Южное отделение (Геленджик),
Геленджик, e-mail: krylenko@mail.ru

Береговые системы восточной части побережья Черного моря как единое целое прибрежной зоны и прилегающей к ней акватории являются одним из самых сложно анализируемых регионов, где сложилось сочетание самых разных геосистем, а хозяйственная деятельность человека в крайней степени трансформировала их. На сегодняшний день прибрежные экосистемы региона находятся в состоянии, вызывающем ряд опасений из-за наличия не только социально-экономических, но и природных проблем и, как следствие, сопутствующих природных и техногенных рисков. Также важно понимать, что данный регион, включающий в единое пространство прибрежную территорию Краснодарского края Российской Федерации и Республики Абхазия, представляет собой зону высоко урбанизированную, с развитой туристско-рекреационной индустрией и портовыми хозяйствами, и опережающую в разы темпы развития внутренних территорий. Исходя из задачи устойчивого развития данной территории, необходим анализ факторов природного и техногенного характера, оказывающих влияние на береговые системы. Налицо необходимость формирования эффективного всеобъемлющего механизма принятия управленческих решений. В исследовании предлагается такой механизм – интегральная модель комплексной оценки устойчивости прибрежных экосистем восточной части Черного моря. Таким образом, в статье представлена разработанная авторами универсальная методика «комплексной оценки устойчивости береговых систем Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия для снижения рисков и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф при территориальном планировании морехозяйственного комплекса».

Ключевые слова: берегопользование, береговые системы, морехозяйственный потенциал, устойчивость морских экосистем, Черное море, индикаторы, Краснодарский край, Республика Абхазия, экологические риски

SOME ASPECTS OF INTEGRATED SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF COASTAL SYSTEMS OF THE EASTERN PART OF THE BLACK SEA ON THE BASIS OF AN INTEGRATED APPROACH

¹Arakelov M.S., ¹Arakelov A.S., ¹Yayli E.A., ¹Yayli D.E., ¹Merzakanov S.A., ²Gogoberidze G.G.,
¹Dolgova-Shkhalakhova A.V., ³Akhsalba A.K., ³Zhibba R.Yu., ⁴Krylenko M.V.

¹The Tuapse branch of The Russian State Hydrometeorological University, Tuapse,
e-mail: kafirnigan@mail.ru;

²The Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, e-mail: ggg@rshu.ru;

³Institute of Ecology of the Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, e-mail: asida_cen@mail.ru;

⁴Southern Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Gelendzhik, e-mail: krylenko@mail.ru

Coast Eastern coast of the Black sea as a whole the coastal zone and adjacent waters is one of the most difficult of the analyzed regions, where there is a combination of a variety of geosystems and human activities in extreme degree transformed them. Today the coastal ecosystems of the region are in a state that raises a number of concerns due to the presence of not only socio-economic but also the environmental problems, and as a result associated with natural and technological risks. It is also important to understand that this region, which includes in a single space of the coastal territory of the Krasnodar territory of the Russian Federation and the Republic of Abkhazia, is a highly urbanized area with developed tourist and recreational industry and port farms, and transcending at times the pace of development of inland territories. Based on the sustainable development of this territory, necessary to analyze the factors of natural and man-made disasters that affect the coastal system. There is a need for creating an effective comprehensive mechanism for management decision-making. The study proposes a mechanism – integrated model integrated assessment of the sustainability of coastal ecosystems of the Eastern part of the Black sea. Thus, the article presents the authors developed a universal methodology «integrated assessment of sustainability of coastal systems of the black sea coast of Krasnodar region and the Republic of Abkhazia to mitigate the risks and reduce the consequences of natural and technogenic disasters spatial planning Maritime complex».

Keywords: the use of banks, coastal systems, maritime potential, the stability of marine ecosystems, Black Sea, indicators, Krasnodar Region, The Republic of Abkhazia, environmental risks

Прибрежные территории всегда представляют собой зону интеграции всех оболочек Земли: гидросферы, литосферы, атмосферы и биосферы. В пределах этой контактной зоны под влиянием и воздействием разнообразных природных условий и факторов происходит формирование и функционирование специфических прибрежных экосистем. Кроме того, береговая зона является объектом активного хозяйственного использования, начиная с добычи морепродуктов и полезных ископаемых, строительства гидротехнических сооружений различного назначения, промышленного освоения и заканчивая развитием рекреационных зон. Данные виды деятельности оказывают существенное влияние на природно-экологические и социально-экономические факторы, а через них на ход природных прибрежных экологических процессов.

Российская научная школа внесла значительный вклад в разработку современных подходов к решению различных проблем, возникающих при освоении и развитии прибрежных экосистем. Это нашло отражение в трудах ведущих отечественных ученых: М.М. Амирханова, М.Ю. Беликова, Е.Н. Борисенко, Б.С. Залогина, П.А. Каплина, С.Л. Сычева, О.К. Лентьева, Л.Г. Никифорова, С.Я. Сергина, И.В. Шевченко, и других, а также зарубежных исследователей У. Айзарда, Р. Кнехта, Б. Сисин-Сайн и др. [1].

Последние межнациональные документы, – такие как Повестка 21, Глава 17 (Agenda 21, Chapter 17); Конвенция по биологическому разнообразию (the Convention on Biological Diversity); Барбадосский план действия (the Barbados Action Plan); Глобальная программа действия по защите Морской Окружающей среды от наземных источников (the Global Program of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based Sources), программы ООН, UNEP и т.д., – призывают к межсекторальному подходу к управлению территориальными объектами и особо подчеркивают важность и уместность использования индикаторов прибрежной зоны и территориальных объектов.

Знаковая международная конференция «Роль индикаторов в комплексном управлении прибрежной зоной», проходившая в Оттаве в 2002 г., показала, кроме важности использования индикаторных методов в управлении и прогнозировании процессов устойчивого развития, также и необхо-

димость международного сотрудничества для построения систем индикаторов для различных уровней управления. Согласно А.А. Музалевскому, «под индикатором рекомендуется понимать элемент информации, который:

а) является характеристикой, используемой в интересах процесса управления, и может быть применен для планирования подобного процесса;

б) играет роль, выходящую за пределы его непосредственного значения» [2].

Тем не менее на сегодняшний день вопрос взаимного увязывания индикаторов, описывающих экономическую, социальную и экологическую стороны хозяйственной деятельности человека, остается открытым. Существующие на данный момент рекомендации крайне обобщены, что неэффективно в конкретных практических целях.

Всемирный Банк в 1996 г. рекомендовал разделение индикаторов на группы и подгруппы исходя из изучаемых явлений и процессов. Однако в этом случае в одном разделе индикаторной системы окажутся индикаторы разного масштаба, например глобального и регионального. Исходя из указанных выше рекомендаций можно определить три категории индикаторов:

- антропогенного воздействия,
- состояния,
- ответной реакции общества.

Известно, что «под системой индикаторов понимается группа индикаторов, объединенная пространственной, временной либо предметной аналогией. В соответствии с принципами Морской доктрины по предметной принадлежности индикаторы предлагается классифицировать как:

- физико-географические индикаторы,
- экономико-географические индикаторы,
- политико-географические индикаторы,
- военно-географические индикаторы» [3].

Важность рассмотрения зарубежного опыта проектирования индикаторных систем объясняется прежде всего отсутствием значительного опыта в данной области в Российской Федерации, причем в большей степени это касается приморских регионов РФ. В качестве наиболее перспективных примеров выделяется монография А.О. Полынева, в которой автор рассматривает проблемы эффективного государственного регулирования социально-экономического развития российских регионов и формирования базовых условий для подъема экономики и обеспечения устойчивого развития слаборазвитых и депрессивных территорий.

Береговые системы восточной части побережья Черного моря как единое целое прибрежной зоны и прилегающей к ней акватории являются одним из самых сложно анализируемых регионов, где сложилось сочетание самых разных геосистем, а хозяйственная деятельность человека в крайней степени трансформировала их. На сегодняшний день прибрежные экосистемы региона находятся в состоянии, вызывающем ряд опасений из-за наличия не только социально-экономических, но и природных проблем и, как следствие, сопутствующих природных и техногенных рисков. Также важно понимать, что данный регион, включающий в единое пространство прибрежную территорию Краснодарского края Российской Федерации и Республики Абхазия, представляет собой зону высокоурбанизированную, с развитой туристско-рекреационной индустрией и портовыми хозяйствами, и опережающую в разы темпы развития внутренних территорий.

С учетом вышеизложенного весьма актуальной становится проблема детального анализа и оценки природно-техногенного воздействия на экосистему прибрежной зоны и прогноз реакции экосистемы путем создания системы комплексного экологического мониторинга. Вместе с тем отмечаемое увеличение природных рисков, как один из важнейших экологических факторов, безусловно, влияет на современное состояние и перспективы дальнейшего развития береговых экосистем.

В данном контексте необходимо с принципиально новых позиций осмыслить последствия воздействия природных условий и техногенеза на прибрежные экосистемы восточной части Черного моря как неразрывной совокупности прибрежной территории и соседствующей с ней акватории. Создаваемая система комплексного экологического мониторинга с учетом рисков природного и антропогенного воздействия позволяет считать поставленную выше проблему чрезвычайно актуальной.

Исходя из задачи устойчивого развития данной территории, необходим анализ факторов природного и техногенного характера, оказывающих влияние на береговые системы. Налицо необходимость формирования эффективного всеобъемлющего механизма принятия управленческих решений. В исследовании предлагается такой механизм – интегральная модель комплексной оценки устойчивости прибрежных экосистем восточной части Черного моря.

Цель исследования

На основе вышеизложенного можно сформулировать цель исследования как разработку «универсальной методики комплексной оценки устойчивости береговых систем Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия для снижения рисков и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф при территориальном планировании морехозяйственного комплекса» [4].

Материалы и методы исследования

Для достижения сформулированной цели необходимо было решить ряд задач:

1. Изучение и теоретическое обоснование механизмов формирования пространственно-временной структуры природоресурсного потенциала Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия в условиях сложной хозяйственно-экономической структуры.
2. Анализ природно-климатических факторов и факторов ресурсопользования, влияющих на экологическое состояние территории исследуемого региона.
3. Выявление взаимосвязи между факторами природного и антропогенного характера и математическая интерпретация их интегрирования в единую модель.
4. Разработка метода расчета индикаторов и интегральных показателей, характеризующих экологическое состояние приморских территорий региона.
5. Изучение пространственно-временной изменчивости экологического состояния (качества природной среды) исследуемого региона.
6. Разработка метода составления картосхем, отражающих пространственную дифференциацию значений индикаторов экологического и геоморфологического состояния региона.
7. Разработка метода определения путей и условий устойчивого развития и перспектив освоения территории Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Абхазия на основе интегральной модели оценки.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках проведенного исследования коллективом авторов разработан перечень индикаторов, используемых для построения индикаторной модели оценки устойчивости прибрежных экосистем восточной части Черного моря (рисунок). Данная модель включает в себя три ступени агрегации данных. На первом этапе на основе общего массива данных рассчитываются индикаторы – безразмерные величины, характеризующие геоморфологическое, геоэкологическое состояние береговой системы, риски природного и техногенного характера, а также степень ее рекреационной освоенности и адаптированности к рекреационному использованию. На втором этапе полученные значения индикаторов агрегируются в соответствующие индексы по группам. Причем

в качестве методики расчета индексов принята средняя арифметическая простая – как наиболее полно отвечающая задачам исследования. И, наконец, на третьем этапе значения индексов объединяются в единый интегральный показатель. Для этого применяется средняя арифметическая взвешенная, так как в состав индексов входит разное количество индикаторов – в этом случае весами пренебречь не представляется возможным [5].

Представленные в модели индикаторы могут рассчитываться различными способами – путем сравнения данных по муниципальному образованию в составе БС с аналогичными данными по всей береговой системе в целом, а также путем сравнения данных с экстремальными значениями в пределах БС.

Например, значение индикатора обеспеченности пляжами БС определяется в виде отношения протяженности (на единицу длины береговой линии) пляжей с шириной более 10 м муниципального образования к протяженности (на единицу длины береговой линии) всей изучаемой береговой системы (БС), что дает возможные значения этого отношения в пределах от –1 до +1.

Расчет значения индикатора осуществляется по формуле

$$I_{\text{ОбПл}} = 1 - \frac{L_{\text{Плмо}}/L_{\text{мо}}}{L_{\text{ПлБС}}/L_{\text{БС}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{ОбПл}}$ – индикатор обеспеченности пляжами, ед.;

$L_{\text{Плмо}}$ – величина протяженности пляжей с шириной более 10 м муниципалитета, км;

$L_{\text{ПлБС}}$ – величина протяженности пляжей с шириной более 10 м береговой системы в целом, км;

$L_{\text{мо}}$ – протяженность береговой линии муниципалитета, км;

$L_{\text{БС}}$ – протяженность береговой линии всей БС, км.

Значение индикатора уровня солнечной активности определяется в виде удвоенного отношения разницы между величиной количества солнечных дней в конкретном муниципальном образовании и его минимальным значением в целом по всей БС к разнице величин максимального и минимального значения данного показателя в БС, за минусом единицы, что дает возможные значения этого отношения в пределах от –1 до +1:

$$I_{\text{С/акт}} = 2 * \frac{C_{\text{мо}} - C_{\text{min}}}{C_{\text{max}} - C_{\text{min}}} - 1, \quad (2)$$

где $I_{\text{С/акт}}$ – индикатор уровня солнечной активности, ед.;

$C_{\text{мо}}$ – количество солнечных дней в муниципальном образовании, дн.;

C_{max} – минимальное количество солнечных дней по всей БС, дн.;

C_{min} – максимальное количество солнечных дней по всей БС, дн.

Значение индекса геоморфологической структуры БС и природных рисков определяется как средняя арифметическая из входящих в него индикаторов: обеспеченности пляжами, величины годового твердого стока рек, уровня солнечной активности, доли берегов, подверженных абразии и штормоопасности БС:

$$I_{\text{Геоморф.риск.}} = \frac{I_{\text{ОбПл}} + I_{\text{ТСР}} + I_{\text{С/акт}} + I_{\text{Абраз}} + I_{\text{Шт}}}{5}. \quad (3)$$

Значение индекса геоэкологического состояния и антропогенной нагрузки на БС определяется как средняя арифметическая из входящих в него индикаторов: величины выбросов в атмосферу, объема сбросов сточных вод, объема поступления ТКО (ТБО), качества воды в устьях основных рек, уровня транспортной нагрузки на БС, застроенности территории БС:

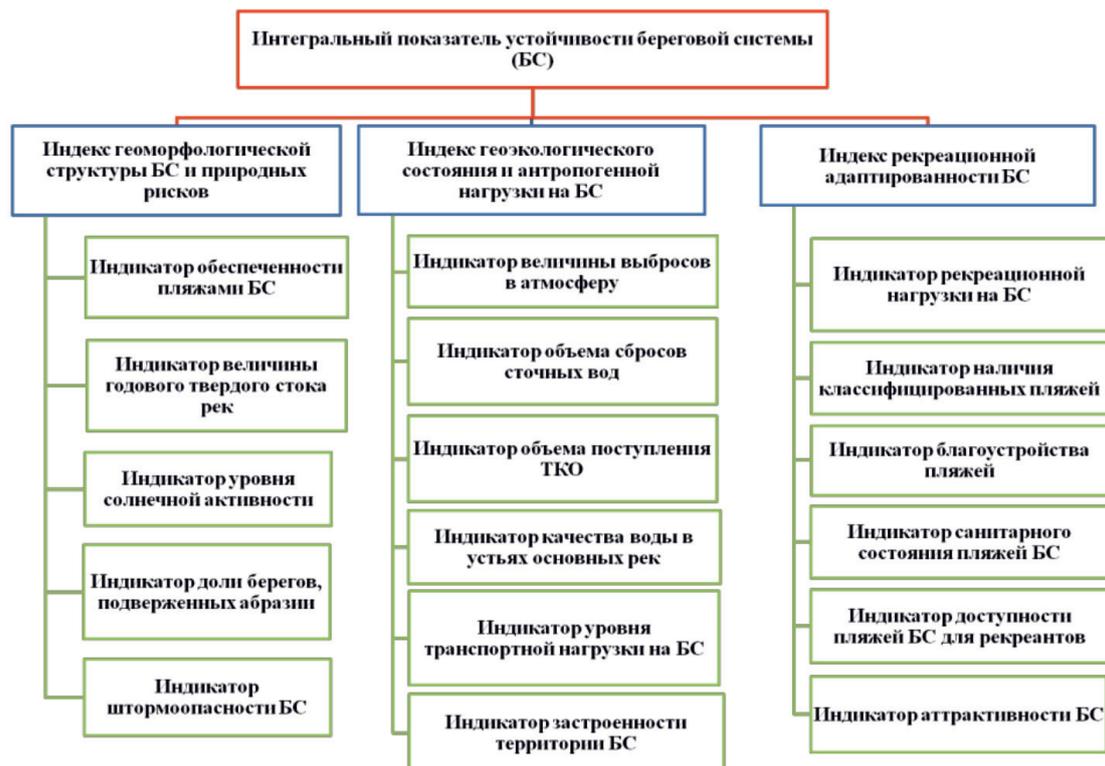
$$I_{\text{Геоэкол.риск.}} = \frac{I_{\text{ЗА}} + I_{\text{ЗСС}} + I_{\text{Зтбо}} + I_{\text{КВ}} + I_{\text{ТН}} + I_{\text{Застр}}}{6}. \quad (4)$$

Значение индекса рекреационной адаптированности БС определяется как средняя арифметическая из входящих в него индикаторов: рекреационной нагрузки на БС, наличия классифицированных пляжей, благоустройства пляжей, санитарного состояния пляжей, доступности пляжей БС для рекреантов, аттрактивности БС:

$$I_{\text{Рекр.Адапт.}} = \frac{I_{\text{Рекр.Нагр.}} + I_{\text{Класс.Пл.}} + I_{\text{Благ.Пл.}} + I_{\text{Сан.Сост.}} + I_{\text{Доступ.Пл.}} + I_{\text{Аттракт.БС}}}{6}. \quad (5)$$

Значение интегрального показателя устойчивости береговой системы определяется как средняя арифметическая взвешенная из входящих в него индексов: геоморфологической структуры БС и природных рисков, геоэкологического состояния и антропогенной нагрузки на БС, рекреационной адаптированности БС:

$$I_{\text{УБС}} = \frac{5 \times I_{\text{Геоморф.риск.}} + 6 \times I_{\text{Геоэкол.риск.}} + 6 \times I_{\text{Рекр.адапт.}}}{17}. \quad (6)$$



Интегральная модель оценки устойчивости береговых систем

Выводы

Таким образом, авторам видится, что разработанная интегральная модель оценки устойчивости береговых систем может стать эффективным инструментом решения поставленной выше задачи. Апробация данной модели на береговых системах восточной части Черного моря показала эффективность данного подхода, а также позволила говорить о дальнейшей его универсализации к другим прибрежным регионам в Российской Федерации и за рубежом.

Результаты работы были получены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-55-40014 Абх_а «Разработка научных основ комплексной оценки устойчивости береговых систем восточной части Черного моря для снижения рисков и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф при территориальном планировании морехозяйственного комплекса»).

Список литературы

1. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития для России (эколого-экономические аспекты) / С.Н. Бобылев, П.А. Макенко. – М.: Изд. ЦИРП, 2002. – 124 с.
2. Музалевский А.А. Индикаторы и индексы экодинамики. Методологические аспекты проблемы экологических индикаторов и индексов устойчивого развития // Труды 3-й

Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. – СПб., 2000. – С. 36–46.

3. Араkelов М.С. Методика геоэкологического районирования приморских территорий Туапсинского района Краснодарского края на основе индикаторного подхода: автореф. дис. ... канд. геогр. наук (25.00.33) / Араkelов Михаил Сергеевич; Рос. гос. гидромет. университет. – СПб., 2011. – 24 с.

4. Гончаров О.Д. «О прибрежной зоне Краснодарского Причерноморья» / в Сб. Всероссийской научно-практической конференции «Влияние рекреационной деятельности на социально-экономическую ситуацию в регионах». – Туапсе, 2007. – 154 с.

5. Мекуш Г.Е. Индикаторы устойчивого развития Кемеровской области / Г.Е. Мекуш, Е.В. Перфильева. – Новокузнецк: РОО «ИнЭКА», 2004. – 56 с.

References

1. Bobylev S.N. Indikatory ustojchivogo razvitiya dlja Rossii (jekologo-jekonomicheskie aspekty) / S.N. Bobylev, P.A. Ma-keenko. M.: Izd. CPRP, 2002. 124 p.
2. Muzalevskij A.A. Indikatory i indeksy jekodinamiki. Metodologicheskie aspekty problemy jekologicheskikh indikatorov i indeksov ustojchivogo razvitiya // Trudy 3-j Mezhdunarodnoj konferencii po mjagkim vychislenijam i izmerenijam. SPb., 2000. pp. 36–46.
3. Arakelov M.S. Metodika geojekologicheskogo rajonirovanija primorskih territorij Tuapsinskogo rajona Krasnodarskogo kraja na osnove indikatornogo podhoda: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk (25.00.33) / Arakelov Mikajel Sergeevich; Ros. gos. gidromet. universitet. SPb., 2011. 24 p.
4. Goncharov O.D. «O pribrezhnoj zone Krasnodarskogo Prichernomorja» / v Sb. Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Vlijanie rekreacionnoj dejatel'nosti na socialno-jekonomicheskiju situaciju v regionah». Tuapse, 2007. 154 p.
5. Mekush G.E. Indikatory ustojchivogo razvitiya Kem-erovskoj oblasti / G.E. Mekush, E.V. Perfiljeva. Novokuzneck: ROO «InJeKA», 2004. 56 p.

УДК 502.3:[622.691.4+628.52]

ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ ОТ ВЫБРОСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н.

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Пермь, e-mail: botinkin@yandex.ru

Система магистральных газопроводов представляет комплекс, в результате работы которого в атмосферу выбрасываются газы и пары. Дальность транспортирования увеличивает количество выбросов. Снижение и нейтрализация выбросов в атмосферу позволяет увеличить эффективность работы системы транспортирования газа по магистральным трубопроводам, уменьшить негативное влияние на окружающую среду. В статье представлены результаты анализа основных технологических процессов и оборудования при эксплуатации магистральных газопроводов, которые являются источниками выбросов в атмосферу. Выбросы вредных веществ характеризуются разным составом, переменным объемом. В статье рассмотрены наиболее характерные выбросы оборудования и дана характеристика вредных веществ. В статье представлен комплекс технологических, организационных мероприятий, которые способствуют уменьшению выбросов в атмосферу. Произведен анализ современных методов очистки выбросов в атмосферу для объектов транспортирования газа по магистральным газопроводам. Методы очистки выбросов для конкретных веществ учитывают особенности технологического процесса, их количество и состав. Представлены перспективные направления использования утилизируемой тепловой энергии.

Ключевые слова: магистральные газопроводы, выбросы, атмосфера, защита атмосферы, технологические мероприятия по защите атмосферы, факельная система, термическая нейтрализация, адсорбция, каталитическая очистка

PROTECTION OF ATMOSPHERE FROM EMISSIONS DURING THE OPERATION OF TRUNK GAS PIPELINES

Beloglazova T.N., Romanova T.N.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: botinkin@yandex.ru

The system of trunk gas pipelines represents a complex, by work of which gases and vapors are emitted into the atmosphere as a result. The transportation distance leads to increasing emissions. The reduction and neutralization of emissions into the atmosphere allows increasing the efficiency of the system of gas transportation through trunk pipelines, reducing the negative impact on the environment. The article presents the results of analysis of the main technological processes and equipment during operation of trunk gas pipelines, which are sources of emissions into the atmosphere. Emissions of harmful substances are characterized by different composition and variable volume. In the article the most characteristic emissions of equipment are considered and the characteristic of harmful substances is given. The paper presents a complex of technological and organizational measures, which helps to reduce emissions. An analysis is made of modern methods for cleaning emissions into the atmosphere for gas transportation facilities along trunk gas pipelines. Methods for purification of emissions for specific substances take into account the features of the technological process, their number and composition. Perspective directions of the utilized thermal energy are presented.

Keywords: trunk gas pipelines, emissions, atmosphere, protection of the atmosphere, technological measures for the protection of the atmosphere, flare system, thermal neutralization, adsorption, catalytic purification

Процесс транспорта газа по магистральным газопроводам является важным этапом всей технологической системы газоснабжения. Комплекс технологических сооружений включает магистральные газопроводы, установки по очистке и осушке газа, компрессорные и газораспределительные станции. Система магистрального трубопроводного транспорта состоит из газопроводов и отводов, установок редуцирования, очистки газопровода оборудования компрессорных станций, запорной арматуры. Для безопасной эксплуатации предусматриваются контроль, система автоматики, телемеханизации и оперативного оповещения. Предотвращение или снижение выбросов в атмосферу при эксплуатации магистраль-

ных газопроводов приводит к улучшению состояния окружающей среды и уменьшению затрат при транспортировке газа.

Основным источником загрязнения атмосферы при транспортировке газа по магистральным трубопроводам является оборудование, предназначенное для сбора, подготовки и транспортировки газа. В состав сооружений магистральных газопроводов входят промысловый пункт сбора газа, головные сооружения, компрессорные станции (КС), газораспределительные станции (ГРС), подземные хранилища газа (ПХГ), линейные сооружения [1, с. 107]. Пары углеводородов, углеводороды в газобразном состоянии попадают в атмосферу в результате технологических процес-

сов стабилизации давления в резервуарах, вследствие утечек, испарения через уплотнения и в местах соединений технологических аппаратов, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры. В результате технологических операций очищения природным газом емкостного оборудования, технологических коммуникаций, линейных участков газопровода при пуске, наладке и эксплуатации осуществляется продувка и выброс газа через свечи в атмосферу. Залповые выбросы газа в атмосферу через свечи осуществляются при остановке и пуске оборудования или отключении участков газопровода. При обслуживании технологического оборудования и систем в атмосфере имеют место выбросы углеводородов, входящих в состав природного газа, поскольку в ряде технических процессов отсутствует возможность их сбора и использования. При работе дизельных, газотурбинных установок (ГТУ), котельных агрегатов, подогревателей углеводородные выбросы в атмосферу поступают с продуктами сгорания. Выбросы углеводородов в атмосферу в результате неполного сгорания газов наблюдаются при сжигании на факельных установках горючих газов и паров. В больших количествах углеводороды поступают в атмосферу при аварийных ситуациях. Выбросы при нарушении нормального эксплуатационного режима в результате аварийных ситуаций значительно влияют на окружающую среду.

Основные способы защиты от аварийных выбросов определяются техническими решениями при разработке вновь проектируемых и реконструируемых объектов, а также обеспечиваются проведением регламентных работ по обслуживанию.

При транспортировании по магистральным газопроводам до 10% газа расходуется на технологические нужды КС. Для повышения давления в магистральных газопроводах КС устанавливаются на расстоянии до 150 км. В настоящее время общая мощность газоперекачивающих устройств КС достигает 45,9 млн кВт. ГТУ крупных КС являются источником загрязнения оксидами азота (до 140 тыс. т/год по РФ) [2]. При запуске газоперекачивающих аппаратов (ГПА) также осуществляются выбросы в атмосферу углеводородных газов. Количество природного газа, необходимого для одного запуска ГПА и выбрасываемого в атмосферу определяется на основе опытно-статистических данных, по методике СТО Газпром 11-2005.

Для защиты от гидратообразования при эксплуатации используют метанол. Резервуары для хранения метанола, одоранта, керосина являются источниками загрязнения атмосферного воздуха. На станциях охлаждения газа источником загрязнения являются пары хладагентов, аммиака.

Из резервуаров хранения газового конденсата в атмосферу углеводороды поступают вследствие испарения при изменении суточной температуры и давления наружного воздуха. Также углеводородные пары и газы выбрасываются в процессе заполнения и опорожнения резервуаров хранения при вентиляции свободного пространства емкости и через негерметичные крыши резервуаров. При длительном хранении в резервуарах выбросы наблюдаются в основном при «малых дыханиях». Максимальное выделение паров имеет место в июне – июле с 8–00 до 11–00. Резервуары оборудуются системами сокращения выбросов: синтетические понтоны, диски-отражатели, газоуравнительные системы. Выбросами заглубленных резервуаров пренебрегают. Для снижения выбросов в атмосферу сбор продуктов очистки газопровода, дренаж из аппаратов и технологических трубопроводов осуществляется в резервуары.

Вопросы защиты атмосферы связаны с технологическими характеристиками производственного процесса, химическими, физическими и токсикологическими характеристиками вредных веществ, природно-климатическими условиями, экономическими затратами на эксплуатацию систем очистки и обезвреживания выбросов.

Оксид углерода относится к 4 классу опасности. Для оксида углерода предельно допустимая максимальная разовая концентрация ($ПДК_{мр}$) составляет 5 мг/м³, предельно допустимая концентрация среднесуточная ($ПДК_{сс}$) – 3 мг/м³. Оксид углерода образуется при неполном сжигании топлива. Диоксид углерода, образующийся при полном сжигании органического топлива, усваивается растениями, при повышении содержания в атмосфере приводит к парниковому эффекту.

Диоксид азота (NO_2) относится ко второму классу опасности, $ПДК_{мр}$ составляет 0,085 мг/м³, $ПДК_{сс}$ – 0,04 мг/м³. Оксиды азота относятся к токсичным веществам. Моноксид азота окисляется до диоксида азота, обладающего высокой фотохимической активностью. В атмосфере оксиды азота могут находиться достаточно долгое время и переноситься на значительные расстояния. При взаимодействии с атмосферной влагой об-

разуются азотная и азотистая кислоты. В цикле химических превращений оксидов азота в атмосфере участвуют углеводороды.

Углеводороды алифатические предельные (в пересчете на углерод) относятся к 4 классу опасности, ПДК_{рз} составляет 300 мг/м³. Метан обладает слабой реакционной способностью, легче атмосферного воздуха, относится к парниковым газам. Другие углеводороды, в присутствии оксидов азота подвергаются фотоокислению и образуют оксиданты. Углеводороды и оксиды азота при ультрафиолетовом излучении являются причиной фотохимического смога.

Выбросы перечисленных выше веществ в результате транспортировки газа по магистральным газопроводам оказывают локальное воздействие. Поэтому для защиты атмосферы широко предусматриваются мероприятия планировочного характера и технологические [3]. Места для размещения объектов выбираются в соответствии с нормативами по размерам санитарно-защитных зон (СЗЗ), благоприятного взаиморасположения предприятия и жилых массивов с учетом господствующих направлений ветров. Учитывается наличие естественных и искусственных преград между зоной жилой застройки и промышленной. При совместном выбросе углеводородов и оксидов азота необходимо предусматривать рассеивание таким образом, чтобы предотвратить возможность фотохимического смога вдоль автомобильных дорог. Планировочные мероприятия способствуют уменьшению вредных последствий выбросов, особенно имеющих циклический характер, но не приводят к снижению валовых выбросов в атмосферу.

К прогрессивным мероприятиям технологического характера относятся безотходные и малоотходные технологии на основе кооперации с различными объектами в целях уменьшения количества производственных выбросов. Данные мероприятия применяются к организованным выбросам. Наибольший эффект по нейтрализации организованных выбросов проявляется при увеличении единичной мощности агрегатов и постоянном режиме их работы. На объектах дальнего транспортирования газа предусматривается централизация источников выбросов, например объединение воздушников, свечей, сбросов от предохранительных клапанов, установка общей дымовой трубы на несколько печных агрегатов. Системы централизованного сбора выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

оборудуются системами обезвреживания. Сбор, перемещение и очистка выбросов от разрозненных объектов с небольшим количеством и незначительной концентрацией вредного вещества экономически не всегда оправдывают затраты, связанные с их обезвреживанием. Поскольку подобные выбросы являются частью технологического процесса, необходимо предусматривать совершенствование технологии, материалов, оборудования.

Для сокращения выбросов от резервуаров применяются синтетические понтоны, диски-отражатели, газоуравнительные системы, непримерзающие дыхательные клапаны. Контроль температурного режима резервуаров, укрытия над открытыми поверхностями очистных сооружений стоков и на водоблоках, максимально возможное исключение промежуточных резервуаров и сокращение операций перекачки снижает неорганизованные выбросы.

Технологические выбросы на объектах магистральных газопроводов характеризуются неравномерностью по времени и значительным изменением состава выброса. Одним из способов уменьшения вредных выбросов в атмосферу является применение современных герметичных типов арматуры, материалов фланцевых соединений; соблюдение требований норм при установке заглушек, мембран. Применяются насосы с уплотнениями, герметичные насосы; предусматривается организация герметичного налива продуктов на эстакадах, системы налива оборудуются автоматическими ограничителями уровня налива. Удаление газа от ГПА осуществляется с помощью свечей от сальников компрессорных цилиндров, из фонаря компрессорных цилиндров, из картера газомоторного двигателя. Система, объединяющая выбросы в атмосферу от рабочих предохранительных клапанов, может предусматривать сепаратор или дренажную емкость [4].

Методы улавливания и очистки газов и паров рассмотрены в работе [2]. Для обезвреживания углеводородных выбросов широко распространён метод термической нейтрализации. Для термического способа обезвреживания применяются установки факельного типа и камерные.

Организация системы термической нейтрализации для нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий разнообразна. Факельные системы применяются для сбора и нейтрализации выбросов углеводородов, поступающих при срабатывании

предохранительных клапанов, а также во время сбросов при продувке оборудования и трубопроводов. Обязательной для предприятия является общая факельная система. Необходимость устройства отдельных и специальных факельных систем определяется для конкретного оборудования при технико-экономическом обосновании [3–5]. Факельные системы обеспечивают высокую эффективность очистки при условии обеспечения температуры разложения углеводородов, достаточного времени пребывания продуктов сгорания в зоне реакции. В процессе разложения углеводородов могут образовываться вещества, которые имеют более высокую температуру разложения, чем исходные. Процесс сжигания требует определенного соотношения горючих компонентов и воздуха. Состав же компонентов, поступающих в факельную установку, не является постоянным и не имеет постоянного количества. Поэтому без использования автоматического контроля процесса сжигания эффективность термической нейтрализации может снижаться. Если в состав выброса ходят вещества, например фтор и хлор, которые в процессе термической нейтрализации могут привести к образованию токсичных продуктов реакции, необходимо предусматривать установки очистки выбросов на основе абсорбционных или адсорбционных методов. Значительному повышению эффективности процесса разложения углеводородных выбросов и предотвращению образования промежуточных вредных веществ способствует применение катализаторов. При использовании катализаторов уменьшается температура разложения, увеличивается эффективность очистки. Ограничением широкого использования термокаталитического окисления является значительная стоимость веществ, обладающих наиболее эффективными каталитическими свойствами. Одним из примеров реализации термического метода является факельный оголовок, разработанный НГДУ «Сарапул», который предназначен для сжигания попутных нефтяных газов и уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Конструкция факельной установки обеспечивает полное бездымное сгорание углеводородных газов и паров [5].

Выбор оборудования факельных систем при термической нейтрализации определяется в соответствии с нормативными документами [3, 4]. В связи с ростом цен на энергетические ресурсы на предприятиях предусматривается утилизация выбросов,

содержащих углеводороды, в установках камерного типа, печах и котлах. Применение выбросов в качестве топлива дополнительного или основного приводит к необходимости модернизации газогорелочных устройств, организации топочного пространства существующего оборудования либо приобретения нового. Технологически организация экологически безопасного процесса термической нейтрализации в устройствах камерного типа и топках не представляет затруднений. Экономическая эффективность данных установок не всегда оправдана, но существенно повышается с ростом цен на энергоресурсы и платежей за выброс вредных веществ в атмосферу. Сдерживающим фактором является также отсутствие достаточного объема потребления тепловой энергии на объекте. Собственные нужды потребления тепловой энергии, как правило, ограничиваются отопительно-вентиляционной нагрузкой и нагрузкой на горячее водоснабжение. Для технологических нужд утилизация требует сложных конструктивных решений по использованию разных видов топлива, что связано с существенными экономическими затратами.

Внедрение жидкостных и каталитических нейтрализаторов, фильтрующих элементов приводит к уменьшению выбросов в атмосферу до 3,5 раз. Дополнительно можно отметить, что оксиды азота также подвергаются эффективной очистке каталитическими методами.

Для очистки промышленных выбросов в атмосферу от оксидов азота находят применение абсорбционные, адсорбционные, каталитические методы. Поскольку оксиды азота имеют низкую химическую активность и растворимость, для абсорбционной очистки промышленных выбросов применяются следующие способы: абсорбция водой с использованием для утилизации разбавленных растворов пероксида водорода с получением азотной кислоты, физическая абсорбция оксидов азота в азотной кислоте с применением катализаторов, хемосорбция щелочными растворами, селективными абсорбентами. Эффективность данных методов для слабоокисленных нитрозных газов мала. Адсорбционные методы с использованием активированных углей, имеющих высокую поглотительную активность при улавливании оксидов азота, для выбросов с высокой температурой должны учитывать возможность возгорания и малую механическую прочность. В качестве адсорбентов

для оксидов азота также применяются силикагели, алюмогели, цеолиты. Применение данных методов для оксидов азота в промышленности ограничено из-за низкой эффективности и высоких затрат. Для очистки выбросов от оксидов азота применяются каталитические и некаталитические методы: высокотемпературное каталитическое восстановление, селективное каталитическое восстановление, разложение гетерогенными восстановителями. При высокотемпературном каталитическом восстановлении используются палладий, рутений, родий, платина. Менее эффективны, но дешевле составы, содержащие никель, хром, медь, цинк, ванадий, церий. В процессе реализации данного метода образуются оксиды углерода 0,1–0,15%. Метод применяется для низкоконцентрированных газов (до 0,5% NO_x). Селективное каталитическое восстановление оксидов азота протекает избирательно. Восстановитель (аммиак) реагирует с оксидами азота. Продуктами реакции являются азот и вода [3]. Метод восстановления оксидов азота без катализатора, основанный на избирательном поглощении NO_x в присутствии аммиака или карбамида при температуре 900–1000 °С, достигает эффективности 90%. Метод может широко применяться на энерготехнологическом оборудовании. При небольших объемах слабоокисленных газов метод высокотемпературного разложения NO_x является более выгодным.

В целом на объектах хранения и транспортирования по трубопроводам газа, продуктов переработки газа, нефти и нефтепродуктов применяются адсорбционные и абсорбционные методы очистки выбросов от углеводородов, их паров и СО. На насосных станциях и КС для очистки выбросов местных вентиляционных систем от салниковой арматуры применяется абсорбционный метод. В качестве абсорбера используется полый форсуночный газопромыватель, абсорбентом является вода.

Технологические и организационные мероприятия по уменьшению выбросов в атмосферу должны иметь комплексный и системный характер. Во-первых, применение современного оборудования, своевременный ремонт и реконструкция снижают опасность аварийных ситуаций и загрязнения окружающей среды. Во-вторых, применение методов очистки выбросов должно осуществляться не только из условия уменьшения вредных выбросов, но и с учетом безопасности эксплуатации,

использования вторичных тепловых ресурсов, экономической эффективности. Совершенствование методов очистки выбросов и разработка очистного оборудования должны осуществляться на основе современных материалов и технологий. В-третьих, автоматизация технологических процессов, оборудование для автоматического и дистанционного контроля загазованности, комплексная автоматизация и телемеханизация позволяют повысить экологическую безопасность при эксплуатации магистральных газопроводов, газораспределительных станций, подземных хранилищ газа, способствуют снижению аварийных ситуаций. Например, применение систем автоматизации, обеспечивающих максимальную полноту сгорания в печах, на факеле обеспечивает минимальное количество вредных выбросов. В-четвертых, необходимо предусматривать утилизацию тепла, выделяемого при термической нейтрализации, а также тепла выхлопных газов ГТУ для снижения теплового загрязнения.

Перспективным направлением утилизации тепловой энергии при эксплуатации КС на магистральных газопроводах является использование тепла попутных и отходящих продуктов технологических процессов для собственных нужд и внешних потребителей. Для реализации технологии утилизации тепла ГТУ необходимо определить объекты, для которых транспортировка тепловой энергии была экономически обоснованной. Собственные нужды не позволяют в полной мере использовать потенциал утилизации тепла. Удаленные потребители требуют существенных затрат на строительство и эксплуатацию тепловых сетей. Одним из направлений утилизации тепловой энергии может являться устройство тепличных хозяйств и других объектов сельского хозяйства на минимальном нормируемом расстоянии от КС. С одной стороны, растения поглощают диоксид углерода в процессе роста и развития и нейтрализуют выбросы оксидов азота, с другой, эффективно используется тепло выхлопных газов, становится выгодным производство сельскохозяйственной продукции.

Представленный комплексный подход анализа технологии, оборудования, выбросов, современных методов очистки позволяет выявить рациональные решения по уменьшению негативного влияния магистральных газопроводов на атмосферный воздух.

Список литературы

1. Тетельмин В.В. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе: учебное пособие / В.В. Тетельмин, В.А. Язев. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 351 с.
2. Сокращение выбросов оксидов азота в атмосферу на предприятиях газовой промышленности / О.Н. Кулиш [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 1. – С. 8–12.
3. ВНТП 81-85 Нормы технологического проектирования предприятий по переработке нефти и производству продуктов органического синтеза [Электронный ресурс]. – URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294847/4294847589.htm> (дата обращения: 16.11.17).
4. ВНТП 3-85 Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений [Электронный ресурс]. – URL: http://www.znaytovar.ru/gost/2/VNTP_385_Normy_tehnologichesk.html (дата обращения: 16.11.17).
5. Миндуллин И.Р. Снижение выбросов загрязняющих веществ на факелах / И.Р. Миндуллин, Н.И. Зарубин // Территория Нефтегаз. – 2008. – № 10. – С. 96–99.

References

1. Tetelmin V.V. Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse: uchebnoe posobie / V.V. Tetelmin, V.A. Jazev. Dolgoprudnyj: Intellekt, 2009. 351 p.
2. Sokrashhenie vybrosov oksidov azota v atmosferu na predpriyatijah gazovoj promyshlennosti / O.N. Kulish i dr. // Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse. 2010. no. 1. pp. 8–12.
3. VNTP 81-85 Normy tehnologicheskogo proektirovanija predpriyatij po pererabotke nefti i proizvodstvu produktov organicheskogo sinteza [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294847/4294847589.htm> (data obrashhenija: 16.11.17).
4. VNTP 3-85 Normy tehnologicheskogo proektirovanija obektov sbora, transporta, podgotovki nefti, gaza i vody neftnykh mestorozhdenij [Jelektronnyj resurs]. URL: http://www.znaytovar.ru/gost/2/VNTP_385_Normy_tehnologichesk.html (data obrashhenija: 16.11.17).
5. Mindullin I.R. Snizhenie vybrosov zagryzajushhih veshhestv na fakelah / I.R. Mindullin, N.I. Zarubin // Territorija Neftegaz. 2008. no. 10. pp. 96–99.

УДК 911.52:58.056:504.05(517.3)

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ДОЛИНЕ Р. ХУШУУТ

¹Волкова Е.С., ¹Тимошок Е.Е., ²Отгонбаяр Демберел

¹ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем» Сибирского
отделения Российской академии наук, Томск, e-mail: elevolko@yandex.ru, timoshokee@mail.ru;
²Ховдский государственный университет, Ховд, e-mail: summit_aamo@mail.ru

Климатические изменения последних десятилетий на территории Монгольского Алтая привели к сокращению площади оледенения, что не могло не отразиться на состоянии растительного покрова высокогорных областей. В настоящее время на освобождаемых ото льда высокогорных территориях наблюдаются явные признаки первичной сукцессии, что в перспективе может увеличить площади, пригодные для развития отгонного пастбищного хозяйствования. В то же время идет процесс ухудшения состояния растительности от «перевыпаса» скота, при котором нарушаются естественные экологические условия. Исходя из этого, важной задачей становится исследование происходящей трансформации растительного покрова под влиянием природных и антропогенных процессов. Нагурные полевые работы проводились на модельных тест-участках бассейна реки Хушуут в пределах хребта Сутай, принадлежащего горной системе Монгольского Алтая. В результате проведенных в 2016–2017 гг. экспедиционных работ сделана характеристика геоморфологических особенностей данного района, описаны ботанические площадки, отражающие основные типы растительных сообществ, изучена степень пастбищной дигрессии. В основу геоботанических исследований были положены описания площадок, расположенных на северном макросклоне хребта Сутай по проложенному высотному профилю вдоль долины р. Хушуут. Установлено, что современная трансформация высокогорных ландшафтов вызвана как природными процессами, связанными с отступлением ледников, так и активной деятельностью человека. Анализ степени антропогенной нарушенности территории показал ухудшение состояния естественных ландшафтов в процессе человеческой деятельности, выражающееся в угнетении растительных сообществ – на некоторых ботанических площадках степень пастбищной дигрессии достигает 60% и более.

Ключевые слова: Монголия, хребет Сутай, высокогорные ландшафты, ледники Монгольского Алтая, пастбищная дигрессия

TRANSFORMATION OF PLANT COVERS IN THE HUSHUUT VALLEY UNDER THE INFLUENCE OF CHANGING CLIMATE AND HUMAN ACTIVITY

¹Volkova E.S., ¹Timoshok E.E., ²Otgonbayar Demberel

¹Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems Siberian branch of the Russian Academy
of Sciences, Tomsk, e-mail: elevolko@yandex.ru, timoshokee@mail.ru;
²Khovd State University, Khovd, e-mail: summit_aamo@mail.ru

Modern climate changes during the last decades on the territory of the Mongolian Altai have led to a reduction in the glaciated area, which could not but affect the state of the vegetation cover in the highlands area. In the areas of modern deglaciation there is clear evidence of primary succession, which in the future may increase the area suitable for the pastoralism. The processes of degradation of vegetation from «over-grazing» of livestock, which disrupts natural ecological conditions, can be observed at the same time. A study of the ongoing transformation of the vegetation cover under the influence of natural and anthropogenic processes becomes an important task for the above reasons. Field work was conducted on the test sections of the river basin Khushuut within the range Sutay located in the mountain system of the Mongolian Altai. In the course of expeditionary work carried out in 2016–2017, the characteristic of geomorphological features of study area is made and botanical areas reflecting the main types of plant communities are described, the degree of pasture digression is studied. The basis of geobotanical research was based on the descriptions of the areas located on the Northern slopes of the ridge Sutay along altitudinal profile through the valley of river Khushuut. Modern Alpine landscapes transformations caused by natural processes related to the retreat of the glaciers, and human activity, is established. The analysis of the degree of anthropogenic disturbance of the territory showed the deterioration of natural landscapes in the process of human activities, manifested in the inhibition of plant communities – in some Botanical sites, the degree of pasture digression reaches 60% or more.

Keywords: Mongolia, Sutay range, alpine landscapes, glaciers of the Mongolian Altai, pasture digression

Горная система Монгольского Алтая расположена на северо-западе Монголии и простирается от границ России в юго-восточном направлении до восточных районов Гоби, в орографическом плане представляя собой наиболее высокогорную область всей территории страны. Хребет

Сутай (рис. 1) приурочен к южной оконечности Монгольского Алтая и относится к области эпиплатформенного горообразования, сложенной сильно дислоцированными осадочно-вулканогенными породами нижнего и среднего палеозоя и выделяется сложным тектоническим строением. Хре-

бет имеет типичный альпийский облик – в четвертичное время Сутай подвергался неоднократному оледенению [1], о чем свидетельствует классический ряд ледниково-экзарационных, ледниково-аккумулятивных и водно-ледниковых форм, сохранившихся в рельефе ледниковых долин и междолинных пространств.

Характерной чертой атмосферной циркуляции района исследований является преобладание в течение всего года западного переноса воздушных масс и развитие циклонической деятельности на арктическом и полярном фронтах. Годовой режим осадков является типичным для областей с континентальным климатом. Более половины зимнего количества осадков выпадает в первую половину зимы, характеризующуюся неустойчивой циклонической погодой. Основной же период зимы проходит на фоне высокого давления. Количество осадков в это время невелико. Весной, вследствие усиления циклонической деятельности, количество осадков несколько увеличивается и к июлю достигает максимума.

На термический режим региона основное влияние оказывают особенности рельефа, значения абсолютной высоты и характеристики снежного покрова. Минимальные температуры воздуха отмечаются в январе, максимальные в июле. Для склонов хребта в летний период возможен точный расчет температуры воздуха по данным ближай-

ших метеостанций Дарви и Цэцэг, с учетом, установленного в период полевых наблюдений градиента (0,58–0,59 на 100 метров подъема).

Высокие значения абсолютных и относительных высот, различия в составе и строении горных пород, изменение с высотой температурных условий и режима выпадения атмосферных осадков обуславливают зональность процессов современного рельефообразования и формирование ландшафтной высотной поясности. Под влиянием горного рельефа широтная зональность растительного покрова сменяется вертикальной, поэтому пустыни можно встретить рядом с лесами, залесённые горные склоны соседствуют в южных районах с сухими степями, а пустыни и полупустыни в равнинно-котловинных частях территории проникают далеко на север [2, с. 59].

Сутай является самым южным центром оледенения Монгольского Алтая. Нижняя граница нивально-гляциального пояса хребта на 150–200 м выше по сравнению с другими ледниковыми районами Западной Монголии. Современное оледенение Сутая представлено 14 ледниками четырех морфологических типов: плосковершинных, висячих, каровых и карово-долинных. Основная часть ледников сосредоточена в высотном поясе 3600–4150 м и имеет северную экспозицию [3].

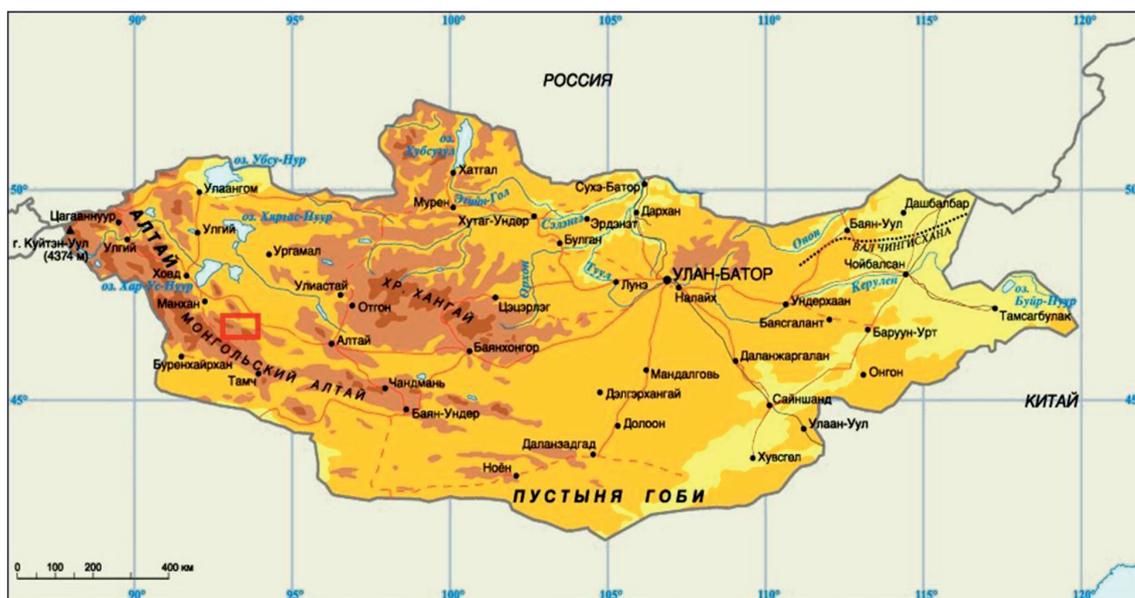


Рис. 1. Карта Монголии. Красным квадратом показано местоположение района исследований – хребет Сутай, долина р. Хушуут



Рис. 2. Верховья долины р. Хушуут

Район известен отгонным пастбищным скотоводческим хозяйством, особенно развито овцеводство. Стада кочуют в течение года – зимой поднимаясь высоко в горы, летом спускаясь в предгорья и на равнинные территории. Исследуемая территория располагается в пределах сомона Дарви аймака Ховд. По официальным данным в сомоне 11992 семей имеют скот, из которых 2887 семей (24%) имеют больше 500 голов скота, 3255 семей (27,2%) – свыше 200 голов, 2493 семьи (20,8%) – свыше 100 голов [4]. По нашим наблюдениям в долине реки на протяжении 25 км находятся в среднем 12 стоянок, каждая из которых имеет поголовье скота более 200 голов, некоторые свыше 500 голов. Такой интенсивный выпас привел к тому, что степень пастбищной деградации в некоторых местах чрезвычайно высока.

С сокращением площади оледенения наблюдается закономерный процесс появления новых пастбищных площадей, что, с одной стороны, ведет к возможностям увеличения поголовья скота, но, с другой стороны, способно нарушить существующее геоэкологическое равновесие. В этих условиях изучение происходящих процессов трансформации ландшафтных структур высокогорий, причин их возникновения, а также связанных с этим возможных антропогенных изменений имеет

актуальность и требует детальных натуральных исследований. Таким образом, целью исследования является анализ динамики процессов трансформации растительности высокогорий Монгольского Алтая, связанных с климатическими изменениями и антропогенным воздействием, выполненных на примере модельного участка – долины р. Хушуут (рис. 1).

Материалы и методы исследования

В результате экспедиционных работ в высокогорных районах хребта Сутай в 2016–2017 гг. был собран и обработан обширный геоморфологический и ботанический материал, а также данные наблюдений за геоэкологической обстановкой, сложившейся в результате массового выпаса скота.

Выполненные исследования базировались на новейших методах полевой географии с применением геоинформационного синтеза и анализа пространственно-временных изменений состояния нивально-гляциальных и перигляциальных ландшафтов. В основу ботанических исследований были положены описания ботанических площадок размером 10x10 м, расположенных на северном макросклоне хребта Сутай в долине р. Хушуут (рис. 2). Для каждой из площадок учитывались геоморфологические особенности, определялись основные виды растений, степень воздействия выпаса скота на растительные сообщества, т.е. степень антроподинамической (пастбищной) дигрессии. При выборе ботанических площадок учитывались особенности изменения растительных сообществ вниз по проложенному высотному профилю вдоль долины р. Хушуут от 3100 м до 2590 м над уровнем моря.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно А.А. Юнатову (1950) основной тип растительности высокогорий Монголии – низкотравные кобрезиевые луга (пустоши). Почвы под ними, как правило, горно-луговые, маломощные, на очень небольшой глубине почвенный покров подстилается щебнем. Кобрезии, как травянистые дерновинные многолетники, ксерофитного облика, обладают экологической пластичностью [5]. На обследованной территории кобрезиевые луга зафиксированы на высотах от 2960 м до 3000 м. В них отмечено значительное видовое богатство цветковых растений (25 видов) и мхов (5 видов). Средняя высота травяного яруса – 7–10 см, максимальная высота 30 см (*Elymus pamiricus*). Основу травяного яруса слагает *Kobresia myosuroides* со значительной примесью степной (*Carex duriuscula*) и высокогорной (*Carex tristis*) осок и др. видов. Имея высокую устойчивость к изменениям условий увлажнения, кобрезиевые пустоши, по-видимому, постепенно будут подниматься выше, занимая освободившиеся экологические ниши на моренных отложениях. Здесь пастбищная дигрессия не отмечена, о чем свидетельствуют: высокое видовое разнообразие цветковых растений; наличие в травяном покрове видов семейства бобовых; отсутствие повреждения скотом злаков, осок и кобрезии (таблица).

По мере увеличения абсолютной высоты, продвижения к вершинам гольцов и приледниковой зоне, нормальный тип кобрезиевых пустошей начинает меняться: они становятся все более разреженными, сокращаются и их площади. Разреженные кобрезиевые пустоши сменяются почти незаселенными растениями каменистыми россыпями и мелкощепнистыми участками молодых моренных отложений. На молодых моренных отложениях мхи, лишайники и сосудистые растения встречаются единично или небольшими отдельными группировками. Все виды цветковых растений *Crepis nana*, *Gastrolychnis apetala*, *Minuartia verna*, *Waldheimia tridactylites* и др. – типичные ранние пионеры, характерные и для молодых морен ледников Русского Алтая [6]. Крайне редко здесь встречаются небольшие куртинки мхов (*Stereodon vaucherii* на участках мелкозема) и накипных лишайников (на валунах), что свидетельствует о начале заселения территории, освободившейся от ледника, первичной растительностью.

На молодых участках морен, недавно освободившихся от ледникового покрова, антропогенное воздействие отсутствует.

Ниже низкотравных кобрезиевых пустошей с высоты около 2650 м в долине р. Хушуут на всех элементах рельефа преобладают трансформированные под воздействием выпаса разнотравно-незабудочниковые степи. Видовое разнообразие сосудистых растений снижается в них почти в 2 раза – до 13–16 видов на 100 м². Средняя высота травяного яруса изменяется от 7–10 см до 3–4 см на наиболее сбитых скотом участках. Общее проективное покрытие колеблется от 30 до 50%, но абсолютно преобладает здесь незабудочник – *Eritrichium subrupestire*, проективное покрытие которого изменяется от 15 до 20%, на отдельных участках достигает 30%. *Kobresia myosuroides* уступает свое первенство осочке твердоватой (*Carex duriuscula*) и не поедаемым скотом видам: *Eritrichium subrupestire* и *Eremogone meyeri* (таблица). Обилие *Carex duriuscula* – устойчивого к выпасу растения, изменяется на разных участках долины от 5 до 15%. Значительное участие (5–15%) имеет и другой неподаваемый вид – *Eremogone meyeri*; на пойменных галечниках разрастается *Comarum salesovianum*, проективное покрытие которого колеблется от 10 до 20%, в зарослях – до 40–50%.

На небольших по площади участках, только в мезопонижениях рельефа с повышенным увлажнением, с невысоким проективным покрытием 1–3% (очень редко до 5%) отмечены злаки: *Elymus kronokensis*, *E. pamiricus*, *Festuca ovina*, *Calamagrostis macilentata*, *Koeleria cristata*, *Poa altaica*, *Trisetum mongolicum*. В травяном ярусе разнотравно-незабудочниковых степей с низким проективным покрытием (1–3% или единично) отмечены виды из семейства бобовых: *Astragalus monophyllus*, *Hedysarum gmelinii*, *H. neglectum*, *Lupinaster eximius*, *Oxytropis oligantha*; из сложноцветных: *Artemisia phaeolepis*, *Aster alpinus*, *Erigeron flaccidus*, *Leontopodium ochroleucum*, *Senecio dubitabilis*, *Tephrosia pricei*, *Taraxacum lyratum*, *T. komarovii*; из Розовых: *Potentilla nivea*, *P. sericeae*; из гвоздичных *Silene repens*; из губоцветных: *Panzerina lanata*, *Ziziphora clinopodioides*. На каменистых участках присутствует *Orostachys spinosa* (семейство толстянковых), *Euphorbia mongolica* (семейство Молочайных), *Ephedra monosperma* (семейство эфедровых) и др.

Характеристика растительности и пастбищной дигрессии по высотному профилю в долине р. Хушуут (хребет Сутай, Монгольский Алтай)

№ БП	Высота над уровнем моря, м; координаты	Характеристика площадки	Характеристика травостоя	Преобладающие виды растений	Пастбищная дигрессия
1	3100; 46°39'102" с.ш., 93°33'100" в.д.	Расположена на основной морене в 500 м от ледника, почвенный покров и растительность имеют фрагментарный характер	Средняя высота – 5 см, верхний ярус – 10 см. Общее проективное покрытие – 5%	<i>Crepis nana</i> <i>Gastrolychnis apetala</i> <i>Calamagrostis macilenta</i> <i>Minuartia verna</i> <i>Panzerina lanata</i> <i>Potentilla kryloviana</i> <i>Tephroseria pricei</i> <i>Waldheimia tridactylites</i>	Отсутствует
2	2960; 46°39'322" с.ш., 93°32'439" в.д.	Расположена между двумя временными водотоками на основной морене на расстоянии 1000 м от ледника	Средняя высота – 7–10 см, верхний ярус – 20 см. Общее проективное покрытие – 40%	<i>Kobresia myosuroides</i> <i>Carex duriuscula</i> <i>Carex tristis</i> <i>Poa altaica</i> <i>Bistorta vivipara</i> <i>Potentilla nivea</i> <i>Salix berberifolia</i>	Отсутствует
3	2620; 46°41'491" с.ш., 93°31'229" в.д.	Расположена на второй надпойменной террасе	Средняя высота – 5–7 см, верхний ярус – 20–25 см. Общее проективное покрытие – 60%	<i>Eritrichium subrupestre</i> <i>Carex duriuscula</i> <i>Elymus kronokensis</i> <i>Panzerina lanata</i> <i>Koeleria cristata</i> <i>Poa altaica</i>	Средняя
4	2600; 46°41'707" с.ш., 93°31'171" в.д.	Расположена на второй речной террасе, покрыта мелкой каменной россыпью	Средняя высота – 3–4 см, верхний ярус – 14 см. Общее проективное покрытие – 80%	<i>Eritrichium subrupestre</i> <i>Carex duriuscula</i> <i>Eremogone meyeri</i> <i>Panzerina lanata</i> <i>Leontopodium ochroleucum</i> <i>Elymus kronokensis</i> <i>Koeleria cristata</i> <i>Potentilla bifurca</i>	Сильная
5	2595; 46°39'222" с.ш., 93°32'439" в.д.	Расположена на первой речной террасе, покрыта каменной россыпью со следами временного водотока	Средняя высота – 7–10 см, верхний ярус – 20 см. Общее проективное покрытие – 80%	<i>Eritrichium subrupestre</i> <i>Carex duriuscula</i> <i>Eremogone meyeri</i> <i>Festuca ovina</i> <i>Panzerina lanata</i> , <i>Potentilla bifurca</i> <i>Koeleria cristata</i>	Сильная
6	2590; 46°41'698" с.ш., 93°31'122" в.д.	Простирается вдоль северо-восточного склона, имеющего конус выноса обломочного материала	Средняя высота – 7–10 см, верхний ярус – 20 см. Общее проективное покрытие – 60%	<i>Eritrichium subrupestre</i> <i>Eremogone meyeri</i> <i>Carex duriuscula</i> <i>Panzerina lanata</i> <i>Elymus kronokensis</i> <i>Orostachys spinosa</i> <i>Comarum salesovianum</i>	Сильная

Степень нарушенности естественного ландшафта средняя и высокая, что подтверждается высоким проективным покрытием растений, не поедаемых скотом *Eritrichium subrupestre*, *Eremogone meyeri*, *Comarum salesovianum*, низким участием поедаемых скотом злаков и осок, видов семейства бобовых, низкорослым травяным ярусом и высокой поврежденностью побегов съедобных для скота видов растений, а также – наличием скотопрогонных троп.

Выводы

Установлено, что изменения растительного покрова хребта Сутай вызваны как природными факторами, так и деятельностью человека. Основной естественной причиной трансформации высокогорных ландшафтов является потепление климата, характерное как для региона исследований, так и для всей территории Западной Монголии. Статистический анализ среднегодовой

температуры за период с 1961 по 2016 гг. по метеостанциям, расположенным на территории Западной Монголии, показывает устойчивый положительный тренд почти для всех станций [7]. Например, для ближайшей к району проведения экспедиционных работ станции Дарви, увеличение среднегодовой температуры за период с 1973 по 2016 гг. составляет 2,2 °С. Результаты полевых работ показали, что дегляциация хребта идет достаточно динамично и поступательно в течение последних десятилетий и при сохранении современных трендов оледенение хребта Сутай (так же как хребтов Цамбагарав и Мунххайрхан) может практически исчезнуть уже к 2100 г. [3].

Анализ состояния антропогенной нарушенности территории показал ухудшение состояния естественных ландшафтов в процессе человеческой деятельности, выражающееся в угнетении растительных сообществ. На некоторых площадках степень пастбищной дигрессии достигает 60%. Причем чем выше к вершине, тем наблюдается меньшая степень нарушенности ландшафта. Прежде всего подобная ситуация зависит главным образом от коэффициента доступности территории. Относительно общей степени доступности районов сомона исследуемая территория имеет очень низкий коэффициент из-за полного отсутствия даже гравийных дорог, большого количества речных переправ, факторов климатоформирующих рисков и т.п. Но даже на этой малодоступной территории развитие отгонного пастбищного скотоводства привело к значительному изменению ландшафтного облика. Следовательно, для поддержания экологического баланса растительных сообществ необходимо учитывать весь комплекс происходящих на этой территории процессов. Для этого необходим дальнейший систематический мониторинг данного модельного тест-участка, что планируется осуществлять в результате будущих экспедиционных работ.

Авторы выражают благодарность инженеру ЛДУЭ ИМКЭС СО РАН С.Н. Скороходову, принимавшему участие в работе по определению растений.

Публикация подготовлена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-55-44022 Монг_а).

Список литературы

1. Lehmkuhl F., Klinge M., Stauch G. The extent and timing of Late Pleistocene Glaciations in the Altai and neighbouring mountain systems // *Extent and Chronology*. – 2011. – vol. 15. – P. 967–979.
2. Амортаргал Аюурдана. Исследование химического состава эфирных масел отдельных видов полыни в Монголии // *Сохранение разнообразия растительного мира Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии: материалы I междунар. конф. (Кызыл, 05–07 июня 2016 г.)*. – Изд-во ТувИКОПР СО РАН, 2016. – С. 59–60.
3. Отгонбаяр Дэмбэрэл. Морфометрическая и ресурсная характеристика современного оледенения Монгольского Алтая (горный узел Цамбагарав, хребты Мунххайрхан и Сутай) / Дэмбэрэл Отгонбаяр // *Вестник Томского государственного университета*. – 2013. – № 369. – С. 183–185.
4. Регионы Монголии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.legendtour.ru/rus/mongolia/regions/khovd-aimag.shtml> (дата обращения: 18.09.2017).
5. Юнатов А.А. Основные черты растительного покрова Монгольской народной республики. Труды Монгольской комиссии / А.А. Юнатов. – Выпуск 39. – Изд-во Академии наук СССР. – 1950. – 223 с.
6. Тимошок Е.Н., Тимошок Е.Е. Динамика важнейших количественных показателей первичной сукцессии на невозмущаемых и возмущаемых участках молодых морен ледника Малый Актру (Северо-Чуйский хребет) / Е.Н. Тимошок, Е.Е. Тимошок // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11. – С. 122–127.
7. Mongolia Second Assessment Report on Climate Change (MARCC-2014). Ulanbataar, Ministry of Environment and Green Development of Mongolia. – 2014. – 302 p.

References

1. Lehmkuhl F., Klinge M., Stauch G. The extent and timing of Late Pleistocene Glaciations in the Altai and neighbouring mountain systems // *Extent and Chronology*. 2011. vol. 15. pp. 967–979.
2. Amortargal Ajuurdana. Issledovanie himicheskogo sostava jefirnyh masel otdelnyh vidov polyni v Mongolii // *Sohranenie raznoobrazija rastitel'nogo mira Tuvy i sopredelnyh regionov Centralnoj Azii: materialy I mezhdunar. konf. (Kyzyl, 05–07 ijunja 2016 g.)*. Izd-vo TuvIKOPR SO RAN, 2016. pp. 59–60.
3. Otgonbajar Djembjerel. Morfometricheskaja i resursnaja harakteristika sovremennogo oledenenija Mongolskogo Altaja (gornyj uzel Cambagarav, hrebty Munhhajrhan i Sutaj) / Djembjerel Otgonbajar // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. no. 369. pp. 183–185.
4. Regiony Mongolii [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.legendtour.ru/rus/mongolia/regions/khovd-aimag.shtml> (data obrashhenija: 18.09.2017).
5. Junatov A.A. Osnovnye cherty rastitelnogo pokrova Mongolskoj narodnoj respubliki. Trudy mongolskoj komisii / A.A. Junatov. Vypusk 39. Izd-vo Akademii nauk SSSR. 1950. 223 p.
6. Timoshok E.N., Timoshok E.E. Dinamika vazhnejshih kolichestvennyh pokazatelej pervichnoj suksessii na nevoz-mushhaemyh i voz-mushhaemyh uchastkah molodyh moren lednika Malyj Aktru (Severo-Chujskij hrebet) / E.N. Timoshok, E.E. Timoshok // *Fundamentalnye issledovanija*. 2013. no. 11. pp. 122–127.
7. Mongolia Second Assessment Report on Climate Change (MARCC-2014). Ulanbataar, Ministry of Environment and Green Development of Mongolia. 2014. 302 p.

УДК 551.4:528(571.54)

СОВРЕМЕННОЕ ЭКЗОГЕННОЕ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ ОКИНСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)**Выркин В.Б., Масютина Ю.А.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: vyrkin@irigs.irk.ru, ellada308@mail.ru*

Окинское плоскогорье, расположенное в юго-восточной части Восточного Саяна, отличается плоско- и округловершинными междуречьями и окружено альпийскими горными хребтами. Для него характерен геоморфологический ряд, состоящий из сочетаний вершинных поверхностей, склонов и днщ речных долин и котловин. В соответствии с этим положением впервые проведено исследование основных закономерностей современного экзогенного рельефообразования плоскогорья и выявлены ведущие процессы, определяющие характер морфогенеза в различных экзоморфодинамических условиях, отличающихся зависимостью как от климатических параметров, так и от изначальной морфологии рельефа, обусловленной историей геолого-геоморфологического развития этого специфического региона Восточного Саяна. Кратко охарактеризованы основные черты рельефа плоскогорья, позволившие увидеть коренные отличия морфологических ландшафтов юго-западной и северо-восточной его частей. Дано описание форм проявления ведущих экзогенных процессов для вершинных поверхностей, склонов и днщ речных долин и котловин. Проведено картографирование ведущих экзогенных процессов морфогенеза и ранжирование их по степени участия в современном рельефообразовании, основанные на принципах и методах, разработанных в рамках Иркутской школы экзогенной геоморфологии. Анализ созданной карты позволил выявить спектр ведущих экзогенных процессов (криогенно-склоновых, криогенных, флювиальных и гравитационно-склоновых), создающих и моделирующих рельеф изученной территории. Для гумидного типа экзогенного морфогенеза, свойственного Окинскому плоскогорью с его континентальным климатом и повсеместным развитием многолетней мерзлоты, важнейшим фактором современного рельефообразования является криогенез, накладывающийся на особенности морфологии рельефа. Формы проявления флювиальных процессов исключительно разнообразны и определяются особенностями геолого-геоморфологического строения территории. Локально представлены процессы осыпания, обваливания и карста.

Ключевые слова: экзогенное рельефообразование, ведущие процессы, картографирование, плоскогорье, вершинные поверхности, склоны, речные долины, котловины

THE MODERN EXOGENOUS LANDFORMING OF THE OKINSKOE HIGHLAND (EASTERN SAYAN)**Vyrkin V.B., Masyutina Yu.A.***V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: vyrkin@irigs.irk.ru, ellada308@mail.ru*

The Okinskoe highland is located in the southeastern part of the Eastern Sayan, and it is characterized by flat and roundly apices of interflaves and it is surrounded by alpinotypic mountain ridges. It is characterized by a geomorphological rows which are consisting of combinations of vertex surfaces, slopes and river valley beds and depressions. In accordance with the thesis the study of the main regularities of the modern exogenous landforming, and the leading processes which are identified the nature of morphogenesis in the different exomorphogenesis conditions differing both in their dependence on climatic parameters and on the initial morphology of the relief, due to the history of geological and geomorphological development of this particular region of the Eastern Sayan were first conducted. The main features of the landforms of the highland are briefly described, which made it possible to see the fundamental differences between the morphological landscapes of the southwestern and northeastern parts of it. The description of the manifestation types of the leading exogenous processes for *apical* surfaces, slopes and river valley beds and basins is given. The mapping of the leading exogenous processes of morphogenesis and ranking them according to the degree of participation in modern landforming was carried out, based on the principles and methods developed within the framework of the Irkutsk school of exogenous geomorphology. The analysis of the created map made it possible to reveal a spectrum of leading exogenous processes (cryogenic-slope, cryogenic, fluvial and gravitational-slope) which created and modeling the landforms of the studied area. For the humid type of exogenous morphogenesis inherent in the Okinskoe highland with its continental climate and widespread development of permafrost, the most important factor in modern landforming is cryogenesis, which overlaps the features of the morphology. The types of manifestation of fluvial processes are extremely diverse and determined by the features of the geological and geomorphological structure of the area. The processes of falling, sloughing and karst are locally presented.

Keywords: exogenous landforming, leading processes, mapping, highland, epic surfaces, slopes, river valleys, basins

Исследование экзоморфодинамики является актуальной задачей современной геоморфологии. Необходимость подробного изучения экзогенных рельефообразующих процессов обусловлена их непосредственным влиянием на хозяйственную деятельность человека. Анализ процессов экзогенного морфогенеза не-

обходим для определения степени экологического риска освоения территории и решения проблем рационального природопользования. К настоящему времени Окинское плоскогорье в экологическом отношении является благополучным регионом из-за слабой его освоенности. Однако хозяйственное воздействие на этот

район постоянно увеличивается, поэтому анализ экзоморфогенеза представляется совершенно необходимым, особенно для этой слабоизученной в геоморфологическом отношении территории. Цель нашего исследования – определение спектра экзогенных процессов, формирующих современный рельеф, их характеристика и выявление среди них наиболее значимых при решении задач оценки геоморфологического риска.

Материалы и методы исследования

Полевое исследование морфогенеза Окинского плоскогорья проводилось в период с 2010 по 2017 гг. и охватило практически всю его территорию. Это плоскогорье расположено в юго-восточной части Восточного Саяна на высотах от 1100 до 2900 м и со всех сторон ограничено альпинотипными горными массивами до отметок 3000 м и выше. Основные морфологические особенности плоскогорья – это наличие останцов мел-палеогеновой поверхности выравнивания, которые на значительных участках бронированы покровами неогеновых базальтовых лав, следов плейстоценовых оледенений и разновысотных морфоструктурных ступеней, отнесенного Г.Ф. Уфимцевым [1] к сибиретипным горам. Плоскогорье на плиоцен-четвертичном этапе не претерпело значительных изменений благодаря промежуточному положению между вершинной и базисной поверхностью Восточного Саяна и частично бронирования базальтовыми лавами [2]. Области с древним денудационным рельефом, почти не измененным последующими процессами, здесь занимают площади более 400 км².

В юго-западной части плоскогорья в бассейнах рек Тиссы и Дибы расположено базальтовое плато, которое В.И. Ташак и Д.В. Кобылкин [3] именуют Окинским. Во избежание путаницы в терминологии (Окинское плато составляет одно из геоморфологических элементов Окинского плоскогорья) предлагается это плато называть Диб-Тиссинским, поскольку большая его часть находится в бассейнах этих рек. Площадь распространения базальтов, среди которых «вершинные» преобладают над «долинными», здесь превышает 3000 км², располагаясь на абсолютных высотах 1700–2400 м [4]. На правобережье Оки и в верховьях Белой и Урика располагаются гранитные массивы Бельских, Урикских и Сорокских Гольцов с высотами до 2200–2900 м. Здесь над пологоволнистой поверхностью более на чем 400 м возвышаются отдельные караваеподобные гольцы.

На северо-западе Окинского плоскогорья расположена Окинская котловина, имеющая почти широтное простирание и включающая долины рек Оки, Жомболока и Улзыты (Илеза). Ее длина составляет 60, ширина 2–10 км, а абсолютная высота дна – 1175–1400 м. Она представляет собой грабен, заполненный кайнозойскими отложениями, борта которого представлены уступами сбросов, четко выраженных в рельефе. Ильчиро-Китойская котловина, протягивающаяся с юго-запада на северо-восток на 20–25 км и имеющая ширину от 2 до 5 км, расположена в юго-восточной части плоскогорья на его контакте с Тункинскими и Китойскими Гольцами на высоте 1900–2050 м.

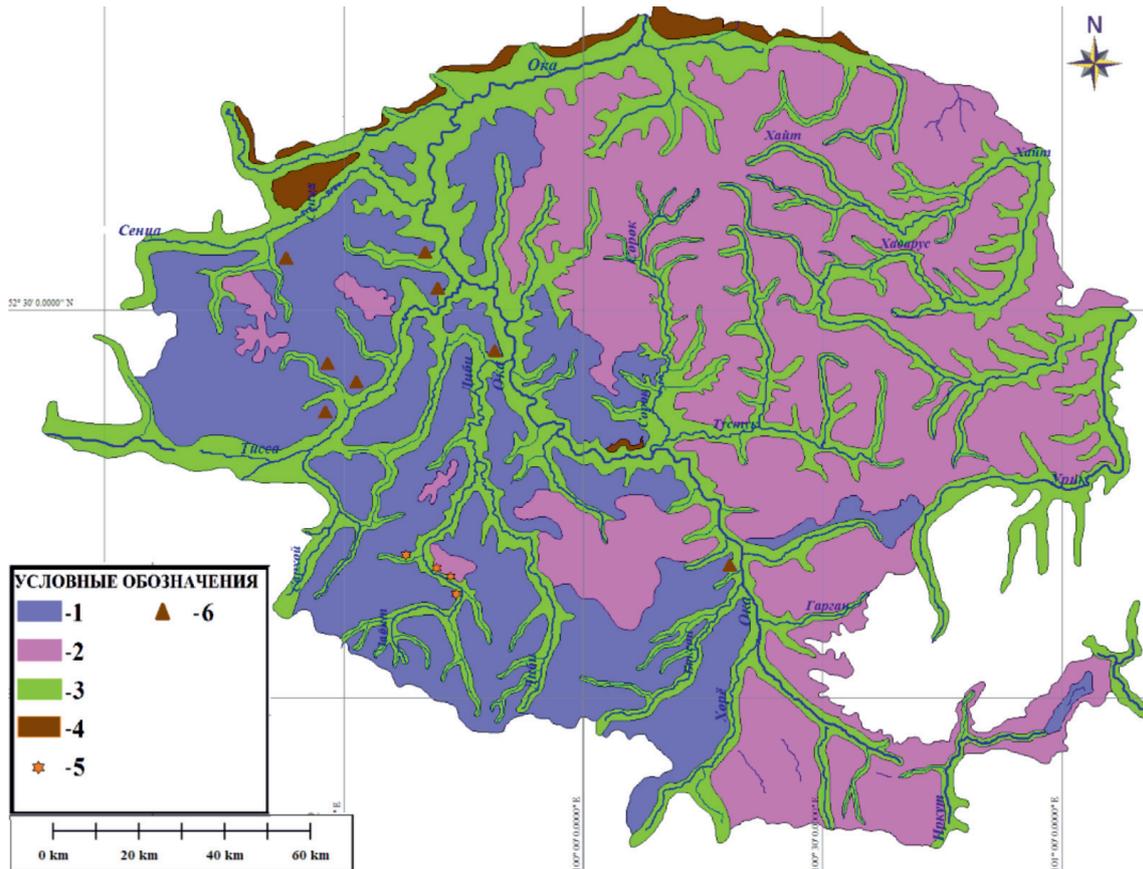
В общем виде рельефообразование на плоскогорье может быть разделено на морфогенез вершинных поверхностей, склонов и днищ речных долин и котловин. Г.С. Ананьев [5] выделяет три основных морфологических типа вершинных поверхностей, из которых здесь доминируют два – плоско- и округловершинный, формирование которых обусловлено процессами денудации базальтовых плато, участков древних поверхностей выравнивания, высоких горстов и ступенчатых глыбовых поднятий. На плоскогорье наблюдаются следующие экзоморфодинамические пояса: низкогорный (1200–1500 м), среднегорный (1600–1900 м) и высокогорный (2000–2900 м). В их пределах роль климатического фактора в современном рельефообразовании различна.

Важнейшим методом изучения современного экзогенного рельефообразования является картографирование процессов. В результате проведенных исследований для плоскогорья была составлена карта ведущих экзогенных процессов рельефообразования (рисунок). Методической основой при картосоставлении послужили теоретические разработки геоморфологов Института географии СО РАН, включающие анализ проблем морфогенеза путем выделения ведущих процессов [6]. Создаваемый экзогенными процессами комплекс малых форм рельефа обладает яркой спецификой и некоторыми особенностями развития в пределах разных участков Окинского плоскогорья. Подсчет площадей развития ведущих процессов показал, что наибольшее распространение среди них имеют криогенно-склоновые (37%), флювиальные (34%) и криогенные (25%). Локально представлены гравитационно-склоновые и карстовые процессы.

Результаты исследования и их обсуждение

Сплошное распространение многолетнемерзлых пород на плоскогорье определяет развитие широкого спектра процессов, связанных с их воздействием на рельеф. Эти процессы подразделяются на два класса – криогенные и криогенно-склоновые. На вершинах преобладают криогенные процессы, которые представлены морозным выветриванием, сезонным и многолетним морозным пучением и просадкой, термокарстом, морозным растрескиванием и сортировкой. В результате их развития формируются разнообразные формы микрорельефа, среди которых наиболее распространены пятна-медальоны, каменные кольца, каменные пятна, трещинные полигоны, бугры пучения, термокарстовые западины и озера.

Наиболее широкое распространение процессы криогенеза приобрели на обширных участках платобазальтов, распространенных на левобережной части бассейна р. Оки, где на многих участках происходит пучение и просадка грунтов, а также растрескивание с образованием бугров пучения, пятен-медальонов и трещинных полигонов.



Ведущие экзогенные процессы рельефообразования на Окинском плоскогорье. Площадное распространение: 1 – криогенные; 2 – криогенно-склоновые; 3 – флювиальные; 4 – гравитационно-склоновые. Локальное распространение: 5 – карстовые; 6 – гравитационно-склоновые

На востоке плоскогорья, на вершинах Сорокских и Бельских Гольцов, под действием морозного выветривания осуществляется подготовка обломочного материала, который смещается вниз по склону за счет процессов криогенной десерпции. Наиболее типичным участком является водораздел р. Улзыты и Урика, характеризующийся пологохолмистым моренным рельефом, где в большом количестве отмечены пятна-медальоны, трещинные полигоны. Аналогичные проявления криогенных процессов различной степени интенсивности характерны для южной части плоскогорья на водоразделах Оки и Иркутта, Хорё и Боксона.

На высотах 1500–1800 м интенсивность процессов снижается, но на плоских водораздельных поверхностях развиваются процессы морозного пучения и морозной сортировки, формирующие каменные пятна, кольца и узлы. Довольно распространенным явлением на плоскогорье является термокарст, проявления которого отмече-

ны в Ильчиро-Китойской котловине, возле оз. Олон-Нур и в бассейне р. Сенцы возле пос. Шаснур, где многочисленны мелкие термокарстовые западины и озера.

На склонах плоскогорья чрезвычайно широко распространены криогенно-склоновые процессы, в первую очередь это процессы криогенной десерпции и солифлюкции. Характерной формой рельефа, возникающей в результате совокупного действия процессов десерпции и подповерхностного смыва, являются курумы, которыми заняты значительные площади на плоскогорье. Процессы солифлюкции (быстрой и медленной) также развиты на плоскогорье широко и характерны для склонов долин и междуречий.

Криогенно-склоновые процессы на плоскогорье подчинены экзоморфодинамической вертикальной поясности. В его пределах на высотах от 2000–2200 м и выше господствуют процессы курумообразования. Далее, вниз по склону и с уменьшени-

ем уклонов поверхности, курумы замедляют свое движение и часто в нижних частях склонов покрываются лишайниками. Однако процессы подповерхностного смыва продолжаются, в результате чего выносятся мелкозем и у подножий иногда формируются шлейфы. На высотах 1800–1900 м у верхней границы леса и на плоских участках распространены каменные россыпи, представляющие собой завершившие активное развитие реликтовые курумы.

На высотах 1800–2200 м на переувлажненных склонах с уклонами от 3–5° до 15–20° развиваются процессы криогенной солифлюкции. Для склонов крутизной 3–7° характерна медленная солифлюкция, а на более крутых при достаточной увлажненности происходит быстрая солифлюкция. В пределах Ильчирско-Китойской котловины на высотах 2200–2300 м на склонах южной экспозиции с уклонами 15–20° отмечены гирлянды солифлюкционных террас. Переувлажненность территории также является фактором для развития процессов термоэрозии, которые происходят в совокупности с солифлюкцией. Формируемые термоэрозией формы рельефа – делли – прямолинейные русла временных водотоков, по которым происходит сток талых вод, являются характерной формой высокогорного пояса. На склонах, где затруднено проявление солифлюкции, а уклоны недостаточны для развития гравитационно-склоновых процессов, происходит медленное перемещение рыхлого материала за счет процессов дефлюкции или крипа. Ниже 1800–1700 м криогенно-склоновые процессы широкого распространения не имеют, поскольку происходит увеличение уклонов, что препятствует проявлению криогенно-склонового морфогенеза.

Наиболее широкое распространение солифлюкция и курумообразование имеют в восточной и южной частях плоскогорья в пределах Сорокских и Бельских Гольцов. В западной части плоскогорья курумы распространены в меньшей степени, что связано с тем, что здесь преобладают плоские слабонаклонные поверхности. Наиболее благоприятны для развития курумов поля гранитов, которые способны дробиться на крупные глыбы. Базальты менее подвержены процессам курумообразования, поскольку имеют свойство разрушаться на более мелкие обломки. Процессы солифлюкции широкое распространение получили в южной и восточной части плоскогорья.

В связи со значительной степенью вертикального расчленения плоскогорья на его территории повсеместно представлены гравитационно-склоновые процессы (осыпание, обваливание). Наиболее интенсивно они развиваются на высотах 1700 м и ниже. Основными участками их распространения являются глубоко врезанные в поверхность плоскогорья долины рек, характеризующиеся крутыми и отвесными склонами. Это участки долины Оки и её левых притоков (Дибь, Забит, Тисса, Сенца, Сайлаг и другие). В восточной части плоскогорья на склонах долин рек Урика, Бол. Белой, Хончина также происходят интенсивные процессы обваливания и осыпания. Денудационные части склонов изрезаны руслами временных водотоков и склоновых селей. В результате совокупного действия этих процессов у подножий склонов формируются мощные конусы выноса. В тех случаях, когда реки или временные водотоки размывают рыхлые породы (участки террас, морены), помимо осыпания и обваливания развиваются процессы микрооползания, так называемые сплывы, когда с подстилающего рыхлого материала смещается часть дернового слоя. Интенсивные процессы осыпания и обваливания, а также селеобразования характерны для краевых частей Окинской котловины, где ее ограничивает хребет Кропоткина.

В пределах высокогорья гравитационно-склоновые процессы широкого распространения не имеют, поскольку данная территория не характеризуется крутыми склонами. Стоит отметить наличие участков локального развития процессов гравитационного рельефообразования в карах, которые единично развиты на склонах Сорокских и Бельских Гольцов. На крутых, более 35°, стенках каров интенсивно развиваются обвально-осыпные процессы, характерны также склоновые сели. У верхних бровок склонов накапливаются значительные снежные массы, которые способствуют сходу лавин.

В нижних частях склонов Окинской котловины активно развивается овражная эрозия, особенно в местах интенсивного антропогенного воздействия на рельеф (прокладка дорог и других инженерных сооружений).

Современное рельефообразование в долинах плоскогорья представлено деятельностью постоянных и временных водотоков. Рельефообразующая роль постоянных водотоков выражена в деятельности основ-

ных рек плоскогорья – Оки, Тиссы, Дибь, Хорё, Сорока, Бол. Белой, Урика и их притоков. На морфологический облик долин оказали влияние плейстоценовые оледенения, вулканическая и новейшая тектоническая деятельность. На большей части плоскогорья преобладают процессы глубинной эрозии. Долины рек врезаются в поверхность плоскогорья до глубины в несколько сот метров. Так, превышение поверхности водораздела над днищем р. Тиссы в нижнем течении составляет 500–600 м. Характерные типы речных долин – теснины и каньоны. При этом глубина эрозионного расчленения территории плоскогорья усиливается с севера на юг.

В пределах базальтовых плато распространены прямолинейные долины с прямоугольными изгибами, что объясняется их разработкой по разломам [7]. Другой морфологией характеризуются реки восточной и южной части плоскогорья. В верхнем и среднем течении многие долины плоские, обладают плавным продольным профилем, некоторые из них имеют троговый профиль со слабоогнутыми склонами и широкими заболоченными днищами, по которым реки спокойно меандрируют или разбиваются на множество рукавов, тем самым формируя пойменную многорукавность. В их нижнем течении эрозионный врез усиливается, в долинах сформирован пойменно-террасовый комплекс, притоки впадают в главные реки со значительными уклонами. Крайняя восточная часть плоскогорья характеризуется значительной глубиной эрозионного расчленения. Долины рек Урик, Бол. Белая, Хончин врезаются на глубину до нескольких сотен метров и формируют долины типа теснин и каньонов.

Для процессов флювиального рельефообразования, для временных и постоянных водотоков на территории плоскогорья, характерна экзоморфодинамическая поясность. В горах выше 2000–2100 м деятельность рек большого значения не имеет, там находятся лишь их истоки. Флювиальные процессы большей частью представлены работой временных водотоков. На высотах 1800–2000 м долины рек часто не выработаны, днища плоские и заболоченные. Многие долины имеют форму трогов. Наиболее распространенный тип руслового процесса – свободное меандрирование, также встречаются участки с развитием пойменной многорукавности. На высотах 1600–1700 м эрозионный врез усиливается. На многих участках долин сформирован пойменно-

террасовый комплекс. В долине р. Оки, на участке от устья р. Хорё до Окинской котловины, практически на всем ее протяжении сформированы низкая и высокая поймы (1,5 и 3 м), первая и вторая надпойменные террасы (4–6 и 10–12 м). Притоки Оки в большинстве своем также характеризуются наличием нескольких уровней поймы и надпойменных террас. Деятельность временных водотоков развита в поймах и на крутых склонах долин основных притоков Оки, где они нередко приобретают характер селевых потоков. На территории плоскогорья широко развито наледообразование.

В пределах Окинской котловины рекой Окой сформированы аллювиальные равнины, её притоки Жомболок и Сенца имеют два уровня поймы (0,5 и 1–2 м) и пять уровней надпойменных террас (3–7, 8–12, 13–15, 18–20, 23–24 м) [7]. Некоторые реки котловины глубоко врезаются в днище долин и имеют вид каньонов. Для приустьевых участков рек Сенца и Сайлаг характерны висячие русла.

Таким образом, флювиальные процессы и созданные ими формы рельефа имеют на плоскогорье широкое распространение, однако увеличение интенсивности и возрастание их значения в структуре экзогенного рельефообразования характерно для низких гипсометрических уровней, где ниже 1700 м они практически повсеместно играют ведущую роль.

Заключение

Современное экзогенное рельефообразование в пределах Окинского плоскогорья осуществляется широким спектром процессов (криогенно-склоновых, криогенных, флювиальных, гравитационно-склоновых), создающих и моделирующих рельеф его ведущих поверхностей, склонов, днищ речных долин и котловин. Преобладание того или иного процесса на разных участках плоскогорья обусловлено особенностями геолого-геоморфологического строения и специфики ландшафтно-климатических условий. На плоских участках базальтовых плато в западной и центральной частях плоскогорья преобладают криогенные, а в восточной части плоскогорья, в районе развития пологокупольных гольцовых массивов интенсивно протекают криогенно-склоновые процессы. Современное рельефообразование в днищах речных долин и котловин осуществляется флювиальными процессами различной интенсивности и направленности – от активного врезания и об-

разования каньонов до формирования аккумулятивных террас и пойм, что обусловлено особенностями структурно-геологического и геоморфологического строения территории. Различия в процессах современного экзоморфогенеза также находятся в зависимости от гипсометрии поверхностей (вертикальная экзоморфодинамическая поясность), что связано с изменением ландшафтно-климатических условий с высотой.

Среди геоморфологических процессов, представляющих основную опасность, и могущих нанести наибольший ущерб состоянию природной среды, относятся флювиальные, гравитационно-склоновые и криогенные. В последнее время на исследуемой территории кроме традиционного животноводства развивается горнодобывающая промышленность. В Окнинской котловине возведен горно-обоганительный комбинат по переработке золотосодержащих руд месторождения «Коневинское», которое сейчас находится на консервации. Возможное будущее возобновление его работы может представлять экологическую опасность из-за воздействия таких флювиальных процессов, как русловая эрозия и аккумуляция селевых потоков и паводков. Эти же процессы представляют главную опасность и для функционирования других природно-антропогенных комплексов региона.

Список литературы

1. Уфимцев Г.Ф. Горы Земли (климатические типы и феномены новейшего орогенеза) / Г.Ф. Уфимцев. – М.: Научный мир, 2008. – 352 с.
2. Возраст формирования и деструкции мезозойско-кайнозойской поверхности выравнивания в Восточном Са-

яне / А.В. Аржанникова [и др.] // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 7. – С. 894–905.

3. Ташак В.И. Исследование пещеры Горомэ на Окнинском плато / В.И. Ташак, Д.В. Кобылкин // Вестник Бурят. науч. центра СО РАН. – 2015. – № 4 (20). – С. 11–19.

4. Геохронология и геодинамика позднего кайнозоя (Южная Сибирь – Южная и Восточная Азия) / С.В. Рассказов [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2000. – 288 с.

5. Ананьев Г.С. Динамическая геоморфология. Формирование вершинных поверхностей: учеб. для вузов / Г.С. Ананьев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. – 173 с.

6. Выркин В.Б. Современные экзогенные процессы рельефообразования: картографирование, анализ структур, районирование / В.Б. Выркин // География и природные ресурсы. – 2008. – № 4. – С. 123–129.

7. Выркин В.Б., Опекунова М.Ю. Особенности строения речных долин на территории Окнинского плоскогорья / В.Б. Выркин, М.Ю. Опекунова // География и природные ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 106–113.

References

1. Ufimcev G.F. Gory Zemli (klimaticheskie tipy i fenomenu novejshego orogeneza) / G.F. Ufimcev. M.: Nauchnyj mir, 2008. 352 p.

2. Vozrast formirovaniya i destrukcii mezozojско-kajnozojскоj poverhnosti vyravnivaniya v Vostochnom Sajane / A.V. Arzhannikova [i dr.] // Geologija i geofizika. 2013. T. 54, no. 7. pp. 894–905.

3. Tashak V.I. Issledovanie peshery Gorome na Okinskom plato / V.I. Tashak, D.V. Kobylkin // Vestnik Burjat. nauch. centra SO RAN. 2015. no. 4 (20). pp. 11–19.

4. Geohronologija i geodinamika pozdnego kajnozoya (Juzhnaja Sibir Juzhnaja i Vostochnaja Azija) / S.V. Rasskazov [i dr.]. Novosibirsk: Nauka, 2000. 288 p.

5. Anan'ev G.S. Dinamicheskaja geomorfologija. Formirovanie verшинnyh poverhnostej: ucheb. dlja vuzov / G.S. Anan'ev. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1976. 173 p.

6. Vyrkin V.B. Sovremennye jezkogennye processy relefoobrazovaniya: kartografirovanie, analiz struktur, rajonirovanie / V.B. Vyrkin // Geografija i prirodnye resursy. 2008. no. 4. pp. 123–129.

7. Vyrkin V.B., Opekunova M.Ju. Osobennosti stroenija rechnyh dolin na territorii Okinskogo ploskogorja / V.B. Vyrkin, M.Ju. Opekunova // Geografija i prirodnye resursy. 2015. no. 2. pp. 106–113.

УДК 552.08

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРИСТОСТИ УЛЬТРАНИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ НА ДЕЗИНТЕГРИРОВАННОМ КЕРНЕ

Горшков А.М.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск,
e-mail: gorshkovam89@mail.ru

Баженовская свита является одним из самых крупных нетрадиционных резервуаров нефти в России, обладающим огромными ресурсами. Отложения баженовской свиты характеризуются высокой степенью неоднородности литологического состава, что обуславливает сложную структуру порового пространства. Точная оценка нетрадиционных ресурсов требует достоверного определения пористости пород, которое невозможно осуществить, используя стандартные методы анализа керна. Поэтому разработка методики определения открытой пористости ультранизкопроницаемых пород баженовской свиты является актуальной научной и практической задачей. В работе представлены результаты определения открытой пористости ультранизкопроницаемых пород баженовской свиты двумя методами, адаптированными для дезинтегрированного керна: газоволюметрическим методом и модифицированным методом жидкостенасыщения. Показана правомерность использования предложенных методов для определения открытой пористости на песчаниках путем сравнения результатов на цилиндрических образцах и дезинтегрированном керне. Найдена достоверная корреляционная связь между значениями объемных и минералогических плотностей, определенных двумя предложенными методами. Выявлено влияние размера частиц, массы навески и типа насыщающего флюида на значения открытой пористости. По результатам исследования разработана методика определения открытой пористости ультранизкопроницаемых пород баженовской свиты на дезинтегрированном керне и дана оценка метрологической характеристики методики. Разработанная методика может быть использована для исследования ультранизкопроницаемых пород, приуроченных к другим нетрадиционным резервуарам нефти типа доманиковых отложений и т.д.

Ключевые слова: открытая пористость, дезинтегрированный керн, ультранизкопроницаемая порода, размер фракции, масса навески, погрешность

METHOD FOR DETERMINING POROSITY IN ULTRA-LOW PERMEABILITY ROCK OF BAZHENOV FORMATION ON CRUSHED CORE

Gorshkov A.M.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: gorshkovam89@mail.ru

The Bazhenov formation represents one of the largest unconventional oil reservoir in Russia, possessing great natural resources. The Bazhenov formation deposits have complex pore space structure because of the high degree of lithological heterogeneity. Standard core analysis methods do not allow determining rock porosity definitely for an accurate estimation of unconventional resources. Therefore, actual scientific and practical task is to develop the approach for open porosity determination in ultra-low permeability rocks of the Bazhenov formation. In the article, results of open porosity determination in ultra-low permeability rocks of the Bazhenov formation by two methods adapted for crushed core were obtained. They are gas-volumetric method and modified liquid saturation method. The validity of using proposed methods for determining open porosity in sandstones by comparing the results on cylindrical samples and crushed core samples is presented. The reliable correlation between the values of bulk and grain densities, determined by the two proposed methods, is found. It was revealed that the particle size, sample weight and the type of saturant affect on the values of open porosity. Based on the study results, the method for determining open porosity in ultra-low permeability rocks of the Bazhenov formation on crushed core was developed. In addition, metrological performance of the method was estimated. The developed approach could be used to study ultra-low permeability rocks associated with other unconventional oil reservoirs such as Domanic deposits, etc.

Keywords: porosity, crushed core, ultra-low permeability rock, sample size, sample weight, error in the determination

В настоящее время традиционные запасы углеводородов истощаются во всем мире, в связи с чем все больший интерес представляют нетрадиционные ресурсы. В России самым крупным нетрадиционным резервуаром нефти является баженовская свита, расположенная в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Залежи нефти в отложениях этой свиты рассматриваются как один из самых важных объектов для восполнения ресурсной базы углеводородов в России [1, 2].

Главной особенностью баженовской свиты является сложное геологическое строение, связанное с высокой степенью неоднородности как вещественного состава самой толщи, так и коллекторов в ней [3]. Многообразие литотипов пород приводит к формированию сложной структуры порового пространства (пористость редко превышает 5%), определение объема которого является актуальной научной и экономической задачей для оценки ресурсов нефти баженовской свиты.

Применение стандартных общепринятых методик определения пористости пород баженовской свиты согласно ГОСТ 26450.1-85 [4] некорректно из-за мелкозернистой текстуры, ультранизкой проницаемости и высокого содержания органического вещества. Для оценки пористости сланцевых коллекторов (аналогов баженовской свиты) в мире широко применяются методы: ядерно-магнитного резонанса [5], ртутной капиллярной порометрии [6], насыщения деионизированной водой [7] и метод Gas Research Institute (GRI) [8–10]. Несмотря на то, что метод GRI на текущий момент является общепринятым методом для оценки петрофизических свойств сланцевых формаций, наиболее обсуждаемыми и спорными вопросами остаются размер частиц и степень дробления зерна [7, 10, 11].

Целью данной работы являлась разработка методики определения открытой пористости ультранизкопроницаемых пород баженовской свиты на дезинтегрированном зерне.

Материалы и методы исследования

Характеристика образцов

Лабораторные эксперименты проводились на образцах зерна баженовской свиты одного из месторождений Томской области. Исследуемые образцы были представлены кремнисто-глинистыми, глинисто-кремнистыми и карбонатными породами, характеризующимися разными значениями проницаемости. Для определения открытой пористости были отобраны навески дробленого зерна массой от 10 до 60 г разной фракции 0,5 – 1 мм (оптимальная согласно методу GRI [9]), 1–2 мм, 2–5 мм и 5–10 мм.

Все дезинтегрированные образцы зерна баженовской свиты подвергались экстракции спирто-бензольной смесью в аппарате Сокслета в течение 3–5 дней. Экстракцию прекращали после того, как растворитель становился прозрачным, а общее содержание органического вещества, измеренное с помощью пиролизатора Rock-Eval в контрольных образцах, уменьшалось до установленного порогового значения. Затем образцы сушили в вакуумном термощкафу при температуре 70 °С до постоянного веса.

Метод исследования и оборудование

Открытая пористость, объемная и минералогическая плотность определялась газоволометрическим методом на дезинтегрированных образцах зерна в рабочей камере пермеаметра SMP-200 (рис. 1), разработанного компанией Core Lab Reservoir Optimization.

В основе работы прибора лежит закон Бойля, по которому происходит калибровка референтного и «мертвого» объема с помощью калибровочных дисков (рис. 1). Объемная ($\rho_{об}$) и минералогическая ($\rho_{мин}$) плотность рассчитывается по падению давления, обусловленному проникновением газа в межзерновое пространство и микропоры отдельных частиц соответственно.

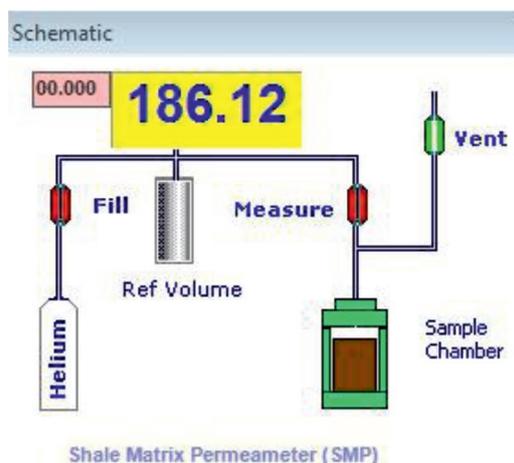


Рис. 1. Техническая схема пермеаметра SMP-200

Второй метод позволяет определять открытую пористость дезинтегрированных образцов зерна модифицированным методом жидкостенасыщения. Основное отличие предложенной методики от стандарта [4] заключается в расчете объема пустотного пространства раздробленного зерна, используя разность масс сухого образца, погруженного в насыщающую жидкость и насыщенного образца, погруженного в насыщающую жидкость. Модификация метода обусловлена некорректным определением веса насыщенного дезинтегрированного зерна в воздухе, так как остается жидкость насыщения между отдельными частицами.

Вычисление объемной и минеральной плотности ультранизкопроницаемых пород модифицированным методом жидкостенасыщения осуществляется согласно (1):

$$\rho_{об} = \frac{P_1}{P_1 - P_2} \cdot \rho_{ж}, \rho_{мин} = \frac{P_1}{P_1 - P_3} \cdot \rho_{ж},$$

где P_1 – вес сухого образца в воздухе («сухой вес»), г; P_2 – вес сухого образца, погруженного в рабочую жидкость, г; P_3 – вес насыщенного образца, погруженного в рабочую жидкость, г; $\rho_{ж}$ – плотность рабочей жидкости, г/см³. В качестве рабочей жидкости применялся керосин и слабоминерализованная вода (минерализация 10 г/л NaCl в дистиллированной воде).

Экспериментально установлено, что время необходимое для измерения веса P_2 составляет около 10–15 с. Минимизация времени взвешивания позволяет избежать насыщения навески рабочей жидкостью при погружении. Также требуется тщательное перемешивание частиц образца в рабочей жидкости для удаления воздуха из межгранулярного пространства.

Результаты исследования и их обсуждение

Апробация предложенных методов определения открытой пористости на песчаниках

Чтобы убедиться, что метод измельчения образцов горных пород обеспечивает достоверное определение открытой пористости, а предложенные методики дают корректные

результаты, были проведены эксперименты на традиционных песчаных коллекторах. Для этого 2 образца цилиндра с одинаковыми значениями петрофизических свойств, определенных стандартными методами, были измельчены и просеяны на ситах для исследования влияния размера фракции и массы навески на значения объемной и минералогической плотности. В работе для каждой фракции было проведено по два эксперимента и рассчитано среднее значение. В табл. 1 представлены результаты определения петрофизических свойств на дезинтегрированном керне модифицированным методом жидкостенасыщения, на рис. 2 – газоволюметрическим методом.

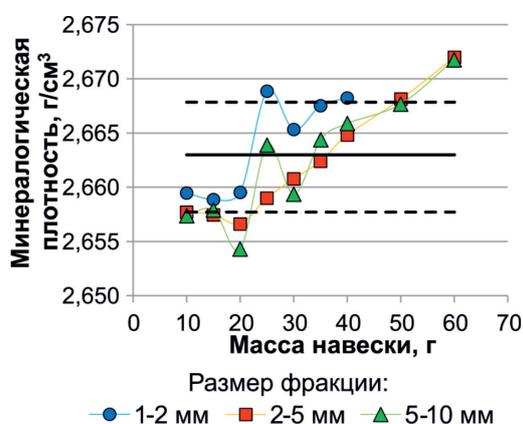


Рис. 2. Влияние массы навески и размера фракции дезинтегрированного песчаника на значения минералогической плотности. Сплошная линия – среднее значение плотности, полученное для 3 фракций; пунктирные линии – границы изменения значений плотности, определяемые среднеквадратичным отклонением внутрилабораторной прецизионности

Определение объемной плотности высокопроницаемых песчаников модифицированным методом жидкостенасыщения на раздробленном керне некорректно из-за бы-

строго проникновения минерализованной воды в крупные поры песчаника, поэтому предложенный метод может применяться только для определения объемной плотности низко и ультранизкопроницаемых пород.

Определение минералогической плотности газоволюметрическим методом для всех фракций песчаников показывает хорошую воспроизводимость результатов $\rho_{\text{мин}} = 2,663 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$ (рис. 2). Среднеквадратичное отклонение (СКО) повторяемости определения минералогической плотности составляет $\pm 0,001 \text{ г/см}^3$ (размер фракции частиц 2–5 мм, масса 30 грамм). Оптимальные массы навесок керна для определения минералогической плотности составляют 25–50 грамм. Также стоит отметить, что среднее значение минералогической плотности, полученное газоволюметрическим методом, практически полностью совпадает с модифицированным методом жидкостенасыщения (разница $0,001 \text{ г/см}^3$) и сходится со значением, полученным на цилиндрических образцах (разница $0,005 \text{ г/см}^3$).

Определение открытой пористости на дезинтегрированных образцах баженовской свиты

Статистические данные минералогической плотности, полученные газоволюметрическим методом для разных фракций при изменении массы навесок образца представлены на рис. 3. Результаты определения объемной плотности имеют схожую картину. В работе для каждой массы навески определенной фракции было проведено по два эксперимента и рассчитано среднее значение искомых параметров. Стоит отметить, что время между двумя последовательными экспериментами с одной и той же фракцией должно быть не меньше продолжительности эксперимента, так как необходимо определенное время для дегазации образца.

Таблица 1

Определение объемной, минералогической плотности и открытой пористости песчаников на цилиндрических образцах и дезинтегрированном керне

№ образца	Объемная плотность, г/см³		Минералогическая плотность, г/см³		Открытая пористость, %	
	Геометрический метод	Метод жидкостенасыщения	Газово-люметрический метод	Метод жидкостенасыщения	Газово-люметрический метод	Метод жидкостенасыщения
1	2,130	2,472 ± 0,009*	2,668	2,662 ± 0,005*	20,16	7,14 ± 0,18*
2	2,163		2,669		18,96	

Примечание. * Определение средних значений петрофизических свойств песчаников на дезинтегрированном керне (фракции 2–5 и 5–10 мм).

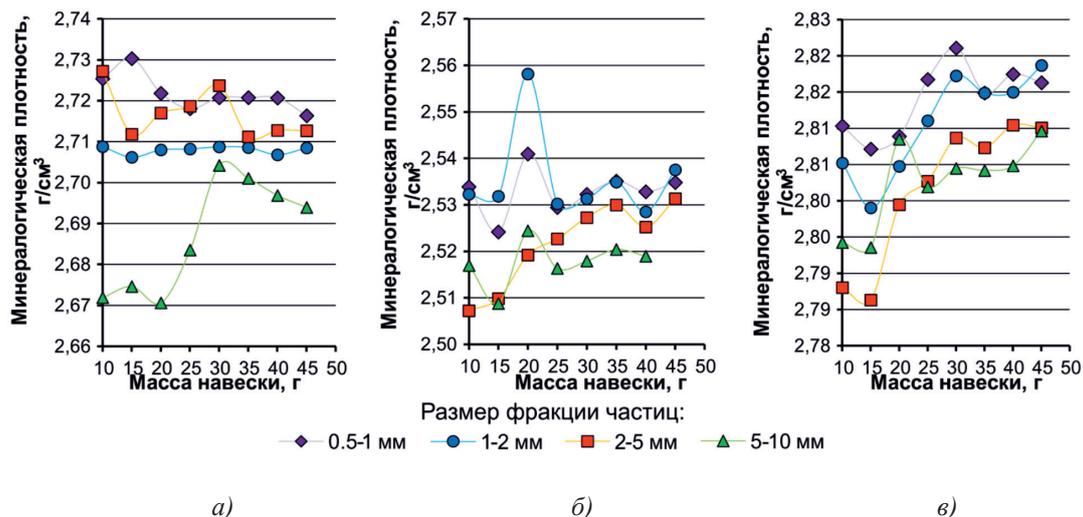


Рис. 3. Статистические данные минералогической плотности образцов керна разного литологического состава при изменении массы навески: а) кремнисто-глинистая порода (образец 15891); б) глинисто-кремнистая порода (образец 15837); в) карбонатная порода (образец 26GRI)

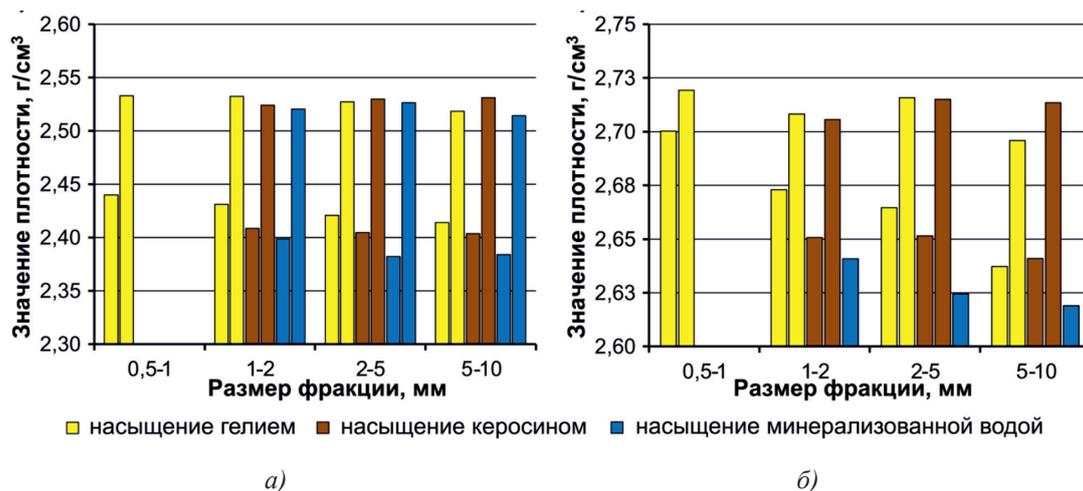


Рис. 4. Значения объемной и минералогической плотности образцов керна разного литологического состава в зависимости от размера фракции и типа насыщающего флюида: а) образец 15837; б) образец 15891

Рис. 3 демонстрирует стабильные значения минералогической плотности ультра-низкопроницаемых образцов при изменении массы навески от 25 до 45 г и высокую воспроизводимость результатов определения газовольюметрическим методом для разных фракций (СКО внутрилабораторной прецизионности не превышает $0,005 \text{ г/см}^3$).

Сравнение результатов определения объемной и минералогической плотности, полученных газовольюметрическим методом и модифицированным методом жидкостенасыщения на исследуемых ультранизкопроницаемых образцах керна баженовской

свиты представлено на рис. 4. На графике указаны средние значения объемной и минералогической плотности, полученные для разных фракций.

Из рис. 4 видно, что объемная плотность образцов, определенная газовольюметрическим методом, уменьшается при увеличении размера фракции. Этот эффект объясняется увеличением удельной поверхности образца при уменьшении размера частиц, в результате чего газ быстрее попадает во все открытые поры на поверхности. Объемная плотность, определенная модифицированным методом жидкостенасыщения водой на $0,02 \text{ г/см}^3$

меньше, чем по керосину, для всех исследуемых фракций в связи с гидрофобностью большинства горных пород баженовской свиты. Стабильные значения объемной плотности модифицированным методом насыщения водой получены для фракций 2–5 мм и 5–10 мм (разница менее 0,006 г/см³).

Минералогическая плотность образцов, определенная газовольюметрическим методом и модифицированным методом жидкостенасыщения керосином, имеет близкие значения для всех фракций частиц (разница не более 0,009 г/см³) кроме фракции 5–10 мм (рис. 4, а и б). Минералогическая плотность, полученная насыщением водой, меньше чем керосином, что также объясняется гидрофобностью образцов баженовской свиты.

Результаты определения объемной, минералогической плотности и открытой пористости исследуемых образцов баженовской свиты на дезинтегрированном керне предложенными методами представлены в табл. 2.

Таблица 2
Определение объемной, минералогической плотности и открытой пористости исследуемых образцов баженовской свиты на дезинтегрированном керне

Номер образца	Объемная плотность, г/см ³ (модифицированный метод жидкостенасыщения)	Минералогическая плотность, г/см ³ (газовольюметрический метод)	Открытая пористость, %
15891	2,622 ± 0,008	2,714 ± 0,006	3,41
15837	2,379 ± 0,004	2,531 ± 0,004	6,00
26GRI	2,785 ± 0,008	2,814 ± 0,005	1,01

Выводы

Для достоверного определения открытой пористости ультрамикронеодомных пород баженовской свиты на дезинтегрированном керне необходимо:

– Объемную плотность образцов определять модифицированным методом насыщения слабоминерализованной водой. Масса навески 20–25 грамм, размер фракции 2–5 мм или 5–10 мм.

– Минералогическую плотность определять газовольюметрическим методом. Масса навески 25–50 грамм, размер фракции 0,5–1 мм, 1–2 мм и 2–5 мм. Необходимо учитывать, что увеличение размера фракции приводит к увеличению продолжительности эксперимента в несколько раз.

Данные методические рекомендации могут быть использованы для исследования ультрамикронеодомных горных пород,

приуроченных к другим нетрадиционным резервуарам нефти типа доманиковых отложений и т.д.

Список литературы

1. Баженовская свита. Общий обзор, нерешенные проблемы / И.С. Афанасьев [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК Роснефть». – 2010. – № 4. – С. 20–25.
2. Баженовская свита – дополнительный источник углеводородного сырья в Западной Сибири / А.В. Лобусев [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2011. – № 3. – С. 28–31.
3. Интерпретация материалов геофизических исследований скважин нефтеносного разреза баженовской свиты: литотипы и их физические параметры / М.А. Павлова [и др.] // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – Т. 1, № 2. – С. 127–131.
4. ГОСТ 26450.1–85. Породы горные. Метод определения коэффициента открытой пористости жидкостенасыщением. – Введ. с 01.07.86 по 01.07.91. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
5. Yao Y., Liu D., Che Y., Tang D., Tang S., Huang W. Petrophysical characterization of coals by low-field nuclear magnetic resonance (NMR). *Fuel*. – 2010. – vol. 89, № 7. – P. 1371–1380.
6. Sigal R.F. Mercury capillary pressure measurements on Barnett core. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*. – 2013. – vol. 16, № 4. – P. 432–442.
7. Kuila U., McCarty D.K., Derkowski A., Fischer T.B., Prasad M. Total porosity measurement in gas shales by the water immersion porosimetry (WIP) method. *Fuel*. – 2014. – vol. 117. – P. 1115–1129.
8. Luffel D.L., Guidry F.K. New core analysis methods for measuring reservoir rock properties of Devonian shale // *SPE J. Petrol Technol.* – 1992. – vol. 44, № 11. – P. 1184–1190.
9. Luffel D.L., Guidry F.K. Development of laboratory and petrophysical techniques for evaluating shale reservoirs: Final report: GRI-95/0496. Gas Research Institute. – 1995. – 49 p.
10. Sun J., Dong X., Wang J., Schmitt D., Xu C., Mohammed T., Chen D. Measurement of total porosity for gas shales by gas injection porosimetry (GIP) method. *Fuel*. – 2016. – vol. 186. – P. 694–707.
11. Glorioso J.C., Rattia A.J. Unconventional reservoirs: basic petrophysical concepts for shale gas // *SPE/EAGE European Unconventional Resources Conference and Exhibition (Austria, Vienna, 20–22 March 2012)*, 2012. – P. 1–38.

References

1. Bazhenovskaja svita. Obshhij obzor, nereshennye problemy / I.S. Afanasev [i dr.] // Nauchno-tehnicheskij vestnik OAO «NK Rosneft». 2010. no. 4. pp. 20–25.
2. Bazhenovskaja svita dopolnitelnyj istochnik uglevodородного syrja v Zapadnoj Sibiri / A.V. Lobusev [i dr.] // Territorija Neftegaz. 2011. no. 3. pp. 28–31.
3. Interpretacija materialov geofizicheskikh issledovanij skvazhin neftenosnogo razreza bazhenovskoj svity: litotipy i ih fizicheskie parametry / M.A. Pavlova [i dr.] // Interjekspos Geo-Sibir. 2012. T. 1, no. 2. pp. 127–131.
4. GOST 26450.1–85. Porody gornye. Metod opredelenija koeficienta otкрытой poristosti zhидkostenасыsheniem. Vved. c 01.07.86 po 01.07.91. M.: Izd-vo standartov, 1986. 8 p.
5. Yao Y., Liu D., Che Y., Tang D., Tang S., Huang W. Petrophysical characterization of coals by low-field nuclear magnetic resonance (NMR). *Fuel*. 2010. vol. 89, no. 7. pp. 1371–1380.
6. Sigal R.F. Mercury capillary pressure measurements on Barnett core. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*. 2013. vol. 16, no. 4. pp. 432–442.
7. Kuila U., McCarty D.K., Derkowski A., Fischer T.B., Prasad M. Total porosity measurement in gas shales by the water immersion porosimetry (WIP) method. *Fuel*. 2014. vol. 117. pp. 1115–1129.
8. Luffel D.L., Guidry F.K. New core analysis methods for measuring reservoir rock properties of Devonian shale // *SPE J. Petrol Technol.* 1992. vol. 44, no. 11. pp. 1184–1190.
9. Luffel D.L., Guidry F.K. Development of laboratory and petrophysical techniques for evaluating shale reservoirs: Final report: GRI-95/0496. Gas Research Institute. 1995. 49 p.
10. Sun J., Dong X., Wang J., Schmitt D., Xu C., Mohammed T., Chen D. Measurement of total porosity for gas shales by gas injection porosimetry (GIP) method. *Fuel*. 2016. vol. 186. pp. 694–707.
11. Glorioso J.C., Rattia A.J. Unconventional reservoirs: basic petrophysical concepts for shale gas // *SPE/EAGE European Unconventional Resources Conference and Exhibition (Austria, Vienna, 20–22 March 2012)*, 2012. pp. 1–38.

УДК 550.46:632.151

ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Давыдова Н.Д.

ИГСО РАН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск, e-mail: davydova@irigs.irk.ru

В результате многолетних исследований геосистем Южно-Минусинской котловины, на территории которой действуют заводы по производству алюминия, по загрязнению снежного покрова установлена площадь распространения пылегазовых эмиссий, которая составляет 200–250 км², и выявлены основные элементы-загрязнители (F⁻, Na⁺, Al³⁺, Ni²⁺). В условиях фона и в пределах указанной территории изучен химический состав атмосферных осадков (дождь, снег), вод поверхностного и внутрипочвенного стока, рек, озер и подземных вод и проведен сравнительный анализ полученных результатов, который показал увеличение содержания в атмосферных осадках зоны загрязнения F⁻ в 89–493 раза, Al³⁺ в 39–469, Na⁺ в 2–22. В составе дождевой и снеговой воды преимущественное положение заняли F⁻ (22–63% экв.), Al³⁺ (17–54), Na⁺ (27–31). Их химический состав с хлоридно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого сменился в зоне оседания пылегазового потока на сульфатно-фторидный алюмо-натриевый. При взаимодействии с почвой состав осадков вновь трансформируется, превращаясь в поверхностные и внутрипочвенные растворы, в которых участие поллютантов снижается вследствие частичного поглощения почвами F⁻ и полного Al³⁺. Напротив, выход в растворы других ингредиентов, таких как HCO₃⁻ и Ca²⁺, увеличился. Повышенное количество F⁻ обнаружено в подземных гидрокарбонатно-натриевых водах верхнего уровня (до 10 м) только вблизи завода. Повышенное количество фтора в озерах обусловлено главным образом природными факторами. Стабильно низкий уровень его содержания (в среднем 0,09 мг/дм³) сохраняется в реке Енисей, находящейся в 5-ти км к югу от источника эмиссий и глубинных водах хозяйственного и питьевого назначения (в среднем 0,30 мг/дм³). Следовательно, наибольшему воздействию подверглась водная составляющая начального звена формирования гидросферы локального уровня. Скорость водной миграции поллютантов осуществляется в последовательности Na⁺ > F⁻ > Al³⁺ > Ni²⁺.

Ключевые слова: химический состав, загрязнение, атмосферные осадки, реки, озера, подземные воды

FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER OBJECTS OF SOUTHERN MINUSINSK DEPRESSION IN THE CONDITIONS OF ATMOSPHERIC POLLUTION

Davydova N.D.

*V.B. Sochava Institute of Geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Irkutsk,
e-mail: davydova@irigs.irk.ru*

As a result of long-term researches of geosystems of Southern Minusinsk Depression in the territory of which the aluminum production plants on pollution of snow cover work the area of distribution the dust and gas issues which makes 200–250 sq.km is established and the main elements pollutants are revealed (F⁻, Na⁺, Al³⁺, Ni²⁺). In the conditions of a background and within the specified territory the chemical composition of an atmospheric precipitation (a rain, snow) is studied, waters of a superficial and intra soil drain, the rivers, lakes and underground waters and the comparative analysis of the received results which has shown increase in contents in an atmospheric precipitation of a zone of pollution of F⁻ by 89–493 times, Al³⁺ in 39–469, to Na⁺ at 2–22 is carried out. As a part of rain and snow water primary position was reached by F⁻ (22–63% eq.), Al³⁺ (17–54), Na⁺ (27–31). Their chemical composition from chloride-hydrocarbonate sodium-calcium was replaced in a zone of subsidence of a dust and gas stream with sulfate-fluoride aluminium-sodium. At interaction with the soil the structure of rainfall is transformed again, turning into surface and intra soil solutions in which participation of pollutant decreases owing to partial absorption by soils of F⁻ and full Al³⁺. On the contrary exit in solutions of other ingredients, such as HCO₃⁻ and Ca²⁺ has increased. The increased quantity of F⁻ is revealed in underground hydrocarbonate-sodium waters of the top level (to 10 m) only near the plant. Enrichment by fluorine of lakes is caused mainly by natural factors. Steadily low level of his contents (on average 0,09 mg/dm³) remains in the Yenisei River which is in 5 km to the south from a source of issues and deep waters of economic and drinking appointment (on average 0,30 mg/dm³). Therefore, to the greatest influence, the water component of an initial link of formation of the hydrosphere of local level has undergone. Speed of water migration of pollutant is carried out in the sequence of Na⁺ > F⁻ > Al³⁺ > Ni²⁺.

Keywords: chemical composition, pollution, atmospheric precipitation, rivers, lakes, underground waters

Активное воздействие атмосферы на наземные экосистемы и гидросферу проявляется через атмосферные осадки в виде дождя и снега, которые в условиях техногенеза очищают атмосферу, но загрязняют компоненты природной среды. Длительное (30-летнее) воздействие пылегазовых эмиссий предприятий по производству алюми-

ния ОАО «РУСАЛ Саяногорск» производительностью более 800 тыс. т алюминия в год в той или иной мере сказалось на трансформации геохимического фона почвенно-растительного покрова Южно-Минусинской котловины [1, 2]. Существует опасность загрязнения природных вод данной территории фторидами и алюминатами.

Таблица 1

Анионно-катионный состав дождевой воды (мг/дм³) на разном удалении от предприятий по производству алюминия ОАО «РУСАЛ Саяногорск»

n	рН	Анионы				Катионы					Сумма солей
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	
Фон, 60 км к западу											
8	6,61	6,79	1,99	1,53	0,06	1,45	0,24	0,58	2,01	0,04	14,66
*M ₁₅ HCO ₃ 55Cl28SO ₄ 16F1 / Na45Ca37Mg10K7Al1											
0,5 км к юго-востоку											
5	5,68	10,00	2,19	2,35	5,36	3,06	0,55	0,46	3,96	1,57	29,49
*M ₂₉ F51HCO ₃ 29Cl11SO ₄ 9 / Al31Na31Ca27Mg8 K3											
5 км к юго-востоку											
5	5,90	3,37	1,75	0,56	1,00	0,88	0,27	0,33	1,11	0,37	9,64
*M ₁₀ F32HCO ₃ 31Cl30SO ₄ 7 / Na29Ca2725Mg13K5											
7 км к северу											
5	6,10	6,69	1,15	4,26	1,21	2,14	0,57	0,38	1,88	0,47	18,75
M ₁₉ HCO ₃ 37SO ₄ 30F22Cl11 / Na28Ca36Al17Mg16K3											

Примечание. * – формула Курлова, %-ммоль, М – минерализация, г/дм³, n – число повторностей.

Цель исследования – определить химический состав водных объектов зоны загрязнения, установить принципиальные их отличия от состава вод природного фона и выявить миграционную способность поллютантов в системе атмосферные осадки – поверхностный и внутрипочвенный сток – поверхностные и подземные воды.

Материалы и методы исследования

Отбор проб воды разных объектов: атмосферных осадков (дождь, снег), поверхностного и внутрипочвенного стока, рек, озер, грунтовых и глубинных вод проводился в 2006–2016 гг. в соответствии с [3]. Исследования велись как в зоне воздействия пылегазовых эмиссий Саяногорского (САЗ) и Хакасского (ХАЗ) алюминиевых заводов, так и в условиях фона [4]. Всего отобрано 136 проб.

Количественный химический анализ проб воды выполнялся в сертифицированном химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН с использованием приборной базы Байкальского центра коллективного пользования и стандартных методик. Пробы анализировались на анионно-катионный состав [5–9] и содержание 20 химических элементов – Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, Mn, P, Sr, Ba, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb, F, V [10, 11]. Содержание фтора выявлялось методом прямой потенциометрии на иономере «Эксперт-001» с помощью фторселективного электрода ЭЛИС 131F [12]. Статистическая обработка результатов количественного химического анализа проведена при доверительной вероятности интервала значений признака 0,95 и вероятности ошибки 0,05 (5%) [13].

Для оценки изменения уровней содержания отдельных элементов в воде зоны загрязнения применялись коэффициенты концентрации (Kc = Ca/Cф)

и рассеяния (Kг = Cф/Ca), где Ca и Cф соответственно концентрации элемента в объектах зоны загрязнения и фона.

Результаты исследования и их обсуждение

Дождевые воды. В условиях загрязнения изменения в составе атмосферы повлияли на химический состав атмосферных осадков (табл. 1), которые существенно отличаются от осадков фоновой территории [4]. Так, реакция дождевой воды в зоне загрязнения поллютантами слабокислая и составляет вблизи заводов 4,04–6,68 рН, в условиях фона 5,74–7,17 рН. От дождевой воды фона она отличается смещением рН в сторону подкисления, что свидетельствует о присутствии в атмосферном воздухе данной территории газообразных веществ, таких как CO₂, HF, SO₂, которые растворяются в воде. В дождевой воде на расстоянии 0,5 км от заводов по сравнению с дождевой водой фона содержится в два раза больше растворимых солей. Наиболее существенные отличия отмечены в отношении содержания F⁻ и Al³⁺, что следует из приведенного ряда анализируемых показателей (в нижнем индексе Kc): F⁻_{89,3} Al³⁺_{39,3} Mg²⁺_{2,3} Ca²⁺_{2,1} Na⁺_{2,0} SO₄²⁻_{1,5} HCO₃⁻_{1,5}. Среди анионов преимущественное положение, которое оценивалось с помощью формулы Курлова [14], занимают F⁻ (51%), а среди катионов Al³⁺ и Na⁺ (по 31%). В целом химический состав

характеризуется как смешанный гидрокарбонатно-фторидный или хлоридно-гидрокарбонатно-фторидный кальциево-алюмо-натриевый и существенно отличается от состава дождевой воды фона, который оценен как хлоридно-гидрокарбонатный кальциево-натриевый. С удалением от источника эмиссий количество растворимых солей заметно снижается (табл. 1), долевое участие поллютантов в их составе несколько уменьшается.

ландшафтов. В транзитных и конечных звеньях каскадных ландшафтно-геохимических систем растворимые вещества или впитываются в почву, распределяясь в почвенном профиле, или при достаточном количестве атмосферных осадков привносятся в грунтовые воды и аквальные ландшафты.

Почвенные растворы зоны загрязнения. То, что твердое техногенное вещество активно растворяется, проявляется

Таблица 2

Анионно-катионный состав снеговой воды (мг/дм³) на разном удалении от заводов по производству алюминия ОАО «РУСАЛ Саяногорск»

n	pH	Анионы				Катионы					Сумма солей
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	
Фон, 60 км к западу											
6	5,94	4,46	1,63	0,94	0,07	1,44	0,33	0,20	0,81	0,03	9,93
*M ₁₀ HCO ₃ 51Cl32SO ₄ 4F3 / Ca50Na25Mg19K4Al2											
0,5 км к юго-востоку											
4	6,13	22,27	1,99	31,35	34,51	7,07	1,78	1,01	17,69	14,08	131,75
*M ₁₃₂ F63SO ₄ 22HCO ₃ 12Cl2 / Al54Na27K14Ca12Mg5											
2 км к юго-востоку											
5	6,15	13,22	2,00	15,19	16,50	2,97	0,73	1,03	11,67	6,60	69,91
*M ₇₀ F59SO ₄ 22HCO ₃ 15Cl 4 / Al54Na27K14Ca12Mg5											
5 км к юго-востоку											
4	5,90	6,56	2,76	11,12	9,88	3,17	0,70	0,38	6,24	3,95	44,76
*M ₄₅ F55SO ₄ 25HCO ₃ 12Cl 8 / Al46Na29Ca18Mg6K1											

Снеговые воды. По общему содержанию растворимых веществ и отдельных ингредиентов снеговая вода зоны загрязнения очень сильно отличается от фоновой (табл. 2). Она более минерализована: вблизи завода в 13 раз, на расстоянии 5 км – в 4,5 раза. Поэлементные отличия представлены в виде следующего ряда показателей: F⁻ 493,3, Al³⁺ 469,3, SO₄²⁻ 33,4, Na⁺ 21,8, Mg²⁺ 5,4, K⁺ 5,1, HCO₃⁻ 3 5,0, Ca²⁺ 4,9. Ее химический состав хорошо отражен посредством формул Курлова (табл. 2). Если снеговая вода фона имеет состав хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый, то в зоне оседания пылегазового потока она меняется на сульфатно-фторидный натриево-алюмо-вый. С удалением от источника эмиссий до 6 км минерализация снеговой воды уменьшается со 132 до 45 мг/дм³, но химический состав остается практически постоянным.

Растворимая в дождевой и снеговой воде часть техногенного вещества участвует в радиальном и латеральном миграционном потоке, сопряженных элементарных

в повышенном содержании поллютантов (F⁻, N⁺, Al³⁺), как в снеговой воде (табл. 2), так и в почвенных растворах зоны загрязнения (табл. 3), имеющих сходство по содержанию и составу. Ударные дозы снеговой воды более эффективны по влиянию на почвенные растворы по сравнению с дождевой водой. В данном случае анализировались снеговая вода и жидкая фаза почв (лизиметрические воды) долины р. Енисей. Выровненная поверхность позволяет почвам в большем объеме принимать талые воды, нежели почвы склонов. Продвигаясь в слое почвы (40 см) в радиальном направлении химические элементы снеговой воды по-разному взаимодействуют с твердой фазой почв, о чем можно судить по их содержанию в лизиметрических водах (табл. 3). Произошедшие изменения оценены посредством величин Кс. На разном удалении от заводов их величины разнятся. На удалении 0,5 км анионно-катионный ряд имеет вид – HCO₃³⁻ Ca²⁺ 8,1, K⁺ 7,34, Mg²⁺ 6,4, Cl_{3,6}⁻ SO₄²⁻ 4 2,4, Na⁺ 1,3, F⁻ 0,7, Al³⁺ 0,2. На уда-

лении 5 км он несколько иной – K^+ , HCO_3^{3-} , $Ca^{2+}_{5,9}$, $Mg^{2+}_{4,8}$, $SO_4^{2-}_{2,4}$, $Na^+_{1,3}$, $F^-_{0,9}$, $Cl^-_{0,5}$, $Al^{3+}_{0,3}$. По сравнению со снеговой водой почвенные растворы существенно обогащаются за счет растворимых веществ черноземов, кроме $F^-_{0,7-0,9}$ и $Al^{3+}_{0,2-0,3}$, которые поглощаются почвой. При этом фтор поглощается до 30%, большая его часть остается подвижной. Алюминий, напротив, на 70–80% поглощается почвой и, следовательно, малоподвижен. При достаточном количестве носителя часть фтора, находящаяся в форме фторид-иона мигрирует в составе других ингредиентов, как в радиальном, так и латеральном направлении. По сравнению со снеговой водой роль поллютантов в химическом составе почвенных растворов заметно снижена.

Воды поверхностного стока. Химический состав вод поверхностного стока (табл. 3) с удалением от источника эмиссий также меняется. На расстоянии 7 км вследствие взаимодействия дождевой воды с почвой образующиеся растворы стока существенно обогащаются за счет почвенных ингредиентов $SO_4^{2-}_{4,30,8}$, $Ca^{2+}_{27,8}$, $HCO_3^{3-}_{19,9}$, $K^+_{15,6}$, $Mg^{2+}_{4,8}$, $Na^+_{3,1}$, $Cl^-_{2,9}$ (внизу индекс Кс), которые имеют в большей степени природное происхождение, накапливаясь на поверхности в условиях сухого климата. При этом содержание фтора и алюминия в паре дождевая вода – вода стока, судя по их величине $Kс = F^-_{1,2} \cdot Al^{3+}_{1,0}$ остается практически без изменения. Водный поток веществ, движущийся по поверхности почвы, характеризуется формулой Курлова как сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый (табл. 3). Участие Al^{3+} , F^- , Na^+ сниже-

но по сравнению с исходной дождевой водой (табл. 1), составляя соответственно 3, 4, 9% от суммы эквивалентов вследствие увеличения доли других ионов.

Грунтовые воды формируются в первом водоносном слое и имеют свободную связь с поверхностью. Они пополняются за счет атмосферных осадков или поверхностных вод (рек, озер, прудов), находясь с ними во взаимосвязи. Грунтовые воды древней долиной р. Енисей, находящейся в сфере распространения пылегазовых эмиссий предприятий ОАО «РУСАЛ Саяногорск», расположены на разных глубинах. Воды, находящиеся ближе к дневной поверхности, отличаются большей минерализацией по сравнению с ниже залегающими слоями (табл. 4). Первые повышенной минерализации характеризуются сульфатно-гидрокарбонатным натриевым или кальциево-натриевым составом. Вторые средней минерализации – гидрокарбонатные кальциево-натриевые. Содержание фтора в грунтовых водах территории, удаленной от заводов ОАО «РУСАЛ Саяногорск», близко к оптимальному уровню (табл. 4). Как правило, это неглубокие колодцы (до 9 м), с концентрацией элемента от 0,67 до 1,3 мг/дм³. Однако в воде гравийного карьера, находящегося вблизи заводов, обнаружено повышенное содержание этого элемента (7–9 мг/дм³), что свидетельствует не только об атмосферном загрязнении, но и предположительно, об утечке технической воды, обогащенной фтором и натрием. Химический состав гидрокарбонатный натриевый с участием фтора.

Таблица 3

Анионно-катионный состав лизиметрических вод и вод поверхностного стока на разном удалении от предприятий по производству алюминия ОАО «РУСАЛ Саяногорск»

n	pH	Анионы				Катионы					Сумма солей
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	F^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Al^{3+}	
Вода лизиметров, 5 км от заводов к юго-востоку											
3	6,61	42,40	1,45	26,17	9,91	18,74	3,34	3,30	7,88	1,12	114,21
* $M_{114} HCO_3 43SO_4 31F 24Cl 2 / Ca 52Na 19Mg 15K 3Al 1$											
Вода лизиметров, 7 км от заводов (вершина) к северу											
4	7,44	125,45	10,41	25,63	1,70	48,26	2,28	7,62	1,90	0,12	223,37
* $M_{223} HCO_3 69SO_4 18Cl 10F 3 / Ca 83Mg 7K 7Na 3$											
Вода поверхностного стока, 7 км от заводов (вершина) к северу											
7	7,09	67,25	5,13	17,25	1,19	24,47	2,22	5,16	3,40	0,37	126,44
* $M_{126} HCO_3 66SO_4 21Cl 9F 4 / Ca 69Mg 11Na 9K 8Al 3$											

Таблица 4

Анионно-катионный состав подземных вод (мг/дм³) на разном удалении от предприятий по производству алюминия ОАО «РУСАЛ Саяногорск»

n	pH	Анионы					Катионы					Сумма солей
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	
Грунтовая вода колодцев (4–4,5 м), 12 км на запад												
5	8,14	–	352,31	49,84	110,33	0,81	18,65	10,73	0,89	178,85	0,038	722,45
*M _{0,722} HCO ₃ 61SO ₄ 24 Cl14 / Na81Ca10Mg9												
Грунтовая вода неглубоких скважин (8–9 м), 8–10 км на запад												
9	8,43	3,60	354,95	87,29	225,01	1,16	51,60	24,28	1,745	195,74	0,086	945,46
*M _{0,945} HCO ₃ 44SO ₄ 35Cl 9 / Na65Ca20Mg15												
Грунтовая вода гравийного карьера (9 м), 0,5 км на восток												
3	8,64	5,30	500,93	29,85	39,89	8,00	17,46	8,93	2,80	197,90	0,110	805,87
*M _{0,806} HCO ₃ 80SO ₄ 8Cl8F4 / Na84Ca8Mg7Al1												
Грунтовая вода гравийного карьера (18 м), 3 км на северо-запад												
4	8,18	–	196,27	9,59	21,47	1,10	20,87	16,56	1,41	35,09	0,053	302,33
*M _{0,302} HCO ₃ 81SO ₄ 11Cl8 / Na65Ca20Mg15												
Глубинная вода скважин (> 20 м), 5 км к югу												
13	7,63	–	267,85	37,88	36,13	0,30	65,08	18,5	3,14	26,13	0,110	455,12
*M _{0,2455} HCO ₃ 70Cl 17SO ₄ 13 / Ca54Mg25Na19												

Подземные воды, вскрытые скважинами в районе села Енисейка, которое расположено в 5 км к югу от источника эмиссий, средне минерализованные, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, среднежесткие (4, 77 ммоль/дм³). По содержанию основных ингредиентов они близки (табл. 4) к обобщенным сведениям химического состава водоносных четвертичных отложений территории Хакасии (pH 7,73 у.е.; HCO₃⁻ 254 мг/дм³; Cl⁻ 65,9; SO₄²⁻ 99,1; Ca²⁺ 56,6; Mg²⁺ 23,8; общ. Ж 4,79) [15] и характеризуются стабильно низким содержанием фтора (0,23–0,38 мг/дм³).

Заключение

Анализ количественных характеристик водного потока степных ландшафтов территории, прилегающей к заводам по производству алюминия ОАО «РУСАЛ Саяногорск», показал неравнозначное влияние пылегазовых эмиссий на объекты и элементы гидросферы локального уровня (до 5–7 км). Наибольшему воздействию, судя по увеличенному содержанию F⁻, подверглась водная составляющая начального звена формирования гидросферы в последовательности: атмосферные осадки (дождевая, снеговая воды) – внутрпочвенные растворы (лизиметрические воды) – грунтовые воды вблизи заводов. Повышенное

количество фтора в озерах обусловлено главным образом природными факторами, так как они находятся на периферии зоны загрязнения и по содержанию элемента практически не отличаются от более удаленных озер. Стабильно низкий уровень содержания элемента сохраняется в реке Енисей, находящейся в 5 км к югу от источника эмиссий. Для ее загрязнения потребовался бы более высокий уровень концентрации поллютанта в грунтовых водах в непосредственной близости к реке, что в настоящее время не прослеживается. Алюминий и никель (до 60 мкг/дм³), поступающие с атмосферными осадками, аккумулируются главным образом в почве, вследствие низкой миграционной способности в условиях нейтральной и щелочной среды.

Список литературы

1. Давыдова Н.Д. Транслокация техногенного фтора в растениях степей юга Минусинской котловины / Н.Д. Давыдова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 173–177.
2. Давыдова Н.Д. Знаменская Т.И., Лопаткин Д.А. Ландшафтно-геохимический подход в решении проблем загрязнения природной среды / Н.Д. Давыдова, Т.И. Знаменская, Д.А. Лопаткин // Сиб. экол. журн. – 2014. – Т. 21, № 3. – С. 449–458.
3. РД 52.24.353-2012. Отбор проб вод суши и очищенных сточных вод. – Ростов-н/Д.: Росгидромет. URL: http://snipov.net/database/c_4294944184_doc_4293792809.html (дата обращения: 07.12.2017).

4. Давыдова Н.Д. Химический состав водных объектов фона Южно-Минусинской котловины / Н.Д. Давыдова // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 8. – С. 64–69.

5. РД 52.24.405-2005. Массовая концентрация сульфатов в водах. Методика выполнения измерений турбидиметрическим методом. – Ростов-н/Д.: Росгидромет. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293850/4293850642.htm> (дата обращения: 07.12.2017).

6. РД 52.24.407-2006. Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика выполнения измерений аргентометрическим методом. – Ростов-н/Д.: Росгидромет. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837365.htm> (дата обращения: 07.12.2017).

7. РД 52.24.493-2006. Методика выполнения измерений массовой концентрации гидрокарбонатов в поверхностных водах суши титрометрическим методом. – Ростов-н/Д.: Росгидромет, 2006. – 12 с. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837295.htm> (дата обращения: 07.12.2017).

8. ПНДФ 1:2:3. – 98-2016. Методика выполнения измерений жесткости в пробах природных и очищенных сточных вод титрометрическим методом. – М.: Госком. РФ по охране окр. среды, 2016. – 15 с.

9. РД 52.24.495-2005. Методика выполнения измерений pH и удельной электропроводности вод. – Ростов-н/Д.: Росгидромет. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293850/4293850855.htm> (дата обращения: 07.12.2017).

10. ПНДФ 14.1:2:4.135-2008. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. – М.: Госком. РФ по охране окр. среды, 2008. – 24 с.

11. РД 52.24.377-2008. Методика выполнения измерений массовой концентрации металлов (Al, Ag, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn) в поверхностных водах суши методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб. – Ростов-н/Д.: Росгидромет, 2008. – 23 с.

12. РД 52.24.360-2008. Массовая концентрация фторидов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом. – Ростов-н/Д.: Росгидромет, 2008. – 21 с.

13. Губин В.И., Осташков В.Н. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Учебное пособие для студентов технических вузов / В.И. Губин, В.Н. Осташков. – Тюмень: Изд-во «Тюм. ГНГУ», 2007. – 202 с.

14. Алекин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 442 с.

15. Дутова Е.М., Покровский В.П., Покровский В.Д. Геохимические особенности подземных вод хозяйственно-питьевого назначения республики Хакасия / Е.М. Дутова, В.П. Покровский, В.Д. Покровский // Вестн. Томского гос. ун-та. – 2015. – № 394. – С. 239–249.

References

1. Davydova N.D. Translokacija tehnogenogo flora v rastenija stepej juga Minusinskoj kotloviny / N.D. Davydova // Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. no. 8. pp. 173–177.

2. Davydova N.D. Znamenskaja T.I., Lopatkin D.A. Landshaftno-geohimicheskij podhod v reshenii problem zagrjaznenija

prirodnoj srede / N.D. Davydova, T.I. Znamenskaja, D.A. Lopatkin // Sib. jekol. zhurn. 2014. T. 21, no. 3. pp. 449–458.

3. RD 52.24.353-2012. Otkor prob vod sushi i ochishhennyh stochnyh vod. Rostov-n/D.: Rosgidromet. URL: http://snipov.net/database/c_4294944184_doc_4293792809.html (data obrashhenija: 07.12.2017).

4. Davydova N.D. Himicheskij sostav vodnyh obektov fona Juzhno-Minusinskoj kotloviny / N.D. Davydova // Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. no. 8. pp. 64–69.

5. RD 52.24.405-2005. Massovaja koncentracija sulfatov v vodah. Metodika vypolnenija izmerenij turbidimetricheskim metodom. Rostov-n/D.: Rosgidromet. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293850/4293850642.htm> (data obrashhenija: 07.12.2017).

6. RD 52.24.407-2006. Massovaja koncentracija hloridov v vodah. Metodika vypolnenija izmerenij argentometricheskim metodom. Rostov-n/D.: Rosgidromet. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837365.htm> (data obrashhenija: 07.12.2017).

7. RD 52.24.493-2006. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj koncentracii gidrokarbonatov v poverhnostnyh vodah sushi titrometricheskim metodom. Rostov-n/D.: Rosgidromet., 2006. 12 p. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837295.htm> (data obrashhenija: 07.12.2017).

8. PNDF 1:2:3. 98-2016. Metodika vypolnenija izmerenij zhestkosti v probah prirodnyh i ochishhennyh stochnyh vod titrometricheskim metodom. M.: Goskom. RF po ohrane okr. srede, 2016. 15 p.

9. RD 52.24.495-2005. Metodika vypolnenija izmerenij rN i udelnoj jelektroprovodnosti vod. Rostov-n/D.: Rosgidromet. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293850/4293850855.htm> (data obrashhenija: 07.12.2017).

10. PNDF 14.1:2:4.135-2008. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj koncentracii jelementov v probah pitevoj, prirodnyh, stochnyh vod i atmosferynyh osadkov atomno-jeissionnoj spektrometrii s induktivno-svjazannoj plazmoy. M.: Goskom. RF po ohrane okr. srede, 2008. 24 p.

11. RD 52.24.377-2008. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj koncentracii metallov (Al, Ag, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn) v poverhnostnyh vodah sushi metodom atomnoj absorbcii s prjamoj jelektrotermicheskoj atomizaciej prob. Rostov-n/D.: Rosgidromet, 2008. 23 p.

12. RD 52.24.360-2008. Massovaja koncentracija ftoridov v vodah. Metodika vypolnenija izmerenij potencionimetriceskim metodom s ionselektivnym jelektrodom. Rostov-n/D.: Rosgidromet, 2008. 21 p.

13. Gubin V.I., Ostashkov V.N. Statisticheskie metody obrabotki jeksperimentalnyh dannyh. Uchebnoe posobie dlja studentov tehnikeskikh vuzov / V.I. Gubin, V.N. Ostashkov. Tjumen: Izd-vo «Tjum. GNGU», 2007. 202 p.

14. Alekin O.A. Osnovy gidrohimii / O.A. Alekin. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 442 p.

15. Dutova E.M., Pokrovskij V.P., Pokrovskij V.D. Geohimicheskie osobennosti podzemnyh vod hozjajstvenno-pitevo-go naznachenija respubliky Hakasija / E.M. Dutova, V.P. Pokrovskij, V.D. Pokrovskij // Vestn. Tomskogo gos. un-ta. 2015. no. 394. pp. 239–249.

УДК 556.3(470.53)

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ВЫЯВЛЕНИЯ ВОДОБИЛЬНЫХ ЗОН В НАДСОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНОЙ ТОЛЩИ ВЕРХНЕКАМЬЯ

Демина А.А., Катаев В.Н.

*ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь,
e-mail: aademina11@mail.ru*

Рассматривается влияние структурно-тектонических, геоморфологических и литологических факторов на формирование водообильных зон Верхнекамья, приуроченных к надсолевым отложениям терригенно-карбонатной толщи и связанным с ней верхнесоликамским водоносным горизонтом. Представлены гидрогеологические характеристики наиболее водообильных участков в районе Верхнекамского месторождения солей. Анализ гидрогеологических работ показал, что большую роль в формировании водообильных зон играет новейшая тектоника, тип разреза и геоморфологическая обстановка. Наиболее водообильные участки приурочены к положительным структурам (валы, поднятия), характеризуются карбонатным типом разреза (29 зон из 35), расположены в долинах рек. По результатам картирования наблюдается закономерность возрастания модуля подземного стока на участках неотектонической активности. Рассмотрено картирование водообильных зон по комплексу методов, включающих линейментно-геодинамический анализ на основе дистанционных исследований и геоинформационных технологий.

Ключевые слова: Пермский край, Верхнекамское месторождение солей, водообильные зоны, терригенно-карбонатная толща, верхнесоликамский водоносный горизонт, трещиноватость

FACTORS OF FORMATION AND IDENTIFICATION OF THE HIGH WATER SATURATION ZONES IN UPPER-SALT DEPOSITS OF TERRIGENOUS-CARBONATE THICKNESS WITHIN THE UPPER-KAMA AREA

Demina A.A., Kataev V.N.

Perm State National Research University, Perm, e-mail: aademina11@mail.ru

Analyzed the impact of structural-tectonic, geomorphological and lithological factors on formation of high water saturation zones within the Upper-Kama area related to upper-salt deposit of terrigenous-carbonate thickness and associated with it Upper-Solikamsky aquifer. Hydrogeological characteristics are presented the most high water saturation zones. Analysis of the hydrogeological works showed that an important role in the formation of the zones plays Neotectonics, type of geological structure and geomorphological environment. The most high water zones are confined to positive tectonic structures, characterized by carbonate type of geological cut (29 of 35 zones), are located in the valleys of the rivers. By the results of mapping the observe pattern of increasing module of groundwater flow in areas of neotectonic activity. Reviewed mapping of the high water saturation zones by complex of methods, including lineament-geodynamic analysis based on remote sensing methods and GIS technologies.

Keywords: Perm Krai, Upper-Kama salt deposit, high water saturation zones, terrigenous-carbonate thickness, Upper-Solikamsky water-bearing horizon, fracture

Район Верхнекамья занимает северо-западную часть Пермского края, где широко распространены верхнепермские отложения соликамского возраста.

В геоструктурном отношении территория относится к Верхнекамской впадине, ограниченной с севера Колвинской, с юга – Косьвинско-Чусовской седловиной.

Подземные воды приурочены к верхнесоликамскому водоносному горизонту, представленному довольно однородной толщей глинистых известняков, мергелей, песчаников с прослоями глин и алевролитов. Основные водовмещающие породы комплекса – известняки, поскольку они наиболее трещиноваты и проницаемы. Неравномерная трещиноватость пород обусловила неодинаковую их обводненность.

Понятие «водообильная зона» предложено Л.А. Шимановским в 1975 г., оно означает ограниченные участки земной коры, отличающиеся повышенной концентрацией подземных вод одного или нескольких водоносных горизонтов (комплексов) в результате тектонических, структурных, литологических, геоморфологических или других условий. Такие зоны представляют собой сложные гидрогеологические объекты в водоносных пластах, горизонтах, комплексах, обладают повышенными ресурсами подземных вод, как правило пресных. Данный термин широко используется в работах Н.Д. Буданова, Л.А. Шимановского, Г.К. Михайлова, Г.П. Верховланцева, Е.А. Иконникова, В.А. Шерстнева и др. для выделения на гидрогеологических картах и схемах линейно вытянутых участков

с аномально высокими показателями водообильности горных пород (модуль подземного стока, дебит родников, удельный дебит скважин), обусловленными их повышенной тектонической трещиноватостью, с благоприятными структурно-тектоническими, геоморфологическими и другими естественными факторами формирования ресурсов пресных подземных вод [1].

Формирование водообильных зон происходит под действием разных процессов, ведущую роль среди которых играют структурно-тектонические условия и неотектоническая активность, обуславливающие повышенную трещиноватость [2, с. 3].

Результаты исследования и их обсуждение

При гидрогеологических съемочных работах в районе Верхнекамского месторождения солей, проведенных в 1970–1980-х гг., выявлено и закартировано 44 водообильных зоны верхнесоликамского водоносного горизонта. Наиболее водообильные из них представлены в табл. 1.

Общей характеристике гидрогеологических особенностей терригенно-карбонатной толщи (ТКТ) в составе серии надсолевых отложений в пределах Верхнекамского месторождения солей (ВКМС) посвящено достаточно много работ. Из наиболее крупных обобщений, опубликованных в последние 50 лет, отметим монографическое описание «Гидрогеология СССР», где приведены сведения по состоянию изученности подземных вод на 1969 г. [3]. Особое место по теоретическому и практическому значению занимают первое и второе издания монографии А.И. Кудряшова «Верхнекамское месторождение солей» [4, 5]. Общие сведения изложены и в справочной литературе, например в энциклопедии «Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края» [6], а также в отдельных публикациях и диссертационных исследованиях [7–9].

Породы верхнесоликамского водоносного горизонта, к которым и приурочены анализируемые в данной работе водообильные зоны, имеют специфическое распространение. В пределах Предуральяского прогиба этот горизонт выходит на поверхность. Глубина его залегания зависит от рельефа и колеблется от 1–2 до 20–30 м. Ниже открытая трещиноватость затухает до глубин 70–80 м, где присутствуют безнапорные и напорные воды. При погружении соликамской свиты к западу под более молодые отложения Русской платформы водоносность толщи

наблюдается только до глубин 90–130 м с соответствующим увеличением напора. К западу, в платформенных условиях, в пределах Волго-Камского артезианского бассейна, терригенные породы горизонта замещаются сульфатными отложениями и постепенно переходят в региональный водоупор.

Именно по причине выхода на поверхность или неглубокого залегания пород горизонта в пределах Предуральяского прогиба, изучение водообильных зон, приуроченных к нему, имеет практический интерес и особое значение для развивающейся Березниковско-Соликамской градопромышленной агломерации на территории ВКМС.

По генезису водообильные зоны верхнесоликамского горизонта данной площади относятся к тектоническим [10]. В формировании тектонических водообильных зон большую роль играет новейшая тектоника, поскольку раскрытость трещин в значительной мере определяется активностью неотектонических движений. Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что практически все водообильные зоны рассматриваемого горизонта по геолого-структурному положению приурочены к валам либо поднятиям (склон или сводовая часть), где трещиноватость пород максимальна.

Между расположением водообильных зон и участков интенсивных неотектонических движений (геодинамической активности) прослеживается тесная связь, которая выявлена при гидрогеологических съемках по коэффициенту эрозионной расчлененности рельефа. Коэффициент эрозионной расчлененности рельефа (КЭР) является индикатором новейших процессов формирования трещиноватости в результате неотектонических движений. Как правило, при повышенных значениях КЭР (по результатам съемочных работ он составляет 7–14) возрастает и водообильность зоны, тогда как при фоновом (3–7) или пониженном (< 3) КЭР водообильность зоны несколько падает.

Также эта связь подтверждается дистанционными методами, такими как структурно-геологическое дешифрирование современных космоснимков и проведение линеаментно-геодинамического анализа с учетом параметров водоносности. В результате такого анализа выделяются наиболее тектонически ослабленные участки, где наблюдается наибольшее сгущение и пересечение линеаментов и мегатрещин, отмечается наибольшая расчлененность рельефа и в целом повышенная неотектоническая активность и водоносность.

Таблица 1
Водообильные зоны верхнесоликамского водоносного горизонта на территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей
(по данным гидрогеологических съёмочных работ)

№ п/п	Название (местоположение)	Геолого-структурное обоснование зоны	КЭР	Гидрогеологическая характеристика скважины				модуль подземного стока, л/с*км ²	
				№№ родники	сумм. дебит л/с	№№	дебит л/с		удельный дебит, л/с
1	Галухинская (р. Боровица, д. Галухина)	ЮВ окончание Потьмского поднятия	н.с.	35 36	990	1с	5,6	0,66	н.с.
2	Тренино-Родниковская (Правобережье р. Усолки, д. Тренина, д. Родники)	ЮВ крыло Харюшинского поднятия	н.с.	1502 1503 1516 1517 1531	516	13с	16	33	н.с.
3	Мошевицкая (верхнее течение р. Мошевицы, между дд. Жуланово и Першино)	Восточный склон и сводовая часть Березниковского вала, зона неотектонических движений	4,0–7,0	566 575 577 632 829 830	90	336, 337, 341	60	н.с.	5,2–6,57
4	Нижнеборовская (нижнее течение р. Боровой)	Березниковский вал, южная периклиналь Нижнемошевского поднятия, участок фоновых значений КЭР	4,0–6,0	69 70 183 185 561 562	328	687, 692, 696	63	н.с.	н.с.
5	Ачесско-Вильвинская (среднее и нижнее течение р. Ачес и нижнее течение р. Вильвы)	Сводовая часть Камско-Вишерского вала, южная периклиналь Зуевского поднятия, зона активных тектонических движений	4,0–5,3	48 60 257–268 1192 1194	337				0,48

Таблица 2

Максимально высокие суммарные дебиты родников (> 100 л/с) в пределах водообильных зон соликамского водоносного комплекса

№ п/п	Название водообильной зоны	Геолого-структурное обоснование зоны	Суммарный дебит родников, л/с
1	Галухинская	ЮВ окончание Потынского поднятия	990
2	Тренино-Родниковская	ЮВ крыло Харюшинского поднятия	516
3	Усольская	ЮВ крыло Харюшинского поднятия	113
4	Изверская	Западное крыло Талицкого поднятия	118
5	Ачесско-Вильвенская	Сводовая часть Камско-Вишерского вала, южная периклиналь Зуевского поднятия	337
6	Нижнеборовская	Березниковский вал, южная периклиналь Нижнемошевского поднятия	328

Теория и практика применения линейно-геодинамического анализа свидетельствуют о том, что в формировании определенных геологических, в том числе и гидрогеологических условий конкретных территорий играет роль наличие геодинамически активных зон, в пределах которых наряду с повышением активности проявления эндогенной и экзогенной геодинамики фиксируется повышенная трещиноватость и проницаемость горных пород. При этом геодинамически активные зоны проявляются на различных уровнях от глобального до локального [11, 12]. Гидрогеологическая роль геодинамически активных зон тоже находит отражение в научных публикациях, однако эти публикации, особенно применительно к территориям месторождений калийных солей, довольно редки. В качестве примера приведем работы И.С. Копылова [13, 14] по территориям западной части Сибирской платформы и территориям Верхнекамского калийно-магнезиевого месторождения (ВКМС, Пермский край), Жиланского месторождения калийных и полигалитовых солей в Актюбинской области Республики Казахстан, Тюбегатанского месторождения калийных солей в Дехканабадском районе Кашкадарьинской области Республики Узбекистан. Проведенные этим автором детальные дистанционные исследования свидетельствуют о хорошей сходимости результатов различных методов аэрокосмогеологических исследований и, например, геофизических методов, что в любом случае обеспечивает надежность прогнозирования участков повышенной трещиноватости пород.

Аналогичный методический комплекс применялся одним из авторов данной работы при картировании и уточнении строения водообильных трещинных зон на Бахтин-

ском и Мутницком месторождениях пресных подземных вод, расположенных на территории Кировской области [15]. Здесь выявленная перспективность месторождений обусловлена зонами и участками трещиноватости пород северодвинского терригенного комплекса.

Помимо этого, не только положение тектонических структур и участков неотектонической активности определяет наиболее вероятное местонахождение зон концентрации подземных вод. Эти факторы свидетельствуют о тектонической напряженности пород, но не о характере их трещиноватости (густоте и открытости трещин, о степени их водопроницаемости), которая зависит от восприимчивости отдельных литологических разностей пород, слагающих разрез, к тектоническим напряжениям. Трещиноватость пород тесно связана с тектоническим строением территории. Интенсивные неотектонические движения постоянно обновляют старые и образуют новые системы трещин. Преобладающее количество трещин имеет тектоническое происхождение.

Наиболее развита трещиноватость на участках, приуроченных к локальным поднятиям. Максимальная трещиноватость (а вследствие и повышенная водообильность) пород приурочена к местам наибольшего изгиба пластов и крутым крыльям структур, к их сводам и периклинальным окончаниям [1, 2], что подтверждается данными съемочных работ, приведенными в табл. 2.

На формирование водообильных зон также влияет и тип разреза. Наиболее восприимчивым к тектоническим напряжениям является карбонатный (известняковый) тип разреза, менее восприимчивым – песчаниковый, а слабовосприимчивым – глинистый. Так, например, в известняках формируются

более открытые трещины, чем в песчаниках, а присутствие большого количества глин в разрезе приводит к кольматации трещин, что в свою очередь снижает обводненность пород. Большинство водообильных зон в терригенно-карбонатной толще Верхнекамья (25 из 39, в 5 зонах по литологии сведений нет) представлена карбонатным типом, и только 4 зоны представлено известняково-глинистым, 3 зоны – известняково-песчаниковым типами разреза [16].

Водообильность пород характеризует не только способность содержать подземную воду. Она отражает их возможность проводить определенный объем воды в естественных условиях, который оценивается по величине модуля подземного стока, дебита родников, скважин [1].

Так, в работе Е.А. Иконникова и др. [15] отмечается локальное возрастание модуля подземного стока в пределах участков неотектонической активности. Такая закономерность прослеживается и по результатам съемочных работ, где в пределах зоны активных неотектонических движений модули подземного стока возрастали с 0,48 до 6,57 л/с/км².

Все участки повышенной водообильности, характеристика которых приведена в табл. 1, фиксировались по крупным родникам, но некоторые проверялись и бурением скважин. Как правило, в пределах выделенных зон отмечались высокие дебиты скважин. Дифференциация водообильности соликамского комплекса по скважинам иллюстрируется табл. 3.

Как видно из таблицы, значения дебитов скважин в пределах водообильных зон составляют 5,6–21,4 л/с, удельные дебиты 2,1–61,2 л/с, а за пределами водообильных зон лишь 0,5–1,0 л/с, исключение составляют скважины 1с и 3с, пробуренные на значительном удалении от сводовой части Потынского поднятия.

Помимо благоприятных структурно-тектонических факторов, на пеструю водообильность по скважинам оказывала влияние и геоморфологическая обстановка. Яркими примерами здесь могут служить Изверская и Легчимская водообильные зоны. Наиболее высокие гидродинамические показатели отмечаются в скважинах, пробуренных непосредственно в долинах рек (дебиты варьируют в пределах 0,2–62,5 л/с); причем из 29 пробуренных скважин 27 (94%) имеют дебиты 4,6–62,5 л/с, а свыше половины (55%) имеют дебиты более 10 л/с. Удельные дебиты составляют от 2,5 до 17,3 л/с. Для скважин, пробуренных на склонах долин и водоразделах, дебиты изменяются от 0,22 до 47,67 л/с, причем из 17 определений – 11 (60%) имеют значения 0,22–3,0 л/с (удельные дебиты 0,02–1,6 л/с).

Выводы

В настоящее время с применением дистанционных методов и привлечением геоинформационных технологий, наряду с картированием, повысилась эффективность выявления водообильных зон и участков повышенной водообильности.

Таблица 3

Дифференциация водообильности соликамского комплекса по скважинам

№ п/п	№ скважин	Местоположение	Тектоническая приуроченность	Дебит, л/с	Понижение, м	Удельный дебит, л/с
В пределах водообильных зон						
1	1с	д. Галухина	ЮВ окончание Потынского поднятия	5,6	8,6	0,66
2	2с	с. Осокино	Северо-западное крыло Осокинской мульды	16,5	1,7	9,7
3	3с	д. Силькина	Восточное крыло Потынского поднятия	8,9	15,2	0,58
4	4с	п. Ключи	неясное	21,4	0,25	61,2
5	13с	д. Родники	Восточное крыло Харюшинского поднятия	16,5	0,5	33
6	15с	д. Борисово	Свод Борисовского поднятия	11,9	5,75	2,1
За пределами водообильных зон						
1	14с	Развалины д. Камынино	Северное окончание Чуриной мульды	8,6	15,65	0,5
2	27с	д. Санникова	Чуриная мульда	7,9	7,93	1,0

Выявление и картирование водообильных зон терригенно-карбонатной толщи в районе Верхнекамья, уточнение уже имеющихся данных по таким зонам имеет большое практическое значение для обеспечения населения данного района пресной водой.

Список литературы

1. Михайлов Г.К., Оборин А.А. Подземная кладовая пресных вод Сылвенского края / УрО РАН; Перм. гос. унт. – Пермь, 2006. – 154 с.
2. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 93(09). – С. 1–12.
3. Гидрогеология СССР. Том XIV. Урал / Уральское территориальное геологическое управление. Редактор В.Ф. Прейс. – М.: Недра, 1972. – 648 с.
4. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. – 429 с.
5. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд., перераб. – М.: Эpsilon Плюс, 2013. – 368 с.
6. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия / Под редакцией А.И. Кудряшова. – Пермь, 2006. – 464 с.
7. Бельтюков Г.В. Подземные воды и карст Верхнекамского соленосного бассейна: автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. – Пермь, 1975. – 24 с.
8. Бельтюков Г.В. Карстовые и гипергенные процессы в эвапоритах: автореф. дис... д-ра геол.-мин. наук. – Пермь, 2000. – 42 с.
9. Шимановский Л.А., Крутов В.М. Гидрогеологические и гидрохимические особенности Верхнекамского соленосного бассейна // Гидрогеология и карстование: уч. зап. Пермск. ГУ. 1964. Вып. 2. Т. 119. – С. 228–238.
10. Шерстнев В.А. Водообильные зоны. Избранные труды. – Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2002. – 132 с.
11. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. – М.: Недра, 1986. – 140 с.
12. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 69–74.
13. Копылов И.С. Методы и технологии выявления геодинамических активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 4. – С. 38–43.
14. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9–3. – С. 86–90.
15. Иконников Е.А., Катаев В.Н., Ермолович И.Г. Повышение эффективности выявления водообильных трещинных зон в фациально-невьдержанных песчано-глинистых толщах // Комплексные проблемы гидрогеологии: материалы науч. конф. – Санкт-Петербургский гос. ун-т, Санкт-Петербург, 2011. – С. 72–74.

16. Мелехов А.Г. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-III. Отчет Сылвинской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 лист О-40-III в период 1973–1975 гг. – Пермь, 1975. – С. 221.

References

1. Mihajlov G.K., Oborin A.A. Podzemnaja kladovaja presnyh vod Sylvenskogo krjazha / UrO RAN; Perm. gos. unt. Perm, 2006. 154 p.
2. Kopylov I.S. Poiski i kartirovanie vodoobilnyh zon pri provedenii gidrogeologicheskih rabot s primeneniem lineamentno-geodinamicheskogo analiza // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2013. no. 93(09). pp. 1–12.
3. Gidrogeologija SSSR. Tom XIV. Ural / Uralskoe territorialnoe geologicheskoe upravlenie. Redaktor V.F. Prejs. M.: Nedra, 1972. 648 p.
4. Kudrjashov A.I. Verhnekamskoe mestorozhdenie solej. Perm: GI UrO RAN, 2001. 429 p.
5. Kudrjashov A.I. Verhnekamskoe mestorozhdenie solej. 2-e izd., pererab. M.: Jepsilon Pljus, 2013. 368 p.
6. Mineralno-syrevye resursy Permskogo kraja. Jenciklopedija / Pod redakciej A.I. Kudrjashova. Perm, 2006. 464 p.
7. Beltjukov G.V. Podzemnye vody i karst Verhnekamskogo solenosnogo bassejna: avtoref. dis... kand. geol.-min. nauk. Perm, 1975. 24 p.
8. Beltjukov G.V. Karstovye i gipergennye processy v jevaporitah: avtoref. dis... d-ra geol.-min. nauk. Perm, 2000. 42 p.
9. Shimanovskij L.A., Krutov V.M. Gidrogeologicheskie i gidrohimicheskie osobennosti Verhnekamskogo solenosnogo bassejna // Gidrogeologija i karstovedenie: uch. zap. Permsk. GU. 1964. Vyp. 2. T. 119. pp. 228–238.
10. Sherstnev V.A. Vodoobilnye zony. Izbrannye trudy. Perm: Izd-vo PGU, PSI, PSSGK, 2002. 132 p.
11. Kac Ja.G., Poletaev A.I., Rumjanceva Je.F. Osnovy lineamentnoj tektoniki. M.: Nedra, 1986. 140 p.
12. Kopylov I.S. Geodinamicheskie aktivnye zony Priuralja, ih pojavlenie v geofizicheskikh, geohimicheskikh, gidrogeologicheskikh poljah // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2014. no. 4. pp. 69–74.
13. Kopylov I.S. Metody i tehnologii vyjavlenija geodinamicheskikh aktivnyh zon pri razrabotke kalijnyh mestorozhdenij dlja obosnovanija bezopasnogo vedenija gornyh rabot // Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2014. no. 4. pp. 38–43.
14. Kopylov I.S. Gidrogeologicheskaja rol geodinamicheskikh aktivnyh zon // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2014. no. 9–3. pp. 86–90.
15. Ikonnikov E.A., Kataev V.N., Ermolovich I.G. Povyshenie jeffektivnosti vyjavlenija vodo-obilnyh treshhinnyh zon v facialno-nevyderzhannyh peschano-glinistyh tolshhah // Kompleksnye problemy gidrogeologii: materialy nauch. konf. Sankt-Peterburgskij gos. un-t, Sankt-Peterburg, 2011. pp. 72–74.
16. Melehov A.G. Gidrogeologicheskaja karta SSSR mashtaba 1:200 000 list O-40-III. Otchet Sylvinskoy gidrogeologicheskoy partii po rezul'tatam gidrogeologicheskoy semki mashtaba 1:200 000 list O-40-III v period 1973–1975 gg. Perm, 1975. pp. 221.

УДК 624.121:656.3

СТРАТЕГИЯ ЛИКВИДАЦИИ БАРЬЕРНЫХ МЕСТ С ОПАСНЫМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПРИАМУРЬЯ

Едигарян А.Р., Квашук С.В.

*ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Хабаровск,
e-mail: s_kvashuk@mail.ru*

Участки сети железных дорог с различными формами проявления опасных геологических процессов зачастую являются барьерными местами, ухудшающими надежностные и эксплуатационные показатели работы существующих железных дорог. Значительное количество таких участков приходится на железные дороги, расположенные в регионах, характеризующихся сложными природно-климатическими и инженерно-геологическими условиями, таких, к примеру, как Забайкалье и Приамурье. В Приамурье присутствуют районы, характеризующиеся очень сложными инженерно-геологическими условиями, определяемые специфическими геодинамическими условиями, делающими особенно проблемной эксплуатацию железных дорог. Для них свойственны сложные экзогенные условия: суровый резко континентальный климат, наличие многолетнемерзлых пород на севере региона, проявление опасных геологических процессов и явлений, среди которых преобладают геокриологические и гравитационные, а также характерные эндогенные условия: геологическое строение и тектоника, неотектоника и современные движения земной коры, высокая сейсмическая опасность. В статье авторами предлагается стратегия ликвидации барьерных мест на сети железных дорог, с системных позиций учитывающая комплекс природно-климатических, геологических и техногенных условий, сопровождающих возникновение, развитие опасных геологических процессов в открытой природно-технической системе «геологическая среда – техническая система (сеть железных дорог)», приводящих к отказам технической системы в результате проявления опасных геологических процессов. Принимая во внимание то обстоятельство, что таких барьерных мест на сети железных дорог большое количество и мероприятий по их ликвидации достаточно много, решаемая задача может оказаться значительной размерности и трудоемкости. Разработанная стратегия апробирована для участка железнодорожной линии Комсомольск – Советская Гавань протяженностью 135 км, на котором находится двадцать семь участков активного проявления обвалов, вывалов и осыпей. Решение осуществлялось с помощью разработанного в Дальневосточном государственном университете путей сообщения программного комплекса, в основе которого лежит модифицированный метод динамического программирования (алгоритм Кеттеля).

Ключевые слова: сеть железных дорог, опасные геологические процессы, стратегия ликвидации барьерных мест

STRATEGY FOR ELIMINATION INSECURE PLACES WITH HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES ON PRIAMURYE RAILROAD NETWORK

Edigaryan A.R., Kvashuk S.V.

Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, e-mail: s_kvashuk@mail.ru

The railway sections with different kinds of dangerous geological processes are often insecure places that decrease safety and operational characteristics of the railways in use. A considerable amount of these sections are located in the regions of difficult natural climatic and geological engineering conditions, like in the Zabaikalye and the Priamurye. There some areas in the Priamurye where the difficult geological engineering conditions are characterized by specific geodynamic features that make railway operations especially problematic. The areas represent a complex of exogenous conditions such as a severe and extreme continental climate, permafrost soils in the northern part, hazardous geological processes and events most of which are the geocryological and gravitational ones. They are also characterized by some hazardous endogenous conditions concerning the geological structure and tectonics, neotectonics and modern crustal movements as well as a high seismicity. In the paper the authors offer an elimination strategy for insecure places in the railway networks. The strategy accounts the systematic complex of natural climatic, geological and man-made conditions that accompany a formation and development of hazardous geological processes in the open system «geological environment-technical system (railroad network)» which as a result can lead to the technical system failures. Taking into account a great amount of the insecure places and the preventing measures for their elimination the problem solution is considerable as far as its volume and labour required. The developed strategy is tested for the Komsomolsk – Sovetskaya Gavan' railroad of 135 km long. It has 27 insecure sections of active hazardous geological processes such as falls, outbursts and slides of rock. The solution is carried out with the help of the soft program developed in the Far East State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia. The soft program is based on the modified method of dynamic programming (the Kettle's Algorithm).

Keywords: railroad network, hazardous geological processes, elimination strategy for insecure places

Эксплуатация сети железных дорог страны, история которой насчитывает уже более полутора веков, представляет собой сложнейшую инженерную задачу со множеством «ограничений», так или иначе препятствующих достижению главных

целей – повышению пропускной и провозной способности при безусловном обеспечении безопасности перевозки пассажиров и грузов.

Одними из таких «ограничений» являются участки с различными формами про-

явления опасных геологических процессов (ОГП), ухудшающие эксплуатационные показатели работы железных дорог. Значительное количество таких участков приходится на железные дороги, расположенные в регионах, характеризующихся сложными природно-климатическими и инженерно-геологическими условиями, таких, к примеру, как Забайкалье и Приамурье [1].

Целью исследований является разработка стратегии, позволяющей из многообразия возможных проектных решений для каждого участка сформировать такие их сочетания для всей линии (перегона, участка), которые будут высокоэффективны и рациональны по стоимости.

Результаты исследования и их обсуждение

Особенности инженерно-геологических условий определяются сложностью геологического строения и тектонических условий территорий. Так, к примеру, геологические особенности юга Хабаровского и Приморского краев, Амурской области, представляющие собою Приамурье, обусловлены торцевым сочленением двух крупных складчатых поясов Земли – Центрально-Азиатского и Тихоокеанского. Эти геологические структуры планетарного уровня находятся в сложнейших взаимодействиях. По инженерно-геологическому районированию Приамурье входит в регионы юга Дальнего Востока и включает в себя несколько регионов II порядка, характеризующихся сложным геологическим строением, тектоникой, сейсмическими и неотектоническими условиями [2, 3].

В Приамурье присутствуют районы, характеризующиеся очень сложными инженерно-геологическими условиями, определяемые специфическими геодинамическими условиями, делающими особенно проблемной эксплуатацию железных дорог. Для них свойственны сложные экзогенные условия: суровый резко континентальный климат, наличие многолетнемерзлых пород на севере региона, проявление опасных геологических процессов и явлений, среди которых преобладают геокриологические и гравитационные, а также характерные эндогенные условия: геологическое строение и тектоника, неотектоника и современные движения земной коры, высокая сейсмическая опасность.

В таких условиях проявляется весь спектр опасных геологических процессов и явлений, которые существенно за-

трудняют безопасную работу магистралей в регионе, а также сложные сейсмические и неотектонические условия, повышенную сейсмическую опасность и риск функционирования железных дорог.

Анализируемый объект представляет собою открытую природно-техническую систему «геологическая среда – техническая система (сеть железных дорог)», функционирование которой вызывает возникновение и развитие опасных геологических процессов приводящих к отказам технической системы в результате их проявления (рис. 1).

Авторами настоящей статьи разработана стратегия ликвидации барьерных мест на сети железных дорог, с системных позиций учитывающая комплекс природно-климатических, геологических и техногенных условий, их сопровождающих. Эта стратегия работоспособна, при разработке любых других протяженных линейных сооружений.

Очевидно, что решение такой сложной задачи должно осуществляться в несколько этапов. Оно включает мониторинг и ретроспективный анализ, синтез и прогноз опасных процессов на железных дорогах для создания надежной геоинформационной базы.

Только при наличии такой информации возможна разработка планов мероприятий по ликвидации участков проявления ОГП. Для составления планов предварительно производится экспертная оценка возможных конструктивных решений и технологических процессов по борьбе с ОГП. Мониторинг направлен на оценку всех постоянных и изменяющихся системных факторов возникновения опасных экзогенных геологических процессов [4, 5].

После реализации плана мероприятий производится комплексный анализ последствий решений и мероприятий. Алгоритм выполнения перечисленных задач немедленно запускается вновь вследствие того, что сеть железных дорог – это сложная динамическая система, подверженная постоянным изменениям, требующая непрерывного наблюдения. Результатами исследований является комплект инженерно-геологических карт, разрезов, аналитических материалов. На их основе разрабатываются проекты и комплексные схемы инженерной защиты железных дорог от ОГП на основе использования всех возможных конструкций и мероприятий.

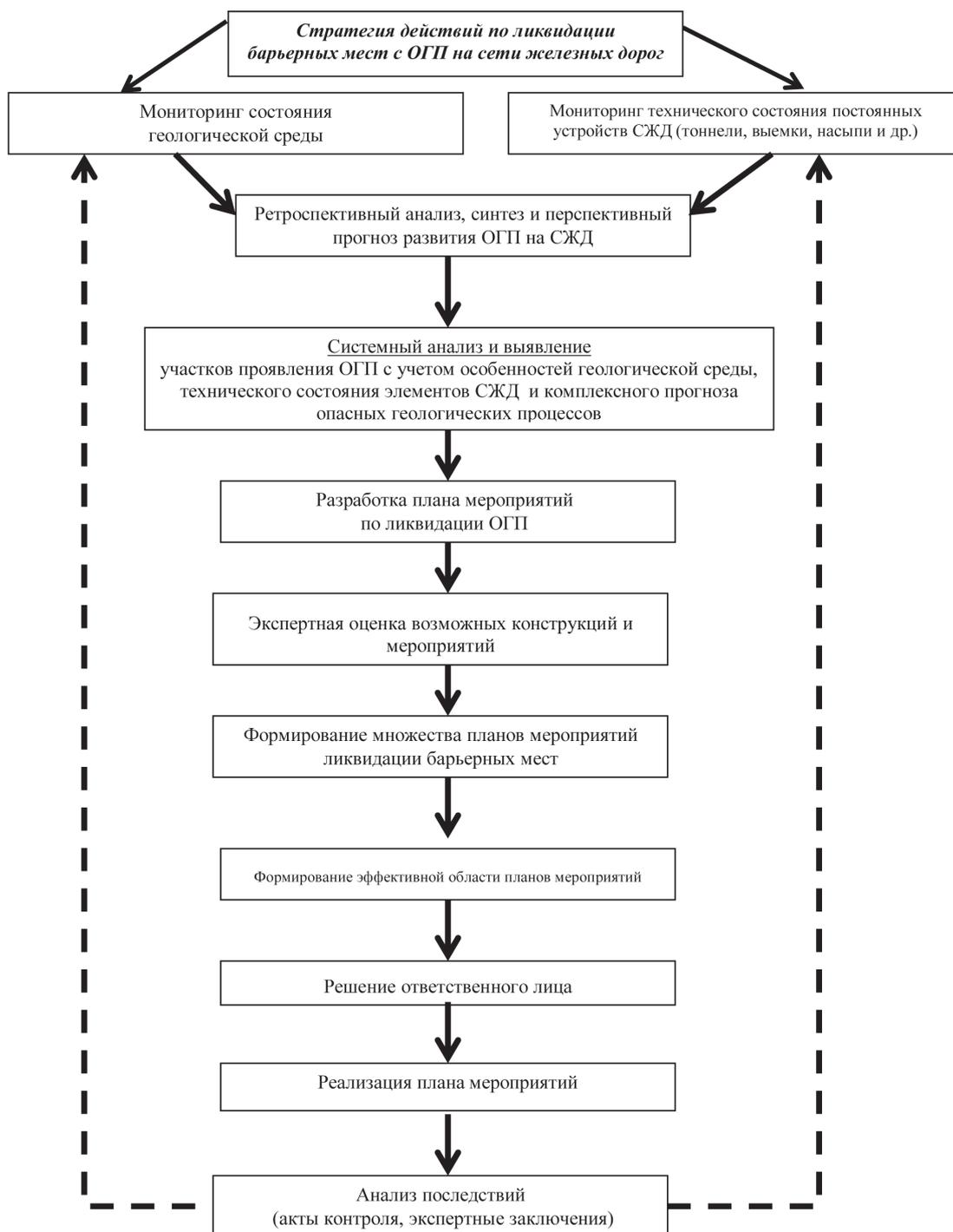


Рис. 1. Схема стратегии ликвидации барьерных мест с ОГП на сети железных дорог

Поставленная задача по своей сути и содержанию является инженерно-геологической. В конечном итоге знание природы ОГП на объектах железных дорог и умение управлять ими влияет на безопасность движения и экономическую эффективность ра-

боты системы. Решение проблемы ликвидации ОГП глубоко и всесторонне учитывает влияние инженерно-геологических условий региона, районов, подрайонов, участков на экономические показатели функционирования сети железных дорог.

Инженерно-геологическая оценка мест, на которых проявляются ОГП, производится с целью экспертной оценки возможных мероприятий по их ликвидации или «смягчению» негативного воздействия, осложняющего эксплуатацию. Конечным этапом стратегических действий является экономический анализ принятого комплексного решения по ремонту (реконструкции) участка, линии или всей дороги с целью ликвидации или смягчения ОГП.

Поскольку участков проявления ОГП на сети железных дорог большое количество (тысячи) и мероприятий по их ликвидации достаточно много, то количество их совокупностей (планов мероприятий) может составить значительную величину и будет являться задачей огромной размерности и трудоемкости (рис. 2).

Число сочетаний применения возможных мероприятий (для участка, линии или всей дороги) определяется как

$$S = \prod_{j=1}^i (M_j + 1),$$

где M_j – число возможных мероприятий по ликвидации опасного процесса на i -ом участке.

Так, к примеру, для сорока обвальных участков на железнодорожном направлении Комсомольск – Советская Гавань, при восьми возможных на каждом участке мероприятиях, число сочетаний планов мероприятий составит

$$S = (8 + 1)^{40}.$$

Поэтому становятся очевидными большие трудности поиска экономически рационального стратегического плана (минимальный объем инвестиций – максимальное сокращение эксплуатационных расходов) мероприятий, приводящих к наилучшему результату работы системы – ликвидации или смягчению ОГП.

На этом этапе решается задача, содержание которой следующее: из множества возможных планов мероприятий ликвидации ОГП необходимо сформировать эффективную область, удовлетворяющую поставленным граничным условиям (минимальный объем капитальных вложений, максимальное снижение эксплуатационных затрат) и позволяющую выбирать наиболее приемлемые (в том числе и по другим критериям) решения. Такая задача решалась авторами с помощью разработанного в Дальневосточном государственном университете путей сообщения программного комплек-

са, в основе которого лежит хорошо зарекомендовавший себя модифицированный метод динамического программирования (алгоритм Кеттеля). Данный программный комплекс уже применялся при разработке генеральной схемы реконструкции участков Забайкальской железной дороги [6].

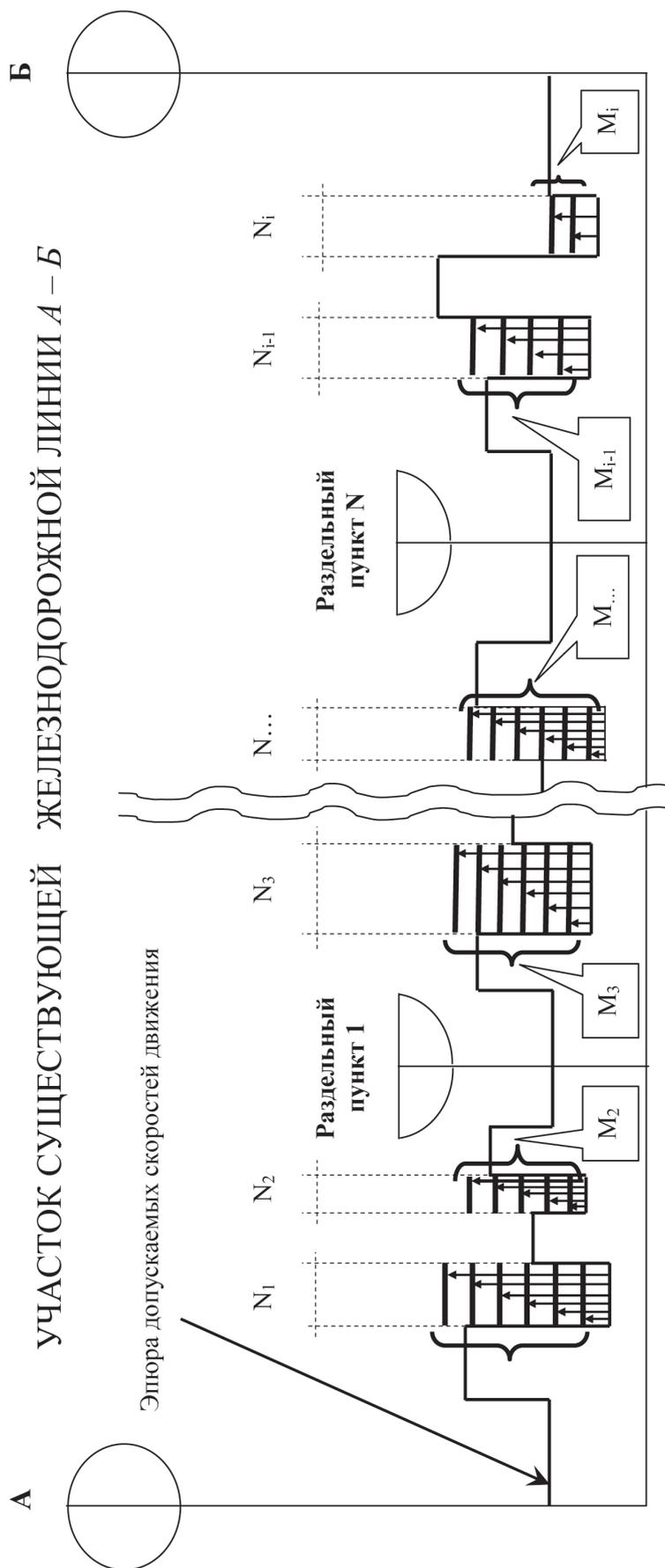
Разработанная стратегия апробирована для участка 195–330 км железнодорожной линии Комсомольск – Советская Гавань, на котором находится двадцать семь участков активного проявления обвалов, вывалов и осыпей. Рассматриваемый участок наиболее подвержен обвальным процессам на всей Дальневосточной железной дороге, находится в пределах перевальной части линии, пересекающей горную страну Сихотэ-Алинь на отметках 800–900 м.

Аналізу подверглись стандартные типовые методы ликвидации обвальной опасности, применение которых возможно в описанных условиях исходя из реальных технологических возможностей строительных подразделений: без мероприятия (№ 0), анкерные крепления (мероприятие № 1), защита бетонным покрытием (№ 2), защита улавливающей стеной (№ 3), уположивание откосов (№ 4), отвод пути (№ 5), а также комбинации этих методов: анкерные крепления и защита бетонным покрытием (№ 6), уположивание откосов и защита бетонным покрытием (№ 7), отвод пути и защита улавливающей стеной (№ 8).

Методом экспертных оценок на всех участках было определено влияние способов защиты в результате реализации того или иного перечисленных выше мероприятий на изменение эксплуатационных затрат (в абсолютных цифрах). В результате компьютерного анализа сформировано исходное множество альтернатив для 27 участков, состоящее из 9²⁷ планов мероприятий. После отсеивания неэффективных альтернатив сформировано допускаемое множество, включающее около 8 000 планов мероприятий. Фрагмент таблицы, включающий девять планов мероприятий, приведен в таблице.

В первом столбце предлагается комбинация мероприятий для ликвидации или смягчения опасности на линии, во втором столбце – объемы инвестиций, а в третьем – рассчитанные для них суммы сокращения эксплуатационных затрат на линии.

Для запланированных 12 млн рублей инвестиций максимальное сокращение эксплуатационных расходов составит 1,5497 млн рублей в год при реализации выделенного в таблице плана мероприятий.



$N_1...N_i$ – барьерные места с опасными геологическими процессами, ухудшающие надёжность и эксплуатационные показатели работы железнодорожной линии.

$M_1...M_i$ – множество мероприятий, направленных на ликвидацию барьерных мест (мощность множества на каждом участке может быть различна).

Рис. 2. Размерность задачи ликвидации барьерных мест с опасными геологическими процессами

Экономический анализ вариантов применения противообвальных мероприятий на железнодорожной линии Комсомольск – Советская Гавань

Применяемые мероприятия на участках	Объем инвестиций, тыс. руб.	Сокращение эксл. расходов, тыс. руб./год
7-6-2-0-4-5-3-2-0-0-0-3-4-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-5	11692,4	1547,4
7-6-2-0-4-5-3-2-0-0-0-3-4-2-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-5	11702,1	1547,8
7-2-2-0-4-5-3-2-0-0-0-3-4-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-5	11764,1	1549,2
7-2-2-0-4-5-3-2-0-0-0-3-4-2-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-5	11773,8	1549,6
7-2-2-0-4-5-3-2-0-0-0-0-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-3	12007,2	1549,7
7-2-2-0-4-5-3-2-0-0-0-0-2-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-3	12016,9	1550,1
5-6-2-0-4-5-3-2-0-0-0-0-4-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-5	12041,2	1553,3
7-6-2-0-4-5-3-2-0-0-0-3-0-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-3	12046,3	1557,7
7-6-2-0-4-5-3-2-0-0-0-3-0-2-4-4-4-0-0-0-0-3-0-5-4-4-3	12056,0	1558,1

При этом на первом участке целесообразно применять уполаживание откосов и защиту бетонным покрытием (7-е мероприятие), на втором и третьем – защиту бетонным покрытием (№ 2), на четвертом участке нецелесообразно применение мероприятий, так как это не даст экономического эффекта, на пятом участке рационально применение отвода пути и т.д.

Рассчитанное число планов уже возможно анализировать лицу, принимающему решение: крупному специалисту или руководителю для принятия окончательного решения. Эффективным результатом работ является снятие ограничения скоростей движения подвижного состава и весовых норм, вследствие ликвидации или смягчения барьерных мест [7]. Вся информация может отражаться в виде табличной или картографической информации о состоянии и изменениях элементов геологической среды, а также в виде экспертных заключений, актов контроля, служебной документации.

Разработанная стратегия ликвидации ОГП с системных позиций учитывает совокупность сложных экзогенных и усугубляющих их сложных эндогенных условий функционирования железных дорог в Приамурье и позволяет корректно назначать экономические рациональные комплексные стратегические планы ликвидации участков ОГП. Данная стратегия, по мнению авторов, является универсальной и может быть применена на всей сети железных дорог Российской Федерации. Представляется, что она может быть эффективна и при решении аналогичных комплексных проблем на линейных транспортных сооружениях другого назначения – автомобильных магистралях, нефте- и газопроводах и других.

Список литературы

1. Соктина Е.И. Проблемы и перспективы наращивания пропускной способности участка Комсомольск-на-Амуре –

Советская гавань северного широтного хода / Е.И. Соктина, А.П. Широков // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2012 – Т. 2. – С. 68–73.

2. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. – Т.4. Дальний Восток / Под. ред. Е.Г. Чаповского. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 502 с.

3. Лапердин В.К. Опасные геологические процессы в зоне Байкальского рифта и сопредельных территорий / В.К. Лапердин, В.С. Имаев // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2010. – Т. 37. – С. 40–55.

4. Ермолов А.А. Исследование опасных экзогенных геологических процессов в рамках комплексных инженерных изысканий и производственного мониторинга на линейных объектах / А.А. Ермолов // Инженерные изыскания. – 2014. – № 12. – С. 39–41.

5. Колтун П.А. Последствия инженерных ошибок при модернизации транспортных сооружений / П.А. Колтун, Г.А. Злобин, С.В. Квашук // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2011 – Т. 2. – С. 137–132.

6. Разработка генеральной схемы реконструкции геометрии трассы на примере Шилкинской и Сквородинской дистанции пути Забайкальской железной дороги / А.Р. Едигарян [и др.] // Проектирование развития региональной сети железных дорог: сб. науч. тр. Вып. 1. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. – С. 21–36.

7. Едигарян А.Р. Основы методологии формирования генеральной схемы этапной реконструкции геометрии трассы существующего железнодорожного направления / А.Р. Едигарян, С.М. Гончарук, А.И. Нератов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – № 3(39). – С. 294–299.

References

1. Soktina E.I. Problemy i perspektivy narashhivaniya propusknoj sposobnosti uchastka Komsomolsk-na-Amure Sovetskaja gavan severnogo shirotnogo hoda / E.I. Soktina, A.P. Shirokov // Nauchno-tehnicheskoe i jekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke. 2012 T. 2. S. 68–73.

2. Inzhenemaja geologija SSSR. V 8-mi tomah. T.4. Dalnij Vostok / Pod. red. E.G. Chapovskogo. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1977. 502 p.

3. Laperdin V.K. Opasnye geologicheskie processy v zone Bajkalskogo rifta i sopredelnyh territorij / V.K. Laperdin, V.S. Imaev // Voprosy inzhenernoj sejsmologii. 2010. T. 37. pp. 40–55.

4. Ermolov A.A. Issledovanie opasnyh jekzogenykh geologicheskikh processov v ramkah kompleksnykh inzhenernykh izyskanij i proizvodstvennogo monitoringa na linejnykh obektah / A.A. Ermolov // Inzhenernye izyskanija. 2014. no. 12. pp. 39–41.

5. Koltun P.A. Posledstviya inzhenernykh oshibok pri modernizacii transportnyh sooruzhenij / P.A. Koltun, G.A. Zlobin, S.V. Kvashuk // Nauchno-tehnicheskoe i jekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke. 2011 T. 2. pp. 137–132.

6. Razrabotka generalnoj shemy rekonstrukcii geometrii trassy na primere Shilkinskoj i Skovorodinskoj distancii puti Zabajkalskoj zheleznoj dorogi / A.R. Edigarjan [i dr.] // Proektirovanie razvitija regionalnoj seti zheleznykh dorog: sb. nauch. tr. Vyp. 1. Habarovsk: Izd-vo DVGUPS, 2013. pp. 21–36.

7. Edigarjan A.R. Osnovy metodologii formirovaniya generalnoj shemy jetapnoj rekonstrukcii geometrii trassy sushhestvujushhego zheleznodorozhnogo napravlenija / A.R. Edigarjan, S.M. Goncharuk, A.I. Neratov // Sovremennye tehnologii. Sistemyj analiz. Modelirovanie. 2013. no. 3(39). pp. 294–299.

УДК 504.054:550.424(470.11 + 470.22)

ЕСТЕСТВЕННАЯ И ТЕХНОГЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ И АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

¹Киселев Г.П., ¹Яковлев Е.Ю., ¹Дружинин С.В., ¹Киселева И.М.,
¹Баженов А.В., ²Быков В.М.

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика
Н.П. Лаверова Российской академии наук, Архангельск, e-mail: yakovlev_eu@inbox.ru;

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск,
e-mail: v.m.bykov@narfu.ru

Естественная и техногенная радиоактивность выступает важнейшей составляющей, которая определяет состояние природной среды, поэтому знание механизмов накопления, путей миграции и распределения радионуклидов в компонентах экосистем приобретает особую актуальность. Актуальность оценки загрязнения компонентов окружающей среды радионуклидами на Северо-Западе России связана с наличием наземных и морских полигонов испытаний современного вооружения, мест захоронения токсичных отходов, действием силовых и энергетических ядерных установок, наличием атомного флота, разработкой месторождений углеводородного сырья, строительством заводов по его переработке. На радиационное состояние окружающей среды наряду с природными и антропогенными факторами большое влияние имеют трансграничные переносы загрязняющих компонентов воздушными и водными массами. Важным индикатором радиационного состояния окружающей среды являются донные отложения как носитель полной информации об истории развития водоемов. В связи с этим особую важность приобретает необходимость изучения активностей естественных и техногенных радионуклидов в донных осадках озер Северо-Запада России. В настоящей работе представлены результаты исследования техногенных и естественных радиоактивных элементов в донных отложениях ряда озер Архангельской области и Республики Карелия. Выявлено, что состав естественных радиоактивных изотопов донных отложений озер, не затронутых хозяйственной деятельностью, определяется преимущественно литологическим и гранулометрическим составом осадков, а также наличием органического вещества. Распределение техногенных радионуклидов подчиняется особенностям глобальных выпадений. Важным фактором в ускорении миграции естественных радионуклидов в окружающую среду и увеличению их активности в донных осадках является деятельность промышленных предприятий.

Ключевые слова: естественная и техногенная радиоактивность, донные отложения, техногенная нагрузка, цезий-137

NATURAL AND TECHNOGENIC RADIOACTIVITY IN BOTTOM SEDIMENTS OF LAKES OF THE NORTHWEST RUSSIA (THE EXAMPLE OF KARELIA REPUBLIC AND ARKHANGELSK REGION)

¹Kiselev G.P., ¹Yakovlev E.Yu., ¹Druzhinin S.V., ¹Kiseleva I.M., ¹Bazhenov A.V., ²Bykov V.M.

¹Federal Centre for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, e-mail: yakovlev_eu@inbox.ru;

²Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, e-mail: v.m.bykov@narfu.ru

Natural and technogenic radioactivity is the most important component that determining the state of environment, therefore, knowledge of mechanisms of accumulation, migration routes and distribution of radionuclides in ecosystem components is of particular relevance. Relevance of assessing the contamination of environmental components by radionuclides in the North-West of Russia is related to the availability of ground and sea testing ranges for modern weapons, toxic waste disposal sites, the operation of power and nuclear power plants, the availability of an atomic fleet, the development of hydrocarbon deposits, and the construction of a refinery. In addition to natural and anthropogenic factors, transboundary transport of polluting components by air and water masses is of great importance to the radiation state of the environment. Bottom sediments as a carrier of complete information on the history of the development of water bodies are an important indicator of the radiation state of the environment. In this connection, the necessity to study the activity of natural and technogenic radionuclides in the bottom sediments of the lakes of the North-West of Russia acquires particular importance. In the present work the results of research of technogenic and natural radioactive elements in bottom sediments of a number of lakes of the Arkhangelsk region and the Republic of Karelia are presented. It was revealed that the composition of natural radioactive isotopes of bottom sediments of lakes unaffected by economic activity is determined mainly by lithological and granulometric composition of precipitation, as well as by the presence of organic matter. The distribution of technogenic radionuclides obeys the features of global fallout. An important factor in accelerating the migration of natural radionuclides into the environment and increasing their activity in bottom sediments is the activity of industrial enterprises.

Keywords: natural and technogenic radioactivity, bottom sediments, technogenic load, cesium-137

Северо-Запад Российской Федерации в период ядерных испытаний на Новой Земле, испытаний в мировой практике, Чернобыльской аварии и аварии на АЭС

в Фокусиме, проведенный подземных ядерных взрывов в мирных целях, а также для устранения аварий при добыче нефти и газа подвергся существенному воздействию

техногенной радиоактивности. В этой связи необходимо проведение радиозкологических исследований компонентов природной среды региона. Основным концентратором радионуклидов являются донные осадки, которые поглощают более 80% радиоактивности [1]. Донные отложения озер – важный компонент озера экосистемы – являются носителем полной информации истории развития водоемов [2] и служат накопителем вредных для здоровья населения элементов. В результате долговременного накопления радионуклидов донные осадки могут стать источником вторичного радиоактивного загрязнения водных объектов и их постепенного распространения в компоненте окружающей среды, вовлечения в пищевые цепи и дополнительного облучения человека [3, 4].

В связи с особой актуальностью изучения радиоактивности в донных осадках нами были проведены исследования техногенных и естественных радиоактивных элементов в донных отложениях ряда озер Архангельской области и Республики Карелия. Исследования выполнены научным коллективом лаборатории экологической радиологии Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Российской академии наук. В пределах Архангельской области были изучены 5 озер: Чидвозеро, Светлое, Святое, Лача и Холмовское. На территории Республики Карелия были опробованы 14 озер: Каменное, Космозеро, Нижнее Куйто, Среднее Куйто, Верхнее Куйто, Сегозеро, северная часть Онежского озера, а также ряд небольших озер примыкающих к крупнейшему в регионе горнодобывающему предприятию – Костомукшскому горно-обогатительному комбинату, эксплуатирующему одноименное месторождение железистых кварцитов (Костомукшское, Поппярви, Кенто, Ломо, Карянги, Окунево, Ламбина-1 и Ламбина-2). Схема расположения опробованных озер показана на рис. 1.

Материалы и методы исследования

Представленные в работе материалы являются результатом исследований естественной и техногенной радиоактивности в донных осадках озер Архангельской области и Республики Карелия, которые проводились в течение 5 лет, с 2012 по 2016 гг. Из 19 исследованных озер было отобрано более 300 проб донных отложений, что позволило получить представительный массив данных.

Пробы донных отложений отбирались с моторной лодки ковшом-дночерпателем, места отбора

фиксируются GPS-навигатором, пробы помещались в пластиковые пакеты и маркировались, данные о пробах фиксировались в полевом журнале. В лабораторных условиях пробы высушивались до воздушно-сухого состояния, исследовался их гранулометрический состав, далее пробы высушивались в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы.

После взвешивания пробы донных осадков помещались в сосуд Маринелли для измерения активности радионуклидов методом гамма-спектрометрии. Регистрация гамма-излучений от счетного образца донных отложений, а также обработка спектров проводилась с использованием программно-аппаратурного комплекса «Прогресс-гамма» ФВКМ.412131.002-03 [5].

Калибровка гамма-спектрометра по энергии для контроля за сохранностью параметров установки проводилась после каждого измерения с использованием комбинированного контрольного источника ОИСН-137-1 в сосуде Маринелли – 1 литр. Обработка спектров, расчет значений активности и погрешности производились с использованием программного обеспечения ПРОГРЕСС.

Минимальное время экспонирования счетного образца составляло 3600 секунд. Однако в зависимости от активности пробы время экспонирования в отдельных образцах со слабой активностью увеличивалось.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований естественной и техногенной радиоактивности в донных отложениях озер Республики Карелия и Архангельской области в обобщенном виде показаны в таблице. В таблице результаты измерений гамма-активности изотопов в пробах донных осадков рассчитаны как среднееарифметическое отдельно по каждому озеру. Пространственно сближенные небольшие озера на территории, примыкающей к Костомукшскому железорудному месторождению, рассматривались как единый объект. Наиболее наглядно особенности распределения радионуклидов отражены на рис. 2, где изученные объекты расположены в зависимости от географического положения – с запада на восток.

Характер распределения антропогенного изотопа цезия-137 в донных осадках исследуемых озер имеет ряд особенностей. В донных осадках озер Архангельской области активность цезия-137 изменяется в пределах от < 1 до 124 Бк/кг. Для озер Карелии характерен значительно более широкий разброс значений от < 1 до 873 Бк/кг. При этом просматривается зависимость изменения активности цезия от долготы, на которой находятся озера. Так, с продвижением на запад концентрация радиоцезия в донных отложениях зна-

чительно возрастает, достигая на долготе 30° в.д. – границе исследуемой площади близ государственной границы с Финляндией, максимальных величин. Данная зависимость выражается коэффициентом корреляции – 0,46. Вероятнее всего, такая закономерность объясняется особенностями глобальных выпадений радиоцезия в период испытаний ядерного оружия и аварии на Чернобыльской АЭС. Известно, что плотность отложения «чернобыльского» ^{137}Cs на северо-западе России более низкая, по сравнению с расположенными западнее Швецией и Финляндией. Плотность отложения ^{137}Cs на почвенный покров в Швеции составила до 85 кБк/м^2 , в Финляндии до 67 кБк/м^2 , в то время как на Кольском полуострове и в Карелии отложение ^{137}Cs было менее 10 кБк/м^2 [6].

^{226}Ra – щелочноземельный элемент, промежуточный продукт распада урана-238. Его кларк в земной коре составляет $36,8 \text{ Бк/кг}$, в почвах – 29 Бк/кг [7]. Средние значения активности ^{226}Ra в донных отложениях изученных озер Архангельской области не превышают кларковых значений. В отдельных пробах донных осадков фиксируется превышение кларка в среднем в два раза (Лача, Светлое). Схожая картина характерна и для некоторых Карельских озер, за исключением оз. Верхнее и Нижнее Куйто, а также небольших озер в районе Костомукшского железорудного месторождения, где отмечены значения $98, 134,7$ и $82,1 \text{ Бк/кг}$ соответственно. Кроме этого, существенное отклонение от среднего значения активности ^{226}Ra в донных осадках Онежского озера отмечено в Петрозаводской губе ($78,1 \text{ Бк/кг}$).

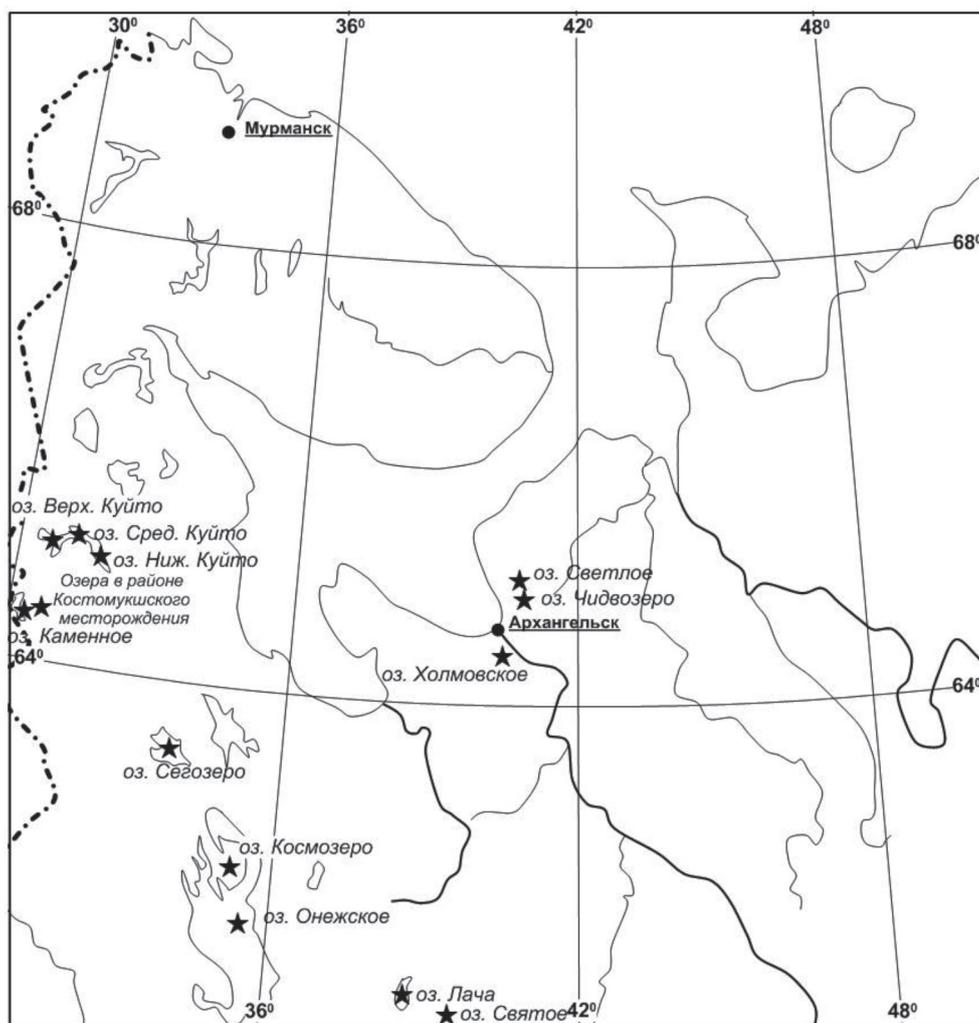


Рис. 1. Карта-схема расположения опробованных озер

Средние значения удельной активности радионуклидов в донных отложениях исследованных озер

№ п/п	Название озера	Удельная активность изотопов, Бк/кг			
		¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Республика Карелия					
1	Озера в районе Костомукшского железорудного месторождения	<u>179,7</u> 1–547,7	<u>38,7</u> 4,8–82,1	<u>27,6</u> 4,9–83,8	<u>366,8</u> 16–890
2	оз. Каменное	<u>86,7</u> 10–873	<u>16,3</u> 2–76	<u>16,2</u> 1–45	<u>230,9</u> 27,9–624
3	оз. Верхнее Куйто	<u>41,9</u> 6,9–85,5	<u>25,4</u> 4,3–98	<u>22,9</u> 12,9–36,3	<u>366,6</u> 205,3–539
4	оз. Среднее Куйто	<u>25,4</u> 11–54,9	<u>24,53</u> 5,4–134,7	<u>24,9</u> 18,4–29,6	<u>435</u> 300–500
5	оз. Нижнее Куйто	<u>25,1</u> 6,6–50,8	<u>11,7</u> 6,4–16,9	<u>18,6</u> 6,1–41,1	<u>427,9</u> 312,6–545
6	оз. Сегозеро	<u>30,6</u> 3,9–81,6	<u>18,1</u> 8,5–35,5	<u>22,1</u> 9,3–51,4	<u>492,8</u> 339–836
7	оз. Космозеро	<u>10,3</u> 1–36	<u>13,8</u> 2–50,5	<u>26,1</u> 7–41	<u>377,4</u> 82–546
8	оз. Онежское	<u>29,9</u> 1,3–92,8	<u>15,6</u> 4,5–78,1	<u>23,8</u> 4–42,8	<u>453,2</u> 225–646
Архангельская область					
9	оз. Лача	<u>38,7</u> 1,4–71	<u>25,3</u> 12,5–49,6	<u>24,8</u> 13,4–30,6	<u>407,2</u> 334–471
10	оз. Святое	<u>34,2</u> 0,6–111,7	<u>19,2</u> 2,7–52,6	<u>31,7</u> 12,3–54,9	<u>424,8</u> 226,9–599
11	оз. Холмовское	<u>23,0</u> 2,1–71	<u>13,7</u> 4,4–24,3	<u>20,1</u> 5,5–32,6	<u>530,7</u> 404,4–663
12	оз. Чидвозеро	<u>37,8</u> 2,1–124	<u>24,4</u> 8,2–45,8	<u>23,0</u> 8,5–34,2	<u>368,6</u> 137–647
13	оз. Светлое	<u>4,6</u> 1–9,1	<u>21,7</u> 7,2–67,2	<u>14,4</u> 1,3–39,2	<u>151,7</u> 30–287,6

Примечание. Над чертой – средние значения, под чертой – минимальные и максимальные значения.

Кларк ²³²Th в почве составляет 24,6 Бк/кг, для осадочных пород эта величина составляет 45 Бк/кг. Средние значения активности тория в донных осадках озер Карелии и Архангельской области находятся на уровне кларковой для почв, которые являются основным источником тория в донных отложениях. В отдельных пробах удельная активность тория повышена, но, как правило, не превышает 45 Бк/кг, типичных для осадочных пород. Исключение составляют озера вблизи Костомукшского горно-обогатительного комбината – оз. Окуновое и Поппярви (до 83,8 Бк/кг).

Кларковое значение ⁴⁰K в земной коре составляет 655 Бк/кг, кларк для почвы – 370 Бк/кг. В донных отложениях всех исследованных озер средние значения активности ⁴⁰K не превышают кларковых для земной коры. В отдельных пробах удельная

активность ⁴⁰K также ниже кларка или близка к нему. Превышение кларковой величины выявлено в пробе, отобранной из оз. Сегозеро (836 Бк/кг), представляющей собой пелит с большим количеством крупных включений обломков коренных пород с высоким содержанием природного калия. Еще больше превышение кларковых значений калия-40 было выявлено в нескольких пробах донных отложений в озерах района Костомукшского месторождения железистых кварцитов (до 890 Бк/кг). Судя по всему, источник калия в донных осадках озер, прилегающих к Костомукшскому ГОКу – это наличие в разрабатываемых карьерах гранито-гнейсов, для которых концентрация калия составляет около 1000 Бк/кг.

Относительно форм нахождения радионуклидов в донных осадках можно судить по степени связи между изотопами. Так,

корреляционная связь между ^{232}Th и ^{40}K характеризуется как умеренная положительная связь. Это объясняется тем, что данные радионуклиды преимущественно связаны с минеральной литогенной частью донных осадков. Связь активности радия с данными изотопами более слабая, что говорит о том, что радий, имея высокую миграционную активность, в большей степени связан с хемогенной и органогенной фракциями осадков и в меньшей степени с минеральной частью.

Между радиоцезием и торием, радиоцезием и калием зависимости не наблюдается, в то время как связь ^{137}Cs и ^{226}Ra выражается коэффициентом корреляции 0,71 и характеризуется как сильная положительная. Это говорит о том, что радионуклиды ^{137}Cs и ^{226}Ra концентрируются в одних и тех же фракциях донных отложений.

Значения активности естественных радиоактивных элементов в донных отложениях озер, не затронутых хозяйственной деятельностью человека, обусловлены активностью радионуклидов в почвах и коренных породах, уровнем континентального смыва и выносом из рек с обломочным материалом с последующим осаждением на дно. Однако с увеличением степени техногенной нагрузки на озера состав активности естественных радионуклидов существенно

изменяется в сторону увеличения. Ярким примером в данном случае служат донные осадки озер, примыкающих к Костомукшскому ГОКу. Сброс пульпы, обогащенной радионуклидами коренных пород (гранито-гнейсов), из обогатительной фабрики приводит к существенному увеличению концентраций тория и калия в донных осадках.

Выводы

Изложенные в работе результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

Характер распределения цезия-137 в донных осадках подчиняется географическому положению исследованных озер. Так при продвижении на запад активность радиоцезия существенно возрастает, достигая близ границы с Финляндией (оз. Каменное) максимальных значений. Такая закономерность объясняется особенностями глобальных выпадений цезия в период испытаний ядерного оружия и аварии на Чернобыльской АЭС.

В целом средние значения активностей естественных радионуклидов в исследованных озерах Карелии и Архангельской области находятся на уровне кларковых. Флуктуации активности естественных радионуклидов главным образом зависят от литологического и гранулометрического состава осадков, а также от наличия органического вещества.

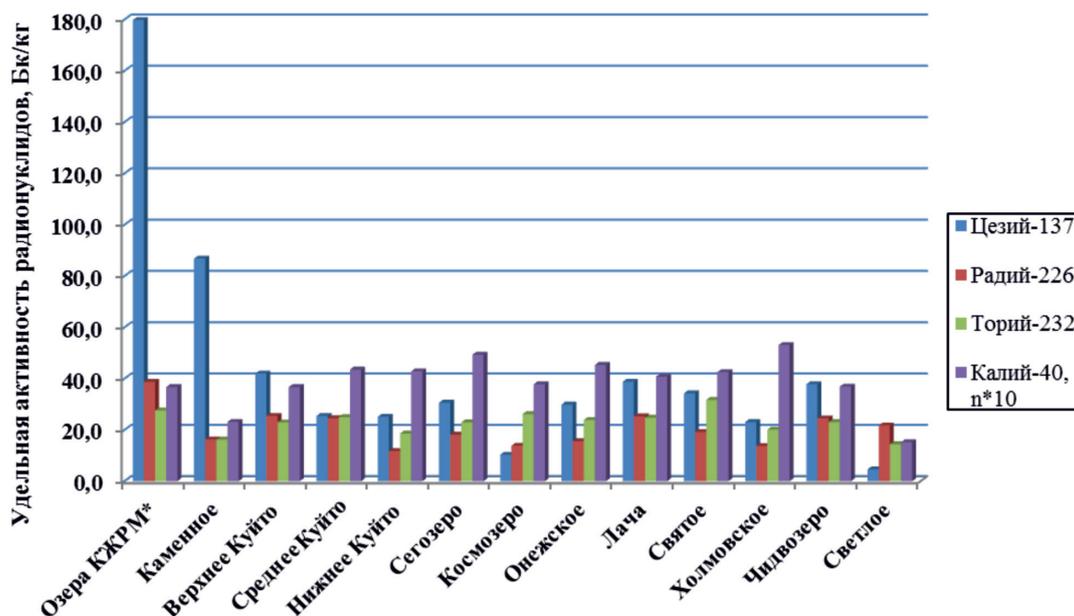


Рис. 2. Средние значения удельной активности ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в донных осадках озер Архангельской области и Республики Карелия. Примечание. *Небольшие озера в районе Костомукшского железорудного месторождения (Поппяярви, Кенто, Ломо, Кариянги, Окунево, Ламбина-1 и Ламбина-2)

С увеличением степени техногенной нагрузки на озера под влиянием промышленных и горнодобывающих предприятий существенно ускоряется миграционная активность радионуклидов в компоненты природной среды, что отражается на составе радиоактивных изотопов донных отложений.

Работа выполнена при поддержке проекта УрО РАН № 15-15-5-48 и Гранта РФФИ № 16-35-00153 мол_а.

Список литературы

1. Трапезников А.В. Миграция радионуклидов в пресноводных экосистемах / И.В. Молчанова, Е.Н. Караваева. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. – 480 с.
2. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции / Д.А. Субетто. – СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. – 344 с.
3. Мухаметшина Л.Ф. Содержание радионуклидов в воде и донных отложениях озер Восточно-Уральского радиоактивного следа: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 2011. – 25 с.
4. Павлоцкая Ф.И. Формы нахождения радионуклидов в воде и донных отложениях некоторых промышленных водоемов ПО «Маяк» / Ф.И. Павлоцкая // Радиохимия. – 1998. – № 5. – С. 462–467.
5. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс» (утверждена начальником ЦМПИ ГНМЦ «ВНИИФТРИ» Ярыной В.П. 07.05.1996). – М.: Изд-во НТЦ «Амплитуда», 2016. – 12 с.

6. Бакунов Н.А. К вопросу устойчивости пресноводных водоемов Восточной Фенноскандии к отложению ¹³⁷Cs: радиологический аспект / Н.А. Бакунов, Л.М. Саватюгин // Арктика: экология и экономика. – 2013. – № 1(9). – С. 24–35.

7. Смыслов А.А. Тепловой режим и радиоактивность Земли / У.И. Моисеенко, Т.З. Чадович. – Л.: Недра, 1979. – 345 с.

References

1. Trapeznikov A.V. Migracija radionuklidov v presnovodnyh jekosistemah / I.V. Molchanova, E.N. Karavaeva. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2007. 480 p.
2. Subetto D.A. Donnye otlozhenija ozer: paleolimnologicheskie rekonstrukcii / D.A. Subetto. SPb.: RGPU im. A.I. Gercena, 2009. 344 p.
3. Muhametshina L.F. Soderzhanie radionuklidov v vode i donnyh otlozhenijah ozer Vostochno-Uralskogo radioaktivnogo sleda: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Moskva, 2011. 25 p.
4. Pavlockaja F.I. Formy nahozhdenija radionuklidov v vode i donnyh otlozhenijah nekotoryh promyshlennyh vodoevov PO «Majak» / F.I. Pavlockaja // Radiokhimiya. 1998. no. 5. pp. 462–467.
5. Metodika izmerenija aktivnosti radionuklidov s ispolzovaniem scintilljacionnogo gamma-spektrometra s programmym obespecheniem «Progress» (utverzhdena nachalnikom CMPI GNMC «VNIIFTRI» Jarynoj V.P. 07.05.1996). M.: Izd-vo NTC «Amplituda», 2016. 12 p.
6. Bakunov N.A. K voprosu ustojchivosti presnovodnyh vodoemov Vostochnoj Fennoskandii k otlozheniju ¹³⁷Cs: radiologicheskij aspekt / N.A. Bakunov, L.M. Savatjugin // Arktika: jekologija i jekonomika. 2013. no. 1(9). pp. 24–35.
7. Smyslov A.A. Teplovoj rezhim i radioaktivnost Zemli / U.I. Moiseenko, T.Z. Chadovich. L.: Nedra, 1979. 345 p.

УДК 504.064.2/.3.054:[551.578.46 + 504.45](470.324)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА, СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНОМ РАЙОНЕ ВОРОНЕЖА

¹Кочетова Ж.Ю., ¹Базарский О.В., ¹Тимошинов О.В., ¹Закусилов В.П., ²Маслова Н.В.

¹ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж;

²ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 97 ФМБА России Федерального медико-биологического агентства», Воронеж, e-mail: zk_vva@mail.ru

Изучена динамика загрязнения нефтепродуктами и формальдегидом атмосферного воздуха, снежного покрова и поверхностных вод в 2007–2016 гг. в экологически неблагоприятном районе г. Воронежа, подверженном негативному техногенному влиянию со стороны военного аэродрома и химически опасного объекта. Измерения проводили в лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии № 97 ФМБА России Федерального медико-биологического агентства (г. Воронеж). Установлено превышение нормативных показателей исследуемых соединений в атмосферном воздухе и снежном покрове и поверхностных водах с 2014 г., обусловленное активной деятельностью аэродрома. Повышенные значения концентраций формальдегида в атмосферном воздухе приходятся на летний период, что согласуется с ранее полученными данными. Максимальное содержание формальдегида в воздухе зафиксировано в непосредственной близости от военного аэродрома, оно превышает предельно допустимую концентрацию более чем в 2 раза. Выявлено отсутствие корреляции между содержанием формальдегида в атмосферном воздухе и снежном покрове. Содержание нефтепродуктов в снежном покрове исследованной территории на протяжении десяти лет изменялось неравномерно и разнонаправленно. Превышение предельно допустимой концентрации отмечалось во всех изученных точках начиная с 2008 г. Установлена высокая теснота связи между содержанием керосина и формальдегида в снежном покрове на территории испытательного комплекса, что закономерно в условиях испытания двигателей ракет, работающих на авиационном керосине. Для изучения взаимосвязи между содержанием токсикантов в атмосферном воздухе и снежном покрове образцы отбирались одновременно на территории испытательного комплекса. Установлена высокая теснота связи между содержанием формальдегида в воздухе и снежном покрове; аналогичные зависимости получены для нефтепродуктов. Зону влияния источников эмиссии рекомендуется устанавливать по уровню загрязнения снежного покрова.

Ключевые слова: мониторинг, нефтепродукты, формальдегид, атмосферный воздух, снежный покров, поверхностные воды

THE RESEARCH OF ATMOSPHERE AIR POLLUTION, SNOW COVER AND SURFACE WATERS IN THE ADVERSE DISTRICTS OF VORONEZH

¹Kochetova Zh.Yu., ¹Bazarskiy O.V., ¹Timoshinov O.V., ¹Zakusilov V.P., ²Maslova N.V.

¹Military educational and scientific center air force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh;

²Hygiene and Epidemiology № 97 FMBA of Russia Federal Medical Biological Agency, Voronezh, e-mail: zk_vva@mail.ru

The dynamic of pollution the atmosphere air, snow cover and surface waters by oil products and formaldehyde in the adverse district of Voronezh during 2007–2016 were studied. This district is under the negative influence from the military airfield and the chemically dangerous facility. The measurements were carried out in the laboratory of the «Hygiene and Epidemiology Center No. 97 of the FMBA of the Federal Medical and Biological Agency of Russia» (Voronezh). The excess of the normative indices of the research compounds in the atmosphere air and snow cover and surface waters since 2014 were established. The general reason is the activity of the aerodrome. The increased values of formaldehyde concentrations in the atmosphere air were obtained in the summer period. These values agrees with the previously obtained data. The maximum concentration of formaldehyde in the air were fixed in the immediate vicinity of the military aerodrome; it exceeds the maximum permissible concentration by more than two times. Were founded that there is no correlation between the formaldehyde concentration in atmosphere air and the snow cover. The content of oil products in the snow cover of the researched territory for ten years is varied unevenly and in different directions. The exceeding of the maximum permissible concentration was noted at all researched points, starting from 2008. The high tightness of the connection between the concentration of kerosene and formaldehyde in the snow cover on the territory of the test complex were established. It is explained by the conditions of testing rocket engines operating on aviation kerosene. The samples were taken simultaneously in the territory of the test complex for studying the interrelationship between the content of toxicants in atmospheric air and snow cover. The high tightness of the interrelationship between the formaldehyde content in the air and the snow cover were established; similar dependencies were obtained for petroleum products. The zone of influence of emission sources is recommended to establish by the level of pollution of the snow cover.

Keywords: monitoring, oil products, formaldehyde, atmospheric air, snow cover, surface waters

Снежный покров является индикатором качества атмосферного воздуха, при этом как объект анализа более стабилен, надежен и объективен вследствие аккумуля-

ляции загрязняющих веществ в течение длительного времени [1]. Состав снежного покрова формируется при поступлении с атмосферными осадками твердых частиц,

неорганических и органических соединений различных классов опасности; при поглощении снеговым покровом газов, водорастворимых аэрозолей. С талыми снеговыми водами в грунты и водные бассейны поступают химические соединения, причем, трансформируясь под действием природных факторов, они могут представлять большую угрозу для природной среды, чем первичные загрязнители. Оценка загрязнения городского снежного покрова является актуальной эколого-аналитической задачей, так как талые воды могут поступать в водные объекты, используемые для коммунальных нужд.

Основными источниками загрязнения объектов окружающей среды в мегаполисах являются выбросы транспорта, промышленности, энергетики, для снежного покрова – также антигололедные средства [2]. Цель работы – изучение десятилетней динамики загрязнения снежного покрова нефтепродуктами, формальдегидом и нитратами экологически неблагоприятного района г. Воронежа, на территории которого расположены военный аэродром и химически опасное производство; оценка тесноты связи между уровнями загрязнения формальдегидом атмосферного воздуха и снежного покрова.

Снежный покров в Воронежской области появляется в среднем 15 ноября и становится устойчивым в начале декабря, продолжительность его залегания составляет 125–150 дней [3]. В течение года преобладают слабые ветры (2–5 м/с) юго-западного направления. Река Воронеж, в долине которой создано искусственное водохранилище, разделяет город на две части (рис. 1): правобережная часть представляет собой холмистое плато с абсолютными отметками высот от 100 до 160 м, левобережная – сглаженную пологоводнистую поверхность, постепенно переходящую в речную террасу. Открытые водоемы на территории г. Воронежа используются населением для рекреационных целей, предприятиями – для сброса очищенных хозяйственных, производственных и ливневых сточных вод.

Военный аэродром «Балтимор» расположен на правом берегу Воронежского водохранилища, севернее на 400 м от дачного пос. «Сады». С 2012 г. вследствие повышения активности работы аэродрома усилилась техногенная нагрузка не только на пригородные сельскохозяйственные и рекреационные территории, но и на зону жилой застройки Советского района г. Воронежа. Основу Советского района составляет

большой Юго-Западный микрорайон. В составе района пос. Западный и отдаленные части города – пос. Придонской, Тенистый, Тепличный, Шилово, Малышево.

Негативный вклад в загрязнение окружающей среды исследуемого района вносят также расположенные на его территории ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики» (ОАО «КБХА»), проводящее испытание ракетных двигателей, работающих в том числе и на авиационном керосине; металлургический комплекс; автотранспортный цех.

Военный аэродром в исследуемом районе г. Воронежа является основным источником таких загрязняющих веществ, как авиационный керосин и продукты его неполного сгорания (в том числе формальдегида). Керосины относят к веществам IV класса опасности с ПДК в воздухе 300 мг/м³; в снежном покрове и поверхностных водах 0,3 мг/дм³ (в пересчете на углерод) [4]. Они характеризуются незначительной испаряемостью, поэтому в воздухе в обычных условиях нет концентраций, вызывающих отравление.

Формальдегид образуется в результате окисления углеводородов при высоких температурах вследствие природных явлений (лесные пожары и др.) и антропогенной деятельности. Формальдегид – канцероген, относится к соединениям I класса опасности, входит в список специфических веществ, характерных для промышленности, транспорта и энергетики каждого города, его содержание подлежит обязательному контролю на федеральном уровне (ПДК в воздухе населенных мест 0,035 мг/м³; в снежном покрове и поверхностных водах 0,05 мг/дм³) [4, 5].

На исследуемой территории были выбраны 12 точек отбора проб атмосферного воздуха и снежного покрова; две точки (11, 12) – поверхностных вод (рис. 1). Отбор проб атмосферного воздуха для контроля содержания формальдегида проводили ежемесячно в два последовательно соединенных сосуда, содержащих поглотительный раствор по ГОСТ 17.2.3.01. Время отбора пробы составляло 20 мин при аспирации с объемным расходом 0,2–0,25 дм³/мин. Всего было проанализировано более 3600 проб атмосферного воздуха.

Пробы снежного покрова отбирали в тех же контрольных точках (1–12) в период длительного снеголежания методом «конверта». Пробы поверхностных вод отбирали в двух точках Воронежского водохранилища в теплый период года ежемесячно в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85.

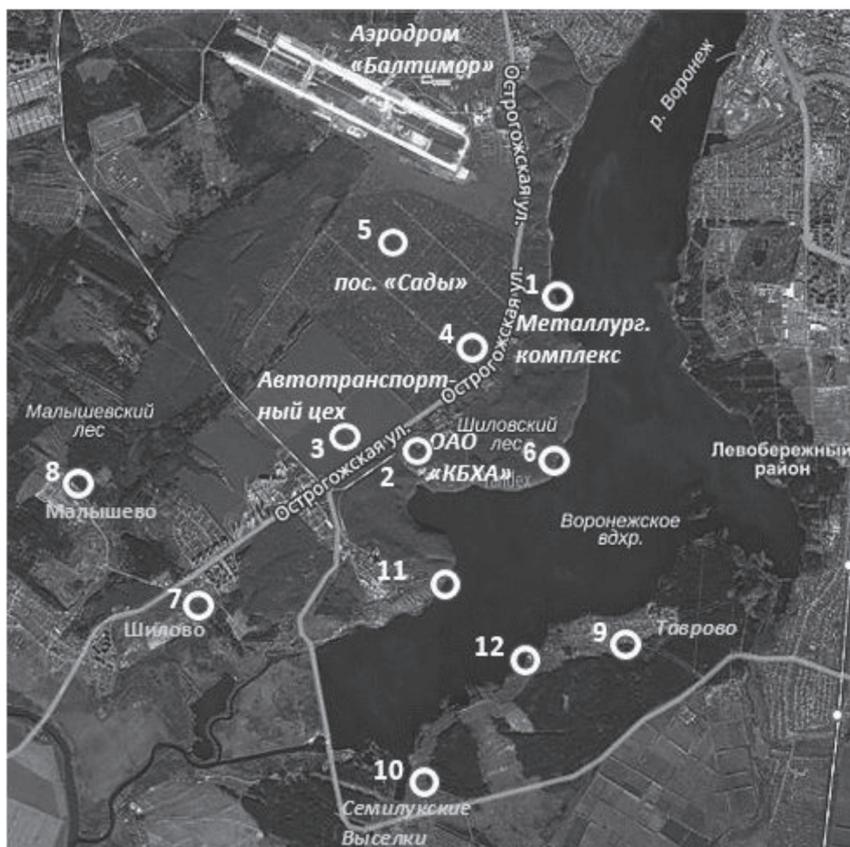


Рис. 1. Точки отбора проб: 1 – комплекс металлургического производства, 2 – промышленные площадки испытательного комплекса ОАО «КБХА», 3 – автотранспортный цех, 4, 5 – дачный пос. «Сады», 6 – Воронежская атомная станция теплоснабжения (недействующая), 7 – пос. Шилово, 8 – пос. Малышево, 9 – пос. Таврово, 10 – пос. Семилукские Выселки, 11, 12 – Воронежское водохранилище (правый и левый берег)

Содержание нефтепродуктов в пробах снега и природной воды определяли в соответствии с МУК 4.1.1013-01 и использованием ИК-спектрофотометра КН-2М. Формальдегид в воздухе и водах анализировали флуориметрическим методом с помощью Флюората 02-4М (МУК 4.1.1272-03 и МУК 4.1.1265-03). Работы по измерению концентраций токсикантов выполнены на базе ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 97 ФМБА России».

Формальдегид в атмосферном воздухе

Содержание формальдегида в 2008 г. и 2012 г. во всех пробах атмосферного воздуха было меньше установленного норматива. В 2007 и 2009 гг. на территории промплощадки испытательного комплекса (точка 2) отмечено превышение его ПДК в 1,2 раза. Максимальная концентрация составила $0,042 \text{ мг/м}^3$.

Наибольшее количество отклонений от норматива зафиксировано в 2010 г., когда

в атмосфере трех контрольных точек 1–3 было установлено повышение содержания токсиканта до 1,2 ПДК. В 2011 г. превышение ПДК составило 1,1 раза в одной пробе в точке 2. Среднегодовые концентрации формальдегида в период с 2007 по 2014 г. во всех точках отбора проб не превышали 0,3 ПДК.

С 2014 г. наблюдается увеличение содержания формальдегида в воздухе контрольных точек 1–5, 8, 11. При этом на территории дачного пос. «Сады» (точки 4, 5) зафиксировано превышение ПДК в 1,1–1,8 раза; на территории металлургического и испытательного комплексов ОАО «КБХА», а также на территории автотранспортного цеха (точки 1–3) – в 1,1–1,3 раза. Максимальная концентрация формальдегида была определена в 2016 г. в пос. «Сады» (точка 5), она составляла $0,064 \text{ мг/м}^3$. Повышенные значения концентраций формальдегида в атмосферном воздухе изученной территории приходятся на летний период, что согласуется с ранее полученными данными [6].

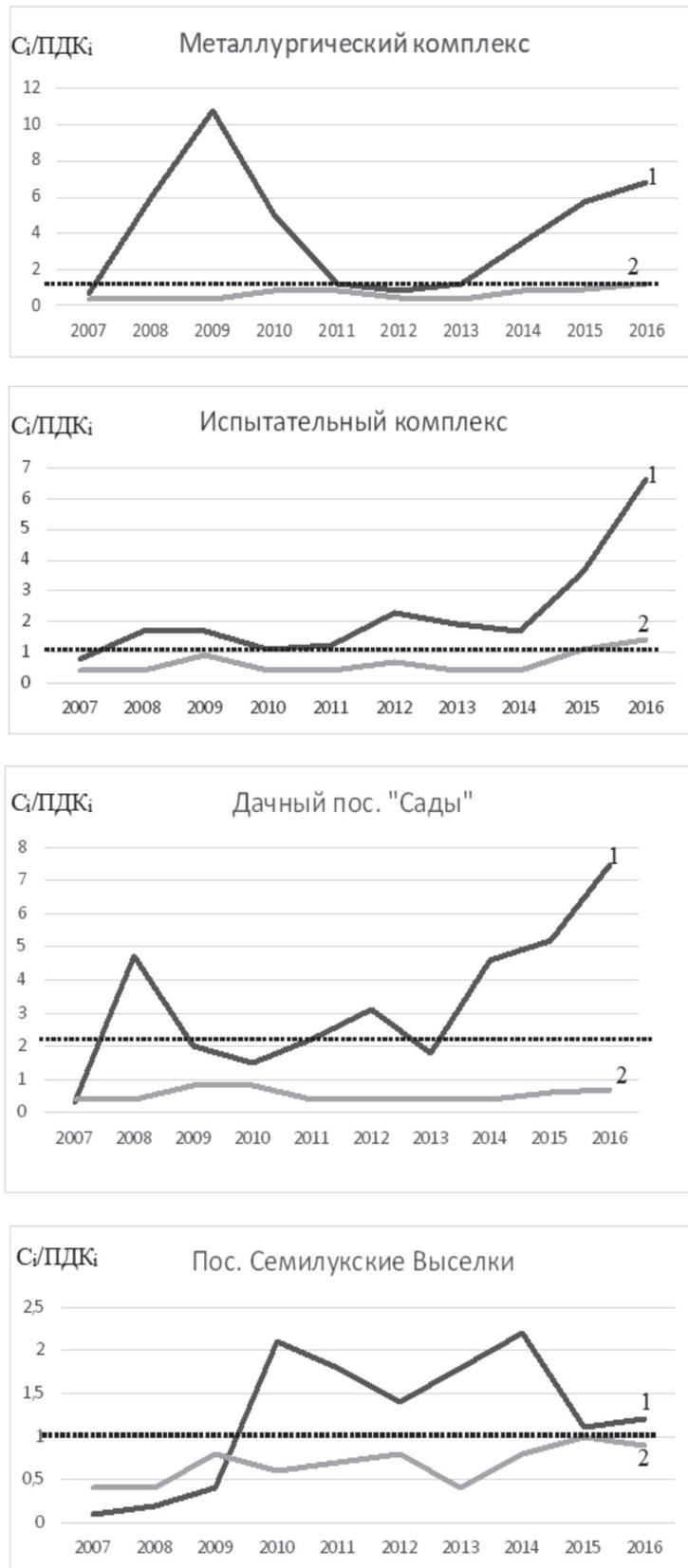


Рис. 2. Изменение концентрации нефтепродуктов (1) и формальдегида (2) в снежном покрове в 2007–2016 гг.

*Формальдегид и нефтепродукты
в снежном покрове*

Содержание формальдегида в снежном покрове в период с 2007 по 2014 г. не превышало ПДК и составляло в среднем для всех изученных точек отбора проб $0,028 \pm 0,007$ мг/дм³. Впервые концентрация формальдегида в снежном покрове превысила норму в 2015 г. в точках 1 и 2 и составила соответственно 1,1 и 1,2 ПДК. В 2016 г. повышенному загрязнению формальдегидом подверглись территории поселков Таврово, Семилукские Выселки, Шилово. На территории дачного пос. «Сады» концентрация формальдегида в снежном покрове не превышала $0,033 \pm 0,007$ мг/дм³. Максимальное значение концентрации формальдегида в снежном покрове (1,3 ПДК) определено в 2016 г. на промышленной площадке испытательного комплекса ОАО «КБХА».

Содержание нефтепродуктов в снежном покрове исследованной территории на протяжении десяти лет изменялось неравномерно и разнонаправленно. Превышение ПДК отмечалось во всех изученных точках начиная с 2008 г. До 2011 г. постоянное и высокое содержание нефтепродуктов в снежном покрове было характерно для территорий металлургического (3,0–10,4 ПДК) и испытательного (0,8–4,2 ПДК) комплексов ОАО «КБХА». В 2012–2013 гг. наибольшее загрязнение снежного покрова нефтепродуктами зафиксировано на территории пос. «Сады» и испытательного комплекса в точках 4 и 2 (2,1 и 3,2 ПДК соответственно). С 2014 г. наиболее загрязненными нефтепродуктами территориями также были дачный пос. «Сады» (3,4–7,2 ПДК); металлургический комплекс (3,5–6,8 ПДК); промышленные площадки испытательного комплекса (3,6–6,1 ПДК). Минимальные концентрации НП в снежном покрове (0,2–2 ПДК) в 2016 г. зафиксированы в поселках Семилукские Выселки, Малышево, Таврово, а также на берегах Воронежского водохранилища в точках 11 и 12.

Нормированные графики динамики изменения концентрации нефтепродуктов и формальдегида в снежном покрове за десятилетний период времени для характерных точек исследованного района представлены на рис. 2.

Высокая теснота связи ($R = 0,88$) между содержанием керосина и формальдегида в снежном покрове зафиксирована на территории испытательного комплекса, что закономерно в условиях испытания двигателей ракет, работающих на авиационном керосине.

*Формальдегид и нефтепродукты
в поверхностных водах*

До 2014 г. концентрация формальдегида в поверхностных водах Воронежского водохранилища была ниже чувствительности метода определения ($< 0,025$). В дальнейшем отмечается незначительное повышение концентрации формальдегида, максимальная ($0,038 \pm 0,008$ мг/дм³) зафиксирована в 2014 г. в точке 11 на левом берегу водохранилища.

Повышение концентрации нефтепродуктов в поверхностных водах (точки 11, 12) отмечается с 2013 г., однако до 2016 г. она не превышала ПДК. Максимальное содержание нефтепродуктов определено в контрольной точке 12, оно соответствовало 1,2 ПДК.

*Установление корреляции между
содержанием токсикантов в атмосферном
воздухе и снежном покрове*

Для изучения взаимосвязи между содержанием токсикантов в атмосферном воздухе и снежном покрове образцы воздуха и снега отбирались одновременно на территории испытательного комплекса (точка 2). По результатам лабораторных исследований построены графики изменения содержания формальдегида и нефтепродуктов в разных средах (рис. 3). Установлена достаточно высокая теснота связи между содержанием формальдегида в воздухе и снежном покрове (коэффициент корреляции $R = 0,79$). Аналогичные зависимости получены для нефтепродуктов ($R = 0,84$).

Выводы

1. Установлена высокая теснота связи между содержанием формальдегида и нефтепродуктов на территории испытательного комплекса ОАО КБХ, а также между содержанием формальдегида и нефтепродуктов в воздухе и снежном покрове после проведения испытаний ракетносителей. Воздушное загрязнение носит мгновенный характер и может быстро изменяться в зависимости от интенсивности эмиссии токсикантов в атмосферу и разбавления загрязнения чистым воздухом. Снеговые загрязнения, накапливаясь в течение существования снежного покрова, являются среднесрочными, поэтому позволяют выявлять устойчивую динамику влияния источника загрязнения на окружающую среду. Последующие накопления нефтепродуктов в почвогрунтах эту динамику сглаживают [7].



Рис. 3. Динамика изменения концентрации формальдегида в снежном покрове (1) и атмосферном воздухе (2)

2. Корреляция между содержанием формальдегида и нефтепродуктов в других изученных точках отсутствует. Это говорит о том, что рассеяние токсикантов от источников загрязнения носит случайный характер, поэтому зону влияния источников эмиссии целесообразно устанавливать по уровню загрязнения снежного покрова.

Список литературы

1. Исследование качества снежного покрова г. Барнаула / Т.В. Носкова [и др.] // Ползуновский вестник. – 2014. – № 3. – С. 208–212.
2. Янчук М.С. Нефтепродукты в поверхностных и снеговых водах юго-западного побережья озера Байкал / М.С. Янчук // Известия Иркутского государственного университета «Науки о земле». – 2016. – Т. 18. – С. 140–149.
3. Мишон В.М. Теоретические и методические основы оценки ресурсов поверхностных вод в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения европейской части России: автореф. дис. ... докт. геогр. наук (25.00.27) / Виталий Михайлович Мишон; Воронежский государственный педагогический университет. – Воронеж, 2007. – 42 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Взамен ГОСТ 12.1.005-76; введ. 01.01.1989. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 52 с.
5. Усманова Л.М. Источники поступления формальдегида и его воздействие на живой организм // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сб. ст. по мат. XXXI междунар. студ. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 12 мая 2015 г.). – Новосибирск, 2015. – № 5(30) [Электронный ресурс]. – URL: <http://masters.donntu.org/2016/feht/shavshina/library/article5.htm> (дата обращения: 30.10.2017).
6. Исидоров В.А. Экологическая химия: учебное пособие для вузов / В.А. Исидоров. – СПб.: Химиздат, 2001. – 303 с.

7. Zhang Ju., Fan Sh., Du X., Yang Ju., Wang W., Hou H. Accumulation, Allocation, and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Soil-Brassica chinensis System // Journal List. – 2015. – vol. 10(2). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25679782> (дата обращения: 30.10.2017).

References

1. Issledovanie kachestva snezhnogo pokrova g. Barnaula / T.V. Noskova [i dr.] // Polzunovskij vestnik. 2014. no. 3. pp. 208–212.
2. Janchuk M.S. Nefteprodukty v poverhnostnyh i snegovyh vodah jugo-zapadnogo poberezh ja ozera Bajkal / M.S. Janchuk // Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta «Nauki o zemle». 2016. T. 18. pp. 140–149.
3. Mishon V.M. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy ocenki resursov poverhnostnyh vod v zonah nedostatochnogo i neustojchivogo uvlazhnenija evropejskoj chasti Rossii: avtoref. dis. ... dokt. geogr. nauk (25.00.27) / Vitalij Mihajlovich Mishon; Voronezhskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet. Voronezh, 2007. 42 p.
4. GOST 12.1.005-88. Sistema standartov bezopasnosti truda. Obshhie sanitarno-gigienicheskie trebovanija k vozduhu rabochej zony. Vzamen GOST 12.1.005-76; vved. 01.01.1989. M.: Izd-vo standartov, 1989. 52 p.
5. Usmanova L.M. Istochniki postuplenija formal degida i ego vozdejstvie na zhivoj orga-nizm // Nauchnoe soobshhestvo studentov XXI stoletija. Estestvennye nauki: sb. st. po mat. XXXI mezhdunar. stud. nauch.-prakt. konf. (Novosibirsk, 12 maja 2015 g.). Novosibirsk, 2015. no. 5(30) [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://masters.donntu.org/2016/feht/shavshina/library/article5.htm> (data obrashhenija: 30.10.2017).
6. Isidorov V.A. Jekologicheskaja himija: uchebnoe posobie dlja vuzov / V.A. Isidorov. SPb.: Himizdat, 2001. 303 p.
7. Zhang Ju., Fan Sh., Du X., Yang Ju., Wang W., Hou H. Accumulation, Allocation, and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Soil-Brassica chinensis System // Journal Lis. 2015. vol. 10(2). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25679782> (data obrashhenija: 30.10.2017).

УДК 528.9:911.2

ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА РАЗВИТИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА: МЕТОДЫ, СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ

Кузнецова Т.И.

Институт географии им. В.Б. Сочавы, Иркутск, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru

В рамках проекта создания фундаментальной тематической цифровой инфраструктуры пространственных данных (ИПД) о природных, социально-демографических и экономических факторах устойчивого развития Российской Федерации разрабатывается программа создания блока ландшафтно-исторических карт экологического содержания для постоянно обновляемого цифрового Атласа развития Байкальского региона. Планируется картографическое воспроизведение структуры природных комплексов, согласно заранее разработанной хронологии процесса их развития в антропогене. Разработана методика согласования географической информации о природе, обществе и их взаимодействии, которая призвана обеспечить получение нового знания об основных этапах и закономерностях развития природных комплексов. Геоэкологический системный подход ретроспективного картографирования определяет место антропогенных компонентов в геосистемных исследованиях в форме факторов антропогенного воздействия, что позволяет сводить самые разнообразные характеристики о природных и антропогенных компонентах географических комплексов к единому знаменателю, отражая их соотношения. При таком подходе исследование хронологии развития ландшафтов представляется как последовательное восстановление цепочек взаимных связей и взаимообусловленности всех их компонентов, а также факторов антропогенного воздействия. Разработаны структура и содержание ретроспективной картографической системы (КС) развития Байкальского региона, которая сможет обеспечить информацией все звенья анализа соотношения естественных и антропогенных факторов в эволюции ландшафтов и формировании экологической обстановки. Она может быть использована для определения ландшафтов, подвергшихся различным антропогенным воздействиям на протяжении нескольких тысячелетий. Представлена общая схема единой КС развития Байкальского региона в виде блока обзорных историко-географических карт, которые обеспечат комплексную оценку процесса формирования ландшафтов исследуемой территории.

Ключевые слова: ландшафтно-исторические карты, экосистемы, согласование информации, хронология, хроноструктура, картографическая система

HISTORICAL AND GEOGRAPHICAL MAPPING OF THE NATURAL ENVIRONMENT FOR THE ELECTRONIC ATLAS OF THE BAIKAL REGION DEVELOPMENT: METHODS, STRUCTURE, CONTENT

Kuznetsova T.I.

V.B. Sochava Institute of Geography, Irkutsk, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru

Within the framework of the project for a fundamental thematic digital spatial data infrastructure (DSD) on natural, socio-demographic and economic factors of sustainable development of the Russian Federation, we develop a program of creating a block of landscape-historical environmental maps for the constantly updated digital Atlas of the Baikal Region. The structure of natural complexes will be mapped, according to a predetermined chronology of the processes and their development in the anthropogen. We develop a methodology for coordinating geographic information about nature, society and their interaction, which is designed to provide new knowledge about the main stages and patterns of natural complex development. The geoecological system approach of retrospective mapping determines the place of anthropogenic components in geosystemic studies in the form of anthropogenic impact factors, which allows us to unify the most diverse characteristics of natural and anthropogenic components of geographic complexes, reflecting their relationships. With this approach, the study of the chronology of landscape development appears as a consistent restoration of the chains of mutual relations and interdependence of all their components, as well as the factors of anthropogenic impact. We developed a structure and content of the retrospective cartographic system (CS) of the development of the Baikal region that can provide information to all links in the analysis of the correlation of natural and anthropogenic factors in the evolution of landscapes and the formation of the ecological situation. It can be used to identify landscapes that have undergone various anthropogenic influences over several millennia. We present the general scheme of a single CS for the development of the Baikal region in the form of a block of survey historical and geographical maps that will provide a comprehensive assessment of landscape formation process within the territory under study.

Keywords: landscape-historical maps, ecosystems, information coordination, chronology, chronostructure, cartographic system

Историко-географические карты являются средством фиксации, хранения и передачи междисциплинарной информации, сопряженный анализ которой обеспечивает изучение пространственно-временной дифференциации природной среды, обу-

словленной ее спонтанным развитием или внешним, в том числе антропогенным воздействием [1]. В региональных и общенациональных российских географических атласах традиционно размещаются подобные карты, созданные на основе анализа

географических, палеогеографических, археологических, исторических, этнографических и других данных, которые отображают реконструкцию природной среды, ее отдельных компонентов и антропогенных факторов, их определяющих [2, 3].

Объект исследования в данном случае находится в плоскости пересечения трех основных географических структур (природа, человек, хозяйство) и соответствует некоторой области интегрального междисциплинарного знания. Это подразумевает согласование большого количества исходного материала по всем составляющим компонентам картографируемого объекта, их взаимосвязям и пространственно-временным изменениям.

В рамках Атласа развития Байкальского региона разрабатывается научная концепция создания картографической системы (КС) Байкальского региона историко-географического содержания масштаба 1:7 500 000 и мельче, который определялся принятым масштабным рядом карт Атласа. Назначением КС является картографическое обобщение, модификация и согласование многочисленных междисциплинарных данных, характеризующих процесс развития природных ландшафтов и естественного или искусственного (в случае антропогенного воздействия) изменения на протяжении периода антропогена последних 30 тыс. лет.

Отличительной особенностью историко-географических исследований развития Байкальского региона является сочетание многочисленных научных методов исследования, в том числе картографического анализа. На первом этапе работ определяются основные принципы и совокупность методов исследования картографических, научно-литературных и справочных фондовых материалов, а также его последовательность, которую по аналогии с математическими понятиями можно определить как логико-алгоритмическое направление историко-географических исследований (рис. 1).

Объектами междисциплинарного исследования являются эколого-культурные геосистемы (ЭКГ) или экосистемы [4, 5], рассматриваемые как целостные территориальные единства ландшафто-, техно- и социосфер. В комплексном исследовании природных и антропогенных факторов формирования экосистем используются принципы и методы геоинформационного геосистемного геоэкологического мониторинга [6–8]. Прежде всего, выявляется ход

естественных изменений природной среды (мониторинг эволюции природной составляющей экосистем), и на эти данные накладываются результаты анализа антропогенных воздействий (мониторинг антропогенной составляющей экосистем).

В качестве основных принципов согласования информации определены следующие.

Генетический принцип, который предполагает исследование экосистем как историко-эволюционного процесса взаимодействия природы и общества с закономерной последовательностью смены состояний ландшафтов и факторов воздействующих на них.

Стратификационный принцип, который предполагает восстановление конкретного отрезка времени для каждого этапа историко-эволюционного развития экосистем.

Принцип комплексности, требующий разработки единой системы классификации ландшафтов, объединяющей их природные и антропогенные составляющие. В качестве основных блоков информации выступают палеогеографический, географический, археологический, историко-социокультурный.

Ландшафтно-индикационный принцип обеспечивает создание всех карт КС Байкальского региона на единой ландшафтно-экологической основе. Эта основа призвана сыграть в системном объединении естественно-географических и социально-экономических явлений роль инварианта, знания о котором помогут не только объяснить прошлое, отразить особенности современного взаимодействия природы и общества, но и наметить направления дальнейшего развития исследуемых процессов и явлений. Таким образом, каждый ландшафтный выдел выступает в качестве своеобразной ячейки формирования базовой информационно-инвентаризационной основы, которая используется далее для любых последующих обобщений и выводов. От того, как проведена инвентаризация природной среды и антропогенных факторов ее формирования, зависит степень обоснованности информации для дальнейшего ее использования.

Принцип соответствия допускает предположение, что для ранних периодов формирования и развития природной среды региона (доиндустриального) в одинаковых или близких экологических условиях развивались одинаковые «хозяйственно-культурные типы (ХКТ)» [9] использования территории.

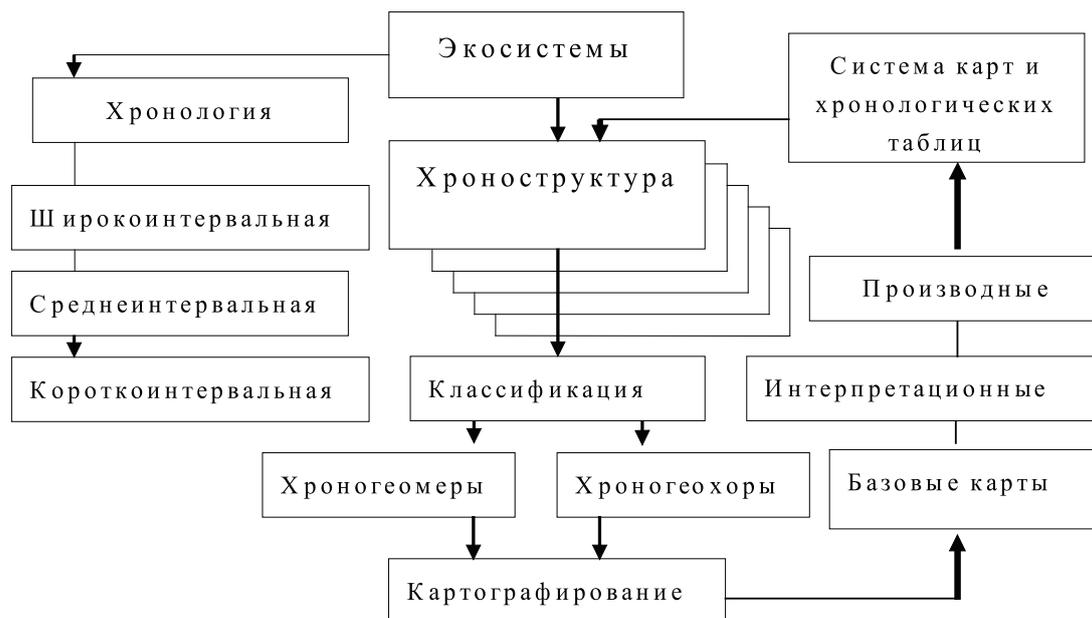


Рис. 1. Общая схема согласования географической информации

Для палеогеографических исследований Байкальского региона используются публикации В.А. Беловой [10] и Е.В. Безруковой [11], Е.Э. Фишер [12]. Для историко-географических исследований самых ранних этапов антропогенной трансформации ландшафтов важна интерпретация археологических материалов с целью включения сведений об отдельных событиях и процессах в историко-географическую периодизацию. Наскальные рисунки (писанницы) содержат информацию о наиболее раннем периоде использования ландшафтов региона; не менее ценную информацию имеют описания археологических раскопок и исторических памятников.

Для исследования более позднего этапа развития региона используются опубликованные записки путешественников, проезжавших по территории региона после освоения её русскими казаками (XVI–XIX вв.). При этом большое значение имеют работы, синтезирующие первичный материал и результаты экспедиционных наблюдений (научные статьи, монографии). Наряду с этим используются статистические и фондовые материалы, содержащие данные о численности и плотности населения, а также его половозрастной структуре, кроме этого, сведения по структуре и объемам производства, размеру посевных площадей и структуре земельных угодий. Все они являются индикаторами для определения антропогенной нагрузки на

ландшафт, которая соотносится с особенностями системы природопользования.

Историко-картографические (топонимические) методы исследования предполагают изучение гидронимов (названий рек) и ойконимов (названий населенных пунктов) с целью дешифрирования истории освоения и истории природопользования территории исследуемого региона, а также этнических особенностей населения, некогда заселявшего регион.

Сопряженное исследование динамики историко-географических явлений обеспечивает единая картографическая основа. В качестве базовой карты (см. рис. 1) в процессе ландшафтно-индикационного интерпретационного картографирования используется ранее созданная карта «Природные ландшафты Байкальского региона и их использование» масштаба 1:5 000 000 [13]. Посредством модификации ее картографической основы и генерализации тематического содержания в соответствии с целевым масштабом разрабатываются разновременные историко-ландшафтные карты. Их типологические выделы (хроноотипы) и выделы районирования (хронотопы) (см. рис. 1) в зависимости от принятого масштаба картографирования, обусловленного качеством имеющейся историко-географической информации, могут быть подразделениями экосистем регионального или планетарного иерархического уровня.

Для упорядочения информации во времени разрабатывается хронологическая шкала, временной интервал которой (см. рис. 1) определяется целью и масштабом картографирования, размерностью экосистем, а также качеством исходной информации. Широкоинтервальная синхронная хронологическая шкала разрабатывается в единицах летоисчисления для регионального уровня картографирования. Среднеинтервальная шкала отражает вековые изменения геоэкологических ситуаций. Разрабатывается она обязательно с учетом районных особенностей развития историко-географического процесса. Периодичность короткоинтервальной шкалы может составлять десятилетия.

При наличии необходимой исходной информации порядок исследования хроноструктуры экосистем может быть начат с любого хронологического этапа. Последующее обобщение полученных данных по иерархическим категориям экосистем и в рамках исторических срезов соответствует общей хронологии процесса. В качестве примера согласования во времени и пространстве междисциплинарной пространственно-временной информации приводится фрагмент хронологической таблицы (территория Приленья) (таблица). В ней отражаются типологические характеристики структуры природных ландшафтов, существующих природных режимов, продуктивности, основных этапов природопользования, этнического состава населения, особенностей хозяйственного использования ландшафтов, характера антропогенного воздействия на них.

Выделено два основных этапа использования ландшафтов. Первый этап – примитивного природопотребления с зачатками производительной деятельности (изготовление орудий труда, одежды) – во времени совпадает с сартанским периодом времени (24–11 тыс. лет назад) и характеризуется господством таежных ландшафтов и распространением крупных животных (мамонтов и носорогов). Наиболее ранние стоянки людей, свидетельствующие о характере взаимодействия человека с природой, обнаружены в долине р. Лены ниже г. Киренска у д. Частинской (25 тыс. лет назад). Расселение позднелепелитического человека отмечается в долине р. Лены и ее притоков, в районе п. Кистенево (15–17 тыс. лет назад), Макарово (15–12 тыс. лет назад). В конце плейстоцена – начале голоцена существовали кратковременные сезонные

стоянки людей. Это объясняется тем, что основным родом занятий древнего человека была охота на крупных животных. С проникновением в Приленье приангарских племен связано развитие охотничье-рыболовного хозяйства (15–10 тыс. лет назад).

В бореальное время (10–8 тыс. лет назад) под влиянием климатических изменений произошла спонтанная смена северотаежных ландшафтов на среднетаежные ландшафты. Это повлекло за собой исчезновение крупных животных и увеличение численности мелких лесных животных. Поэтому в этот период строительным материалом становится лес, камень, шкуры мелких лесных зверей; отмечается широкое распространение поселений в долине р. Лены на участке поселок Качуг – поселок Бирюлька на юге и поселок Жигалово на севере. Погребения древнего человека и следы стоянок, представляющих собой охотничьи лагеря, обнаружены близ старого Качуга, Хапчагая, Воробьево, Верхолеска, Жигалово.

В атлантическое время (7–5,5 тыс. лет назад) среднетаежные ландшафты сменились южнотаежными, а в период климатического оптимума голоцена (5,5–6 тыс. лет назад) в долинах крупных рек южной Сибири были распространены лиственнично-сосновые травяные леса с широколиственными породами (ильм, лещина, липа). В долинах малых рек произрастали елово-пихтовые леса, а горные склоны были покрыты кедрово-елово-пихтовыми лесами. Одновременно этот период времени имеет самую представительную коллекцию могильников на территории Прибайкалья.

Второй этап – производящего природопользования – совпадает с суббореальным временем (5–4 тыс. лет назад). Этот период времени отличается ксерофитизацией климата, началом становления современного облика ландшафтов, а территория Приленья попадает в ареал распространения кочевого скотоводства, что связано с переселением сюда кочевых народов из Забайкалья и Восточного Саяна. Появление земледелия в регионе совпадает с субатлантическим (2–3 тыс. лет назад) временем и связано с участием в составе племенного объединения «трех курыкан» таджико-согдийских народов – носителей культуры земледелия. Этот период связан с дальнейшим ухудшением климата в сторону усиления его континентальности. Произошло постепенное уменьшение роли кедра

в составе растительности и распространение лиственнично-сосновых лесов. Этому способствовало также развитие в южной части региона кочевого скотоводства. Распространение земледелия в этот отрезок времени было невозможно, потому что земли, удобные для этой деятельности, находились преимущественно в долинах крупных рек и использовались в качестве

летних пастбищ. Борьба за земли между скотоводами и земледельцами решалась в пользу скотоводов. Существенно, что земледелие в этот период отмечается на невысоких водоразделах рек Куды, Лены, Ангары, в местах распространения древних святилищ. Более поздний период времени связан с развитием кузнечного дела и ткачества.

Хронология развития ландшафтов и истории их использования (на примере Приленья)

Геохронология	Хронология материальной культуры	Климат	Основные ландшафтные структуры
1	2	3	4
I. ПРИРОДОПОТРЕБЛЕНИЕ			
Верхний плейстоцен – голоцен Сартанское время (24–10 тыс. лет)	Палеолит (20–25 тыс. лет) Мезолит Верхоленская Макаровская (15–10 тыс. лет)	А. Заселение территории человеком (охотничье-собираТЕЛЬСКИЙ тип хозяйствования)	
		Холодный	Северо-таежные, лесотундровые, тундровые
Голоцен Бореальное время (10–8 тыс. лет)	Неолит Исаковская (6–5 тыс. лет)	Б. Влияние ангарских племен (охотничье-рыболовно-собираТЕЛЬСКИЙ тип хозяйствования)	
		Прохладный и сухой	Северо-таежные, тундрово-степные, лесотундрово-степные, тундрово-степные
Голоцен Атлантическое время (7,5–5,5 тыс. лет)	Неолит Серовская (5 тыс. лет)	Умеренно теплый	Горнотундровые, северо-таежные и среднетаежные темнохвойные (ель-кедрово-пихтовые)
II. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ			
Голоцен Суббореальное время (5–4 тыс. лет)	Неолит Китойская (4 тыс. лет)	В. Влияние забайкальских племен (охотничье-рыболовно-собираТЕЛЬСКИЙ с элементами скотоводства тип хозяйствования)	
		Теплый и сухой	Горнотундровые, северо-таежные и среднетаежные, южно-таежные темнохвойные (уменьшение роли кедра и формирование антропогенных ландшафтов)
Голоцен Субатлантическое время (2 тыс. лет)	Неолит Глазковская (3–1 тыс. лет) Курумчинская (1 тыс. лет)	Г. Влияние тюркских племен (скотоводческий с элементами земледелия тип хозяйствования)	
		Прохладный и влажный	Горнотундровые, северо-таежные и среднетаежные, южно-таежные темнохвойные (уменьшение роли кедра и формирование антропогенных ландшафтов), широкое распространение лиственнично-сосновых
Голоцен	Неолит Железный век и Средневековье (VI–XVI в.в.)	Д. Влияние бурят-монгольских племен (скотоводческий с элементами земледелия, охотничье-промысловый тип хозяйствования)	
		Похолодание климата («малая ледниковая эпоха»)	Горнотундровые, северо-таежные и среднетаежные, южнотаежные темнохвойные, лиственнично-сосновые, лиственничные, подтаежные, антропогенные
	Неолит Новое время	Е. Русский этап природопользования (пушно-промысловый, земледельческо-ремесленный, лесохозяйственный, недропользование)	
Голоцен	XVIII – нач. XX вв. 20–30 гг. XX в. 70–90 гг. XX в. – 60 гг. XX в. – XXI в.	1. Пушная колонизация и земледелие 2. Коллективизация и уничтожение этнического природопользования 3. Укрупнение сельхозпредприятий и лесхозов 4. Газоразведка и освоение месторождений, отторжение и перераспределение лесных земель	
		Потепление	Горнотундровые, северо-таежные и среднетаежные, южнотаежные темнохвойные, лиственничные, лиственнично-сосновые, подтаежные, антропогенные

Русские люди обосновались на берегах рек Лена и Татура с 30-х годов 17 в. Здесь они встретились с двумя коренными народами – бурятами (кочевниками-скотоводами) и тунгусами (кочевниками-охотниками). Местное население под влиянием русских чиновников становится ясачным, и наибольшее значение в хозяйстве приобретает охота на пушного зверя. Одновременно сокращается амплитуда хозяйственных миграций кочевников-охотников. Исчезает такой вид деятельности, характерный для исследуемого региона, как массовая охота, что связано отеснением бурят в более южные районы. В годы Советской власти в структуре использования ландшафтов произошли коренные изменения, связанные с первой очередь с увеличением численности русского населения. К этому времени территория, представлявшая собой некогда сплошные охотничьи угодья, оказалась разделенной коридором, по которому проходил Карамский тракт. Вдоль него были расположены русские поселения. Причем жители северных поселений занимались исключительно таежно-промысловой деятельностью, на юге располагались так называемые полупромысловые поселения, жители которых кроме таежного промысла занимались сельским хозяйством и судостроением. Активная хозяйственная деятельность и ее особенности отразились на состоянии таежных лесов. Многочисленные вырубki, гари, вызванные деятельностью человека, привели к снижению общей площади охотничьих угодий и сокращению добычи ценных зверей.

С целью сохранения условий жизнедеятельности местного населения, с одной стороны, и улучшения промысловой деятельности русского населения, с другой стороны, было принято решение о создании Вершино-Тутурской культурной базы (1928–1929 гг.). Основными целями ее создания являлись: 1) сохранение основного занятия коренного населения и упорядочение охотничьего промысла с параллельным созданием охотхозяйства; 2) уничтожение кочевого образа жизни и введение оседлости в связи с общей коллективизацией. С 1940-х гг. характер использования ландшафтов Приленья во многом определялся развитием здесь лесопользования и геологоразведки. Были открыты крупные газоносные структуры: Жарковская, Ковыктинская, Тутурская, Верхнеленский Вал и др. В настоящее время исследуемая территория рассматривается как арена формирования нефтегазодобывающего комплекса, который должен сыграть существенную роль в укреплении топливно-энергетического по-

тенциала Байкальского региона и сопряженных территорий.

Структура КС Байкальского региона

Основу КС Байкальского региона (рис. 2) составляет *Базовая ландшафтно-экологическая карта*, которая разрабатывается посредством генерализации созданной ранее карты «Природные ландшафты Байкальского региона и их использование» масштаба 1:5 000 000 [11]. В зависимости от качества исходной информации единицами историко-географического картографирования выступают геосистемы: «геомы и их классификационные типологические объединения – подгруппы, группы, подклассы, классы – по ряду геомеров, а по ряду геохор – округа, провинции, группы провинций, физико-географические области» [14, с. 50].

Интерпретационные историко-географические карты могут быть выполнены для разных временных этапов развития региона (см. рис. 1). Их создание проводится посредством широкой опоры на разработанные ранее хронологические таблицы изменения хроноструктуры ландшафтов Байкальского региона.

По результатам историко-географических исследований топонимической системы региона составляются производные *топонимические карты*. Реки на них выполняют одновременно функции географической основы и тематической нагрузки. Их отображение позволяет передавать сразу несколько географических характеристик. Так, цветом линий можно обозначать качественные различия языковой принадлежности народов, проживающих на исследуемой территории, а сочетанием различных цветов отразить все этимологические особенности гидронимов, что раскрывает картину последовательности миграционных процессов и их динамики. Названия населенных пунктов отражают этнические особенности населения и особенности хозяйственной деятельности некогда проживающих здесь народов. Способом ареалов отмечаются районы распространения родственных по языку топонимов, а следовательно, этнических групп населения. Способ совмещенного картографирования топонимики и природы региона позволяет дешифровать географические названия, происхождение которых связано с природными объектами, а также конкретизировать характер использования ландшафтов, обусловленный природными условиями региона. Сопряженный анализ специальной топонимической и ландшафтной характеристик

региона позволяет проводить разного рода оценочные исследования.

Комплексная ландшафтно-археологическая карта. По способу отображения она также является многослойной. Ее первый информационный слой отображает типы современных ландшафтов региона. Второй слой информации отражает культурно-хронологические пласты, сменяющие друг друга на всем протяжении историко-географического развития исследуемого региона – его заселения и хозяйственного освоения. Эта информация карты важна для выяснения вопросов, касающихся времени появления и особенностей антропогенного воздействия на ландшафты в течение длительного исторического времени. Наряду с древностями на карте отмечается пласт, отражающий роль русского населения в процессе «пушной колонизации» территории или хозяйственного, в том числе нефтегазового освоения. Каждая археологическая культура, отображенная на карте от древности к современности, способствует полноте отражения содержания вопроса, касающегося истории заселения территории.

При историко-географическом изучении наиболее ранних периодов заселения региона человеком особенно важна корректная интерпретация археологических данных и географическая экстраполяция ареалов распространения того или иного культурного слоя. В этом случае используются геоархеологический и эколого-культурный подходы [15]. Тематическое содержание ландшафтно-археологической карты широко используется в процессе историко-географического районирования.

Карта историко-географического районирования. Сопряженная серия историко-географических карт создается для анализа пространственно-временной дифференциации ландшафтов, изучения воздействия антропогенных факторов на природный ландшафт и их изменения. Полученная информация используется далее для историко-географического районирования территории. Этот тип районирования представляет собой особый вид комплексного районирования, учитывающего пространственно-временные особенности развития природных ландшафтов и антропогенные факторы их формирования.

Этапы, процедуры создания и тематическое содержание карт	
Разработка базовой ландшафтно-экологической основы КС Байкальского региона	
Процедуры	Тематическое содержание карт
Разработка программы, структуры, содержания базовой карты единой КС. Сбор информации. Оценка и анализ исходной информации, разработка специализированной целевой классификации экосистем	Основные природные структуры. Биологическая продуктивность растительности. Экологический потенциал. Устойчивость. Функции экосистем, в том числе хозяйственные. Характер использования ландшафтов
Разработка интерпретационных историко-географических карт КС Байкальского региона	
Процедуры	Тематическое содержание карт
Разработка программы, структуры и содержания ретроспективного блока КС. Сбор информации. Оценка и анализ исходной информации, разработка системы специализированных классификаций экосистем. Разработка хронологии мониторинга изменения экосистем. Разработка базовой природной основы для каждого хронологического периода. Разработка программы, структуры и содержания тематических слоев: топонимического, ландшафтно-археологического, характеристики населения, историко-географического районирования для каждого периода времени	Историко-географические карты: основные ландшафтно-экологические структуры, их использование для разных временных срезов. Топонимическая: названия гидронимов, классификация гидронимов по формантам, классификация гидронимов по языковой принадлежности формантов. Ойконимы: названия ойконимов, классификация по языковой принадлежности формантов. Ландшафтно-археологическая: палеогеографический, археологический, этнографический
Разработка производных историко-географических карт	
Процедуры	Тематическое содержание карт
Разработка программы, структуры и содержания карты историко-географического районирования	Историко-географические (эколого-культурные) районы Байкальского региона

Рис. 2. Общая схема КС Байкальского региона

Заключение

По основной своей задаче – повторное определение состояния и пространственного положения явлений – сравнение разновременных историко-ландшафтных карт близко к повторным инструментальным наблюдениям. Сравнение карт разновременных, но общих по территории и тематике, имеет существенное значение для изучения целенаправленного изменения исследуемого явления. Анализ картографического материала даёт необходимые сведения об изменениях в природе, хозяйстве и населении за определённый исторический период и служит основой для научных и практических выводов.

Список литературы

1. Вампилова Л.Б. Региональный историко-географический анализ. Система методов исследования в исторической географии: монография / Л.Б. Вампилова. – Кн. 2. – СПб.: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2008. – 152 с.
2. Сибирь. Атлас Азиатской России. – Новосибирск – М.: Изд-во Феоция, 2007. – 863 с.
3. Историко-культурный Атлас Бурятии. – М.: «Дизайн. Информация. Картография», 2001. – 679 с.
4. Дружинин А.Г. Геокультурные аспекты экологического районирования территории // Экологическое районирование территории: методы и разработки. – Иркутск, 1993. – С. 30–36.
5. Роголина М.В. Культурная география: теории, методы, региональный синтез. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. – 171 с.
6. Кузнецова Т.И. Информационно-картографический мониторинг как метод интеграции историко-географической информации для оценки развития геосистем бассейна озера Байкал // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11. – С. 354–362.
7. Низовцев В.А., Марченко Н.А. Ландшафтно-исторические геоинформационные системы. // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика. – М.: Географический факультет МГУ, 2006. – С. 108–111.
8. Котельникова Н.В. Мониторинг ландшафтов Тункинской ветви котловин (Прибайкалье): дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23. – Иркутск, 2003. – 160 с.
9. Андрианов В.В., Чебоксаров Н.Н. Историко-географические аспекты хозяйственно-культурного развития народов мира (конец 19 – начало 20 вв.) // Историческая география. – М., 1976. – С. 7–11.
10. Белова В.А. Растительность и климат позднего кайнозоя юга Восточной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1985. – 152 с.
11. Безрукова Е.В. Палеогеография Прибайкалья в позднеледниковые и голоцене / Е.В. Безрукова; Отв. ред. В.С. Волкова; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние. Лимнол. ин-т. – Новосибирск: Наука, 1999. – 128 с.
12. Фишер Е.Э. Эволюционно-динамическая организация растительности Северо-Западного Прибайкалья: дис. ... канд. географ. наук: 25.00.23 / Фишер Елена Эдгаровна. – Иркутск, 2011. – 253 с.
13. Кузнецова Т.И., Батуев А.Р., Бардаш А.В. Карта «Природные ландшафты Байкальского региона и их исполь-

зование»: назначение, структура, содержание // Геодезия и картография. – 2009. – № 9. – С. 18–28.

14. Коновалова Т.И. Геосистемное картографирование / Т.И. Коновалова; науч. ред. А.К. Черкашин; Рос. Акад. Наук, Сиб. Отд-ние, Ин-т географии им. В.Б. Сочавы. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. – 186 с.

15. Кузнецова Т.И. Историко-географическое экологическое картографирование: назначение, структура, содержание. // Глобальные и региональные проблемы исторической географии / Материалы IV международной науч. конф. по исторической географии (Санкт-Петербург; 25–28 апреля 2011 г.). – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, ВВМ, 2011. – С. 275–279.

References

1. Vampilova L.B. Regionalnyj istoriko-geograficheskij analiz. Sistema metodov issledovaniya v istoricheskoy geografii: monografiya / L.B. Vampilova. Kn. 2. SPb.: LGU im. A.S. Pushkina, 2008. 152 p.
2. Sibir. Atlas Aziatskoj Rossii. Novosibirsk M.: Izd-vo Feorija, 2007. 863 p.
3. Istoriko-kulturnyj Atlas Burjatii. M.: «Dizajn. Informacija. Kartografija», 2001. 679 p.
4. Druzhinin A.G. Geokulturnye aspekty jekologicheskogo rajonirovaniya territorii // Jekologicheskoe rajonirovanie territorii: metody i razrabotki. Irkutsk, 1993. pp. 30–36.
5. Rogulina M.V. Kulturnaja geografija: teorii, metody, regionalnyj sintez. Irkutsk: Izd-vo In-ta geografii SO RAN, 2004. 171 p.
6. Kuznecova T.I. Informacionno-kartograficheskij monitoring kak metod integracii istoriko-geograficheskoy informacii dlja ocenki razvitija geosistem bassejna ozera Bajkal // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. no. 11. pp. 354–362.
7. Nizovcev V.A., Marchenko N.A. Landshaftno-istoricheskie geoinformacionnye sistemy // Landshaftovedenie: teorii, metody, regionalnye issledovaniya, praktika. M.: Geograficheskij fakultet MGU, 2006. pp. 108–111.
8. Kotelnikova N.V. Monitoring landshaftov Tunkinskoy vetvi kotloviny (Pribajkale): dis. ... kand. geogr. nauk: 25.00.23. Irkutsk, 2003. 160 p.
9. Andrianov V.V., Cheboksarov N.N. Istoriko-geograficheskie aspekty hozjajstvenno-kulturnogo razvitija narodov mira (konec 19–nachalo 20 vv.) // Istoricheskaja geografija. M., 1976. pp. 7–11.
10. Belova V.A. Rastitelnost i klimat pozdnego kajnozoya juga Vostochnoj Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1985. 152 p.
11. Bezrukova E.V. Paleogeografija Pribajkalja v pozdnelednikovye i golocene / E.V. Bezrukova; Otv. red. V.S. Volkova; Ros. akad. nauk. Sib. otd-nie. Limnol. in-t. Novosibirsk: Nauka, 1999. 128 p.
12. Fisher E.Je. Jevoljucionno-dinamicheskaja organizacija rastitelnosti Severo-Zapadnogo Pribajkalja: dis. ... kand. geograf. nauk: 25.00.23 / Fisher Elena Jedgarovna. Irkutsk, 2011. 253 p.
13. Kuznecova T.I., Batuev A.R., Bardash A.V. Karta «Prirodnye landshafty Bajkalskogo regiona i ih ispolzovanie»: naznachenie, struktura, sodержanie // Geodezija i kartografija. 2009. no. 9. pp. 18–28.
14. Konovalova T.I. Geosistemnoe kartografirovanie / T.I. Konovalova; nauch. red. A.K. Cherkashin; Ros. Akad. Nauk, Sib. Otd-nie, In-t geografii im. V.B. Sochavy. Novosibirsk: Akademicheskoe id-vo «Geo», 2010. 186 p.
15. Kuznecova T.I. Istoriko-geograficheskoe jekologicheskoe kartografirovanie: naznachenie, struktura, sodержanie. // Globalnye i regionalnye problemy istoricheskoy geografii / Materialy IV mezhdunarodnoj nauch. konf. po istoricheskoy geografii (Sankt-Peterburg; 25–28 aprelya 2011 g.). SPb.: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet, VVM, 2011. pp. 275–279.

УДК 581.9:504.73(574.2)(045)

ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Кульжанова С.М., Байдюсен А.А., Ботабекова Г.Т., Жумадилова Н.Б., Кенжегулова С.О.

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, e-mail: bota-madi@mail.ru

В статье представлены данные маршрутного обследования растительного сообщества пастбищных экосистем Республики Казахстан (Акмолинской области) на наличие деградации сельскохозяйственных естественных угодий. В результате исследования было определено современное состояние пастбищных экосистем, установлено видовое разнообразие растений, определены продуктивность надземной фитомассы, проективное покрытие, видовой состав, численность растений и высота травостоя деградированных степей. Результаты исследования показали, что на пастбищных территориях села Жамбыл Республики Казахстан было выявлено 25 видов растений, относящихся к 10 семействам. Эдификатором в травостое является *Artemisia absinthium*, среднее количество которого составило от 407 шт/м² в восточном и до 978 шт/м² в северном трансектах. В результате проведенных исследований выявлены основные причины деградации пастбищных экосистем. Увеличение количества растений на квадратном метре сказывается на продуктивности биомассы, проективного покрытия травостоя, что связано с увеличением количества однолетних трав с преобладанием неподаваемых, вредных и ядовитых растений. Изучение биоразнообразия растительности показало, что в степных сообществах, подвергшихся пастбищной нагрузке повышается участие индикаторов депрессии. С усилением пастбищной нагрузки доля *Stipa lessingiana* (ковыль) уменьшилась почти в три раза и основным доминантом травостоя стала *Artemisia frigida* (полынь холодная). Фитомасса в условиях умеренного антропогенного влияния формируется видами *Artemisia austriaca*, *Festuca sulcata* по мере увеличения антропогенного влияния в фитоценозе резко сокращается доля *Festuca sulcata*, а роль *Artemisia austriaca* возрастает. Урожайность таких пастбищ составляет 4,4 ц/га.

Ключевые слова: опустынивание, деградация растительного покрова, фитоценозы, деградация почв, степные экосистемы

TRANSFORMATION OF THE VEGETABLE COVER OF NORTH KAZAKHSTAN UNDER THE CONDITIONS OF INCREASED ANTHROPOGENIC LOAD

Kulzhanova S.M., Baydyusen A.A., Botabekova G.T., Zhumadilova N.B., Kenzhegulova S.O.

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, e-mail: bota-madi@mail.ru

The article presents the data of the route survey of the pasture community of the Akmola region ecosystem, Kazakhstan, for the presence of degradation of agricultural natural lands. As a result, the present state of pasture ecosystems was determined, a species diversity of plants were established, the productivity of the aboveground phytomass, projective cover, species composition, number of plants and height grassland of degraded steppes were determined. On the territory adjacent to the village of Zhambyl of Kazakhstan there were identified 25 species of plants, belonging to 10 families. Here mainly *Artemisia absinthium* act as edification. The phytocenosis of wormwood *Artemisia absinthium*, which is not valuable as forage takes a substantial part on the area having been studied occupies. The main causes of deregulation of pasture eco-systems have been identified. The increase in the number of plants per square meter affects the productivity of biomass and the projective covering of the grass stand, which is associated with an increase in the number of single grass with the prevalence of ineffective, fresh and poisoned plants. A study of vegetation biodiversity has shown that the participation of indicators of depression increases in the steppe communities of pasture loads. The share of feather grass has decreased almost threefold, and the wormwood has become the main dominant of the herbage cold with increasing pasture load. Phytomass in conditions of moderate anthropogenic influence is formed by the species *Artemisia austriaca* and *Festuca sulcata* as the anthropogenic influence in the phytocenosis increases, the share of *Festuca sulcata* decreases sharply, and the role of *Artemisia austriaca* increases. The productivity of such pastures is 4.4 t/ha.

Keywords: desertification, degradation of vegetation, plant communities, soil degradation, steppe ecosystems

Под влиянием экологических и антропогенных факторов в настоящее время происходит заметная трансформация зональных степных природно-территориальных комплексов в агроландшафты. Данный процесс сопровождается активизацией негативных процессов, среди которых доминируют снижение плодородия почв, загрязнение поверхностных и грунтовых вод, уменьшение природно-ресурсного потенциала ландшафтов.

Поверхность деградированных почв теряет свою структуру, комковатость, ухудшается водно-воздушный режим, уплотняется, снижается микробиологическая активность, легко подвергается ветровой и водной эрозии [1–3]. Современное природопользование и антропогенные факторы, связанные с чрезмерным выпасом скота, привели к трансформации степных экосистем. Почвы между растениями оголяются и разбиваются копытами многочисленных животных, все

это приводит к снижению экономического потенциала сельскохозяйственных земель, что способствует уменьшению занятости населения и в конечном итоге может послужить угрозой продовольственной безопасности региона.

Степная растительность Северного Казахстана состоит в основном из злаков и разнотравья. Естественное биоразнообразие степи утеряно, растительное сообщество реагирует закономерными изменениями видового состава и часто на деградированных участках фитоценоз представлен 4–5 видами доминирующих растений. Среди злаковых растений встречается ковыль перистый, типчак, пырей ползучий и кострец безостый.

Однако современное природопользование привело экологическое состояние пастбища, ее продукционный потенциал на «низшую ступень».

В этой связи нами были проведены исследования на наличие деградированных сельскохозяйственных естественных угодий, прилегающих к аулам и селам, расположенным в подзоне сухой степи Северного Казахстана.

Материалы и методы исследования

Эксперимент проводился на сельскохозяйственных естественных угодьях, в сухо-степной зоне Северного Казахстана вблизи аулов и сел. Эти территории были и находятся под сильной пастбищной нагрузкой. Геоботанический мониторинг проводился в 2015 г. в первом и во втором вегетационном периодах. Местом исследования являлось с. Жамбыл Астраханского района Акмолинской области (N51016'300"-E070022'179").

Для определения видового состава и продуктивности надземной фитомассы деградированных степей на опытных полях закладывались площадки размером 10x10 м (100 м²) в четырехкратной повторности, от 500 до 3000 метров от населенного пункта (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 м). На каждой пробной площадке определяли проективное покрытие, истинное покрытие, видовой состав, численность растительности и высоту травостоя. Надземный травостой на этих площадках срезался, и в дальнейшем в лабораторных условиях определяли видовой состав, разделяли по ботанико-хозяйственным группам, высушивались до воздушно-сухого состояния и взвешивались на электрических весах.

Результаты исследования и их обсуждение

Нерациональное использование пастбища проявляется в первую очередь в ухудшении качества травостоя, что является причиной пастбищной дигрессии [4]. Исследуемые сельскохозяйственные участки находятся под сильным воздействием антропогенных факторов, а именно под паст-

бищной нагрузкой. Эти территории систематически используются для выпаса мелкого и крупнорогатого скота населения, так же осуществляются проезды техники и др.

По данным исследования было выявлено, что в северном трансекте состав фитоценоза включает в себя 17 видов растений из 9 семейств: мятликовые, астровые, розоцветные, мареновые, бобовые, гречишные, маревые, капустные и вьюнковые. Среднее количество особей на пробной площадке составляет 36 шт/м². Эдификатором северного направления является *Artemisia absinthium* из семейства астровые (407 растений), *Festuca sulcata* (278 растений). Единичные экземпляры были выявлены у растений *Taraxacum officinale*, *Sonchus arvensis*, *Astragalus angustifolius*. На расстоянии 500–1000 метров от населенного пункта на пробных площадках были выявлены 4–5 видов растений, а на расстоянии 1500–3000 метров количество особей на 1 м² увеличилось до 7–8 (рис. 1).

Восточное направление исследуемого участка характеризуется 13 видами растений, которые относятся к 6 семействам: астровым, гречишным, мятликовым, бобовым, мареновым и маревым. Эдификатором восточного трансекта является *Artemisia absinthium*, этот вид растения встречается на всех пробных площадках и составляет 978 шт/м². Среднее число растений в сообществе составило 33 шт/м². Менее распространенным видом в данном направлении оказался *Sonchus arvensis*, у которого были выявлены единичные экземпляры (рис. 2).

Западный трансект характеризуется 18 видами растений, которые относятся к 8 семействам: мятликовым, маревым, бобовым, астровым, гречишным, розоцветным, яснотковым и капустным. Наиболее распространенным (доминантным) видом данного трансекта является *Artemisia absinthium*. Общее количество отмеченных растений эдификатора составило 914 растений. Среднее число растительности по каждой пробной площадке составило 218 шт/м² (рис. 3).

Изучение видового состава и количества растений показало, что в степных сообществах, подвергшихся пастбищной нагрузке, повышается участие индикаторов дигрессии (4), в данном случае индикатором дигрессии является *Artemisia absinthium*. Увеличение количества растений на квадратном метре сказывается на продуктивности биомассы, а также на проективном покрытии травостоя, что связано с увеличением количества *Artemisia absinthium*, который обычно не поедается скотом.

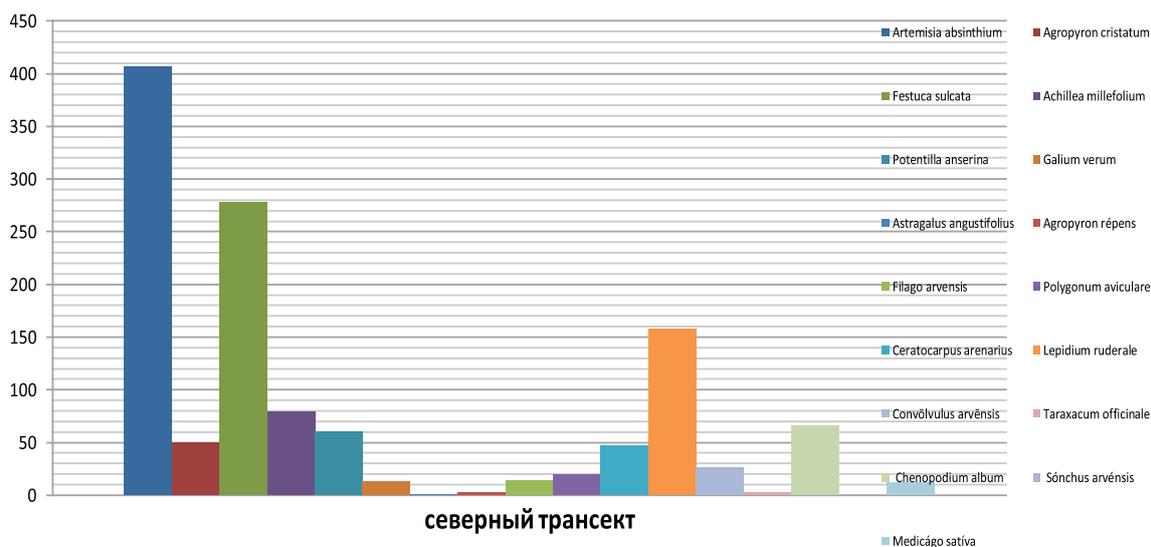


Рис. 1. Видовой состав и количество растений (экз.) в окрестностях села Жамбыл в северном направлении (по оси X – видовой состав растительности, по оси Y – количество растений)

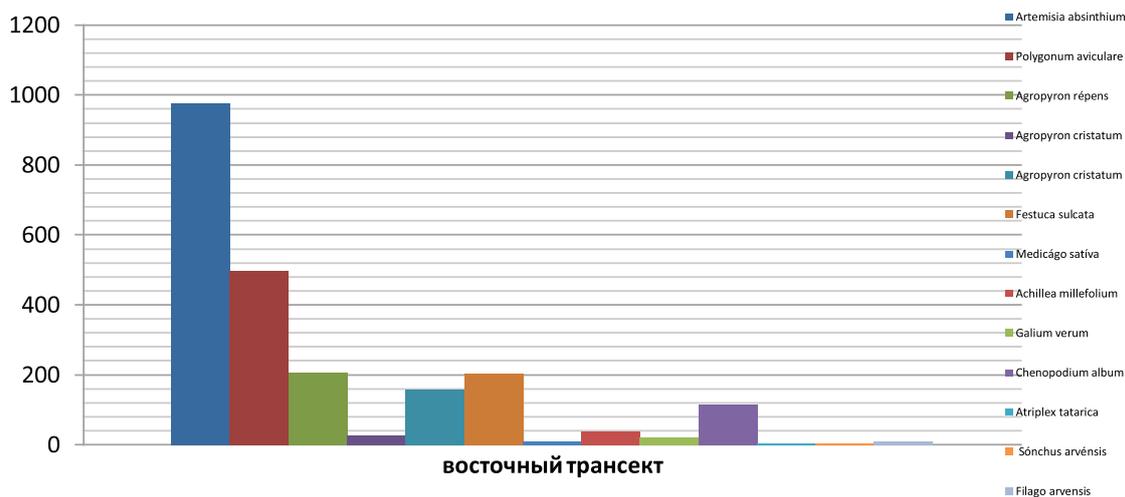


Рис. 2. Видовой состав и количество растений (экз.) в окрестностях села Жамбыл в восточном направлении (по оси X – видовой состав растительности, по оси Y – количество растений)

В южном трансекте данного района исследования не проводились, так как на этой части населенного пункта протекает р. Ишим. Территория за рекой принадлежит другому сельскому округу. Берег реки зарос околородной растительностью.

Таким образом, на пастбищных территориях села Жамбыл было выявлено 25 видов растений, относящихся к 10 семействам. Эдификатором в травостое является *Artemisia absinthium*, среднее количество которого составило от 407 шт/м² в восточном и до 978 шт/м² в северном

трансектах. Подобные исследования проводились ученым А.Д. Самбуу в Республике Тува. По данным А.Д. Самбуу с усилением пастбищной нагрузки доля ковыля уменьшилась почти в три раза и основным доминантом травостоя стала *Artemisia frigida* (полынь холодная) [5]. В результате антропогенных воздействий из типчаково-ковыльных степей постепенно уменьшается количество ковылей. Они не переносят ухудшения аэрации при уплотнении поверхностных горизонтов почвы, которое происходит при пастыбе

скота, и первыми выпадают из состава травостоя. Вместе с ними исчезают наиболее питательные кормовые травы, это обычно злаки – создификаторы и бобовое разнотравье, избирательно поедаемые скотом в первую очередь. На их месте разрастаются устойчивые к выпасу виды растений с плохими кормовыми качествами и увеличивается доля полыни из семейства астровые. Этот вид растения встречается почти на каждой пробной площадке.

Наиболее важной экологической характеристикой степного биоценоза являются запасы фитомассы. Отсюда следует, что в северном направлении изучаемой территории разнообразие довольно высокое, его формируют представители 16 видов растений, характеризуется относительно невысокой продуктивностью, но биомасса формируется примерно на одном уровне начиная с 500 до 1500 м. На расстоянии 2000 м от населенного пункта продуктивность фитомассы намного выше остальных точек определения и резко снижается на расстоянии 2500 м. На расстоянии 3000 м от поселка фитомасса повышается, что объясняется рельефом местности (появляются небольшие возвышенности и понижения между ними) и увеличением количества *Artemisia absinthium*, который обычно не поедается скотом. Фитоценоз представлен в основном полынно-типчаково-ковыльной ассоциацией, на долю которого приходится 53,1% от всей биомассы растений, из них на долю *Stipa lessingiana* приходит-

ся 23,1% и на долю *Artemisia absinthium* 15,9%. Соответственно, доля остальной биомассы составляет 46,9%.

Важно отметить, что ценные растения в кормовом угодье присутствуют в фитоценозе до расстояния 1500 м и постепенно выпадают из растительного сообщества, и в степном травостое появляются более устойчивые к вытаптыванию растения, такие как *Artemisia absinthium* и др.

Восточный трансект формируется из 14 представителей видов растений. В среднем продуктивность исследуемых участков составила 26 г/м². Основным доминантом фитоценоза исследуемого участка являются полынь *Artemisia austriaca*, которая встречается на всех пробных площадках. На долю данного растения приходится 66,1% всей биомассы растений данного трансекта.

Западное направление представлено 19 видами растений. В среднем продуктивность исследуемых участков составила 18,8 г/м². Основными доминантами фитоценоза данного направления являются *Artemisia austriaca*, *Chenopodium album*. На долю данных растений приходится 47,2% всей биомассы растений данного трансекта. *Artemisia austriaca* встречается практически во всех точках учета. *Chenopodium album* встречается на расстоянии 3000 м с массовой долей 72%.

В первый вегетационный период продуктивность надземной фитомассы по каждой пробной площадке в среднем составила от 10,3 до 59,2 г/м² (таблица).

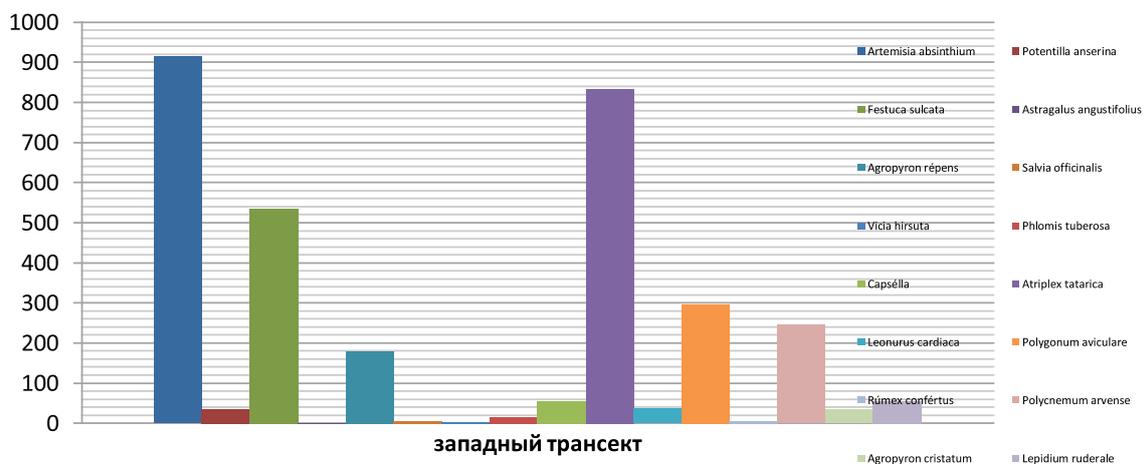


Рис. 3. Видовой состав и количество растений (экз.) в окрестностях села Жамбыл в западном направлении (по оси X – видовой состав растительности, по оси Y – количество растений)

Биомасса растений в первый и во второй вегетационный периоды в окрестностях села Жамбыл Акмолинской обл. Республики Казахстан, г/м²

Вегетационные периоды	Направления трансекта	Расстояние от населенного пункта, м						Средняя биомасса
		500	1000	1500	2000	2500	3000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Первый вегетационный период	Север	19,8	14,6	10,3	21,1	11,2	26,1	27,6
	Восток	24,3	21,4	20,9	25,8	59,2	14,3	
	Юг	–	–	–	–	–	–	21,2
	Запад	15,8	26,2	11,9	13,1	24,9	35,7	33,0
	Среднее	29,9	31,1	21,5	29,9	47,6	38,1	59,3
Второй вегетационный период	Север	90,2	27,7	55,9	24,8	118,8	38,5	27,4
	Восток	19,3	15,3	32	68	24,8	5,2	
	Юг	–	–	–	–	–	–	22,8
	Запад	31,4	42,1	29,7	18,3	9,1	6,6	36,5
	Среднее	47,0	28,4	39,2	37,1	50,9	16,8	27,6

Анализы данных показали, что к концу вегетационного периода фитомасса по селу Жамбыл снизилась на 73 % и составила 36,5 г/м².

Фитомасса в условиях умеренного антропогенного влияния формируется видами *Artemisia austriaca*, *Festuca sulcata* по мере увеличения антропогенного влияния в фитоценозе резко сокращается доля *Festuca sulcata*, а роль *Artemisia austriaca* возрастает. Массовая доля полыни в травостое занимает почти 40 % от всей общей массы. Доминирующими видами в сообществах становятся мелкодерновинный злак типчак и малоценная в кормовом угодье полынь. Средняя высота травостоя составила 16–17 см. Урожайность таких пастбищ составляет 4,4 ц/га.

Анализы растений исследуемого участка показали, что в среднем за первый и второй вегетационные периоды 2015 г. изреживаемость растительного покрова составила соответственно 40,1:41,2 %. На отдельных трансектах выявлены отдельные оголенные участки земли площадью от 50 до 150 м², данные участки образовались в результате систематического перевыпаса скота и вытаптывания. Наиболее деградированными трансектами являются запад (расстояние 1000 м от населенного пункта) и север (расстояние 1000 м от населенного пункта).

Выводы

Нами были изучены видовое биоразнообразие растительности и процессы ее трансформации на сельскохозяйственных естественных угодьях, в сухо-степной зоне Северного Казахстана вблизи аулов и сел.

Результаты исследования показали, что на пастбищных территориях села Жамбыл

было выявлено 25 видов растений, относящихся к 10 семействам. Эдификатором в травостое является *Artemisia absinthium*, среднее количество которого составило от 407 шт/м² в восточном и до 978 шт/м² в северном трансектах.

Массовая доля полыни в травостое занимает почти 40 % от всей общей массы. Доминирующими видами в сообществах становятся мелкодерновинный злак типчак и малоценная в кормовом угодье полынь.

Увеличение количества растений на квадратном метре сказывается на продуктивности биомассы, проективного покрытия травостоя, что связано с увеличением количества *Artemisia absinthium*, который обычно не поедается скотом. Фитомасса в условиях умеренного антропогенного влияния формируется видами *Artemisia austriaca*, *Festuca sulcata* по мере увеличения антропогенного влияния в фитоценозе резко сокращается доля *Festuca sulcata*, а роль *Artemisia austriaca* возрастает. Средняя высота травостоя составила 16–17 см. Урожайность таких пастбищ составляет 4,4 ц/га.

Изреживаемость растительного покрова составила соответственно 40,1:41,2 %.

Главным фактором, определяющим геоботаническое состояние пастбищ, является нагрузка скота на единицу пастбищных угодий. В этой связи в целях предотвращения деградации пастбищных степей следует ввести экологически обоснованный пастбищеоборот при соблюдении нагрузки близкой к оптимальной, возле населенного пункта выпасать только ограниченное поголовье (молочный скот), остальное поголовье выпасать на отгонных пастбищах, проводить мероприятия по защите почв от эрозии.

Список литературы

1. Усманов Р.З. Использование методов фитомелиорации на деградированных пастбищах терско-кумской низменности // Р.З. Усманов, С.В. Осипова, М.И. Джалалова, М.А. Бабаева // Сельскохозяйственная экология. – 2008. – № 3. – С. 126–129.
2. Уртнасан М., Любарский Е.Л. Пастбищная депрессия в степях Центральной Монголии (на примере сомона Батсумбэр) // Ученые записки Казанского университета. – 2013. – Т. 155 кн. 1. – С. 158–170.
3. Добровольский Г.В. Деградация почв – угроза глобального экологического кризиса // Век глобализации. – 2008. – № 2. – С. 54–65.
4. Рэгдэл Д., Дугаржав Ч. Экологические требования к социально-экономическому развитию Монголии // Экологические последствия биосферных процессов в экотонной зоне Южной Сибири и Центральной Азии: Тр. Междунар. конф. – Улан Батор: Изд-во «Бэмби сан», 2010. – Т. 1. – С. 13–25.
5. Самбуу А.Д. Сукцессии растительности в травяных экосистемах Тувы // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10. – С. 1095–1099.

References

1. Usmanov R.Z. Ispolzovanie metodov fitomelioracii na degradirovannyh pastbishhah tersko-kumskoj nizmennosti / R.Z. Usmanov, S.V. Osipova, M.I. Dzhahalova, M.A. Babaeva // Celskohozjajstvennaja jekologija. 2008. no. 3. pp. 126–129.
2. Urtnasan M., Ljubarskij E.L. Pastbishhnaja degressija v stepjah Centralnoj Mongolii (na primere somona Batsumbjer) // Uchennye zapiski Kazanskogo universiteta. 2013. T. 155 kn. 1. pp. 158–170.
3. Dobrovolskij G.V. Degradacija pochv ugroza globalnogo jekologicheskogo krizisa // Vek globalizacii. 2008. no. 2. pp. 54–65.
4. Rjegdjel D., Dugarzhav Ch. Jekologicheskie trebovanija k socialno-jekonomicheskomu razvitiju Mongolii // Jekologicheskie posledstvija biosfernyh processov v jekotonnoj zone Juzhnoj Sibiri i Centralnoj Azii: Tr. Mezhdunar. konf. Ulan Bator: Izd-vo «Bjembi san», 2010. T. 1. pp. 13–25.
5. Sambuu A.D. Sukcessii rastitelnosti v travjanyh jekosistemah Tuvy // Fundamentalnye issledovanija. 2013. no. 10. pp. 1095–1099.

УДК 528.94(470.47)

КАРТИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС

¹Лазарева В.Г., ²Бананова В.А., ²Нгуен Ван Зунг

¹Ухтинский технический государственный университет, Ухта, e-mail: lazareva-vg@yandex.ru;

²Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста,
e-mail: bananova2018@yandex.ru, dungthanhdhqn@gmail.com

Для разработки единой стратегии борьбы с деградацией растительного покрова и более точной инвентаризации пастбищ необходимы картографические материалы. Современным методом картографирования являются материалы дистанционного зондирования, ГИС-технологии. Растительный покров как наиболее динамичный компонент ландшафта используется в качестве индикатора современного состояния. В растительном покрове Калмыкии в последнее время произошли большие изменения, связанные с климатическими флуктуациями и новыми формами хозяйственного использования земельных ресурсов, отразившихся на видовом составе, структуре, территориальном размещении растительных сообществ сенокосов и пастбищ. Прикаспийская низменность занимает более 60% площади республики. В связи с этим возникла острая необходимость в новейших картографических материалах, отображающих современное состояние естественных кормовых угодий республики. Для определения степени деградации растительности, создания карты её современного состояния используются космические образы Landsat, программы ArcGIS 10.2, ENVI 4.8, Mapinfo 10.5. Объект исследования – территория Сарпинской низменности, расположенная в пределах Республики Калмыкия. Территория между возвышенностью Ергени на западе и р. Волгой на востоке носит название Сарпинская низменность. Легенда карты построена по зонально-типологическому принципу с использованием эколого-фитоценологической классификации. Структура легенды иерархическая. Высшие таксономические категории соответствуют делению территории на степную и пустынную зоны; на этом же уровне выделяется азональная растительность. Подразделения следующего ранга отражают подзональные категории, затем – формационное разнообразие и подразделение формаций на эдафические варианты, обусловленные механическим составом почв. Низшая картографическая единица комплекс, сочетание. Для обширных депрессий характерны сочетания комплексов с растительностью лиманов. Формулировки выделов отражают чрезвычайную неоднородность растительного покрова.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, ГИС-технологии, Сарпинская низменность, растительный покров, кормовые угодья, экологические факторы

MAPPING THE VEGETATION OF THE PLAIN OF THE SARPINSKY LOWLAND (KALMYKIA) USING REMOTE SENSING AND GIS

¹Lazareva V.G., ²Bananova V.A., ²Nguyen Van Dung

¹Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: lazareva-vg@yandex.ru;

²Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista,
e-mail: bananova2018@yandex.ru, dungthanhdhqn@gmail.com

Cartographic materials are needed to develop a unified strategy to combat vegetation degradation and a more accurate inventory of pastures. The modern method of mapping is the materials of remote sensing, GIS technology. The vegetation cover as the most dynamic component of the landscape is used as an indicator of the current state. In the vegetation cover of Kalmykia, large changes occurred recently related to climatic fluctuations and new forms of economic use of land resources, which affected the species composition, structure, and territorial distribution of plant communities of hayfields and pastures. The Caspian lowland occupies more than 60% of the Republic's area. In this regard, there was an urgent need for the latest cartographic materials reflecting the current state of the natural forage lands of the Republic. To determine the extent of degradation of vegetation, to create a map of its current state, space images Landsat, programs ArcGIS 10.2, ENVI 4.8, Mapinfo 10.5 are used. The object of the study is the territory of the Sarpinsky lowland, located within the Republic of Kalmykia. The territory between the hills of Ergeni in the west and the river the Volga in the east is called «Sarpinskaya lowland». The legend of the map is built according to the zonal-typological principle with the use of ecological-phytocenotic classification. The structure of the legend is hierarchical. Higher taxonomic categories correspond to the division of the territory into the steppe and desert zones; at the same level, azonal vegetation is allocated. Subdivisions of the next rank reflect subzonal categories, then – formational diversity and subdivision of formations into edaphic variants, caused by the mechanical composition of soils. The lowest cartographic unit is a complex, a combination. For extensive depressions, combinations of complexes with vegetation of estuaries are characteristic. The formulation of the stands reflects the extreme heterogeneity of the vegetation cover.

Keywords: remote sensing, GIS technology, Sarpinskaya lowland, vegetation, forage lands, environmental factors

Для выработки единой стратегии борьбы с деградацией почвенного и растительного покровов и более точной инвентаризации пастбищ необходимы картографические материалы. Они отображают не только по-

тенциальные возможности растительного покрова, влияние современных природных и антропогенных факторов, но и современное состояние естественных кормовых угодий и их прогнозирование.

Материалы и методы исследования

Современным методом картографирования являются материалы дистанционного зондирования, ГИС-технологии. Исследования проводились маршрутно-экспедиционным методом с использованием новейших космических снимков [1]. Растительный покров как наиболее динамичный компонент ландшафта использован в качестве индикатора современного состояния (рис. 1). Для определения степени деградации ландшафтов Сарпинской низменности использовались космические образы Landsat 8_OLI/rits id_»LC81710272015218LGN00», path:171, row:27 (8/2015), Landsat 8_OLI/rits id_»LC81700272015227LGN00», path:170, row:27 date 08/2015. Определение современного состояния растительного покрова осуществлялось при помощи вегетационного индекса (NDVI), программы ArcGIS 10.1. Наиболее информативными при дешифрировании растительного покрова Сарпинской низменности являются цветовые комбинации каналов 4, 3, 2 (естественные цвета) (рис. 2) и другие.

Концепция NDVI базируется на разном отражении радиационных потоков растительным покровом в видимом (0,58–0,68 мкм) диапазоне солнечного спектра (K1) и ближнем инфракрасном (0,725–1,10 мкм) диапазоне (K2). Механизм образования хлорофилла и отражения радиации листьями является причиной низкого отражения в K1 и высокого отражения в K2. Разности между оценками отражения в этих каналах с последующей нормировкой на их сумму были получены при вычислении индекса NDVI:

$$NDVI = (K2 - K1)/(K2 + K1).$$

Значения NDVI меняются от минимальных значений (0,01–0,03) в гипераридных землях до 0,7–0,8 в лесах экваториальных и умеренных широт. NDVI имеет высокую корреляцию с зеленой фитомассой и её продуктивностью [2].

Легенда карты построена по зонально-типологическому принципу с использованием эколого-фитоценологической классификации [3–5]. За 2015–2016 гг. выполнено более 300 полных геоботанических описаний с применением GPS-навигатора, материалов спутниковых съёмок высокого разрешения (Landsat 8, ArcGIS 10.1, ENVI 4.8, Mapinfo 10.5), что обеспечило точность географической привязки к описаниям выделенных на снимках контуров. Работа осуществлялась по трансектам, пересекающим различные типы растительности. Анализ полученных материалов позволил определить их современное состояние, дать прогноз на ближайшие пять лет.

Результаты исследования и их обсуждение

Поскольку растительный покров пастбищ является одним из основных кормовых ресурсов Республики Калмыкия, то картографические материалы позволяют разработать наиболее эффективные методы для их рационального использования и восстановления.

На всех геоботанических картах страны отражены зональные закономерности Сарпинской низменности. Вместе с тем граница между степной и пустынной зонами до сих пор дискуссионна [6, 7]. Нами на основе работ И.Н. Сафроновой и при её непосредственном участии уточнена выделенная ею ранее граница между этими зонами [8]. Она проходит с северо-востока на юго-запад от 47°30' с.ш. восточнее пос. Первомайский, через пос. Шарва на 46°35' с.ш. и подходит к восточному макросклону возвышенности Ергени (рис. 3, таблица).

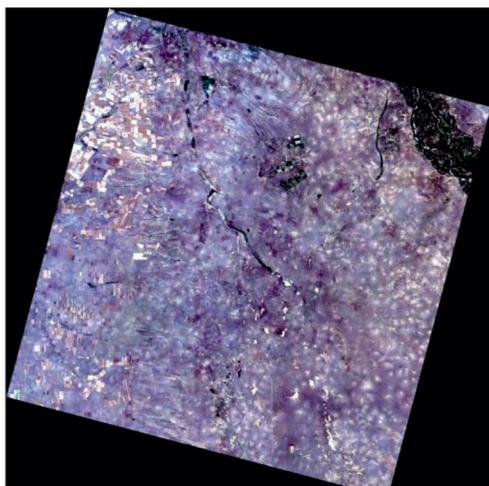


Рис. 1. Космическое изображение местонахождения Республики Калмыкия по Google Maps. Landsat 8_OLI/rits id_»LC81710272015218LGN00», path:171, row:27. Дата съемки 06.8.2015

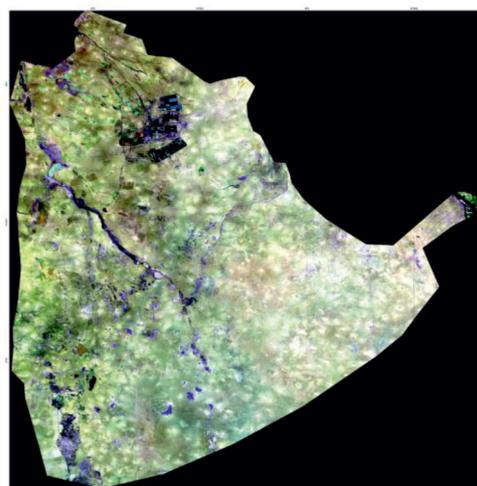


Рис. 2. Сарпинская низменность. Фрагмент снимка landsat 8_OLI/rits id_»LC81710272015218LGN00», path:171, row:27. Дата съемки 06.8.2015. Преобразование снимка выполнено в программе ENVI 4.8

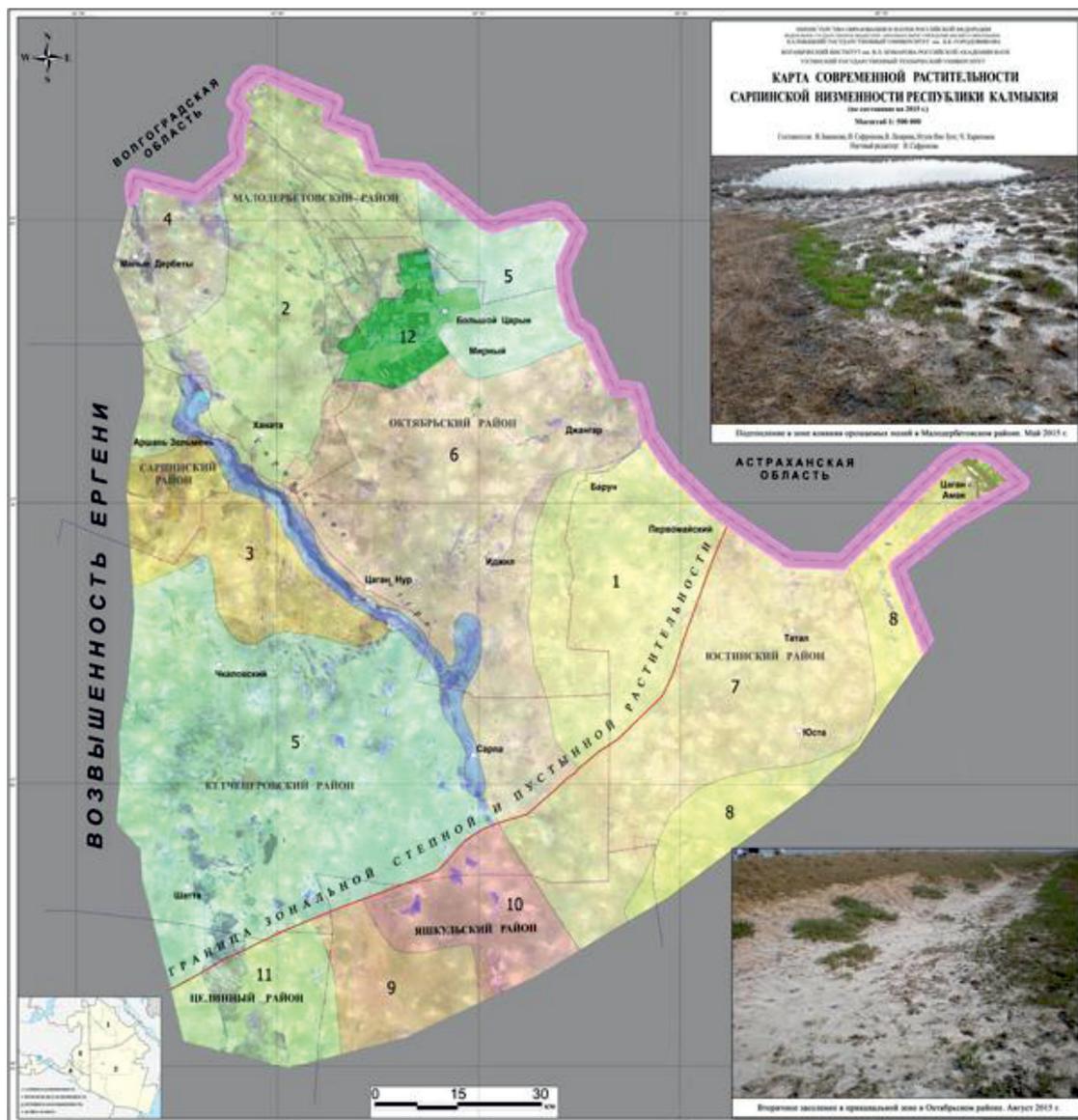


Рис. 3. Карта «Современная растительность Сарпинской низменности Республики Калмыкия»

Согласно ботанико-географическому районированию степная зона нашего региона относится к прикаспийским южным опустыненным степям на светло-каштановых почвах. Южную окраину Сарпинской низменности составляют прикаспийские северные пустыни на бурых почвах [5].

Растительность степной зоны образует лерхополынно-типчачово-житняково-тырси́ковая степь. Господствующим растением является ковыль сарептский (*Stipa sareptana*), индикатором светло-каштановых солонцеватых почв – житняк пустынный (*Agropyron desertorum*), полынь черная (*Artemisia pauciflora*), острец. В южной части степной зоны

господствуют бурые супесчаные почвы, доминантом которых являются житняк сибирский (*Agropyron sibirica*), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*) и другие (рис. 4).

На супесчаных и песчаных почвах пустынной зоны господствуют лерхополынные и злаково-полынные полукустарничковые пустыни. На их фоне встречаются сарсазановые, солянковые солончаки и галофитные луга. Около 2% территории Сарпинской низменности занимает зональная растительность, представленная галофитными пырейно-кермековыми и гликофитными осоково-пырейными лугами, тростниковыми плавнями. Они встречаются по

лиманам и вдоль каналов. В настоящее время растительный покров Сарпинской низменности полностью изменен выпасом скота. В травостое господствуют эфемеры, эфемероиды, однолетники, вредные и ядовитые растения (*Poa bulbosa*, *Anabasis aphilla*). Около 81% территории Сарпинской низменности занимают пастбища, 7% – сенокосы и 12% – пашни, из них 2% – орошаемые поля (рис. 6). В настоящее время на пастбищах 52% занимает умеренный сбой, 10% – очень сильный и только 7% – слабый, что показано на графике (рис. 5, 6) [2].

Заключение

При создании карты «Современная растительность Сарпинской низменности Республики Калмыкия» мы столкнулись с отсутствием четких закономерностей в распределении ее компонентов. В настоящее время в травостое господствуют однолетники, эфемеры, эфемероиды. Доминантом стал эфемероид *Poa bulbosa*, у населённых пунктов сформировались песчаные гряды, у каналов появились со-

лончаки. При картографировании использованы новейшие космические снимки, на которых отличить степную и пустынную растительность на разных стадиях сбоя невозможно. В связи с этим разработанная нами карта современной растительности базируется в основном на материалах, полученных при проведении экспедиционных работ в 2015 и 2016 гг. Легенда карты подчеркивает хаотичную структуру растительного покрова. Выделенные нами типы сообществ повторяются в разных контурах, но образуют в них разный структурный рисунок. В растительном покрове степной зоны произрастают *Artemisia lerchiana*, *A. pauciflora*, *A. taurica*, *A. austriaca*, а также характерный для нее *Tanacetum achileifolium*. На засоленных почвах встречается *Leymus ramosus*. В настоящее время в пределах Сарпинской низменности господствуют лерхопопынники, а в степной зоне плотнодерновинные злаки угнетены *Poa bulbosa*. Вместе с тем лерхопопынники в пустынной зоне соответствуют ее геоэкологическому режиму, в степной они являются показателями сбоя.

Легенда к карте «Современная растительность Сарпинской низменности Республики Калмыкия»

Растительность		%	Тыс. га
А. СТЕПНАЯ ЗОНА			
Полынные, злаковые и однолетниковые сообщества на месте полынно-дерновиннозлаковых степей			
1	Лерхопопынно-мятликовые, местами пятна обилия, местами голые пески	8,8	231,0
2	Лерхопопынно-мятликовые, чернопопынные, австрийскопопынные, вострецовые, однолетниковые, костровые, ромашниковые, голые пески	14,5	377,8
3	Мятликовые хаотично распределенными кустиками черной полыни и полыни Лерха, лерхопопынно-мятликовые, чернопопынно-мятликовые, ромашниковые, однолетниковые	11,8	307,8
4	Лерхопопынно-мятликовые, лерхопопынно-вострецовые, вострецово-чернопопынные, однолетниково-чернопопынные	2,7	70,5
5	Полынно-злаковые, лерхопопынно-мятликовые, ромашниковые, австрийскопопынные, вострецово-таврическопопынные, вострецовые	10,4	270,4
6	Лерхопопынно-злаковые, лерхопопынные, австрийскопопынные, таврическопопынные, итсигековые, местами, чертополох	20,6	536,0
Б. ПУСТЫННАЯ ЗОНА			
Мятликовые, итсигековые, однолетниковые сообщества на месте полынных пустынь			
7	Лерхопопынно-мятликовые, обилие	12,6	327,7
8	Мятликовые, итсигеково-мятликовые, однолетниковые	4,7	121,4
9	Мятликовые, итсигековые	1,9	49,9
10	Итсигеково-лерхопопынно-мятликовые, костровые	2,0	51,4
11	Таврическопопынно-мятликовые	5,2	136,3
Азональная растительность			
Луга			
12	Пырейные, осоково-пырейные, разнотравно-болотничево-пырейные, бекманиевые, тростниково-вейниковые, луга по лиманам и вдоль каналов	2,0	51,4
	Озера и реки (по берегам травянистые болота-плавни)	2,6 (0,1)	68,3 (0,5)

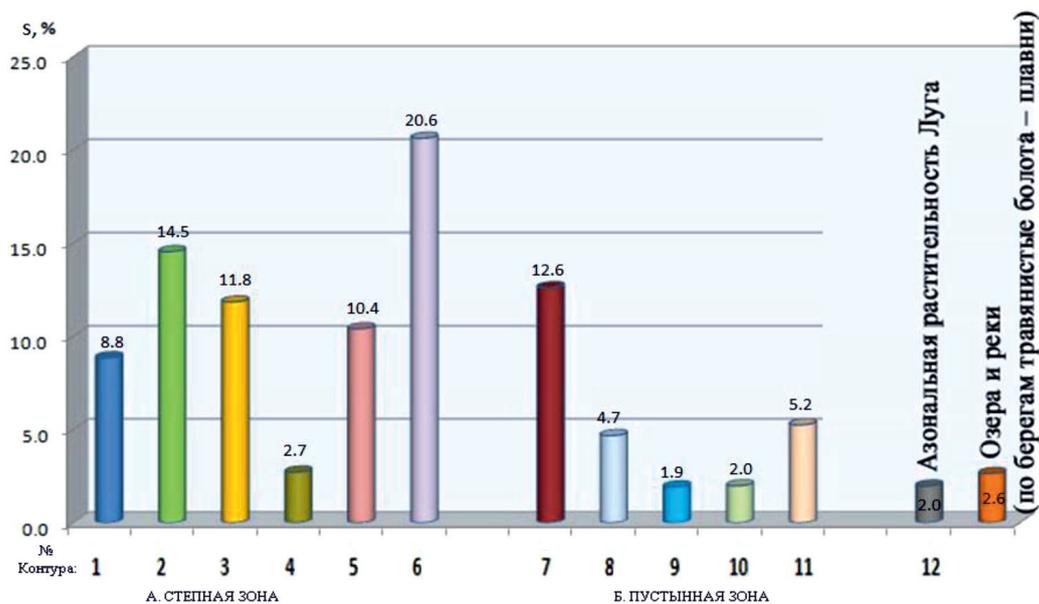


Рис. 4. Структура современной растительности Сарпинской низменности (%)

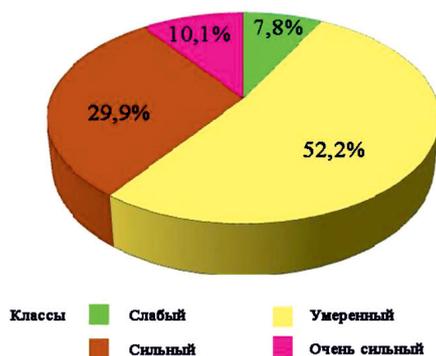


Рис. 5. Структура деградации растительности Сарпинской низменности (S, %)

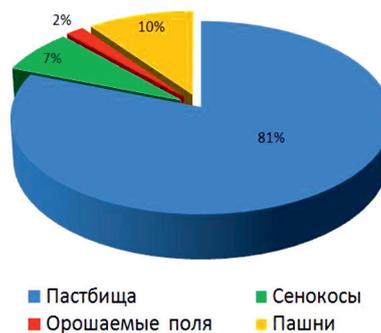


Рис. 6. Типы хозяйственного использования растительности

Следовательно, в настоящее время регион, как и вся Республика Калмыкия находится на грани экологического риска и через три-пять лет может вновь стать зоной экологического бедствия. Создание карты «Современная растительность Сарпинской низменности» имеет большое как научное, так и хозяйственное значение, позволяет на уровне правительства республики активизировать стратегию борьбы с опустыниванием.

Список литературы

1. Land Degradation and desertification: Assessment, Mitigation and Remediation / Eds. Pandi Zdruli, Marcello Pagliai, Selim Kapur, and Angel Faz Cano. Springer. – 2010. – 660 p.

2. Бананова В.А. Динамика антропогенного опустынивания в аридных ландшафтах Калмыкии / В.А. Бананова, В.Г. Лазарева. – Элиста: КалмГУ, 2014. – 72 с.

3. Бананова В.А. Растительный покров Сарпинской низменности Республики Калмыкия (пояснительная записка к геоботаническим картам) / В.А. Бананова, И.Н. Сафронова, В.Г. Лазарева, Нгуен Ван Зунг, Ч.С. Харитонов. – Элиста: ЗАО АПП «Джангр», 2016. – 140 с.

4. Сафронова И.Н. Соотношение легенд геоботанических карт и классификаций растительности. Сборник научных трудов ГНБС / И.Н. Сафронова. – СПб.: БИН РАН, 2016. – Т. 143. – С. 208–216.

5. Мирошниченко Ю.М. Степи Евразии и новые границы между степями и пустынями / Ю.М. Мирошниченко // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2006. – № 1. – С. 215–231.

6. Петров К.М. Растительность России и сопредельных стран / К.М. Петров, Н.В. Терехина. – СПб.: Химиздат, 2013. – 327 с.

7. Albalawi, Eman K. and Kumar, Lalit. Using remote sensing technology to detect, model and map desertification. A review // *Journal of Food, Agriculture & Environment*. – 2013. – Vol. 11 (2). – P. 791–797.

8. Сафронова И.Н. О фитоценотическом разнообразии опустыненных степей Причерноморско-Казакстанской подбласти Евразийской степной области / И.Н. Сафронова // *Вопросы степеведения*. – 2005. – № 5. – С. 19–27.

References

1. Land Degradation and desertification: Assessment, Mitigation and Remediation / Eds. Pandi Zdruli, Marcello Pagliai, Selim Kapur, and Angel Faz Cano. Springer. 2010. 660 p.

2. Bananova V.A. Dinamika antropogenogo opustynivaniya v aridnyh landshaftah Kalmykii / V.A. Bananova, V.G. Lazareva. Jelista: KalmGU, 2014. 72 p.

3. Bananova V.A. Rastitelnyj pokrov Sarpinskoj nizmenosti Respubliki Kalmykija (pojasnitelnaja zapiska k geobot-

anicheskim kartam) / V.A. Bananova, I.N. Safronova, V.G. Lazareva, Nguen Van Zung, Ch.S. Haritonov. Jelista: ZAO APP «Dzhangr», 2016. 140 p.

4. Safronova I.N. Sootnoshenie legend geobotanicheskikh kart i klassifikacij rastitelnosti. Sbornik nauchnyh trudov GNBS / I.N. Safronova. Spb.: BIN RAN, 2016. T. 143. pp. 208–216.

5. Miroshnichenko Ju.M. Stepi Evrazii i novye granicy mezhdru stepjami i pustynjami / Ju.M. Miroshnichenko // *Fit-raznoobrazie Vostochnoj Evropy*. 2006. no. 1. pp. 215–231.

6. Petrov K.M. Rastitelnost Rossii i sopredelnyh stran / K.M. Petrov, N.V. Terehina. SPb.: Himizdat, 2013. 327 p.

7. Albalawi, Eman K. and Kumar, Lalit. Using remote sensing technology to detect, model and map desertification. A review // *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2013. Vol. 11 (2). pp. 791–797.

8. Safronova I.N. O fitocenoticheskom raznoobrazii opustynennyh stepej Prichernomorsko-Kazahstanskoj podoblasti Evrazijskoj stepnoj oblasti / I.N. Safronova // *Voprosy stepеведения*. 2005. no. 5. pp. 19–27.

УДК 551.89(571.63)

**РЕАКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ
В СРЕДНЕМ – ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА
ПОБЕРЕЖЬЯ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРИМОРЬЯ)****Лящевская М.С., Пшеничникова Н.Ф., Макарова Т.Р.***ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: lyshevskay@mail.ru*

Проведенные палеогеографические исследования позволили определить рубежи формирования ландшафтов прибрежной зоны Юго-Восточного Приморья, которые четко коррелируются с изменениями климата и колебаниями уровня моря в среднем – позднем голоцене. Выявлено, что в наиболее теплые эпохи (атлантический оптимум, суббореал, малый оптимум голоцена и современное потепление) на побережье распространение получали дубово-широколиственные леса со значительным участием термофильных пород (*Juglans mandshurica*, *Carpinus cordata*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Phellodendron amurense*, *Kalopanax septemlobus*), а во время холодных (начало субатлантика, малый ледниковый период) – березово-широколиственные с кедром корейским (*Pinus koraiensis*), на переувлажненных участках развивались ольшаники и сообщества с участием кустарниковой березы (*Betula fruticosa*). Можжевеловые сообщества из *Juniperus davurica* на островах Скалы Крейсера образовались во время относительного потепления малого оптимума голоцена (VIII–XIII вв.). Современный тренд потепления способствует расширению площади леса и экспансии широколиственных пород. Особенно активно на острове Большой Крейсер возобновляется ясень носолистный. Антропогенное влияние на ландшафты побережья Юго-Восточного Приморья отмечается по пирогенным сукцессиям и увеличению березовых насаждений (в составе субфоссильных спорово-пыльцевых спектров содержится повышенное количество пыльцы берез). Подъем уровня моря в атлантический период голоцена зафиксирован в одном из разрезов по присутствию морских центрических диатомей и гранулометрическому составу отложений, соответствующих пляжевой фации. Наступившая регрессия привела к образованию мелководных озер и их последующему заболачиванию. Мелкоамплитудные трансгрессии суббореального и субатлантического периодов на изученном участке побережья зафиксированы не были.

Ключевые слова: растительность, климатические изменения, голоцен, побережье, Юго-Восточное Приморье

**REACTION OF VEGETATION TO CLIMATIC CHANGES IN MIDDLE LATE
HOLOCENE (AT THE EXAMPLE OF A COAST SITE IN SOUTH-EAST PRIMORYE)****Lyashchevskaya M.S., Pshenichnikova N.F., Makarova T.R.***Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: lyshevskay@mail.ru*

Conducted palaeogeographical research allowed us to define boundaries of landscape formation at the coast of South-East Primorye, which correlate clearly to climatic changes and sea level fluctuations in Middle Late Holocene. The research shows that in the warmer periods (the Holocene Maximum, Sub-Boreal, the Medieval Warm Period, the Contemporary climate), oak-broadleaved forests with considerable participation of thermophilic species (*Juglans mandshurica*, *Carpinus cordata*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Phellodendron amurense*, *Kalopanax septemlobus*) became widespread at the coast, while in the cold periods (Early Sub-Atlantic, Little Ice Age) birch and broad-leaved forests with *Pinus koraiensis*, alder forests, and communities with participation of *Betula fruticosa* developed on the wetlands. Juniper communities of *Juniperus davurica* appeared on the Cruiser Islands rocks during the relative warming of the Medieval Warm Period (8th-13th centuries). Current trend for warming expedites both the spread of the forested area and the expansion of broad-leaved species. On the Big Cruiser Island, *Fraxinus rhynchophylla* renews most actively. Anthropogenic influence on the landscapes of the Southeast Primorye coast is recorded in pyrogenic successions and in the increase of birch stands (the subfossil spore-pollen spectra contain increased amounts of birch pollen). The rise of sea level in the Atlantic period of Holocene was recorded in one of the sections by the presence of marine centric diatoms and by the granulometric composition of sediments corresponding to the beach facies. Later on, the regression led to the formation of shallow-water lakes and their subsequent swamping. Small-amplitude transgressions of the Sub-Boreal and Sub-Atlantic periods were not recorded on the coast site under study.

Keywords: vegetation, climatic changes, Holocene, a coast, Southeast Primorye

Пространственная и временная динамика осадков и температур – главные факторы, определяющие распределение древесных растений на Земле. Растительность многокомпонентна, ее реакция на изменение климата (режим выпадения атмосферных осадков и внутригодовой ход температуры) состоит в том, что из ее состава выпадают отдельные элементы: некоторые виды сокращают свою численность, а иногда исчезают вовсе, а затем появляются вновь.

Сочетания этих элементов образуют типы растительности, но климатические изменения не всегда приводят к их изменениям, растительность может реагировать избирательно. Наиболее чутко реагирует травянистый покров практически в любом из типов растительности [1]. Выпадение видов из состава растительности происходит быстрее, чем их восстановление в рамках конкретных растительных ассоциаций, иногда проходит ряд стадий (сукцессий). Ожидается,

что современное потепление климата будет происходить быстрее, чем скорость, с которой экосистемы смогут адаптироваться и самовосстанавливаться [2]. Вторичные воздействия изменения климата могут проявляться в изменениях характеристик почв и в экологических нарушениях (например: возникновение пожаров, распространение вредителей и болезней). Палеогеографические реконструкции позволяют проследить развитие природной среды при разнонаправленных изменениях климата, что является основой для прогностических построений.

Цель исследования – определение реакции растительности на климатические изменения в среднем – позднем голоцене на примере участка побережья Юго-Восточного Приморья (бухта Триозерье и прилегающие острова) (рис. 1).

Природные условия района исследований

Побережье в районе бухты Триозерье имеет мелкогорный рельеф, который относится к отрогам Партизанского хребта, близко подходящим к берегу моря. Тип берега здесь абразионный и абразионно-бухтовый. Побережье бух. Триозерье представлено аккумулятивными образованиями и низкими денудационными поверхностями. Бухта расположена в пределах развития обширного Успенского гранитного массива [3], на котором развиты коры выветривания, что определяет большое количество песчаного материала в береговой зоне. На побережье расположены три мелководных заболоченных озера, представляющих собой блокированные устья водотоков. Уровень озер сильно колеблется, в засушливые периоды северное и южное озера превращаются в низинные болота и зеркала воды полностью покрываются водными растениями. Рассматриваемая территория входит в район умеренно теплый, избыточно влажный с холодной зимой. По данным метеостанции «Преображенье» сумма активных температур более 10 °C составляет 2000–2200 ° (продолжительность периода 129–146 дней), количество годовых осадков на побережье 600–900 мм. Снежный покров отсутствует или незначителен. Среднегодовая температура составляет 5,9 °C, среднемесячная температура августа (самого теплого месяца) – 19,6 °C, января – 7,8 °C [4].

Почвенно-растительный покров побережья бух. Триозерье, в отличие от близлежащих островов, в значительной степени под-

вергается влиянию антропогенного фактора. В настоящее время здесь расположено 5 баз отдыха, а сама бухта входит в рекреационную зону «Триозерье», включающую также бухты Окуневая и Спокойная. Растительность представлена галофитными кустарниково-травяными сообществами пляжей и морских террас, значительную площадь занимают сообщества сырых лугов, болот и озер из ольхи японской (*Alnus japonica*), ивы тонкостолбиковой (*Salix gracilistyla*), рогоза (*Typha* sp.), бекмании восточной (*Beckmannia syzigachne*), володушки длинноручевоидной (*Bupleurum longiradiatum*). Послепожарные леса из дуба монгольского (*Quercus mongolica*), липы маньчжурской (*Tilia mandshurica*), березы плосколистной (*Betula platyphylla*) и даурской (*B. davurica*), ясеня носолистного (*Fraxinus rhynchophylla*), бархата амурского (*Phellodendron amurense*), леспедецы двцветной (*Lespedeza bicolor*), лещины разнолистной (*Corylus heterophylla*), рябинника рябинолистного (*Sorbaria sorbifolia*) тянутся вдоль побережья сменив хвойно-широколиственные. В расщелинах скал встречается сосна корейская (*Pinus koraiensis*), на приморских скалах – можжевельник твердый (*Juniperus rigida*). В 3 км севернее бухты распространены хвойно-широколиственные леса, которые в меньшей степени подвергаются воздействию рубок и пожаров, в отличие от прилегающих к базам отдыха лесным территориям. В почвенном покрове побережья бухты Триозерье преобладают пирогенные буроземы [5].

С помощью спорово-пыльцевого, диатомового и радиоуглеродного анализов были детально изучены 6 разрезов на побережье бух. Триозерье и прилегающих островах. Почвенный разрез 11412, глубиной 70 см, был заложен на побережье бух. Триозерье между подножием слабонаклонного склона юго-западной экспозиции и краем растающего среднего озера (его северной оконечности), в 30 м от уреза воды. Окружающая растительность представляет собой разреженный лес из ильма (*Ulmus* sp.) и тополя (*Populus* sp.); в травостое доминирует вейник (*Calamagrostis* sp.) (проективное покрытие до 60%), злаки (Poaceae), редко лабазник (*Filipendula* sp.), папоротник (Polypodiaceae); в напочвенном покрове преобладает майник (*Maianthemum* sp.). В этом разрезе лугово-болотной почвы отчетливо просматриваются две гумусированные прослойки в интервалах 42–44 см и 54–55 см.

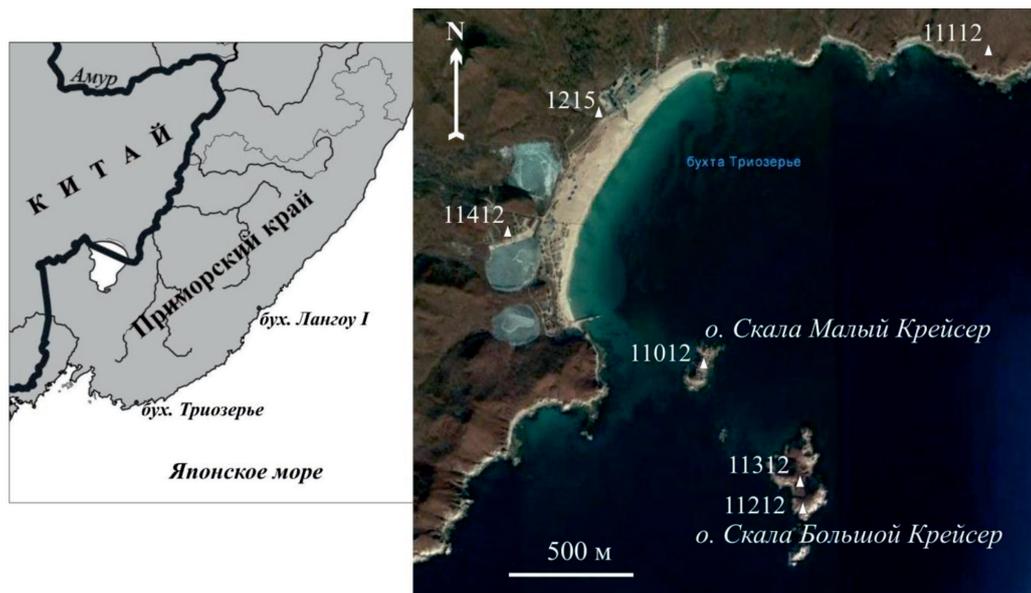


Рис. 1. Район работ, треугольниками обозначены изученные разрезы

Спорово-пыльцевой анализ отложений разреза показал несколько этапов в развитии растительности побережья, которые совпадают с климатическими флуктуациями. Первый этап, соответствующий песчаным отложениям в основании разреза (инт. 55–75 см), характеризовался теплыми климатическими условиями среднего голоцена: в составе спорово-пыльцевых спектров доминирует пыльца дуба монгольского (до 36%), много пыльцы берез, ольхи японской, в небольших количествах присутствует пыльца лещины разнолистной, ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica*), ильма, граба (*Carpinus cordata*), липы маньчжурской, ясеня носолистного, бархата амурского, аралии высокой (*Aralia elata*), элеутерококка (*Eleutherococcus* sp.), secuринеги (*Securinega suffruticosa*). В травянистом покрове были распространены осоково-разнотравно-папоротниковые сообщества. В спорово-пыльцевых спектрах этого интервала отложений обнаружены морские центрические диатомеи, что указывает на связь озера с морем. Скорее всего, в среднем голоцене здесь проходила древняя береговая линия и был песчаный пляж, о чем свидетельствует гранулометрический состав отложений.

Второй этап (инт. 34–55 см) развития растительности характеризуется уменьшением доли дуба (до 14%) в составе растительного покрова побережья и более широким распространением ольхи (до 37%), эти изменения произошли в результате

похолодания на границе среднего и позднего голоцена и некоторого обводнения, климатические условия были холоднее современных. Морские диатомеи постепенно исчезают из состава спорово-пыльцевых спектров, лагуна перекрывается наносами, становится закрытой, чему способствовало понижение уровня моря, приблизительно на 2 м по отношению к современному [6]. Присутствие в составе спектров повышенного количества пыльцы сосны густоцветковой (*P. densiflora*), скорее всего, объясняется ветровым заносом из-за ее высокой летучести, вследствие морфологических особенностей пыльцы. Из-за усиления циклонально-фронтальной деятельности в начале позднего голоцена во многих разрезах Южного Приморья отмечается увеличение содержания пыльцы *Pinus densiflora* в составе спорово-пыльцевых спектров [7]. В травяном покрове были распространены осоково-разнотравно-злаковые с папоротниками сообщества. Наличие гумусированных прослоек говорит о том, что в какие-то моменты времени происходило зарастание озера и формирование почвенного покрова, который прерывался пляжевыми наносами.

Во время третьего этапа (инт. 15–34 см) увеличивалась роль дуба в составе лесной растительности (в палиноспектрах доля пыльцы *Quercus* – до 35%) и уменьшалась доля ольхи (*Alnus* – до 16%), значительное участие в древостое принимали березы. В травянистом покрове возрастало коли-

чество осок (Cyperaceae) (до 60%), постепенно снижалось содержание полыни (*Artemisia* sp.) (до 7%) и папоротников, что свидетельствует о повышенной влажности и формировании влаголюбивых сообществ. Скорее всего, к этому времени уже сформировался береговой вал, вследствие аккумулятивного выдвигания берега, за которым в небольшом понижении сформировался сырой луг. По времени этот период можно отнести к малому оптимуму голоцена.

Четвертый этап (инт. 0–15 см) развития растительности охватывает похолодание малого ледникового периода с последующим переходом к современному климату. Состав спорово-пыльцевых спектров отражает локальное современное сообщество сырого луга из осок (до 80%), кровохлебки лекарственной (*Sanguisorba officinalis*) (до 20%) и прочего разнотравья с редким древостоем из ольхи (до 92%), дуба (до 27%) и других пород.

В северной части бухты Триозерье был изучен разрез торфяника (1215). Торфяник содержит 2 прослоя песка цунамигенного происхождения. Верхний представлен светло-серым мелкозернистым песком, который, возможно, образовался после прохождения одного из сильнейших исторических цунами в Японском море 16 июня 1026 г. н.э. [8]. Здесь же встречено редкое вулканическое стекло влк. Байтоушань, извержения 969 года. Это подтверждает ¹⁴C-дата 1100 ± 80 л., 1030 ± 90 кал. л., ЛУ-8047 из вмещающего торфа.

В основании разреза выходит слой светло-серого крупнозернистого песка с гравием (мощностью 25 см), предположительно, образованного во время цунами около 1620–1520 гг. до н.э. [8].

В результате проведения диатомового анализа в разрезе торфяника обнаружено 83 вида и разновидности пресноводных диатомовых водорослей. Основное разнообразие диатомовых формируют донные виды (43), меньше видов обрастания (32), слабо представлены планктонные (7). Из обнаруженных диатомовых преобладают космополиты (34), встречены бореальные (20) и арктические (13) виды. По отношению к рН среды преобладающей группой являются ацидофилы (31), циркумнейтральных видов – 25 и алкалофилов – 20, по отношению к солености 38 видов – индифференты, 19 – галофобы и 7 – галофилы. Изменение содержания видов диатомей по разрезу позволило выделить 4 комплекса (рис. 2).

Комплекс 1 (инт. 80–110 см, 4120–2400 кал. л.н.). В составе диатомей преоблада-

ют планктонные *Aulacoseira granulata* (до 63%), *A. alpigena*, *A. distans*, а также временно планктонный *Tabellaria flocculosa*. Здесь же отмечено высокое содержание вида, характерного для болотных обстановок *Eunotia praerupta* (до 21%). Заметно участие бентосных видов *Pinnularia viridis*, *P. ovata*, обрастателя *Stauroforma exiguiformis*. В комплексе доминируют космополиты (до 86%). По отношению к солености преобладают индифференты (до 78%). Комплекс диатомей свидетельствует об интенсивном обводнении, здесь существовал мелководный водоем.

Комплекс 2 (инт. 40–80 см, 2400–720 кал. л.н.). Комплекс сходен с комплексом 1, в составе диатомей преобладают планктонные виды, но доминантом является *Aulacoseira alpigena* (до 45%). Увеличивается процентное содержание *Frustulia rhomboides*, *Gomphonema gracile*, *Brachisira brebessonii* и разнообразных видов рода *Eunotia* (*intermedia*, *lapponica*, *hexaglyphis*, *serra*). В интервале 70–75 см (2117–1830 кал. л.н.) резко увеличивается количество донного *Pinnularia ovata* (до 49%) и сокращается количество планктонных видов, что может свидетельствовать о кратковременном похолодании и иссушении. В целом комплекс свидетельствует о сохранении существовавшего водоема, но уменьшении его водности.

Комплекс 3 (инт. 10–40 см, XIII–XVIII вв.). В составе диатомей преобладают виды обрастания (до 54%), планктонные уменьшаются (до 36%). В состав доминирующего комплекса входят разнообразные виды рода *Eunotia* и *Tabellaria flocculosa* (до 21%), *Stauroforma exiguiformis* виды, характерные для заболоченных мелководных водоемов. В структуре комплекса преобладают ацидофилы (до 69%) и галофобные виды (52%). Комплекс диатомей свидетельствует о заболачивании водоема.

Комплекс 4 (инт. 0–10 см, последние 200 лет). Планктонные виды практически исчезают, преобладают бентосные виды (до 72%), видов обрастания меньше – 28%. Доминируют *Pinnularia superdivergentissima*, *P. divergentissima*, *Nitzschia nana*, *Neidium bisulcatum*, а в поверхностной пробе увеличивается и количество *Chamaepinnularia soechrensis* var. *hassiacica* (до 6,5%), что свидетельствует об иссушении. По отношению к рН среды уменьшается доля ацидофилов (до 42%), увеличивается доля циркумнейтральных (до 34%). Комплекс характеризует прогрессирующее снижение обводнения болота.

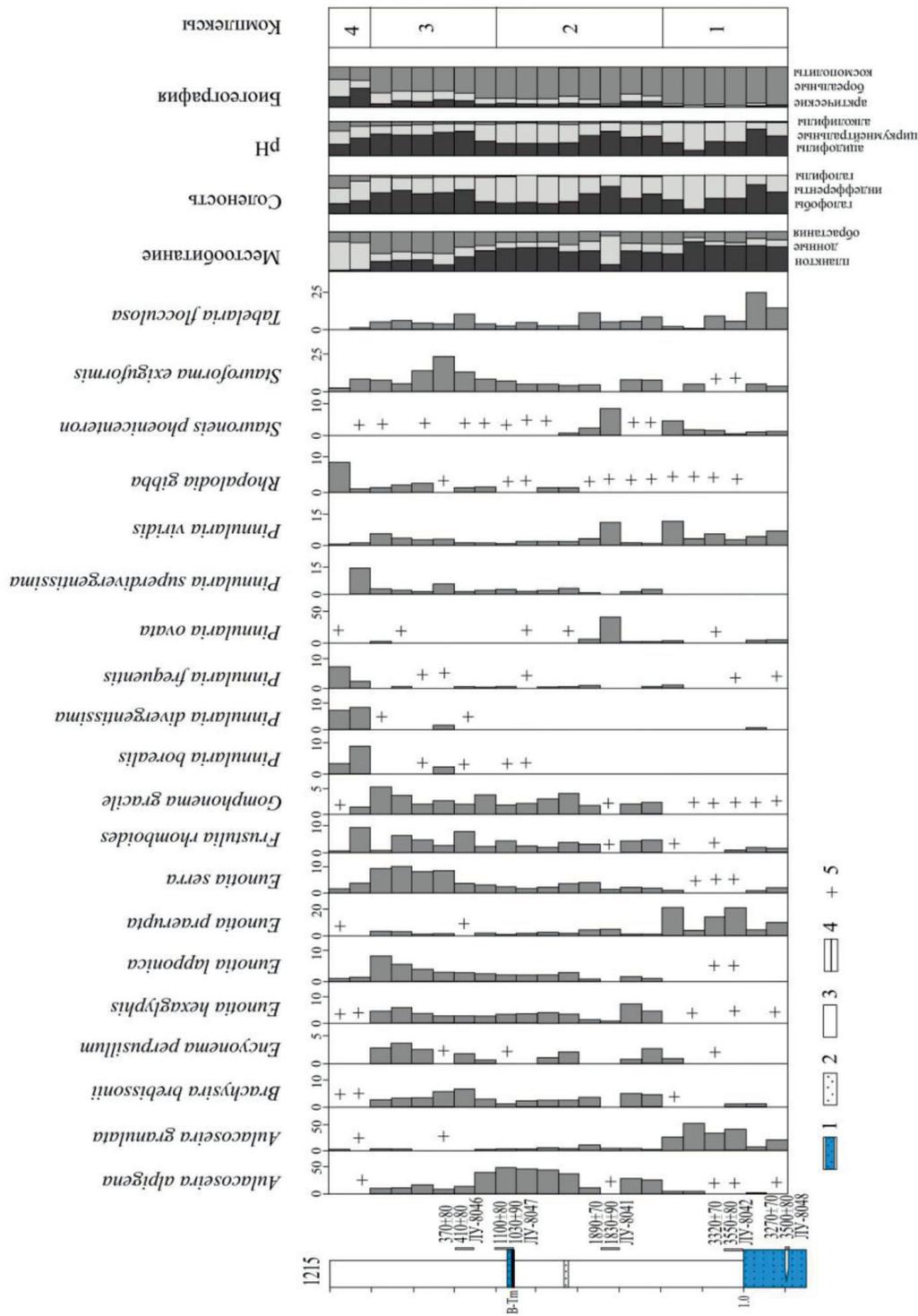


Рис. 2. Распределение диатомей в разрезе торфяника 1215 на бух. Триозерье: 1 – иунагигенный песок; 2 – песок; 3 – торф; 4 – вулканический пелел; 5 – единично

Результаты спорово-пыльцевого анализа разреза 1215 также позволили выделить несколько этапов в развитии природной среды побережья (рис. 3). Первый характеризовался теплыми климатическими условиями суббореала, спорово-пыльцевые спектры интервала 85–110 см (4120–2690 кал. л.н.) содержат высокие значения суммы пыльцы широколиственных пород (до 66%), особенно много пыльцы дуба – до 51%, присутствует пыльца ильма, граба, ореха, лещины, винограда амурского (*Vitis amurensis*), клена (*Acer* sp.), калины Саржента (*Viburnum sargentii*), бузины кистевой (*Sambucus racemosa*), бархата амурского, сирени (*Syringa* sp.), диморфанта (*Kalopanax septemlobus*), липы маньчжурской, ясеня носолитного. В значительных количествах содержится пыльца березы (до 13%), повышенные значения пыльцы ольхи (до 22%) и осоки (*Carex* sp.) (до 72%) свидетельствуют об избыточном увлажнении вокруг пресноводного водоема. В травянистом покрове доминировали осоково-злаковые сообщества.

Климатические условия второго этапа были более холодными, полученные 14С-датировки позволяют его отнести к началу субатлантика. В составе спорово-пыльцевых спектров (инт. 60–85 см, возраст 2690–1510 кал. л.н.) уменьшается сумма пыльцы широколиственных до 27%, пыльца дуба до 23%, пыльца некоторых пород совсем исчезает (клен, ясень, липа, диморфант и др.), возрастает содержание пыльцы сосны корейской вследствие понижения ее высотной границы и расширения ареала. В конце периода увеличивается площадь, занятая зарослями ольхи и кустарников, возможно, в результате зарастания и уменьшения площади водоема. В составе травянистого покрова уменьшается роль осок (до 16%) и увеличивается доля злаков, розовых (*Rosaceae*), полыни, норичниковых (*Scrophulariaceae*).

Во время третьего этапа (инт. 25–60 см, VI–XVIII вв.) в составе прибрежных дубовых лесов уменьшилась роль хвойных пород, а также ольхи (до 6%); увеличилась доля берез (до 29%). Увеличение количества пыльцы осок (до 69%) в спорово-пыльцевых спектрах может быть связано с повышением увлажнения и заболоченности территории.

Четвертый этап выделяется по резкому увеличению в составе спорово-пыльцевых спектров (инт. 5–25 см, XVIII в. – первая половина XX в.) пыльцы сосны корейской (до 27%) и ели (*Picea* sp.) (до 9%), что

говорит о понижении высотной границы хвойных лесов и расширении их площадей. В наиболее холодную фазу малого ледникового периода, так называемое «ядро» (1600–1800 г. н.э.), отмечалось максимальное продвижение ледников в Северной Америке, Альпах, Скандинавии, на Баффиновой Земле, Аляске [9]; увеличивалась ледовитость Японского и Охотского морей, происходило формирование более раннего снежного покрова.

Пятый этап (инт. 0–5 см, последние 60 лет) – современный, отражает антропогенную трансформацию растительности в результате освоения и рекреационного использования побережья, здесь наблюдаются сукцессионные смены. В спорово-пыльцевых спектрах увеличивается количество пыльцы берез (до 26%) и резко уменьшается количество пыльцы сосны корейской и ели. Состав таксонов группы травянистых соответствует современным осоково-разнотравным сообществам.

На побережье северной части бухты Триозерье в настоящее время преобладает дубовый лес (средней сомкнутости), пройденный низовым пожаром. В его составе присутствует береза даурская, липа маньчжурская; в кустарниковом ярусе – развитая куртинами леспедца двуцветная (проективное покрытие 30–40%); в травостое – борщевник рассеченный (*Heracleum dissectum*), папоротник орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*), орлячок сибирский (*Diplazium sibiricum*), щитовник сихотэ-алинский (*Dryopteris sichotensis*), подмаренник настоящий (*Galium verum*) и трехлистный (*G. trifolium*), горошек амурский (*Vicia amurensis*), купена низкая (*Polygonatum humile*), китайская терпентиновая (*Kitagawia terebinthacea*); в возобновлении – дуб монгольский, лещина разнолиственная.

В 25 м от берегового обрыва на делювиальном слабонаклонном шлейфе склона, юго-восточной экспозиции был заложен почвенный разрез 11112, глубиной 70 см, характеризующий пирогенные буроземы.

Результаты спорово-пыльцевого анализа позволили выделить 4 этапа в развитии растительности этого участка побережья. Первый (инт. 30–60 см) характеризовался достаточно суровыми климатическими условиями в начале позднего голоцена: в составе спорово-пыльцевых спектров доминирует пыльца кустарниковой березы (*B. fruticosa*) (до 52%), высоко содержание пыльцы березы плосколистной (до 27%) и дуба монгольского (до 16%).

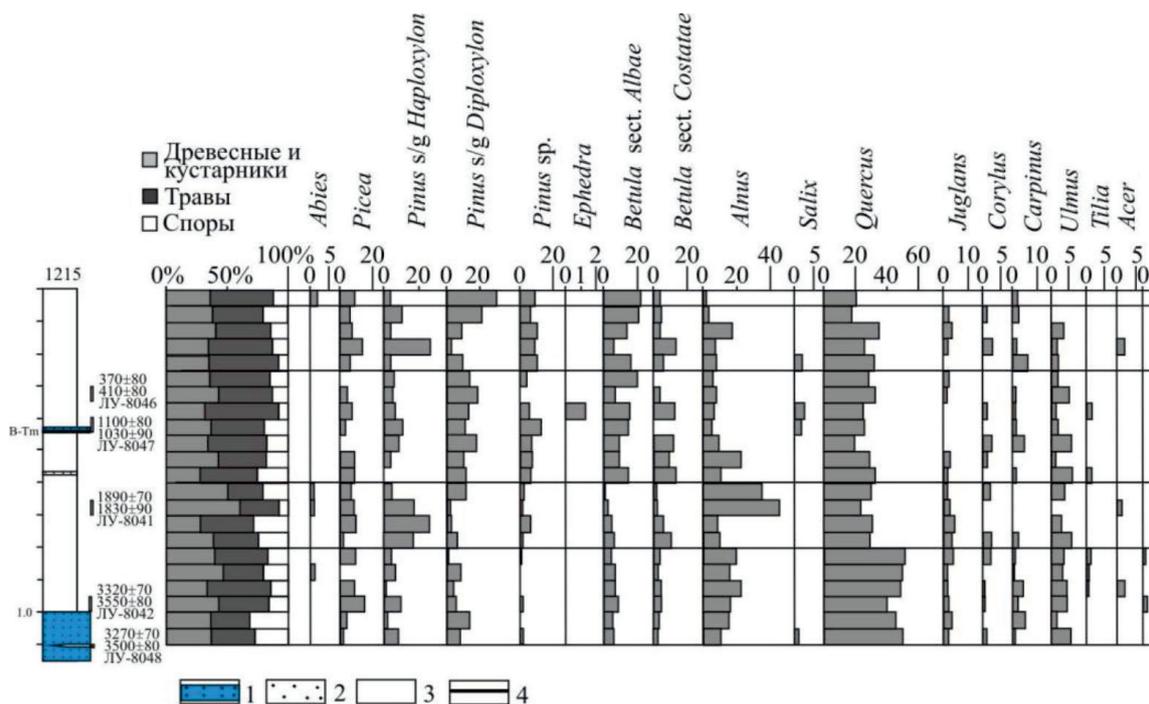


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза торфяника 12015 на берегу бух. Триозерье: 1 – цунамигенный песок; 2 – песок; 3 – торф; 4 – вулканический пепел (начало)

Травянистый покров был представлен полынным разнотравьем. Второй этап развития растительности (инт. 18–30 см) был менее холодный, скорее всего, он соответствует малому оптимуму голоцена (VIII–XIII вв.), в составе лесной растительности преобладали сообщества из березы плосколистной (до 37% пыльцы). С увеличением теплообеспеченности участие кустарниковой березы в составе растительности постепенно снижалось (до 4%), а дуба (до 29%) и березы даурской (до 14%) возрастало. Травянистый покров по-прежнему был представлен полынным разнотравьем. Третий этап (инт. 15–18 см) отвечает климатическим условиям более холодным и влажным по сравнению с предыдущим и соответствует малому ледниковому периоду (XIV – начало XIX вв.). В составе спорово-пыльцевого спектра доминирует пыльца березы даурской (67%), в меньшем количестве содержится пыльца дуба (11%) и березы плосколистной (7%). В травянистом покрове было развито осоковое разнотравье, характерное для сырых лугов. Четвертый период (инт. 0–15 см) соответствует современным условиям и достаточно хорошо отражает современное потепление климата. В составе спорово-пыльцевых спектров доминирует пыльца дуба монгольского

(до 96%), что отражает современную растительность – дубовый лес. Таксономический состав пыльцы группы трав и кустарничков характеризует осоковое разнотравье, что соответствует современным сообществам сырых лугов, которые на побережье занимают значительную площадь.

Острова Скалы Крейсер расположены вблизи побережья бух. Триозерье. Они имеют скалистые берега и подвержены постоянным ветрам, туманам и импульверизации солей. Острова выделяются своей уникальной растительностью. Здесь доминируют можжевеловые сообщества, редко встречающиеся или отсутствующие на сопредельном материковом побережье, что связано с более холодными островными условиями, связанными с действием Приморского холодного течения. Почвенный покров представлен буроземами темными иллювиально-гумусовыми [5].

Остров Скала Большой Крейсер, площадью (0,3 км²), расположен в 0,94 км от береговой линии. На выположенной предвершинной части водораздела был заложен почвенный разрез 11312, глубиной 75 см, под сплошным покровом можжевельника даурского (*J. davurica*), высотой 12–15 см, стланиковой формы. В травянисто-кустарниковом ярусе произрастает папоротник,

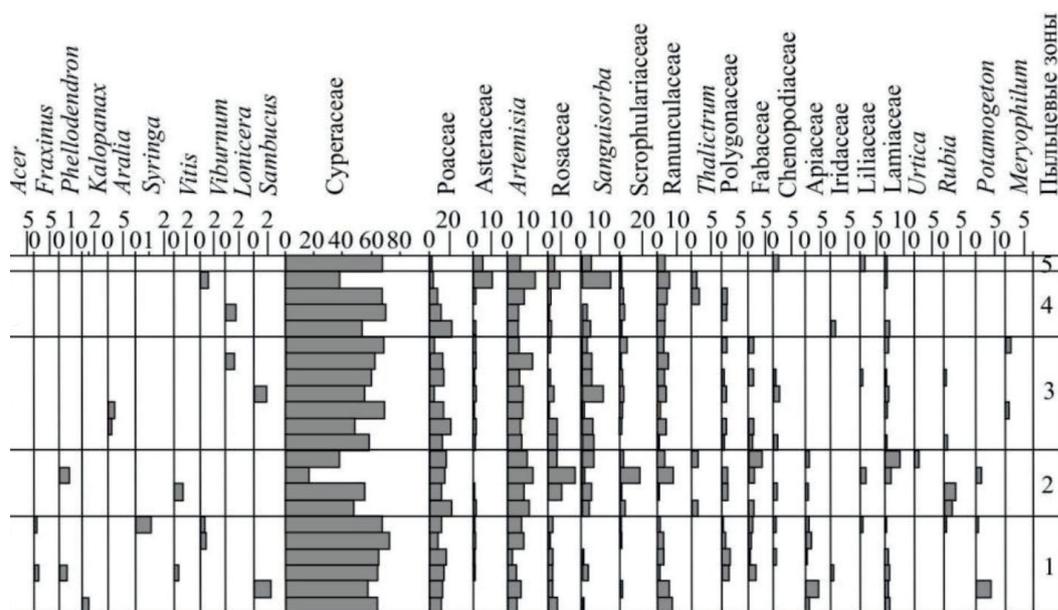


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза торфяника 12015 на берегу бух. Триозерье: 1 – цунамигенный песок; 2 – песок; 3 – торф; 4 – вулканический пепел (окончание)

кровохлебка, полынь побегоносная (*A. stolonifera*), вероника (*Veronica* sp.), марена иезская (*Rubia jesoensis*), подмаренник настоящий, лилия поникающая (*Lilium cernuum*), мискантус сахароцветный (*Miscanthus sacchariflorus*), купена (*Polygonatum* sp.), осока, сосюра новохорошенькая (*Saussurea neopolchella*), ясенец пушистоплодный (*Dictamnus dasycarpus*), молочай Комарова (*Euphorbia komaroviana*).

Интерпретация результатов спорово-пыльцевого анализа позволяет говорить о двух этапах развития растительности острова. Первый (инт. 32–75 см) свидетельствует о достаточно суровых условиях, в растительном покрове были развиты полынно-разнотравно-кустарниковые фитоценозы с участием кустарниковой березы (до 83% пыльцы). Радиоуглеродная датировка 2480 ± 120 л.н. (2550 ± 150 кал.л.), ЛУ-7526 позволяет сопоставить это похолодание с границей суббореального и субатлантического периодов.

Наступление второго этапа совпадает с потеплением малого оптимума голоцена. Спорово-пыльцевые спектры отложений интервала 0–32 см отражают современные и схожие с ними климатические условия, из их состава исчезает пыльца кустарниковой березы, появляются устьица мож-

жевелника. В это время на вершинной поверхности острова образуются можжевеловые заросли.

Второй почвенный разрез 11212, глубиной 55 см, был заложен на острове Скала Большой Крейсер в верхней части западного, защищенного от морского ветра склона, крутизной 20–25°. Здесь расположена куртинка леса, состоящая из зарослей барбариса амурского (*Berberis amurensis*), клена (*Acer* sp.), малины (*Rubus* sp.), смородины (*Ribes* sp.), ясеня носолистного. В травяном ярусе произрастает герань волосистотычинковая (*Geranium eriostemon*), недоселка (*Cacalia* sp.), чина (*Lathyrus* sp.), вьюнок (*Convolvulus* sp.), майник, осока, папоротник, василисник (*Thalictrum* sp.), фиалка (*Viola* sp.).

Результаты спорово-пыльцевого анализа позволили выделить 3 этапа развития растительности. Во время первого (инт. 55 см и ниже) климатические условия были наиболее суровыми, доминировали кустарниково-полынно-разнотравные сообщества с участием кустарниковой березы и, возможно, с единичной древесной растительностью из березы, ольхи, ивы, лещины, дуба, липы, калины. Присутствие в спорово-пыльцевом спектре значительного количества пыльцы сосны корейской (19,6%)

может свидетельствовать о более широком распространении этой породы в данный отрезок времени на материковом побережье. Этот этап коррелируется с первым этапом вышеописанного разреза 11312, для которого была получена радиоуглеродная дата, соответствующая границе суббореального и субатлантического периодов. Во время второго этапа (инт. 3–45 см) среднегодовые температуры стали выше, на подветренном склоне постепенно формировался разреженный лесной массив, состоящий из дуба монгольского, березы, ольхи, лещины, липы, диморфанта, ильма, калины и других пород. Высокое содержание пыльцы сосны корейской (до 34,7%) по-прежнему говорит об ее участии в составе лесной растительности побережья. Третий этап развития соответствует потеплению климата, которое началось после окончания малого ледникового периода, что способствовало увеличению численности широколиственных пород, особенно ясеня носолистного (31,6%) в составе лесной растительности острова, о чем свидетельствует спорово-пыльцевой спектр отложений в интервале 0–3 см.

На острове Скала Малый Крейсер (площадь 0,04 м²), расположенном в 0,45 км от берега, растительность имеет сходство с таковой на острове Скала Большой Крейсер. Доминируют сообщества из можжевельника даурского с участием барбариса амурского, полыни Гмелина (*A. Gmelinii*), мискантуса сахароцветного, осоки, скальной и супралиторальной растительности. Редко встречаются кустарниковые формы клена приречного (*A. ginnala*), мелкоплодника ольхолистного (*Micromeles alnifolia*), калины Саржента [5]. В травостое – лук стареющий (*Allium senescens*), таран Юрия (*Aconogonon jurii*), мятлик урскульский (*Poa urssulensis*), астрагал приморский (*Astragalus marinus*), сосюра хоршенькая (*S. pulchella*), герань волосистотычинковая, подмаренник настоящий, пырейник Ворошилова (*Elymus woroschilowii*), лапчатка морщинистая (*Potentilla rugulosa*) и др. Почвенный покров на большей части острова аналогичен таковому на острове Скала Большой Крейсер. Естественное обрушение скальных останцев острова обуславливает развитие полигенетичных бурозёмов, состоящих из современного и погребенного почвенных профилей.

Результаты палинологических исследований почвенного разреза 11012 полигенетичного бурозема, мощностью 75 см, заложенного на перешейке острова, пока-

зали, что во время формирования отложений в интервале 63–75 см (первый период) доминировали травянистые фитоценозы из злаков, полыни и разнотравья (69–85% пыльцы трав и кустарничков в общем составе спектра). Спорово-пыльцевые спектры (инт. 2–63 см) второго периода имеют достаточно высокое содержание пыльцы сосны корейской (до 91% от всей древесной пыльцы), что говорит о довольно значительном распространении хвойных лесов на прилегающем материковом побережье в прошлом. В субрецентном спорово-пыльцевом спектре (инт. 0–2 см) третьего периода содержится повышенное количество пыльцы дуба и березы, т.е. тех пород, которые в настоящее время занимают побережье бух. Триозерье.

Приведенные материалы свидетельствуют, что в среднем и позднем голоцене намечаются определенные возрастные рубежи формирования ландшафтов прибрежной зоны Юго-Восточного Приморья. Рубеж 6100 лет отвечает максимальному подъему уровня Японского моря в атлантический период голоцена (на 2–4 м выше современного уровня), образовывались обширные и многочисленные морские лагуны, и эстуарии. Доказательством трансгрессии служит постоянное присутствие морских центрических диатомей в отложениях разреза 11412 в южной части бухты Триозерье, древняя береговая линия значительно выдвигалась в сторону суши, палеобухта была более глубоко врезанной по сравнению с современной. Климатические условия этого рубежа реконструированы как умеренно-теплые – с более мягкими зимами и со среднегодовой температурой и количеством осадков выше современных. Такому климату соответствовало развитие дубово-широколиственных лесов с преобладанием *Quercus mongolica*. В суббореальное время (4120–2690 кал. л.н.) климатические условия были умеренно теплыми, состав растительности практически не изменился: на побережье преобладали дубово-широколиственные леса с ильмом, грабом сердцелистным, орехом маньчжурским, лещиной разнолистной, виноградом амурским, кленом, калины, бузиной, бархатом, сиренью, диморфантом, липой, ясенем, березой.

Похолодание около 4000 лет зафиксировано не было, возможно, что на побережье оно слабо проявилось из-за отепляющего влияния моря.

Следующий рубеж приходится на границу суббореального и субатлантического

периодов голоцена и связан с ухудшением климатических условий (2690–1510 кал. л.н.) из-за снижения уровня инсоляции. Это похолодание носило глобальный характер – фиксируется не только для всей территории России, но и в Канаде, Скандинавии, Калифорнии, на Аляске и в других регионах земного шара [10, 11]. Снижение среднегодовых температур на 1,5–2,0 °C ниже современных [12] сопровождалось регрессией Японского моря примерно на 2 м ниже современного уровня [6], что привело к осушению части лагун и усилению эрозии в устьях рек. Регрессия фиксируется в отложениях разреза 11412 по постепенному исчезновению морских диатомей. На месте мелководных лагун образовались озера, которые имели тенденцию к зарастанию и обмелению. В составе палеорастительности побережья доля широколиственных пород сильно сократилась, а доля берез увеличилась, в долинах водотоков и пониженных участках развитие получили ольшаники и сообщества с участием кустарниковой березы, на открытых участках расширились площади, занятые травяно-кустарниковыми ассоциациями, на склонах в составе лесов появилась сосна корейская. Максимум этого похолодания пришелся на середину субатлантика около 1500 л.н.

Относительное потепление малого оптимума голоцена (VIII–XIII вв.) явилось следующим рубежом. Температура в высоких и умеренных широтах Северного полушария была выше современной на 0,5–1 °C, количество осадков на северо-востоке региона на 25–50 мм превышало современный уровень [13]. Из состава растительности побережья исчезла кустарниковая береза, ее место заняла береза даурская, уменьшилась доля ольхи и увеличилась роль широколиственных, особенно дуба. На вершинной поверхности островов Скалы Крейсера образовались можжевельниковые сообщества из *Juniperus davurica*.

Следующий рубеж приходится на похолодание (XIV – начало XIX вв.), получившее название – малый ледниковый период. Считается, что глобальная температура понизилась на 1–2 градуса по Цельсию, а высота снежного покрова увеличилась, этот период был более холодным и влажным, чем предыдущий. Называют несколько причин этого похолодания: пониженная активность Гольфстрима, которая совпала по времени с наиболее низким после V в. до н.э. уровнем солнечной активности (Маундеровским минимумом) [14], извержения

вулканов [15]. В составе растительности побережья Юго-Восточного Приморья увеличивается доля березы даурской за счет уменьшения доли широколиственных, особенно дуба, также увеличивается участие хвойных – сосны кедровой и ели. Мелководные озера заболачиваются.

Последний рубеж связан с потеплением в середине прошлого века и антропогенным влиянием. В составе лесной растительности материкового побережья Юго-Восточного Приморья увеличивается участие дуба и берез, уменьшается – кедр и ели. На острове Большой Крейсер расширяется площадь леса и возрастает участие в нем широколиственных пород, особенно активно возобновляется ясень носолистный.

Выводы

Таким образом, типы ландшафтов на побережье Юго-Восточного Приморья и их развитие в среднем – позднем голоцене достаточно четко коррелируются с изменениями климата и колебаниями уровня моря. Выявлено, что в наиболее теплые эпохи (атлантический оптимум, суббореал, малый оптимум голоцена и современное потепление) на побережье распространение получали дубово-широколиственные леса со значительным участием термофильных пород (ореха манчжурского, граба сердцелистного, ясеня носолистного, бархата амурского, калопанакса семилопастного), а во время холодных (начало субатлантика, малый ледниковый период) – березово-широколиственные с кедром корейским, на переувлажненных участках развивались ольшаники и сообщества с участием кустарниковой березы. Современный тренд потепления способствует расширению площади леса и экспансии широколиственных пород. Антропогенное влияние на ландшафты побережья Юго-Восточного Приморья отмечается по пирогенным сукцессиям и увеличению березовых насаждений (в составе субфоссильных спорово-пыльцевых спектров содержится повышенное количество пыльцы берез).

Подъем уровня моря в атлантический период голоцена зафиксирован в одном из разрезов по присутствию морских центральных диатомей и гранулометрическому составу отложений, соответствующих пляжевой фации. Наступившая регрессия привела к образованию мелководных озер и их последующему заболачиванию. Мелкоамплитудные трансгрессии суббореального и субатлантического периодов

на изученном участке побережья зафиксированы не были.

Полученные результаты помимо естественно-исторического и научно-теоретического интереса могут иметь и практическую значимость для целей стратификации новейших отложений при геологической съемке побережий, палеоэкологических реконструкций, хозяйственных и природоохранных мероприятий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-05-00171) и Комплексной программы фундаментальных научных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (проекты № 15-1-6-058 и 15-1-6-097).

Список литературы

1. Симонов Ю.Г. Геоморфология: методология фундаментальных исследований / Ю.Г. Симонов. – СПб.: Питер, 2005. – 427 с.
2. МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад / ред. Л.А. Мейер, Р.К. Пачаури. – МГЭИК, Женева, Швейцария, 2015. – 163 с.
3. Валуи Г.А. Петрология гранитоидов и дифференциация расплавов в малоглубинных условиях (Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс) / Г.А. Валуи. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 246 с.
4. Агроклиматические ресурсы Приморского края [Текст] / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Дальневост. науч.-исслед. гидрометеорол. ин-т. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 148 с.
5. Киселева А.Г. Специфика почвенно-растительного покрова островов Скалы Крейсер (юго-восток Приморского края) / А.Г. Киселева, И.М. Родникова, Н.Ф. Пшеничникова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 1. – С. 183–186.
6. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене / А.М. Короткий [и др.] // Вестник ДВО РАН. – 1997. – № 3. – С. 121–143.
7. Лящевская М.С. Ландшафтно-климатические изменения на островах залива Петра Великого (Японское море) за последние 20000 лет / М. С. Лящевская // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11–2. – С. 372–379.
8. Проявление палеоцунами в позднем голоцене на побережье бухты Триозерье, Японское море / Л.А. Ганзей [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 166–172.
9. Жилина Т.Н. Малый ледниковый период как одно из колебаний климата в голоцене и его последствия в Западной Сибири / Т.Н. Жилина // Вестн. Том. ун-та. – 2010. – № 340. – С. 206–211.
10. Величко А.А. Эволюционная география: проблемы и решения / А.А. Величко. – М.: ГЕОС, 2012. – 563 с.
11. Rothlisberger F. 10000 Jahre Gletchergeschichte der Erde / F. Rothlisberger. – Aarau: Sauerlander, 1986. – 348 p.
12. Короткий А.М. Тенденции изменения природной среды и возможные сценарии ее развития на юге Дальнего Востока / А.М. Короткий, Г.П. Скряльнич, В.В. Коробов // Вестник ДВО РАН. – 2010. – № 6. – С. 3–16.
13. Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии / под ред. А.А. Величко. – М.: ГЕОС, 2010. – 220 с.
14. Abrupt onset of the Little Ice Age triggered by volcanism and sustained by sea-ice/ocean feedbacks / G.H. Miller [et al.] // Geophys. Res. Lett. – 2012. – № 39. – L02708.
15. Volcanism and the Little Ice Age / T.J. Crowley [et al.] // PAGES Newslett. – 2008. – № 16. – P. 22–23.

References

1. Simonov Ju.G. Geomorfologija: metodologija fundamentalnyh issledovanij / Ju.G. Simonov. SPb.: Piter, 2005. 427 s.
2. MGJeIK, 2014: Izmenenie klimata, 2014 g.: Obobshhajushhij doklad / red. L.A. Mejer, R.K. Pachauri. MGJeIK, Zheneva, Shvejcarija, 2015. 163 p.
3. Valuj G.A. Petrologija granitoidov i differenciacija rasplavov v maloglubinnnyh uslovijah (Vostochno-Sihotje-Alinskij vulkanicheskij pojas) / G.A. Valuj. Vladivostok: Dalnauka, 2014. 246 p.
4. Agroklimaticheskie resursy Primorskogo kraja [Tekst] / Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Dalnevost. nauch.-issled. gidrometeorol. in-t. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 148 p.
5. Kiseleva A.G. Specifika pochvenno-rastitel'nogo pokrova ostrovov Skaly Krejser (jugo-vostok Primorskogo kraja) / A.G. Kiseleva, I.M. Rodnikova, N.F. Pshenichnikova // Mezh-dunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2016. no. 1. pp. 183–186.
6. Klimaticheskie smeny na territorii juga Dalnego Vostoka v pozdnem plejstocene-golocene / A.M. Korotkij [i dr.] // Vestnik DVO RAN. 1997. no. 3. pp. 121–143.
7. Ljashhevskaja M.S. Landshaftno-klimaticheskie izmenenija na ostrovah zaliva Petra Velikogo (Japonskoe more) za poslednie 20000 let / M.S. Ljashhevskaja // Uspehi sovremen-nogo estestvoznaniya. 2016. no. 11–2. pp. 372–379.
8. Projavlenie paleocunami v pozdnem golocene na poberezhe buhty Triozere, Japonskoe more / L.A. Ganzej [i dr.] // Uspehi sovremen-nogo estestvoznaniya. 2016. no. 8. pp. 166–172.
9. Zhilina T.N. Malyj lednikovyy period kak odno iz kolebanij klimata v golocene i ego posledstvija v Zapadnoj Sibiri / T.N. Zhilina // Vestn. Tom. un-ta. 2010. no. 340. pp. 206–211.
10. Velichko A.A. Jevoljucionnaja geografija: problemy i reshenija / A.A. Velichko. M.: GEOS, 2012. 563 p.
11. Rothlisberger F. 10000 Jahre Gletchergeschichte der Erde / F. Rothlisberger. Aarau: Sauerlander, 1986. 348 p.
12. Korotkij A.M. Tendencii izmenenija prirodnoj sredy i vozmozhnye scenarii ee razvitiya na juge Dalnego Vostoka / A.M. Korotkij, G.P. Skrylnik, V.V. Korobov // Vestnik DVO RAN. 2010. no. 6. pp. 3–16.
13. Klimaty i landshafty Severnoj Evrazii v uslovijah globalnogo poteplenija. Retrospektivnyj analiz i scenarii / pod red. A.A. Velichko. M.: GEOS, 2010. 220 p.
14. Abrupt onset of the Little Ice Age triggered by volcanism and sustained by sea-ice/ocean feedbacks / G.H. Miller [et al.] // Geophys. Res. Lett. 2012. no. 39. L02708.
15. Volcanism and the Little Ice Age / T.J. Crowley [et al.] // PAGES Newslett. 2008. no. 16. pp. 22–23.

УДК 552.143:551.248(571.62)

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ НА ЮГО-ВОСТОКЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (УЛКАНСКИЙ РАЙОН) ПО ЛИТОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Медведева С.А.

*ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Хабаровск, e-mail: medvedeva@itig.as.khb.ru*

В работе показана реконструкция тектонических обстановок формирования протерозойских осадочно-вулканогенных толщ на юго-востоке Сибирской платформы. В Улканском районе залегают метаморфические, интрузивные, вулканические и осадочные породы. Осадочно-вулканогенная толща состоит из топориканской (песчаниковая), улкачанской (терригенно-вулканогенная), элгэтэйской (преимущественно вулканогенная) свит нижнепротерозойской улканской серии, бириндинской (терригенно-вулканогенная) и конкулинской (песчаниковая) свит нижнерифейской уянской серии. Среди методов реконструкций применяют методы на основе изучения вещественного состава песчаных пород. На основе данных о химическом составе песчаников предложены диаграммы: в 1982 г. J.V. Maynard с соавторами, в 1983 г. – M.R. Bhatia, в 1986 г. – V.P. Roser, R.J. Korsch. В целом или дробно они разделяли отложения континентальных или океанических островных дуг, активных или пассивных континентальных окраин. В 2013 г. S.P. Verma, J.S. Armstrong-Altrin опубликовали диаграммы $DF_1 - DF_2$ с тремя обстановками: коллизионной, рифтовой, островодужной. Положение фигуративных точек изученных протерозойских песчаников на диаграммах XX века показывает сходные в целом обстановки: в раннем протерозое – пассивная континентальная окраина с периодами активизации; в позднем протерозое (раннем рифее) – пассивная континентальная окраина. Положение точек на новой диаграмме свидетельствует об отсутствии океанических вулканических дуг, и позволяет реконструировать смену коллизионных и рифтовых обстановок. Эта реконструкция хорошо сопоставима с опубликованной в 2007 г. В.А. Гурьяновым реконструкцией на основе изучения состава магматических пород вулканоплутонических комплексов данной территории. Тестирование новых диаграмм следует продолжить.

Ключевые слова: протерозой, рифей, валовый химический состав, песчаники, островная дуга, континентальная окраина, коллизия, рифт, Улканский район

EVOLUTION OF TECTONIC CONDITIONS OF THE PROTEROZOIC SEDIMENTARY DEPOSITS FORMATION IN THE SOUTHEASTERN SIBERIAN PLATFORM (THE ULKAN AREA) FROM LITHOCHEMICAL DATA

Medvedeva S.A.

*Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, e-mail: medvedeva@itig.as.khb.ru*

The reconstruction of the tectonic conditions of formation of the Proterozoic sedimentary-volcanogenic sediments in the southeastern Siberian Platform is shown. The Ulkan area is composed by metamorphic, intrusive, volcanic and sedimentary rocks. Sedimentary-volcanogenic strata consist of Toporikansky (sandstone), Ulkachansky (terrirogenous-volcanic), Elgeteisky (mainly volcanic) formations of Lower Proterozoic Ulkan series, Birindinsky (terrirogenous-volcanic) and Konkulinsky (sandstone) formations of Lower Riphean Uyan series. Methods based on the study of the material composition of sandy rocks are used for reconstruction of tectonic conditions. Diagrams for tectonic reconstruction sediments have been proposed by Maynard et al. (1982), Bhatia (1983), Roser and Korsch (1986). These diagrams are based on data of sandstone composition. They classified sediments of continental or oceanic island arcs, active or passive continental margins. In 2013 Verma and Armstrong-Altrin published diagrams DF_1-DF_2 with three tectonic settings: island arc, rift, and collision. The position of figurative points of the studied Proterozoic sandstones on the diagrams of the XX century shows similar tectonic settings: passive continental margin with periods of activation in the early Proterozoic; passive continental margin in the late Proterozoic (early Riphean). Figurative points on the new diagram indicate the absence of oceanic volcanic arcs and allow reconstruction of the change of the collision and rift settings. This reconstruction is fully consistent with that published by Gurianov (2007) based on the study of igneous rocks composition of volcano-plutonic complexes of this area. The new diagrams should be further tested.

Keywords: Proterozoic, Riphean, petrogenic elements, sandstone, island arc, continental margin, collision setting, rift, Ulkan area

Одной из фундаментальных проблем геологии является реконструкция палеотектонических, палеогеографических условий формирования осадочных бассейнов и их эволюции в геологической истории Земли. Среди различных методов восстановления

геологического прошлого (метод актуализма, литологический, палеонтологический, сейсмостратиграфический и другие) важную роль играют методы на основе изучения вещественного состава терригенных осадочных пород, образованных в резуль-

тате разрушения суши. На состав породы влияют разные факторы: состав пород областей сноса, климат и рельеф областей сноса, дальность переноса материала, высокий или низкий уровень моря, диагенез. Влияние многих этих составляющих обусловлено в основном тектоническим положением областей сноса и бассейнов, в которых происходит отложение сносимого материала. Следовательно, изучив вещество породы, можно восстановить тектоническую историю.

Цель работы – реконструкция тектонических обстановок формирования протерозойских осадочно-вулканогенных толщ некоторых тектонических структур юго-востока Сибирской платформы, объединенных в данной работе (согласно [1]) географическим названием Улканский район, на основе изучения валового химического состава песчаников.

Алдано-Майский осадочный бассейн в целом (Улканский район в том числе) является перспективным на выявление месторождений углеводородов, а также золота, платины, полиметаллов, урана, редких и редкоземельных элементов.

ватели чаще всего применяют диаграммы Дж. Мейнарда с соавторами (1982 г.), М.Р. Бхатиа (1983 г.), Б. Розера и Р. Корша (1986 г.) и новые диаграммы С. Верма и Дж. Армстронга-Алтрина (2013 г.) [3–6 и др.]. Фактический материал представлен сведениями о валовом химическом составе песчаников из докембрийских осадочно-вулканогенных толщ Улканского района (юго-восток Сибирской платформы, Алдано-Становой щит) из опубликованных [1] и фондовых источников. На диаграммы нанесены в качестве эталонных фигуративные точки средних составов палеозойских песчаников Восточной Австралии, Американской платформы и алевропесчаников Русской платформы.

Геологический очерк

В районе распространены разновозрастные метаморфические, интрузивные, вулканические и осадочные породы [1]. В Улканском прогибе в основании разреза нижнепротерозойской улканской серии на архейскую кору выветривания с размытом налегает песчаниковая топориканская свита, которую наращивают терригенно-вулканогенная улкачанская и преимущественно вулканогенная, элгэтэйская свиты (рис. 1, II). В Учурской впадине на корях выветривания и вулканитах элгэтэйской свиты несогласно залегают терригенно-

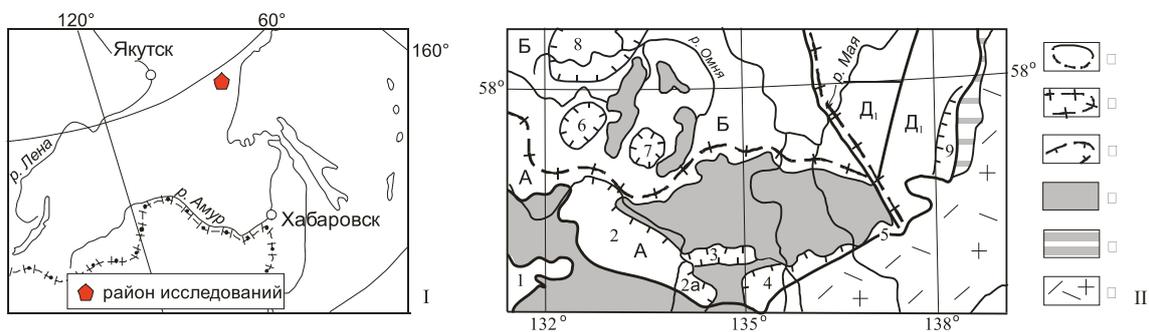


Рис. 1. I – положение района исследований. II – южный фрагмент схемы структурно-фациального районирования Алдано-Майского осадочного бассейна (АМОБ) по [1, 2]. 1–3 – границы:

1 – АМОБ, 2 – структурно-фациальных зон, 3 – локальных структур. Буквы на схеме: А – Учурская и Б – Майская зоны Алдано-Майской плиты, Д₁ – Кыллахская южная зона Юдомо-Майского авлакогена. В составе зон: Амуликанский грабен (1), Учурская впадина (2), Улканский прогиб (2а), Верхнеугаянский грабен (3), Маймаканская впадина (4), Верхнебатомгский грабен (5); мульды: Большемаркюэльская (6), Маломаркюэльская (7), Аимская (8); Билякчанский прогиб (9). 4, 5 – архейские кристаллические образования фундамента АМОБ: 4 – Алдано-Станового щита Сибирской платформы, 5 – Охотского массива, 6 – меловые вулканоплутонические комплексы

Материалы и методы исследования

Реконструкции проводились с использованием диаграмм, разработанных для разделения активных и пассивных континентальных окраин (АКО и ПКО), островных дуг (океанических ООД и континентальных КОД) и диаграмм для распознавания коллизионных, рифтовых и островодужных тектонических обстановок. Отечественные и зарубежные исследо-

вулканогенная бириндинская и песчаниковая конкулинская свиты нижнерифейской уянской серии. В Билякчанском прогибе Кыллахской южной структурно-фациальной зоны [2] обнажается нижнепротерозойская нельбачанская свита, которую сопоставляют с улканской серией. Песчаники топориканской свиты

по петрографическому составу полевошпат-кварцевые и кварцевые (по валовому химическому составу они – субаркозы), что указывает на их зрелость и накопление в тектонически спокойных условиях (ПКО). В улкачанское время произошло трещинное излияние трахибазальтов, что позволило В.А. Гурьянову сделать заключение о рифтовом режиме. Затем был сформирован доэргэтэйский фундамент воздыманием более поздних интрузий (коллизия). И в конце раннего протерозоя вновь следует трещинообразование, излияние базальт-трахириолитовых лав, отложение терригенных пород элгэтэйской

Вещественный состав пород (петрография и литохимия)

Петрографическое изучение показало, что породы являются кварцевыми, полевошпатово-кварцевыми песчаниками, реже кварцевыми аркозами [1]. Оксиды содержатся в количестве (здесь и далее в мас. %): SiO₂ – 74,2–96,2, TiO₂ – 0,04–0,95, Al₂O₃ – 1,3–11,8, Fe₂O₃ – 0,46–4,74, MgO – 0,1–5,32, CaO – 0,01–3,6, Na₂O – 0,08–5,78, K₂O – 0,52–7,4, P₂O₅ – 0,01–0,78 ([1] и фондовые материалы). По химической классификации М.М. Хиррона большинство песчаников – это аркозы и субаркозы (рис. 2).

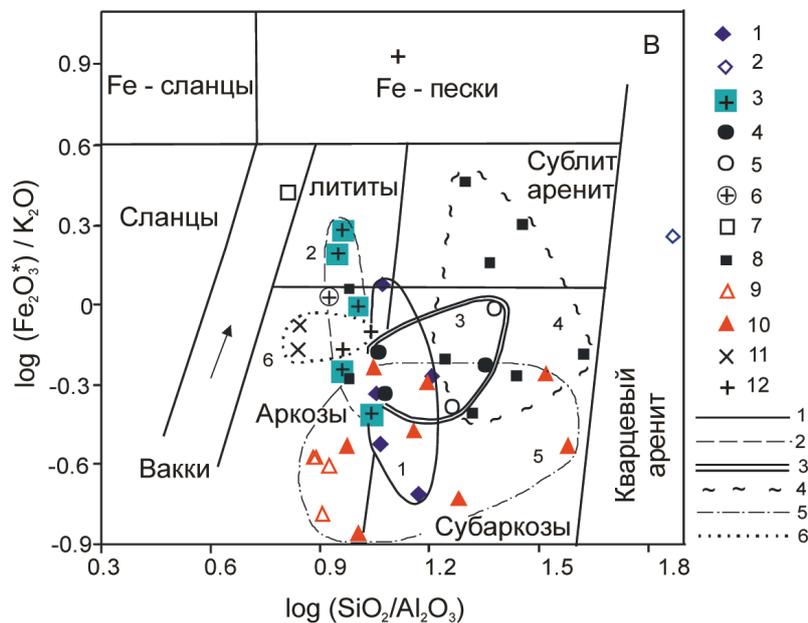


Рис. 2. Положение составов песчаников на классификационной диаграмме по М.М. Хиррону (Heron, 1988). Фигуративные точки составов песчаников свит: 1, 2 – топориканской: 1 – полевошпат-кварцевый, 2 – кварцевый; 3 – улкачанской: полевошпат-кварцевый; 4–6 – элгэтэйской: 4 – полевошпат-кварцевый, 5 – кварцевый, 6 – вулканомиктовый; 7, 8 – бириндинской: 7 – аркозовый, 8 – полевошпат-кварцевый; 9, 10 – конкулинской: 9 – аркозовый, 10 – полевошпат-кварцевый; 11, 12 – нельбачанской: 11 – полевошпат-кварцевый, 12 – кварцевый. 1 – 6 – поля песчаников свит: 1 – топориканской, 2 – улкачанской, 3 – элгэтэйской, 4 – бириндинской, 5 – конкулинской, 6 – нельбачанской

свиты (вновь рифтовый режим). Геохимические параметры магматических пород свидетельствуют о внутриплитных рифтогенных геодинамических обстановках Улканского и Билякчанского прогибов. Внедрение гранитоидов завершило закрытие рифтогенной структуры [1]. После перерыва, в раннем рифее, в постколлизиионной спокойной обстановке происходило отложение бириндинской свиты на корях выветривания более древних пород.

Результаты исследования и их обсуждение

На диаграммах М.Р. Бхатиа фигуративные точки палеозойских песчаников Восточной Австралии расположились в предназначенных для них полях соответственно (рис. 3).

Точка среднего песчаника Американской платформы тяготеет к полю ПКО, а точка алевропесчаника Русской платформы – либо к полю АКО, либо к полю КОД. Причина заключается в том, что алевропесчаники

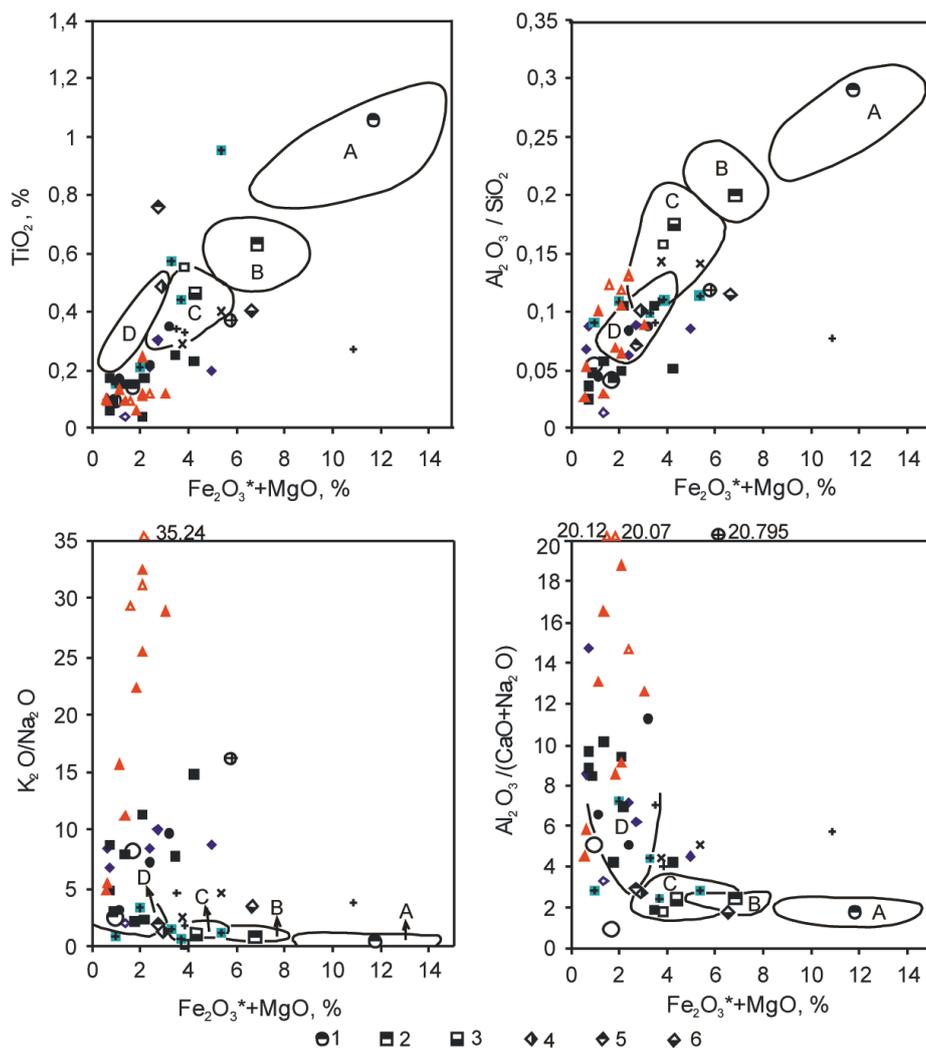


Рис. 3. Фигуративные точки составов песчаников на диаграммах по М.Р. Бхатиа (Bhatia, 1983). Бассейны, связанные с тектоническими обстановками: А – ООД (oceanic island arc OIA), В – КОД (continental island arc CIA), С – АКО (active continental margin ACM), D – ПКО (passive margin PM). I – VI – точки составов средних песчаников: I – OIA, II – CIA, III – ACM, IV – PM по (Bhatia, 1983), V – Американской платформы по (Bhatia, 1983 со ссылкой на Ронов, Мигдисов, 1971), VI – Русской платформы по [7]. Остальные условные обозначения на рис. 2

(и алевроглинистые породы) содержат больше Fe_2O_3 и MgO по сравнению с песчаниками. Большинство фигуративных точек вулканических песчаников тяготеет к полю бассейнов, связанных с ПКО. На диаграммах, основанных на содержаниях K_2O и Na_2O , значительное число точек песчаников бириндинской, и особенно конкулинской, свит находится намного выше поля ПКО (рис. 3). К полю АКО наиболее тяготеют фигуративные точки песчаников нельбачанской свиты и часть точек улкачанской свиты. В полях ООД точек докембрийских песчаников нет. По этим диаграммам можно заключить, что наиболее спокойные обстановки были в раннем рифее.

На диаграммах $K_2O/Na_2O - SiO_2/Al_2O_3$ Дж. Мейнарда с соавторами и $SiO_2 - K_2O/Na_2O$ Б. Розера и Р. Корша фигуративные точки палеозойских песчаников Восточной Австралии также находятся в предназначенных для них полях, Американской и Русской платформ – в поле ПКО (рис. 4, а). За исключением единственной точки, все фигуративные точки докембрийских песчаников находятся в поле ПКО, образуя локальные, хотя и с некоторым перекрытием, поля свит. Но заметно, что поле 2 (точки улкачанской свиты) и поле 6 (точки нельбачанской свиты) расположены ближе других к полю АКО (рис. 4, а). По приведенным параметрам

трам возможно дать общую тектоническую характеристику как спокойную с тенденцией активизации в улкачанское время.

Изученные песчаники содержат более 63% SiO₂ (кислые), и поэтому была выбрана диаграмма DF₁-DF₂ для высококремнистых пород по [8]. На диаграмме DF₁-DF₂ С. Верма и Дж. Армстронга-Алтрина фигуративные точки средних песчаников Восточной Австралии (I, II, III), характеризующие активные тектонические обстановки, находятся в секторе дуг (рис. 4, б). «Неактивные» точки пассивной окраины Восточной Австралии (IV) и алевропесчаника Русской платформы (VI) расположены в коллизионном секторе. На данной диаграмме DF₁-DF₂ нет поля ПКО (аналога поля платформ), поэтому фигуративные точки составов пассивных песчаников вынуждены располагаться в полях либо рифта, либо коллизии. Вероятно, на диаграммах DF₁ – DF₂ (2013 г.) поле коллизионной обстановки отвечает полю ПКО (и платформы) на ранних диаграммах конца XX века. В секторе дуг точек описываемых песчаников нет. В секторе коллизионной обстановки локализовалось большинство точек песчаников нижнепротерозойских нельбачанской и топориканской свит, а также точки нижнерифейской (верхнепротерозойской) конкулинской свиты. Точки песчаников нижнепротерозойских улкачанской и элгэтэйской свит и нижнерифей-

ской бириндинской свиты расположились в секторе рифтовой обстановки, причем «улкачанские» точки находятся ближе «элгэтэйских» и «бириндинских» к сектору дуг. По положению полей свит возможна следующая интерпретация тектонических обстановок в разные временные периоды. Топориканская свита формировалась в постколлизивной спокойной обстановке. Нахождение точек улкачанских песчаников в рифтовом секторе диаграммы DF₁ – DF₂ и их близость к сектору дуг может маркировать начало рифтогенеза, а «элгэтэйские» точки также в рифтовом секторе – его продолжение. Разброс точек песчаников бириндинской свиты предположительно связан с началом коллизии, а компактное поле точек песчаников конкулинской свиты в коллизионном секторе – с периодом тектонической стабилизации. Реконструкция на основе химического состава песчаников не противоречит реконструкции, проведенной на основе структурно-вещественного состава магматических пород вулканоплутонических комплексов, и описанной в разделе «Геологический очерк» со ссылкой на [1]. Однако вопросы остаются и касаются в большей степени интерпретации коллизионных обстановок. Пока нет диаграмм, удовлетворяющих желанию надежно распознавать тектонические обстановки, хотя исследования по их созданию проводятся [3, 6 и др.].

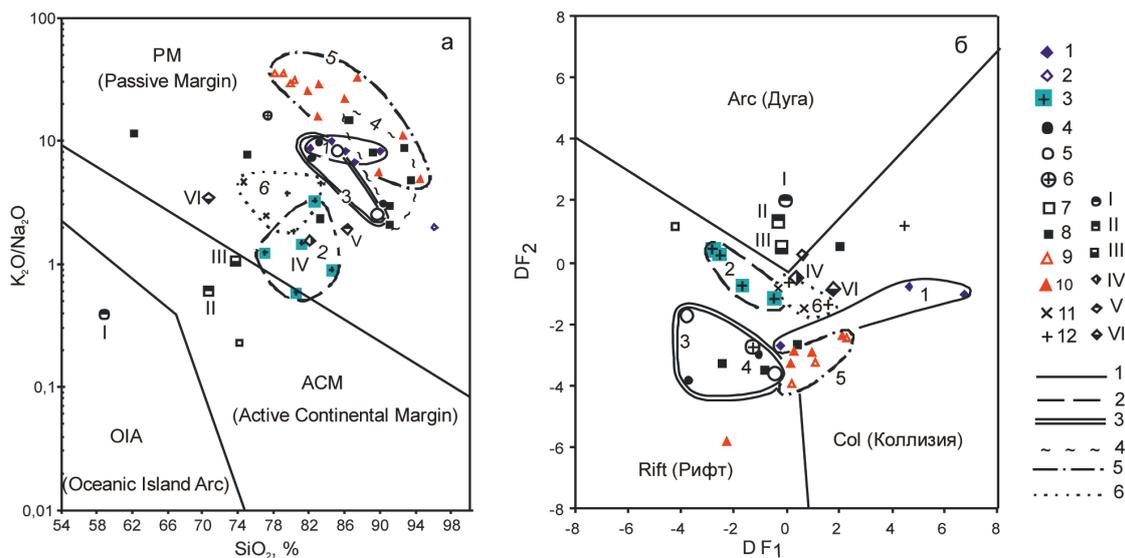


Рис. 4. Положение фигуративных точек составов песчаников: а – на диаграмме SiO₂ – K₂O/Na₂O по (Roser, Korsch, 1986), б – на мультидиаграмме DF₁ (Arc-Rift-Col) m₁ – DF₂ (Arc-Rift-Col) m₁ по [8]. Условные обозначения на рис. 2, 3

Заключение

Реконструированы тектонические обстановки пассивной континентальной окраины с периодами активизации в раннем протерозое, пассивной континентальной окраины – в позднем протерозое (раннем рифее). Локализация полей песчаников разных свит на новой диаграмме DF_1 - DF_2 позволяет предполагать смену рифтовых и коллизионных обстановок как в раннем, так и в позднем протерозое. Следует продолжить тестирование новых мультидиаграмм, применять их для выделения континентальных рифтов. Желательно соблюдать ограничения методов (в частности, сомнительно на диаграммы М.Р. Бхатиа помещать фигуративные точки алевроглинистых пород).

Список литературы

1. Гурьянов В.А. Геология и металлогения Улканского района (Алдано-Становой шхит) / В.А. Гурьянов. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 227 с.
2. Варнавский В.Г. Алдано-Майский осадочный бассейн (Юго-Восток Северо-Азиатского кратона): литостратиграфия докембрия, кембрия / В.Г. Варнавский // Тихоокеанская геология. – 2015. – Т. 34, № 2. – С. 82–102.
3. Дискриминантные палеогеодинамические диаграммы для терригенных пород: опыт сопоставления / А.В. Маслов [и др.] // Геохимия. – 2016. – № 7. – С. 579–595.
4. Малиновский А.И. Литохимия палеоостроводужных комплексов орогенных поясов Дальнего Востока России / А.И. Малиновский, М.И. Тучкова // Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29, № 5. – С. 5–22.
5. Медведева С.А. О литохимических диаграммах на примере докембрийских песчаников Улканского района (Алдано-Становой шхит) // Тектоника современных и древних океанов и их окраин: материалы XLIX Тектонического совещ. – М.: ГЕОС, 2017. – Т. 2. – С. 10–14.
6. Huntsman-Mapila P., Tiercelin J.J., Benoit M., Ringrose S., Diskin S., Cotten J., Hemond C. Sediment geochemistry and tectonic setting: Application of discrimination diagrams

to early stages of intracontinental rift evolution, with examples from the Okavango and Southern Tanganyika rift basins // *Journal of African Earth Sciences*. – 2009. – Vol. 53. № 1–2. – P. 33–44.

7. Распространенность редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы / А.А. Мигдисов [и др.] // *Геохимия*. – 1994. – № 6. – С. 789–803.

8. Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S. New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins // *Chem. Geol.* – 2013. – Vol. 355. – P. 117–133.

References

1. Gurjanov V.A. Geologija i metallogenija Ulkanskogo rajona (Aldano-Stanovoj shhit) / V.A. Gurjanov. Vladivostok: Dalnauka, 2007. 227 p.
2. Varnavskij V.G. Aldano-Majskij osadochnyj bassejn (Jugo-Vostok Severo-Aziatskogo kratona): litostratigrafija dokembrija, kembrija / V.G. Varnavskij // *Tihookeanskaja geologija*. 2015. T. 34, no. 2. pp. 82–102.
3. Diskriminantnye paleogeodinamicheskie diagrammy dlja terrigennyh porod: opyt sopostavlenija / A.V. Maslov [i dr.] // *Geohimija*. 2016. no. 7. pp. 579–595.
4. Malinovskij A.I. Litohimija paleoostrovoduzhnyh kompleksov orogennyh pojasov Dalnego Vostoka Rossii / A.I. Malinovskij, M.I. Tuchkova // *Tihookeanskaja geologija*. 2010. T. 29, no. 5. pp. 5–22.
5. Medvedeva S.A. O litohimicheskikh diagrammah na primere dokembrijskih peschanikov Ulkanskogo rajona (Aldano-Stanovoj shhit) // *Tektonika sovremennyh i drevnih okeanov i ih okrain: materialy XLIX Tektonicheskogo soveshh. M.: GEOS*, 2017. T. 2. pp. 10–14.
6. Huntsman-Mapila P., Tiercelin J.J., Benoit M., Ringrose S., Diskin S., Cotten J., Hemond C. Sediment geochemistry and tectonic setting: Application of discrimination diagrams to early stages of intracontinental rift evolution, with examples from the Okavango and Southern Tanganyika rift basins // *Journal of African Earth Sciences*. 2009. Vol. 53. no. 1–2. pp. 33–44.
7. Rasprostranennost redkozemelnyh jelementov v glavnyh litologicheskikh tipah porod osadochnogo chehla Russkoj platformy / A.A. Migdisov [i dr.] // *Geohimija*. 1994. no. 6. pp. 789–803.
8. Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S. New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins // *Chem. Geol.* 2013. Vol. 355. pp. 117–133.

УДК 502.174.1:[622.012 + 658.567](470.5)

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ШЛАМОВ ОЧИСТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД И СТОКОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Медяник Н.Л., Шевелин И.Ю., Бодьян Л.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: chem@magtu.ru

При добыче и переработке медно-цинково-колчеданных руд Южного Урала образуются значительные объёмы техногенных вод и стоков. Данный вид отходов представлен рудничными, шахтными, подотвальными водами и жидкими хвостами обогащения, содержащими в своём составе тяжёлые и цветные металлы железа, меди, цинка, марганца, свинца, а также кальций, магний, хлориды, сульфаты и пр. компоненты. Приводятся среднегодовые показатели химического состава техногенных вод и стоков АО «Сибайский ГОК». Для очистки жидких техногенных образований от токсичных металлов применяют метод нейтрализации реагентами гашеной известью, известковым молоком и кальцинированной содой. При этом на горных предприятиях образуются многотоннажные шламы, которые в дальнейшем не утилизируются, а накапливаются в прудах-шламохранилищах и в конечном итоге безвозвратно теряются при захоронении. Для изучения возможности утилизации шламов очистки техногенных вод и стоков горных предприятий Южного Урала в статье приводятся результаты исследований шламов нейтрализации на примере АО «Сибайский ГОК»: химический и компонентный анализ, структурный, физико-механический анализ, в том числе измерялся показатель пластичности, отношение объёма осадка к объёму исходной суспензии, плотность суспензии, показатель упругости, порог структурообразования и пластическая прочность. По результатам комплексного исследования установлено, что шламы нейтрализации представляют собой высокодисперсную полиминеральную массу зернистой структуры, состоящую из гидроксида и карбоната кальция, минеральных солей щелочных, щелочноземельных металлов и гидроксидов тяжёлых и цветных металлов $Me(OH)_n$, растворимых сульфатов и хлоридов тяжёлых и цветных металлов. Шламы АО «Сибайский ГОК» характеризуются высокими показателями упругости, порога структурообразования и пластической прочности и могут использоваться в качестве упрочняющих добавок к асфальтобетонам и материалам при планировке рельефа местности. Перспективным направлением утилизации шламов нейтрализации горных предприятий является применение в виде минеральных связующих компонентов закладки выработанного пространства рудников.

Ключевые слова: техногенные воды, стоки горных предприятий, шламы нейтрализации, комплексные исследования, утилизация

THE STUDY OF THE POSSIBILITY OF SLUDGE UTILIZATION ORIGINATED FROM THE PROCESS OF WASTE WATER TREATMENT AT THE MINING ENTERPRISES OF SOUTHERN URAL

Medyanik N.L., Shevelin I.Yu., Bodyan L.A.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: chem@magtu.ru

The extraction and processing of copper-zinc-pyrite ores of Southern Ural results in the formation of significant amounts of technogenic and sewage waters. This kind of waste is represented by mine and dump waters and liquid tailings that contain heavy and non-ferrous metals of iron, copper, zinc, manganese, lead, as well as calcium, magnesium, chlorides, sulphates and other components. The article represents the average annual indicators of chemical composition of technogenic and sewage waters at Sibaysky GOK JSC. The method of neutralization with reagents of slaked lime, lime milk and soda ash is used for purification of liquid technogenic formations from toxic metals. At the same time, mining companies generate tons of sludge that are not utilized in future; furthermore, sludge is accumulated in sedimentation ponds – sludge dumps and, ultimately, disappears irretrievably during burial. To study the possibility of sludge utilization resulting from the process of waste water treatment at the mining enterprises of Southern Ural the article presents the results of neutralization sludge investigation on the example of Sibaysky GOK JSC: chemical and component analysis, structural, physical and mechanical analysis, including the measurement of the plasticity index, the ratio of precipitation volume to the volume of the initial suspension, the suspension density, the restitution coefficient, the threshold of structure formation and plastic strength. According to the results of the integrated study it was determined that neutralization sludge is a highly disperse polymineral mass of a granular structure, which consists of hydroxide and calcium carbonate, mineral salts of alkaline, alkaline earth Me, and hydroxides of heavy and non-ferrous metals $Me(OH)_n$, soluble sulfates and chlorides of heavy and non-ferrous Me. The sludge of Sibaysky GOK JSC is characterized by high coefficients of restitution, threshold of structure formation and plastic strength; and it can be used as reinforcing additives to asphaltic concrete and materials in the lay of land planning. The use of backfill mixtures in the form of fillers when carrying out mining and engineering works in subareal mines is a perspective trend in the utilization of the neutralization sludge of mining companies.

Keywords: technogenic waters, sewage waters of mining companies, neutralization sludge, integrated studies, utilization

Проблема техногенных вод и стоков породных вскрышных отвалов и забалансовых руд характерна для всех горно-обогатительных комбинатов (ГОКов) Южного Урала,

добывающих и перерабатывающих медно-колчеданные руды Гайского, Учалинского, Маканского и Бурибаевского месторождений, а также медно-цинково-колчеданные

руды Сибайского месторождения [1]. В составе техногенных вод и стоков ГОКов, представленных шахтными, рудничными, подотвальными водами и жидкими хвостами обогащения, находятся тяжелые и цветные металлы железа, меди, цинка, марганца, свинца, а также кальций, магний, хлориды, сульфаты и пр. компоненты [2–4].

Практически все горно-обогатительные комбинаты Южного Урала используют для удаления токсичных металлов из рудничных вод и стоков предприятий метод химического осаждения доступными реагентами: $\text{Ca}(\text{OH})_2$, известковым молоком, или Na_2CO_3 кальцинированной содой [5]. Шламы, получаемые в процессе нейтрализации, в дальнейшем не утилизируются, а накапливаются в прудах-шламохранилищах и в конечном итоге безвозвратно теряются при захоронении.

Основным источником образования шламов нейтрализации являются кислые техногенные воды и жидкие стоки медно-колчеданных горно-обогатительных комбинатов Южного Урала, согласно «Докладу об экологической ситуации на территории республики Башкортостан в 2016 г.» [6] за последние пять лет среднегодовые показатели токсичных металлов в рудничных водах по содержанию цинка превысили в 2 раза ПДК, что в пересчёте на концентрацию в тех-

ногенных водах составляет до 400 мг/дм^3 , меди – от 3 до 8 ПДК с концентрацией от 239 до 1914 мг/дм^3 , марганца – от 1 до 8 ПДК и соответственно концентрация его доходит до 900 мг/дм^3 .

Далее приводятся среднегодовые показатели химического состава техногенных вод и жидких стоков АО «Сибайский ГОК» за 2010–2015 гг. (табл. 1).

Согласно приведённым данным компонентного состава техногенных вод и жидких стоков ПДК_{рыб/хоз} превышает в несколько раз по железу, меди, цинку, марганцу, свинцу, хлоридам и сульфатам, что требует обязательного их обеззараживания и последующей утилизации.

Анализ технической литературы показал, что минеральные шламы, образующиеся в процессе переработки техногенных вод различных предприятий возможно использовать в качестве источников сырья для производства грунтоподобных рекультивационных материалов [7], в строительных растворах и бетонах [8, 9], при производстве цемента [10].

Целью работы является изучение возможности утилизации шламов нейтрализации, образующихся после очистки кислых техногенных вод и стоков медно-колчеданных месторождений Южного Урала на примере АО «Сибайский ГОК».

Таблица 1

Среднегодовые показатели химического состава техногенных вод и стоков АО «Сибайский ГОК» за 2010–2015 гг.

Показатели состава воды	Ед. изм.	Подотвальная вода	Хвостохранилище 1	Хвостохранилище 2	Хвостохранилище 3	Рудничная вода Камаганский карьер	Карьерная и шахтная вода рудника Сибайский
рН		2,35	–	–	–	6,0	2,65
медь	мг/дм ³	530,0	7,2	34,8	19,3	0,5	14,8
цинк	мг/дм ³	400,1	32,3	113,6	8,75	16,1	127,0
железо _{общ.}	мг/дм ³	675,3	56,7	82,3	112,4	702,0	313,3
марганец	мг/дм ³	495,6	10,5	0,9	10,1	25,1	248,5
свинец	мг/дм ³	1,5	0,5	2,6	1,5	1,3	3,28
кадмий	мг/дм ³	0,006	–	–	–	0,005	0,006
кальций	мг/дм ³	648,3	247,5	201,5	211,3	29,3	35,4
магний	мг/дм ³	1182,7	130,1	124,8	117,2	1902,0	1007,4
хлориды	мг/дм ³	603,2	65,6	70,5	66,2	499,5	436,1
сульфаты	мг/дм ³	4023,5	3012,2	3099,7	3265,9	21107,4	701,2
общая жесткость	мг×экв/дм ³	283,4	10,6	9,95	10,13	77,2	41,2

Материалы и методы исследования

Для реализации данной цели в работе проводился комплекс исследований шламов нейтрализации: химический и компонентный анализ, структурный, физико-механический анализ, в том числе измерялось время истечения суспензии из воронки, определялся показатель пластичности, плотность суспензии, отношение объема осадка к объему суспензии исходной, показатель упругости, пластическая прочность, порог структурообразования. При проведении химического и компонентного анализа техногенных вод и стоков АО «Сибайский ГОК» (табл. 1) с целью необходимости достоверного определения аналитов на уровне ПДК, были рассчитаны их пределы обнаружения (пороги чувствительности) по серии единичных измерений (не меньше 5–6 и не больше 20 параллельных определений) для концентраций, близких к уровню холостого опыта, т.е. близких к пределу обнаружения. За предел обнаружения принимали минимальное количество аналита, присутствие которого в пробе может быть установлено с доверительной вероятностью 0,95. Обработка результатов измерений структурного, физико-механического анализов проводили в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений».

Пробы подотвальной, шахтной воды и жидкой фазы стоков (фабричных хвостов) перемешивали с известковым молоком в контактном лабораторном чане в течение 5 минут при расходе осадителя 25 г/т.

В качестве реагента в работе использовался стандарт-титр $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($\text{pH} = 12,45$) – аналог, применяемого реагентного режима на станции нейтрализации кислых стоков ГОКа. Для моделирования и изучения процессов, протекающих в пруде-отстойнике АО «Сибайский ГОК» проба гидролитического осадка отстаивалась естественным образом при нормальных условиях в течение 60 дней. По истечению этого срока проводились вышеуказанные исследования.

Все опыты проводили в трех параллелях.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты изучения кинетики осаждения суспензий, полученных в процессе нейтрализации кислых рудничных вод, представлены на рис. 1.

Анализ кинетических кривых показал, что в течение первых 7 минут скорость осаждения практически неизменна, начальный участок кривой осаждения прямолинейен. Следовательно, образовавшиеся частицы дисперсной фазы имеют достаточно крупные размеры и примерно одинаковую форму. Через 10 минут осаждается 76,3% суспензии. Быстрое осаждение осадка объясняется присутствием в матрице растворов таких ионов-коагуляторов, как Fe^{3+} , SO_4^{2-} .

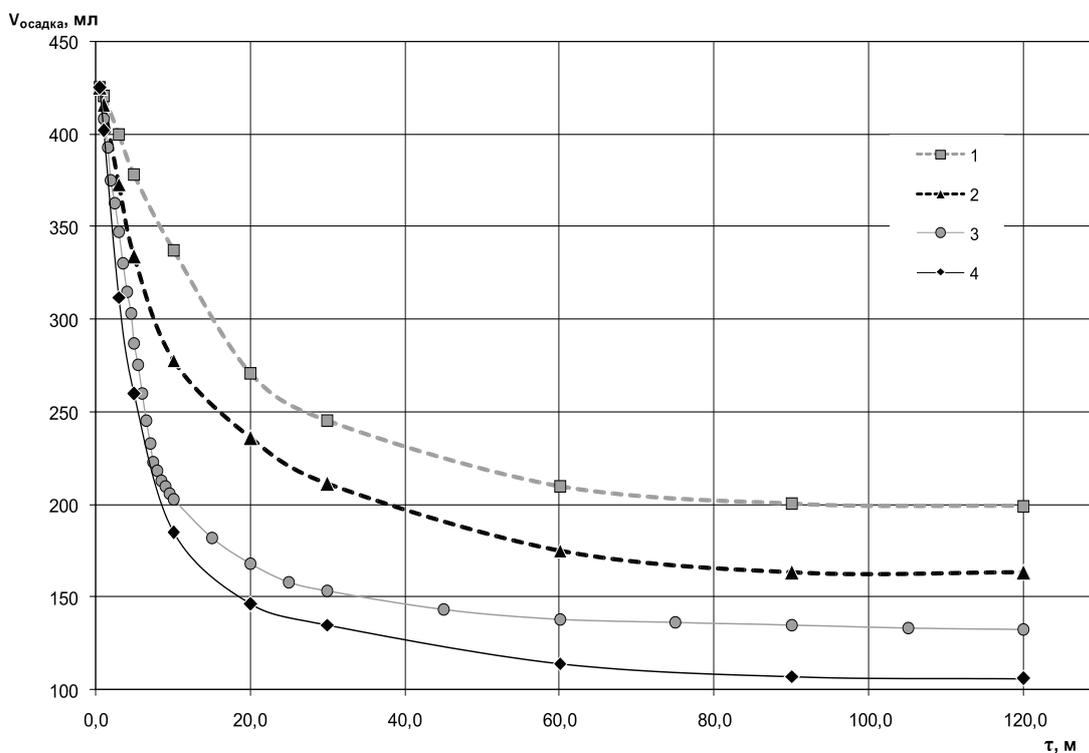


Рис. 1. Кинетические кривые осаждения суспензий: 1 – $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 2 – $\text{Zn}(\text{OH})_2$, 3 – из кислой подотвальной воды АО «Сибайский ГОК», 4 – $\text{Cu}(\text{OH})_2$ из нейтрализованных однокомпонентных модельных систем;

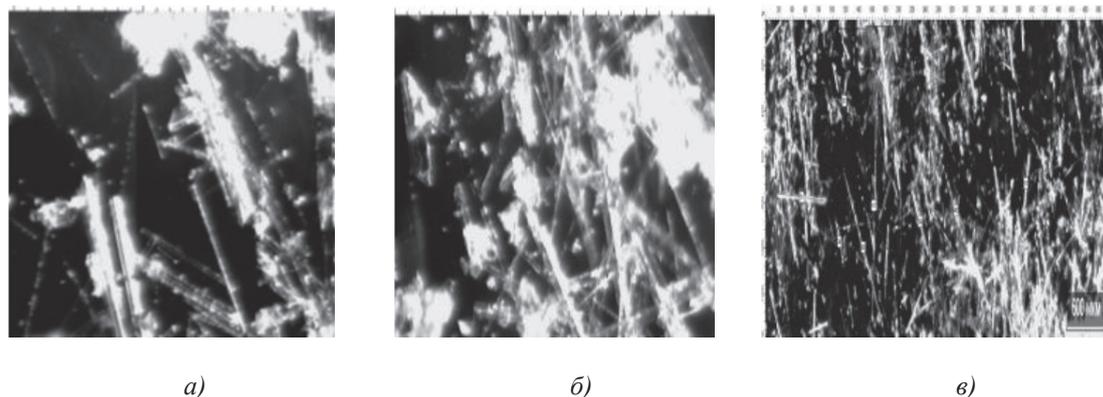


Рис. 2. Структура шлама нейтрализации после 20 дней (а), 40 дней (б) и 60 дней (в) отстаивания

Жидкая фаза техногенных вод обогатительных фабрик до начала процесса нейтрализации часто представляет собой гетерогенную систему, содержащую наряду с истинно растворенными веществами взвеси и коллоиды (степень дисперсности 10^6 мм^{-1}). В полученном осадке кроме рудных, металлсодержащих минералов присутствуют глинистые частицы, образовавшиеся в результате обогатительного передела из вмещающих пород: зерна крупностью 0,001–0,0002 мм составляют более 95%.

Химический и компонентный анализ шламов нейтрализации АО «Сибайский ГОК» показал, что:

- содержание металлов (Me) и оксидов (вес. %): Cu – 0,351, Zn – 0,756, Fe – 22,14, Mn – 1,43, Cd – 0,0017, Pb – 0,061, CuO – 0,61, ZnO – 1,12, FeO/Fe₂O₃ – 46,7, MnO – 0,38, CaO – 12,05, MgO – 2,5, Na₂O – 0,61, BaO – 0,34, SiO₂ – 39,9, Al₂O₃ – 7,1;

- гидролитические осадки представляют собой полиминеральную массу, твердой частью которой являются гипс, гидроксид и карбонат кальция, минеральные соли щелочных, щелочноземельных Me и гидроксиды тяжёлых и цветных металлов Me(OH)_n, металлы которых широко представлены в подотвальных водах;

- в шламах присутствуют растворимые сульфаты и хлориды тяжёлых и цветных металлов.

В ходе проведения исследований было установлено, что наличие в осадках нейтрализации аморфных гидроксидов RO (CuO + ZnO + MnO₂) и R₂O₃ (Al₂O₃ + Fe₂O₃) будет оказывать положительное воздействие на физико-механические свойства шламов, увеличивая сорбционную емкость микрочастиц шлама и тем самым повышая его пластичность.

Структурный анализ шламов нейтрализации показал наличие зернистой структуры. Структура шлама после 20, 40 и 60 дней естественного отстаивания представлена на рис. 2 (а, б, в).

По истечении первых 20 дней произошло отделение свободной воды и ориентированная кристаллизация новообразований размерностью: длиной от 180 до 1020 мкм и шириной в среднем 35–45 мкм. После 40 дней отстаивания наблюдается «созревание» осадков и их уплотнение. По истечении следующих 20 дней отмечается минерализация «созревающих» осадков за счёт удаления гигроскопической влаги из минеральных кристаллогидратов Me (Fe Cu, Zn, Mn, Pb, Cd). Размерность образований характеризуется уменьшением длины в среднем от 170 до 550 мкм и ширины от 5 до 15 мкм.

Таким образом, при естественном отстаивании гидролитических осадков нейтрализации без введения дорогостоящих коагулянтов и флокулянтов прослеживается возможность получения продуктивных шламов, характеризующихся высокодисперсной структурой.

Следует отметить также, что шламы нейтрализации техногенных вод и стоков представляют собой гетерогенные гипсовые, гипсово-известковые, гипсово-карбонатные и гипсово-известково-карбонатные структуры с гидроксидами тяжёлых и цветных металлов и их неорганических солей.

Далее приводятся результаты физико-механического анализа шламов нейтрализации (табл. 2): время истечения суспензии из воронки, показатель пластичности, плотность суспензии, отношение объёма осадка к объёму суспензии исходной, показатель упругости, пластическая прочность, порог структурообразования.

Таблица 2
Физико-механические свойства осадков
нейтрализации АО «Сибайский ГОК»

Показатель	Значение
Время истечения суспензии из воронки, с	7,42
Показатель пластичности	295,56
Плотность суспензии, г/см ³	1,26
Отношение объема осадка к объему суспензии исходной	1,12
Показатель упругости	2,23
Пластическая прочность, МПа·10 ⁻²	0,86
Порог структурообразования, %	41,18

Согласно полученным результатам шламы нейтрализации АО «Сибайский ГОК» показывают время истечения суспензии из воронки в пределах 7,42 и отношение объема осадка к объему суспензии исходной – 1,12, характеризуются высокими показателями пластичности – 295,56, упругости – 2,23 и порога структурообразования – 41,18%, что позволяет отнести шламы нейтрализации к техногенному минеральному сырью, добавки которого положительно отразятся на свойствах строительных материалов.

Заключение

Проведенные исследования позволяют делать вывод о возможности утилизации шламов нейтрализации, образующихся после очистки кислых техногенных вод и стоков медноколчеданных месторождений Южного Урала на примере АО «Сибайский ГОК», как техногенного сырья для производства строительных материалов, а именно:

– шламы АО «Сибайский ГОК», характеризующиеся высокими показателями упругости, порогом структурообразования и пластической прочности, позволяют рекомендовать их в качестве упрочняющих добавок к асфальтобетонам и материалам при планировке рельефа местности;

– положительное действие на реологические свойства строительных смесей будут оказывать Al₂O₃, Fe₂O₃, RO (CuO + ZnO + MnO), находящиеся в шламах нейтрализации в виде аморфных гидроксидов и увеличивающие адсорбционную способность смесей, например частиц цементов, повышая тем самым их пластичность;

– полиминеральная масса шлама нейтрализации, содержащая гипс, карбонат кальция, минеральные соли щелочных, ще-

лочнотермальных Me и гидроксиды тяжёлых и цветных металлов Me(OH)_n, может быть использована в качестве наполнителей бетонов, способствуя экономии дорогостоящих вяжущих компонентов, снижению расхода воды и повышению подвижности бетонных растворов;

– многотоннажные высокодисперсные шламы нейтрализации горно-обогатительных комбинатов Южного Урала, содержащие гипсовые, гипсово-известковые, гипсово-карбонатные и гипсово-известково-карбонатные структуры с гидроксидами тяжёлых и цветных металлов и их неорганических солей возможно использовать в качестве минеральных связующих компонентов закладки выработанного пространства в рудниках самих горно-обогатительных комбинатов.

Список литературы

1. Медяник Н.Л. Изучение коагуляционной структуры гидролитических осадков сточных вод медно-колчеданных месторождений Южного Урала / Н.Л. Медяник, О.В. Мунтяну, А.М. Строкань // Горный информ.-аналит. бюллетень. – 2008. – № 7. – С. 211–213.
2. Медяник Н.Л. Извлечение ионов меди из сточных вод с помощью осадителей-восстановителей / Н.Л. Медяник, Х.Я. Гирева // Вестник Магнитогорского госуд. техн. ун-та. – 2007. – № 1. – С. 113–114.
3. Аксенов В.И. О переработке осадков сточных вод травильно-гальванических производств / В.И. Аксенов, С.В. Балакирев, В.Е. Лотош // Химия, технол. пром. экол. неорган. соед. – 2000. – № 3. – С. 143–150.
4. Перспективы использования промышленных отходов для получения керамических строительных материалов / Д.В. Макаров [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 5. – С. 254–281.
5. Медяник Н.Л., Калугина Н.Л., Варламова И.А. Изучение возможности селективного извлечения меди методом известкования из сточных вод горных предприятий гидрометаллургического комплекса / Н.Л. Медяник, Н.Л. Калугина, И.А. Варламова // Вестник Иркутского госуд. техн. ун-та. – 2010. – № 2 (42). – С. 188–193.
6. Доклад об экологической ситуации на территории республики Башкортостан в 2016 г. [Электронный ресурс] // Министерство природопользования и экологии республики Башкортостан. – URL: <https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/> (дата обращения: 07.11.2017).
7. Чертец К.Л., Тупицына О.В., Пыстин В.Н. Геоэкологическая оценка накопителей шламов водного хозяйства и разработка технологий их ликвидации / К.Л. Чертец, О.В. Тупицына, В.Н. Пыстин // Вестник МГСУ. – 2015. – № 2. – С. 110–129.
8. Зубкова В.И. Природное и техногенное наносырьё в производстве смешанных вяжущих / В.И. Зубкова, С.Ф. Коренькова, Н.И. Малявский // Научно-технический Вестник Поволжья. – 2013. – № 1. – С. 174–176.
9. Тараканов О.В., Пронина Т.В. Применение минеральных шламов в строительных растворах и бетонах / О.В. Тараканов, Т.В. Пронина // Цемент и его применение. – 2008. – № 2. – С. 94–96.
10. Ranade V.V., Bhandar V.M. Industrial wastewater treatment, recycling and reuse // Oxford: Butterworth-Heinemann. – 2014. – 576 p.

References

1. Medjanik N.L. Izuchenie koaguljacionnoj struktury gidroliticheskikh osadkov stochnyh vod medno-kolchedannyh mestorozhdenij Juzhnogo Urala / N.L. Medjanik, O.V. Muntjanu, A.M. Stokan // Gornyj inform.-analit. bjulleten. 2008. no. 7. pp. 211–213.
2. Medjanik N.L. Izvlechenie ionov medi iz stochnyh vod s pomoshhju osaditelej-vosstanovitelej / N.L. Medjanik, H.Ja. Girevaja // Vestnik Magnitogorskogo gosud. tehn. un-ta. 2007. no. 1. pp. 113–114.
3. Aksenov V.I. O pererabotke osadkov stochnyh vod travilno-galvanicheskikh proizvodstv / V.I. Aksenov, S.V. Balakirev, V.E. Lotosh // Himija, tehnol. prom. jekol. neorgan. soed. 2000. no. 3. pp. 143–150.
4. Perspektivy ispolzovanija promyslennyh othodov dlja poluchenija keramicheskikh stroitelnyh materialov / D.V. Markarov [i dr.] // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2016. no. 5. pp. 254–281.
5. Medjanik N.L., Kalugina N.L., Varlamova I.A. Izuchenie vozmozhnosti selektivnogo izvlechenija medi metodom izvestkovanija iz stochnyh vod gornyh predpriyatij gidrometallurgicheskogo kompleksa / N.L. Medjanik, N.L. Kalugina, I.A. Varlamova // Vestnik Irkutskogo gosud. tehn. un-ta. 2010. no. 2 (42). pp. 188–193.
6. Doklad ob jekologicheskoj situacii na territorii respubliky Bashkortostan v 2016 g. [Jelektronnyj resurs] // Ministerstvo prirodopolzovanija i jekologii respubliky Bashkortostan. URL: <https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/> (data obrashhenija: 07.11.2017).
7. Chertes K.L., Tupicyna O.V., Pystin V.N. Geojekologicheskaja ocenka nakopitelej shlamov vodnogo hozjajstva i razrabotka tehnologij ih likvidacii / K.L. Chertes, O.V. Tupicyna, V.N. Pystin // Vestnik MGSU. 2015. no. 2. pp. 110–129.
8. Zubkova V.I. Prirodnoe i tehnogennoe nanosyrjo v proizvodstve smeshannyh vjazhushchih / V.I. Zubkova, S.F. Korenkova, N.I. Maljavskij // Nauchno-tehnicheskij Vestnik Povolzhja. 2013. no. 1. pp. 174–176.
9. Tarakanov O.V., Pronina T.V. Primenenie mineralnyh shlamov v stroitelnyh rastvorah i betonah / O.V. Tarakanov, T.V. Pronina // Cement i ego primenenie. 2008. no. 2. pp. 94–96.
10. Ranade V.V., Bhandar V.M. Industrial wastewater treatment, recycling and reuse // Oxford: Butterworth-Heinemann. 2014. 576 p.

УДК 551.89/.799(571.642)

**ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ЮГЕ САХАЛИНА
В СРЕДНЕ-ПОЗДНЕАТЛАНТИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ ГОЛОЦЕНА****Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г.***Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: yurimikishin@fegi.ru*

Новые данные, полученные в результате палинологического и радиоуглеродного изучения озёрно-аллювиальных отложений разреза «Рор», позволили уточнить характер ландшафтно-климатических изменений на юге о. Сахалин в среднем и начале позднего атлантика. Середина атлантического периода, около 7500–7300 календарных л.н., отметилась наиболее оптимальными климатическими условиями в голоцене, бывшими намного теплее и, вероятно, суше современных. Они привели к максимальному распространению широколиственной растительности на юге острова. В долинах рек произрастали полидоминантные леса из дуба, ильма, ореха и ольхово-ивовые заросли. Низкогорья и предгорья юга острова покрывали широколиственные леса с господством дуба и участием граба, бархата, аралии, липы, клёна, лещины, калины, винограда и других теплолюбивых деревьев и кустарников. Среднегорье занимали смешанные берёзово-широколиственные леса с малой ролью влаголюбивых тёмнохвойных пород. В позднеатлантическое время начальное похолодание вызвало наступление условий, близких к современному климату на юге о. Сахалин. Начальная фаза, происходившая около 6800 календарных л.н., была холоднее среднеатлантической, но по-прежнему, оставалась немного теплее и суше нынешней. Она обусловила развитие в долинах рек мелколиственных, преимущественно берёзовых лесов с дубом, ильмом, орехом и ольхово-ивовых зарослей. Горные склоны покрывали смешанные леса с преобладанием берёз, участием разнообразных широколиственных деревьев и тёмнохвойных пород (ели, пихты, возможно тиса). Последние из них играли большую роль, чем в растительности среднего атлантика. В течение этого события происходило снижение температур воздуха, вначале превышавших современные на юге Сахалина, а затем и приблизившихся к ним, что фиксируется в спорово-пыльцевых спектрах направленным уменьшением количества пыльцы широколиственных пород. Вторая фаза относительного похолодания имела более влажные, идентичные современным, климатические условия, вызвавшие смену мелколиственных и смешанных лесов тёмнохвойной пихтово-еловой формацией с участием широколиственных пород. Её наступление на юге острова произошло также в начале позднего атлантика, скорее всего, около 6700 календарных л.н. и продолжалось, возможно, до 6400 л.н.

Ключевые слова: атлантический период голоцена, спорово-пыльцевой комплекс, радиоуглеродное датирование, палеоландшафт, палеоклимат, побережье Охотского моря

**LANDSCAPE-CLIMATIC CHANGES IN THE SOUTH SAKHALIN ISLAND
IN THE MIDDLE-LATE ATLANTIC EPOCH OF THE HOLOCENE****Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G.***Far East Geological Institute Far Eastern Branch RAS, Vladivostok, e-mail: yurimikishin@fegi.ru*

The new data obtained as a result of palynological and radiocarbon studies of the lacustrine-alluvial sediments of the «Rore» section made it possible to clarify the nature of the landscape-climatic changes in the south of the Sakhalin Island, occurred in the Middle and beginning of Late Atlantic Period of Holocene. The middle of the Atlantic Period, about 7500–7300 Cal.yr.BP, was noted by the most optimal climatic conditions in the Holocene, which were much warmer and, probably, drier than modern ones. They led to the maximum spread of broad-leaved vegetation in the south of Sakhalin Island. A broad-leaved forests, consisting mainly of Quercus, Ulmus, Juglans and Alnus-Salix thickets grew in river valleys. The low mountains and foothills of the south of the Island covered broad-leaved forests with of Quercus predominance and the participation of Carpinus, Phellodendron, Aralia, Tilia, Acer, Corylus, Viburnum, Vitis and other heat-loving trees and bushes. The middle mountains were occupied by mixed birch-broad-leaved forests with a small role of moisture-loving dark-coniferous species. In the Late Atlantic time, global cooling caused the onset of conditions close to the modern climate in the south of Sakhalin Island. The initial phase, which took place around 6800 Cal.yr.BP, was colder than the mid-Atlantic, but, as before, it remained a bit warmer and drier than the current one. It caused the development in the river valleys of small-leaved, mainly Betula forests with Quercus, Ulmus, Juglans and Alnus-Salix thickets. Mountain slopes covered mixed forests with a predominance of birches, involving a variety of broad-leaved trees and dark coniferous species (Picea, Abies, perhaps Taxus). The last of them played a greater role than in the vegetation of the Middle Atlantic. During this event, there was a decrease in air temperatures, which at first exceeded the modern ones in the south of Sakhalin Island, and then approached them. It is fixed in the pollen spectra by a directed decrease in the amount of pollen of broad-leaved species. The second phase of relative cooling had moister, identical to modern, climatic conditions. It caused the change of small-leaved and mixed forests by a dark coniferous formation (Abies+Picea) with participation of broad-leaved species. Her offensive in the south of the Island occurred also at the beginning of the Late Atlantic, most likely, about 6700 Cal.yr.BP, and lasted, perhaps, up to 6400 Cal.yr.BP BP.

Keywords: Atlantic Period of Holocene, pollen assemblage, radiocarbon dating, paleolandscape, paleoclimate, coast of Okhotsk Sea

Атлантический период, в соответствии с хронологическим эталоном периодизации голоцена для северной Евразии, имеет возрастные рамки 8000 и 4600 радиоуглеродных лет назад (далее – л.н.) [1, 2]. Приведение к астрономическому возрасту [3] определяет их соответственно в 8800 и 5300 календарных лет назад (далее – к.л.н.). Па-

леогеография южной части о. Сахалин в атлантическом периоде голоцена за последние десятилетия рассматривались неоднократно [4–7]. В этом периоде времени были выявлены три фазы более тёплого климата, нежели современный, обусловившие господство широколиственной растительности, и две – близких к нынешним условиям, с развитием мелколиственных и тёмнохвойных лесов с участием широколиственных пород. Хронология большинства обнаруженных ландшафтно-климатических фаз на тот момент времени не была точно определена. С оптимумом голоцена сопоставлялась позднеатлантическая фаза потепления климата с преобладанием в растительности юга острова широколиственных лесов. В дальнейшем, при изучении голоцена юго-западного побережья Сахалина, появились данные о более раннем наступлении оптимальных климатических условий, отвечающих концу раннего – первой половине среднего атлантика [8]. Новые результаты, полученные при исследовании разреза «Рорэ», позволили уточнить и дополнить картину палеогеографического развития юга Сахалина в атлантическом периоде голоцена.

Материалы и методы исследования

Проведено исследование голоценовых отложений разреза «Рорэ», расположенного в юго-восточной части о. Сахалин ($47^{\circ}23'05.1''$ с.ш., $142^{\circ}52'17.7''$ в.д.), на побережье Охотского моря (рис. 1). Спорово-пыльцевым анализом изучено 18 образцов, отобранных с интервалом 10 см. Обработка проб выполнялась по стандартной методике, с двукратным обогащением в тяжёлой калиево-кадмиевой жидкости [9]. В каждом образце насчитывалось 300–500 зёрен пыльцы и спор, из которых не менее 250 принадлежит древесным растениям. В общем составе спорово-пыльцевых спектров участие групп пыльцы деревьев и кустарников, фригидных кустарников (кедровый стланник, ольховник и кустарниковые берёзы), трав и кустарничков, а также спор устанавливалось от всего количества обнаруженных микрофоссилий. Содержание компонентов спектра подсчитывалось отдельно в группах пыльцы древесных пород (в том числе и фригидных кустарников), пыльцы трав и кустарничков, и спор. Реконструкция палеорастительности выполнялась на основе базы данных по субфоссильным спорово-пыльцевым спектрам Сахалина [10]. Абсолютный возраст отложений определялся в лаборатории палеоклиматологии кайнозоя института геологии и минералогии СО РАН, где было получено 4 радиоуглеродных датировки. Стратиграфическое расчленение голоценовых отложений проведено в соответствии со схемой Блита – Сернандера, модифицированной для Северной Евразии [1, 2].



Рис. 1. Схема расположения разреза «Рорэ»

Целью данного исследования послужило уточнение характера и хронологии ландшафтно-климатических изменений на юге Сахалина, происходивших в среднюю и позднюю фазы атлантического периода голоцена.

Побережье Охотского моря в районе разреза образовано аккумулятивной аллювиально-морской террасой голоценового возраста высотой около 4 м, причленённой к цокольной 8–15-метровой позднеплейстоценовой террасе [5], служащей основным элементом рельефа. Узкий, шириной 100–300 м, террасовый пояс примыкает к выложенному низко-

горному подножию северной окраины Сусунайского хребта, представленному мелкопочинником и плоско-вершинными холмами, не поднимающимися выше 50–70 м даже на расстоянии 2–3 км от моря. Террасы покрыты разнотравными лугами. Низкогорье преимущественно занято каменно-берёзовыми травяно-кустарниковыми лесами, сформировавшимися на месте вырубленных и сохранившихся на более высоких склонах Сусунайского хребта елово-пихтовых лесов [11, 12]. Климат района умеренный муссонный, с достаточно холодной зимой для столь южного положения территории, и прохладным туманным летом. По данным ГМС «Стародубское» [13], ближайшей к месту разреза, средняя температура воздуха самого холодного месяца – января – равняется $-13,2^{\circ}\text{C}$, наиболее тёплого – августа – $16,0^{\circ}$, среднегодовая температура составляет $2,0^{\circ}$. Среднегодовая сумма осадков приближается к 800 мм, большая часть из которых (555 мм) выпадает в тёплый период, с апреля по октябрь.

Результаты исследования и их обсуждение

В 50 м от берега моря расчищено обнажение 4-метровой террасы, нижняя часть которого, глубже 194 см, вскрыта шурфом (рис. 2). Сверху вниз вскрываются следующие отложения, в см:

- 0–2 – луговая подстилка;
- 2–9 – супесь чёрного цвета, гумусированная, с корнями трав;
- 9–42 – песок крупнозернистый серовато-бурого цвета, с корнями трав;
- 42–58 – песок разнозернистый ржаво-бурого цвета, ожелезнённый, с корнями трав;
- 58–79 – глина буровато-серого цвета мягкопластичной консистенции, с корнями трав, в нижней части, в интервале 62–79 см – с многочисленными ризоидами мхов;

- 79–94 – торф, сильно разложившийся светло-коричневого цвета;
- 94–106 – песок крупно-, среднезернистый буровато-серого цвета;
- 106–112 – глина торфянистая бурого цвета;
- 112–120 – песок крупнозернистый буровато-серого цвета;
- 120–194 – глина буровато-серого цвета тугопластичной консистенции, с прослоями мелкозернистого алевритового песка (интервал 155–157 см) и гравия средней крупности (180–183 см);
- 194–208 – алеврит песчаный буровато-серого цвета с обилием мелкоизмельчённого растительного детрита, включением обломков веток деревьев и обрывков стеблей тростника;
- 208–220 – гравий с алеврито-песчаным заполнителем светло-серого цвета, с включением обрывков стеблей травы;
- 220–298 – алеврит песчаный, в нижней части (253–298 см) с гравием, серовато-бурого цвета, насыщенный мелкоизмельчённым растительным детритом, с включением обломков веток и стволов деревьев, фрагментов стеблей тростника;
- 298–310 – гравий крупный, плохо окатанный, с алеврито-песчаным заполнителем буровато-серого цвета с обилием мелкоизмельчённого растительного детрита и включением фрагментов стеблей тростника;
- 310–332 – алеврит песчаный с гравием, синевато-серого цвета, с включением фрагментов стеблей тростника и обломков веток деревьев;



Рис. 2. Участок побережья Охотского моря в районе разреза «Рорэ» (отмечен стрелкой). В левом углу – буровато-серые алевриты с прослоями гравия, вскрывающиеся глубже русла ручья (интервал 194–355 см)

– 332–355 – гравий крупный плохо окатанный с алеврито-песчаным заполнителем синевато-серого цвета, с включением обрывков стеблей тростника.

Изучен только низ разреза (глубже 194 см), представленный аллювиально-озёрными осадками, так как верхняя его часть исследована ранее в разрезе «Стародубское» [6]. Накопление осадков, представленных песчанистыми алевритами с горизонтами плохо окатанного гравия, насыщенных тонкодисперсным растительным детритом и окрашенных преимущественно в буровато-серые тона (рис. 2), происходило в мелком озере, в которое впадала река. Озеро располагалось в пределах современного пляжа и верхней части подводного берегового склона Охотского моря (абсолютная отметка кровли осадков не превышает + 1 м), уровень которого в ту пору находился ниже современного. Пресноводный генезис осадков доказывается присутствием диатомовых водорослей *Pinnularia lata* (Vreb.) W. Sm. и обломков створок других видов этого рода.

На спорово-пыльцевой диаграмме отложений (рис. 3) выделяются следующие спорово-пыльцевые комплексы (СПК) и спектры.

СПК «Ro-1» выявлен в интервале 240–355 см. В общем составе комплекса преобладает пыльца деревьев и кустарников (37–59%), меньшая роль принадлежит спорам (29–54%), пыльце трав и кустарничков (6–16%) и незначительная (менее 2%) – фригидным кустарникам. В группе пыльцы деревьев и кустарников преобладают широколиственные породы (37–62%), представленные в основном тремя таксонами: дубом (12–38%), орехом (8–39%) и ильмом (6–16%). Пыльца остальных разнообразных широколиственных пород (*Carpinus*, *Phellodendron*, *Aralia*, *Araliaceae*, *Tilia*, *Corylus*, *Sambucus*, *Viburnum*, *Vitis*, *Acer*) встречается в количестве 0,2–0,3%, реже 0,5–1,4% каждая. Второе место в данной группе занимает пыльца мелколиственных деревьев, чаще образованная ольхой (15–50%), нежели берёзами (7–25%). Пыльца тёмнохвойных пород имеет небольшое значение и чаще представлена елью (2–7%), чем пихтой (0,2–1,6%). Среди редкой пыльцы фригидных кустарников заметен лишь кедровый стланик (до 3%). В группе пыльцы трав и кустарничков ведущая роль принадлежит разнотравью (22–56%), семейству осоковых (8–51%) и полыни (6–41%). Реже встречается пыльца семейств розоцветных

(2–18%) и злаковых (1–11%). Пыльца вересковых фиксируется в малом количестве (до 3%) и почти полностью в низах разреза, глубже 330 см. Среди спор наблюдается господство папоротников, в основном Polypodiaceae (81–94%), намного реже *Osmunda* (6–22%) и Орфиглоссовых (до 1,5%). В малом количестве присутствуют споры плаунов (до 6%) и сфагновых мхов (не более 1,4%).

Данный СПК не имеет аналогов среди субфоссильных комплексов Сахалина. В то же время его состав близок к характеристике спорово-пыльцевых спектров проб, отобранных в кленово-дубовом лесу на мысе Слепиковского и в дубяках на северной окраине пос. Стародубское [10]. Высокое содержание пыльцы ольхи, в среднем почти равное её количеству в современном аллювии рек южной части острова, свидетельствует о долинном характере комплекса. В большей степени он отражает растительность в долине палеореки, впадавшей в Охотское море вблизи её современного положения, где произрастал полидоминантный широколиственный лес с преобладанием дуба, ореха, ильма и ольхово-ивовые заросли вблизи русла. Подножье и предгорья Сусунайского хребта покрывали многопородные широколиственные леса с господством дуба, а его среднегорная зона, возможно, была занята смешанными берёзово-широколиственными лесами. Влаголюбивые породы ель и пихта встречались в них нечасто и не образовывали больших массивов, как в настоящее время. Климатические условия обитания такой растительности, безусловно, были намного теплее и, вероятно, суше современных. Судя по количеству пыльцы широколиственных пород, они отвечали наиболее оптимальным условиям за весь голоцен, обнаруженным ранее на юге Сахалина [4–8]. Для времени их развития получены радиоуглеродные даты 7500–7300 к.л.н. (таблица), сопоставимые с определениями абсолютного возраста оптимума голоцена в разрезе «Пензенский-III» на юго-западном побережье острова [8], что подтверждает их достоверность. Обилие органического вещества, поступавшего с водосборного бассейна при захоронении осадков, не повлияло, следовательно, на значительное удревнение дат, как это произошло в голоценовых отложениях побережья Восточного Китая [14]. Обнаруженное событие, таким образом, можно отнести к середине атлантического периода голоцена [2].

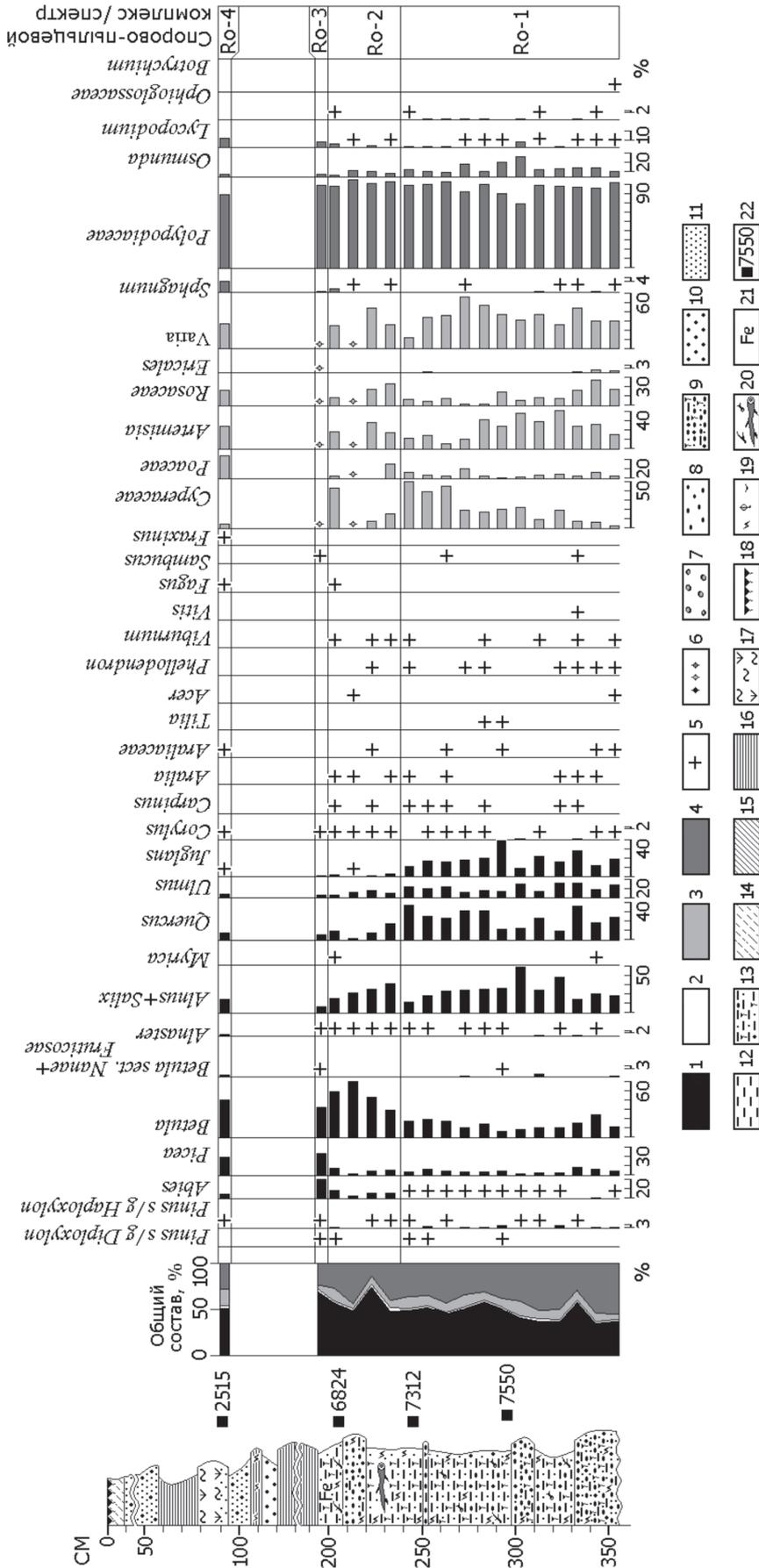


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма отложенной разреза «Рор»: 1 – пыльца деревьев и кустарников, 2 – пыльца фригидных кустарников, 3 – пыльца трав и кустарничков, 4 – споры, 5 – содержание < 1%, 6 – участие таксонов не подсчитано из-за малого числа обнаруженных зёрен пыльцы и спор. Литология: 7 – галька, 8 – гравий, 9 – гравий с песчано-алевритовым заполнителем, 10 – песок крупнозернистый, 11 – песок мелкозернистый, 12 – алевроит, 13 – алевроит песчанистый с гравием, 14 – супесь, 15 – суглинок, 16 – глина, 17 – торф травяно-моховый, среднеразложившийся, 18 – дерновый горизонт современной почвы, 19 – стебли трав, листья и кора деревьев, другой растительный детрит, 20 – обломки веток и стволов деревьев, 21 – ожелезнение, 22 – радиуглеродная дата, к.л.н.

Радиоуглеродные датировки голоценовых отложений разреза «Рорэ»

№ п/п	Лаб. №	Глубина отбора, см	Материал	Возраст образца	
				радиоуглеродный, л.н.	календарный, к.л.н.*
1	СОАН-6977	290–298	Растительный детрит	6670±105	7550±80
2	СОАН-6978	240–250	Растительный детрит	6390±95	7312±93
3	СОАН-6979	202–208	Растительный детрит	5970±110	6824±135
4	СОАН-6980	90–94	Торф	2405±95	2515±144

Примечание. *калибровка дат выполнена в программе CalPal [3].

СПК «Ro-2» обнаружен в интервале 202–240 см. Общий состав комплекса почти сохраняет черты предыдущего: большая доля принадлежит пыльце деревьев и кустарников (51–67%), меньшая – спорам (27–43%) и пыльце травянистых растений (5–14%), незначительная – фригидным кустарникам. В группе пыльцы древесных пород первенство переходит к мелколиственным деревьям, большей частью представленным берёзами (30–62%), нежели ольхой и ивами (в сумме 16–30%). Содержание пыльцы широколиственных пород, по сравнению с предыдущим комплексом, снизилось в среднем почти в три раза (до 9–26%). Среди них по-прежнему преобладают дуб (2–17%), ильм (3–8%) и орех, участие которого падает особенно резко, до 0,5–3%. Большинство других широколиственных таксонов с редкой (0,2–0,6%) встречаемостью сохраняют своё присутствие в спектрах: *Carpinus*, *Phellodendron*, *Aralia*, *Araliaceae*, *Corylus*, *Viburnum*. Кроме них, появляется пыльца бука (*Fagus*), занесённая ветром с островов Хоккайдо и Хонсю, как это отмечается в субфоссильных спектрах Сахалина [10]. Пыльца тёмнохвойных пород, в равных долях представленная елью и пихтой, по-прежнему играет небольшую роль в спектрах, несмотря на более частую встречаемость (5–15%). В группе пыльцы трав и кустарничков наблюдается преобладание разнотравья (25–45%), осоковых (8–44%), полыни (18–29%) и розоцветных, увеличивших своё присутствие в спектрах в среднем более чем в два раза, до 9–24%. Незначительно возрастает количество пыльцы злаковых (до 3–16%). В группе спор по-прежнему господствуют папоротники (*Polypodiaceae* – до 96%, *Osmunda* – до 7%, *Orphioglossaceae* – 0,5%), незначительно представлены плауны и сфагновые мхи (до 4%).

СПК «Ro-2» не имеет аналогов среди субфоссильных комплексов, но близок к составу спорово-пыльцевых спектров озёрных осадков и луговых подстилок, отобранных на юге Сахалина [10], в растительности которого из-за вырубок пихтово-еловых лесов в прежние десятилетия высока роль берёз. Значительная доля пыльцы ольхи и ивы, как и в нижележащем слое осадков, говорит о долинном характере комплекса. Он отразил развитие мелколиственных, преимущественно берёзовых лесов, с дубом, ильмом, орехом и ольхово-ивовых зарослей вдоль берегов речного и озёрного палеоводоёмов. Подножья и склоны северной окраины Сусунайского хребта покрывали смешанные леса с преобладанием берёз, участием разнообразных широколиственных деревьев и, в меньшей степени, тёмнохвойных пород. Последние были представлены елью, пихтой и, возможно, тисом (*Taxus cuspidata* Siebold Zucc.). Климатические условия произрастания этой растительности были холоднее, чем во время предыдущего события, но по-прежнему оставались немного теплее и суше современных. Направленное уменьшение количества пыльцы широколиственных пород от подошвы к кровле слоя зафиксировало постепенное снижение температурных показателей, вначале превышавших современные на юге Сахалина, а затем и приблизившихся к ним. Радиоуглеродная дата около 6800 к.л.н. (таблица), полученная из верхней части слоя, позволяет отнести событие к началу позднего атлантика [2]. Выявленное похолодание носило глобальный характер, так как совпадает с началом этапа резких климатических изменений голоцена (ЭРКИ 6000–5000 л.н.), отмечившегося снижением термического режима в разных районах Земли [15].

Кровля озёрно-аллювиальных осадков, в интервале 194–202 см, содержит спорово-

пыльцевой спектр «Ро-3», в общем составе которого усиливается роль древесных пород (73 %) и снижается значение трав (3 %). Среди пыльцы первых почти половину занимают тёмнохвойные породы, с равным участием как ели (24 %), так и пихты (22 %), далее следуют мелколиственные деревья, чаще берёзы (33 %), чем ольха (7 %). Подчинённая роль у пыльцы широколиственных пород (11 %), представленной дубом (6 %), ильмом (3 %), орехом (1 %), реже лещиной. Состав спектра соответствует субфоссиальному комплексу пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород южного Сахалина, свидетельствующего о наступлении второй, более влажной фазы относительного похолодания начала позднего атлантика, близкого к нынешним климатическим условиям. Скорее всего, влажная фаза похолодания началась около 6700 к.л.н., так как результаты её датирования (6778 ± 64 к.л.н.) в долине р. Южанка [6] очень близки к возрасту предыдущего события (6824 ± 135 к.л.н.). В отличие от первой фазы, она продолжалась дольше, возможно до 6400 к.л.н. [8].

Выводы

Детальное исследование озёрно-аллювиальных отложений нижней части разреза «Рорэ» позволило выделить в истории голоцена на юге Сахалина следующие ландшафтно-климатические изменения: 1 – оптимальная климатическая фаза середины атлантического периода, определившая максимальное распространение многопородных широколиственных лесов с преобладанием дуба, развивавшаяся около 7500–7300 к.л.н. 2 – сухая фаза относительного похолодания начала позднего атлантика, близкая к современному климату, но немного теплее его, обусловившая произрастание смешанных, преимущественно берёзовых, лесов с участием широколиственных и темнохвойных пород около 6800 к.л.н. 3 – влажная фаза относительного похолодания начала позднего атлантика, близкая к современному климату, вызвавшая экспансию пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород, скорее всего, после 6700 к.л.н.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Дальневосточного отделения Российской академии наук (15-1-2-063).

Список литературы

1. Хотинский Н.А. Голоцен северной Евразии. – М.: Наука, 1977. – 200 с.

2. Хотинский Н.А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. К XII конгрессу ИНКВА (Канада, 1987 г.). – М.: Наука, 1987. – С. 39–45.

3. Weninger B., Joris O., Danzeglocke U. Cologne radiocarbon calibration & paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002. Universitat zu Koln, Institut für Urund Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923. – Köln., 2007. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.calpal-online.de>.

4. Кулаков А.П. О развитии ландшафтов юго-западного Сахалина / А.П. Кулаков, В.В. Никольская, Р.В. Федорова // Изв. ВГО. – 1973. – Т. 105, № 2. – С. 133–141.

5. Александрова А.Н. Плейстоцен Сахалина. – М.: Наука, 1982. – 192 с.

6. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Эволюция природы юго-восточной части острова Сахалин в голоцене. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1996. – 130 с.

7. Морские террасы и четвертичная история шельфа Сахалина / А.М. Короткий, В.С. Пушкар, Т.А. Гребенникова и др. / Тихоокеан. институт географии ДВО РАН. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 195 с.

8. Гвоздева И.Г., Микишин Ю.А. Стратиграфия и палеогеография голоцена юго-западного Сахалина // Естеств. и техн. науки. – 2008. – № 3. – С. 177–183.

9. Палеопалинология. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий // Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия. – Вып. 141. – Л.: Недра, 1966. – 352 с.

10. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Субфоссильные спорово-пыльцевые комплексы Сахалина и прилегающих территорий. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 162 с.

11. Растительность // Атлас Сахалинской области. – М.: ГУГК, 1967. – С. 105–112.

12. Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Таран А.А. Ботанико-географическое районирование острова Сахалин / Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы международного Сахалинского проекта). – Ч. 1. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – С. 67–92.

13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. – Вып. 34. Сахалинская область. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 352 с.

14. Hori K., Saito Y. Differences in radiocarbon ages among molluscan shells, plant materials, and total organic carbon: An example from the paleo-Changjiang incised-valley fill, China // Quaternary International. – 2017. – V. 455. – P. 45–55.

15. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. Геогр. – 2014. – № 2. – С. 5–20.

References

1. Hotinskij N.A. Golocen severnoj Evrazii. M.: Nauka, 1977. 200 p.

2. Hotinskij N.A. Radiouglerodnaja hronologija i korelacija prirodnyh i antropogennyh rubezhej golocena // Novye dannye po geohronologii chetvertichnogo perioda. K XII kongressu INKVA (Kanada, 1987 g.). M.: Nauka, 1987. pp. 39–45.

3. Weninger B., Joris O., Danzeglocke U. Cologne radiocarbon calibration & paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002. Universitat zu Koln, Institut für Urund Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923. Köln., 2007. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.calpal-online.de>.

4. Kulakov A.P. O razvitii landshaftov jugo-zapadnogo Sahalina / A.P. Kulakov, V.V. Nikolskaja, R.V. Fedorova // Izv. VGO. 1973. T. 105, no. 2. pp. 133–141.

5. Aleksandrova A.N. Plejstocen Sahalina. M.: Nauka, 1982. 192 p.

6. Mikishin Ju.A., Gvozdeva I.G. Jevolucija prirody jugo-vostochnoj chasti ostrova Sahalin v golocene. Vladivostok: Izd-vo Dalnevost. un-ta, 1996. 130 p.
7. Morskie terrasy i chetvertichnaja istorija shelfa Sahalina / A.M. Korotkij, V.S. Pushkar, T.A. Grebennikova i dr. / Tihookean. institut geografii DVO RAN. Vladivostok: Dalnauka, 1997. 195 p.
8. Gvozdeva I.G., Mikishin Ju.A. Stratigrafija i paleogeografija golocena jugo-zapadnogo Sahalina // Estestv. i tehn. nauki. 2008. no. 3. pp. 177–183.
9. Paleopalinologija. Metodika paleopalinologicheskikh issledovanij i morfologija nekotoryh iskopaemyh spor, pylcy i drugih rastitelnyh mikrofossilij // Tr. VSEGEI, nov. serija. Vyp. 141. L.: Nedra, 1966. 352 p.
10. Mikishin Ju.A., Gvozdeva I.G. Subfossilnye sporovopylcevyje komplekxy Sahalina i prilgajushhh territorij. Vladivostok: Izd-vo Dalnevost. un-ta, 2009. 162 p.
11. Rastitelnost // Atlas Sahalinskoj oblasti. M.: GUGK, 1967. pp. 105–112.
12. Krestov P.V., Barkalov V.Ju., Taran A.A. Botaniko-geograficheskoe rajonirovanie ostrova Sahalin / Rastitelnyj i zhivotnyj mir ostrova Sahalin (Materialy mezhdunarodnogo Sahalinskogo proekta). Ch. 1. Vladivostok: Dalnauka, 2004. pp. 67–92.
13. Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Serija 3. Mnogoletnie dannye. Ch. 1–6. Vyp. 34. Sahalinskaja oblast. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 352 p.
14. Hori K., Saito Y. Differences in radiocarbon ages among molluscan shells, plant materials, and total organic carbon: An example from the paleo-Changjiang incised-valley fill, China // Quaternary International. 2017. V. 455. pp. 45–55.
15. Borisova O.K. Landshaftno-klimaticheskie izmenenija v golocene // Izv. RAN. Ser. Geogr. 2014. no. 2. pp. 5–20.

УДК 504.3.054/.064.2:658.26(571.62)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТЭЦ-2 Г. ХАБАРОВСКА**Новороцкая А.Г.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: novag59@mail.ru*

В работе представлены результаты мониторинга атмосферного воздуха в районе стационарного поста наблюдений загрязнения атмосферного воздуха (ПНЗ № 2) в г. Хабаровск по следующим показателям: взвешенным веществам, диоксиду серы, оксиду углерода, диоксиду азота, сероводороду, фенолу, саже, формальдегиду, хрому. Приведены среднемесячные и среднегодовые концентрации примесей и метеорологические параметры (число дней с атмосферными осадками, скорость ветра, повторяемость: приземных, приподнятых инверсий температуры, слабых ветров, застоев воздуха, туманов) за 2011 г. Дана сравнительная оценка состояния атмосферного воздуха в районе ПНЗ № 2 со средними показателями по г. Хабаровске и усредненными данными стационарных постов на территории РФ. В результате данных мониторинга в исследуемом районе установлено, что уровень загрязнения атмосферы пылью и оксидом углерода отмечен на уровне 1,2–1,0 ПДК, по другим примесям – незначителен. В атмосферном воздухе ПНЗ № 2 отмечено превышение ПДК по средней концентрации формальдегида до 3,7 раз, причем его максимальное содержание характерно для летнего периода (июнь – август) 2011 г., что в основном связано с его природным происхождением в загрязненной атмосфере города (за счет фотохимических реакций). Содержание ароматических углеводородов (бензол, ксилолы, толуол, этилбензол, хлорбензол) в пункте наблюдений превышало ПДК в 1,3–4,0 раза из-за близкого расположения станции в зоне влияния выбросов Хабаровского нефтеперерабатывающего завода. По результатам корреляционного анализа установлена тесная линейная связь между повторяемостью метеопараметров: застоев воздуха/ приземных инверсий температуры, застоев воздуха/ ветров со скоростью 0–1 м/с, ветров со скоростью 0–1 м/с/ туманов; и обратная связь между повторяемостью застоев воздуха/ приподнятых инверсий температуры, ветров со скоростью 0–1 м/с/ приподнятых инверсий с достоверностью 99%, что согласуется с условиями рассеивания примесей в атмосфере.

Ключевые слова: атмосферный воздух, примеси, концентрация, ПДК, ТЭЦ, метеорологические параметры, выбросы

ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR STATUS IN THE CATCHMENT AREA OF CHP-2 Khabarovsk**Novorotskaya A.G.***Institute of Water and Ecology Problems, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, e-mail: novag59@mail.ru*

The paper presents the results of atmospheric air monitoring in the area of air pollution observation station (APOS No. 2) in Khabarovsk on the following parameters: suspended substances, sulfur dioxide, carbon monoxide, hydrogen sulfide, phenol, soot, formaldehyde and chromium. Average monthly and annual concentration of impurities and meteorological parameters (number of days with precipitation, wind speed, repeatability of: surface and elevated temperature inversions, weak winds, air stasis and fogs) for 2011 are presented. A comparative assessment of the atmospheric air state in the area of APOS No. 2 with an average of Khabarovsk and averaged data of observation station in the territory of the Russian Federation is given. The result of monitoring data in the area of interest revealed that the level of the atmosphere pollution with dust and carbon monoxide is marked on the 1,2–1,0 MAC level and the level of the atmosphere pollution with other impurities is insignificant. In the atmospheric air of APOS No. 2 the maximum allowable concentration limit for the average concentration of formaldehyde was noted up to 3.7 times, and its maximum content is typical for the summer period (June–August) 2011, which is mainly due to its natural origin in the polluted atmosphere of the city (as a result of photochemical reactions). The content of aromatic hydrocarbons (benzene, xylenes, toluene, ethylbenzene, chlorobenzene) at the point of observation exceeded the MAC by 1.3–4.0 times because of the close location of the station in the affected area of the emissions of Khabarovsk Oil Refinery. Based on the results of the correlation analysis, a close linear relationship was established between the frequency of the meteorological parameters, such as: air stagnation / surface temperature inversions, air / wind blanketing at 0–1 m/s, winds at 0–1 m/s / mists; and the feedback between the repeatability of air blanketing / elevated temperature inversions, winds at a speed of 0–1 m/s/elevated inversions with a confidence of 99%, which is consistent with the conditions of dispersion of impurities in the atmosphere.

Keywords: atmospheric air, impurities, concentration, MPC, CHP, meteorological parameters, emissions

Качество воздушной среды является одним из определяющих условия жизни населения фактором. Тепловые электростанции (ТЭС) вырабатывают более 2/3 электроэнергии страны. Больше всего загрязняющих веществ (ЗВ) (в виде оксидов углерода, азота, диоксида серы, золы, сажи, оксидов металлов, фенола, сероводорода, формаль-

дегида, хлора, аммиака и др.) выбрасывается на ТЭС и теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), работающих на угле или мазуте, меньше всего – на природном газе, в последнем случае выбросы в основном представлены оксидами азота [1], при нарушении технологического цикла режима горения газа возможно поступление в атмосферу углево-

дорогов, в том числе – ароматических, канцерогенных [2]. В атмосфере происходит трансформация ЗВ и образование новых более токсичных веществ из относительно безопасных примесей в результате химических реакций [1], рассеивание и перенос, определяемые метеопараметрами и рельефом местности. Максимумы загрязнения атмосферы обнаруживаются в зависимости от скорости ветра: при слабом ветре (0–1 м/с) и наличии низких источников ЗВ и при ветре 5–6 м/с и высоких выбросах [3]. Работающие на газовом и газо-мазутном топливе (в качестве резерва) ТЭЦ с тепловой мощностью от 200 Гкал и выше – как предприятия третьего класса опасности – должны иметь санитарно-защитную зону не менее 300 м, они являются мощными источниками загрязнения атмосферы [4].

В 58% городов РФ более половины населения (55,1 млн человек) проживает в условиях высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха. В Хабаровском крае доля городского населения, проживающих в аналогичных условиях, – значительно выше (77%) (третье место среди субъектов РФ) [5].

Хабаровск – краевой центр Хабаровского края, крупный промышленный центр Дальнего Востока с разнообразным и сложным рельефом. Площадь города – 386 км², население – 578 тыс. человек (по состоянию на 2011 г.) [9, с. 204]. ТЭЦ-1, ТЭЦ-3, Дальневосточная генерирующая компания, предприятия по производству кокса, нефтепродуктов (нефтеперерабатывающий завод) и ядерных материалов внесли основной вклад в выбросы от стационарных источников г. Хабаровска. Доля автотранспорта в суммарном выбросе ЗВ – около 1/2 всех выбросов [6, с. 6]. Климат в г. Хабаровске – муссонный, потенциал загрязнения атмосферы – повышенный [9, с. 204]. В городе из-за неблагоприятных климатических условий (высокой повторяемости: ветров со скоростью 0–1 м/с, штелей, застоев воздуха, приземных и приподнятых инверсий температуры) создаются неблагоприятные условия для рассеивания ЗВ в атмосфере, перенос их в районы жилой застройки, уровень загрязнения атмосферного воздуха – высокий (в 2011 г. ИЗА = 13,4) за счет повышенных средних концентраций взвешенных веществ и бенз(а)пирена [6, с. 7]. Хабаровская ТЭЦ-2 (далее ТЭЦ-2) является структурным подразделением Хабаровской теплосетевой компании – филиала ОАО «Дальневосточная генерирующая компания» [7].

Начало работы ТЭЦ-2 – 1934 г. (исначально – городская электростанция, с 1960 г. переименована в связи с переходом на теплофикационный режим). Суммарная установленная мощность теплоэнергии, вырабатываемой девятью котлоагрегатами, – 610 Гкал/час. С 1934 по 2007 г. на ТЭЦ-2 было несколько реконструкций, связанных с использованием вида топлива: сперва она работала на дровах, далее – на угле, с 1970-х гг. – на мазуте, с 2008 г. – на природном газе сахалинского шельфа (после переоборудования котлов в 2007 г. к его приему) и мазуте (в качестве резерва) [8]. Использование газа значительно повысило экономические показатели предприятия и позволило оздоровить экологическую обстановку в центре города.

Цель работы – оценка состояния атмосферы г. Хабаровск в зоне влияния ТЭЦ-2 в районе стационарного поста наблюдений загрязнения атмосферного воздуха (пункта наблюдения загрязнения – ПНЗ № 2, далее ст. 2, относящаяся к «промышленному» типу [9, с. 205]) с учетом метеопараметров в сравнении с состоянием атмосферы города (в целом) и городов на территории РФ в 2011 г. по содержанию основных и специфических ЗВ: взвешенных веществ (ВВ), диоксида серы, оксида углерода, сероводорода, фенола, сажи, формальдегида, хрома.

Материалы и методы исследования

В работе приведены среднемесячные и годовые данные ФГБУ «Хабаровский ЦГМС-РСМЦ» для ст. 2 за 2011 г. (имеющаяся в распоряжении автора информация представляет интерес в связи с переходом ТЭЦ-2 на газ и особенностями метеорологических параметров года), средние концентрации ЗВ в атмосфере г. Хабаровск [6, с. 6–7] и городов РФ по данным стационарных постов [9, с. 10]). Сеть Росгидромета работает в соответствии с требованиями РД 52.04.186-89 [2]. Загрязнение воздуха оценивалось по значениям концентраций примесей: средних ($q_{ср}$) и максимальных разовых ($q_{м}$). Концентрации сравнивались с ПДК: средние – со среднесуточными (ПДК_{с.с.}), максимальные из разовых – с максимальными разовыми (ПДК_{м.р.}). Степень загрязнения оценивалась при сравнении фактических концентраций с предельно допустимой концентрацией (ПДК) [9, с. 14; 10]. Оценки качества атмосферного воздуха с учетом его воздействия на здоровье городского населения по ПДК ЗВ для воздуха населенных мест [10]. Корреляционный анализ проведен с помощью программы EXCEL-2010 [11]. Роза ветров г. Хабаровска (для января, июля, среднегодовая) приведена в [9, с. 205].

Станция 2 находится в северо-западной части города по ул. Забакайльской, 10 (рис. 1). Вблизи находятся 2–5 этажные жилые и административные дома, в 500 м на юго-запад от ст. 2 расположена ТЭЦ-2 (5), в 200–250 м – бензоколонка (4) и автомагистраль, в 700 м северо-западнее – завод «Дальдизель» (1),

в 100 м и 800 м северо-восточнее – нефтебаза, нефтеперерабатывающий завод (2) и газораздаточная станция (3) соответственно. В 300 м от ст. 2, между речным портом (6) и ТЭЦ-2 на берег Амура выходят технологические трубопроводы для налива нефтепродуктов в танкеры и транспортные баржи. В 400 м на запад проходит автомагистраль с интенсивным движением автотранспорта (ул. Тихоокеанская) и железная дорога. Жилые дома и промышленные предприятия отапливаются центральным отоплением. В месте отбора проб воздуха покрытие почвы – непылящее. В районе жилого массива, вблизи поста, имеются групповые посадки деревьев и кустарников.

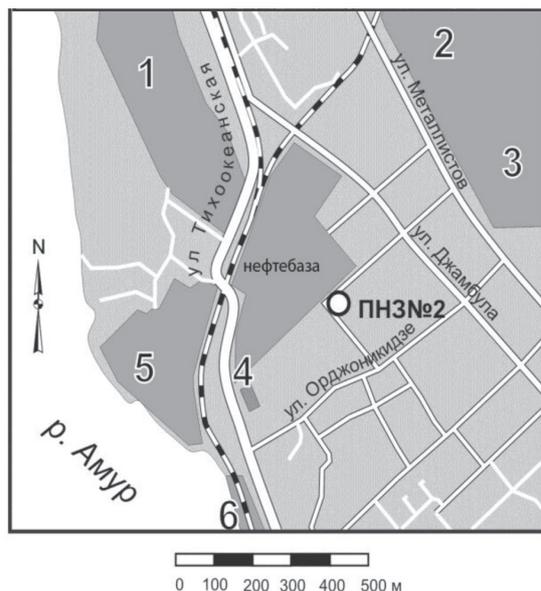


Рис. 1. Схема расположения ПНЗ № 2

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 приведены метеорологические характеристики года наблюдений и многолетние данные [9, с. 204] г. Хабаровска.

Корреляционный анализ проведен для проверки взаимной зависимости двух переменных (расчет коэффициента парной корреляции – r). Значения r (между повторяемостью метеопараметров): застоев воздуха/приземных инверсий температуры – 0,71, застоев воздуха/ветров со скоростью 0–1 м/с – 0,85 и ветров со скоростью 0–1 м/с/туманов – 0,62; застоев воздуха/приподнятых инверсий температуры (–0,72) и ветров со скоростью 0–1 м/с/приподнятых инверсий (–0,79) с достоверностью 0,99, что характеризует тесную связь между параметрами. 2011 г. характеризовался наибольшей повторяемостью слабых ветров и приподнятых инверсий по сравнению со средне-многолетними данными в 2,1 и 1,7 раз соответственно (табл. 1). В теплый период ветра

со скоростью 0–1 м/с и туманы повторялись в 1,7 и 9 раз чаще, чем в зимний период (наряду с ростом на 25% повторяемости приземных инверсий по сравнению с летним), что создало наиболее неблагоприятные условия для рассеивания ЗВ. Сумма АО в 2011 г. – 117,7% от Н: за холодный период (январь – март, ноябрь, декабрь) выпало 88 мм (10,6% от годового количества и 104,8% от Н), причем максимальное количество осадков выпало в ноябре и декабре – в 1,4 и 1,7 раз больше Н; за теплый период (апрель – октябрь) – 742 мм (89,4% от годового количества и 119,5% от Н) за счет увеличения осадков в сентябре и августе – до 2,2 и 1,6 Н. Среднегодовые концентрации ЗВ в атмосфере г. Хабаровска (ст. 2) и городов России представлены в табл. 2.

Средние месячные (q_{cp}) и максимальные разовые (q_m) (приведены в скобках) концентрации ЗВ на ст. 2 в 2011 г. составили (в мг/дм³): ВВ – 0,000–0,290 (0,000–2,000); SO₂ – 0,000–0,052 (0,000–0,200); CO – 0,0–3,9 (0,0–9,0); NO₂ – 0,000–0,033 (0,000–0,170); формальдегид – 0,000–0,013 (0,000–0,049). Отмечено, что в теплый период года (т.п.: апрель – октябрь) в атмосферном воздухе содержание компонентов выше, чем в холодный (х.п.: ноябрь, декабрь, январь – март): в 1,1, 1,3, 1,6 и 1,7 раз по NO₂, ВВ, формальдегиду и CO, соответственно (рис. 2). Средний уровень загрязнения атмосферы на ст. 2 (в ПДК_{с.с.}): пыль – 1,2, CO – 1,0, SO₂ и NO₂ – по 0,6, формальдегиду – 3,7. Среднегодовые концентрации ВВ, CO, диоксида серы, формальдегида и хрома на ст. 2 в 1,6; 2,3; 4; 1,2 и 4 раза выше, чем в городах России, соответственно (табл. 2). Среднее содержание ВВ и NO₂ – в 1,5 и 1,4 раза в атмосферном воздухе Хабаровска (по данным четырех ПНЗ) выше [6, с. 6–7], чем на ст. 2, а CO, SO₂, формальдегида – примерно одинаковое. Максимальные концентрации из разовых ст. 2 составили (в ПДК_{м.р.}) для: ВВ, CO, фенола и формальдегида – 4; 1,8; 1,7 и 1,4 соответственно. На ст. 2 отмечены максимальные значения содержания ароматических углеводородов (бензол, ксилолы, толуол, этилбензол, хлорбензол) до 1,3–4,0 ПДК [6, с. 7] ввиду ее расположения в зоне влияния выбросов нефтеперерабатывающего завода. В Хабаровске до 300 дней в году преобладают солнечные дни, что способствует повышению содержания формальдегида в воздухе в результате фотохимических реакций, протекающих в загрязненной атмосфере городов, несмотря на его малые содержания в выбросах предприятий [12, 13].

Таблица 1

Метеорологические характеристики 2011 г. и среднегодулетние данные (Н) (г. Хабаровск)

Метеорологические характеристики	Месяцы												Год	Н
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Сумма осадков, мм	13	8	5	47	65	95	65	249	200	21	33	29	830	705
Осадки, количество дней	15	6	2	13	10	13	8	14	17	11	11	11	131	113
Скорость ветра, м/с	2	3	3	0	2	2	10	2	2	2,6	3	2,4	2,5	3,5
Повторяемость приземных инверсий температуры, %	75	51	28	15	24	24	32	40	23	39	22	52	35	40
Повторяемость застоев воздуха, %	39	13	10	8	12	6	31	24	7	10	8	15	15	14
Повторяемость ветров со скоростью 0–1 м/с, %	51	21	18	16	31	33	67	48	25	22	16	28	31	15
Повторяемость приподнятых инверсий температуры, %	23	42	60	47	47	29	26	26	67	52	68	44	44	26
Повторяемость туманов, %	0	0	0	0	0	2	2,9	2	0,6	1	0,5	0	0,8	0,7

Таблица 2

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе станции 2 (г. Хабаровск), городов РФ, 2011 г., ПДК, мг/дм³

Наименование примеси	Среднегодовая концентрация, мг/м ³						ЛПВ	Класс опасности
	Хабаровск		города РФ [9]		ПДК _{с.с.}	ПДК _{м.р.}		
	q _{ср.}	q _{м.}	q _{ср.}	q _{м.}				
Азота диоксид	0,022	0,17	0,039	0,308	0,04	0,2	рефл.-рез.	3
Взвешенные вещества	0,184	2,0	0,117	0,989	0,15	0,5	рез.	3
Сера диоксид	0,028	0,20	0,007	0,193	0,05	0,5	рефл.-рез.	3
Оксид углерода	3,0	9,0	1,308	8,664	3	5	рез.	4
Сероводород	0,001	0,006	0,001	0,015	–	0,008	рефл.	2
Фенол	0,002	0,006	0,002	0,021	0,003	0,010	рефл.-рез.	2
Сажа	0,000	0,001	0,030	0,304	0,05	0,15	рез.	3
Формальдегид	0,011	0,049	0,009	0,076	0,003	0,035	рефл.-рез.	2
Хром ¹ , мкг/м ³	0,1	0,3	0,025	0,073	1,5	–	рез.	1

Примечание: ¹ – хром в пересчете на хрома (VI) оксид, прочерк означает отсутствие данных, ЛПВ – лимитирующий показатель вредности, по которому установлены Нормативы: рез. – резорбтивный, рефл. – рефлекторный, рефл.-рез. – рефлекторно-резорбтивный.

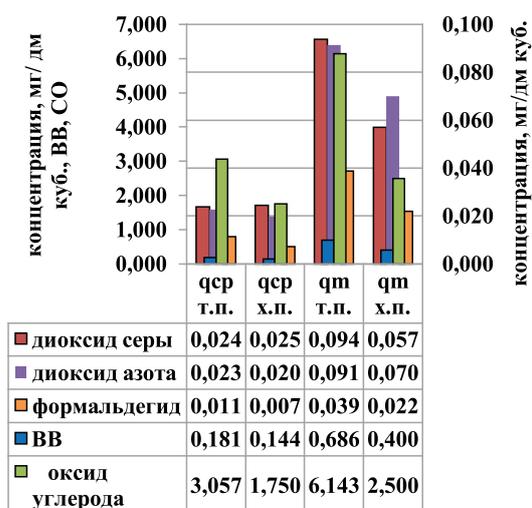


Рис. 2. Средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе станции 2 за холодный и теплый периоды 2011 г.

В целом уровень загрязнений в данном районе (без учета загрязнения пылью) по основным примесям характеризуется как незначительный. Объективную оценку воздействия взвешенных веществ на здоровье населения г. Хабаровска дать невозможно, так как тонкодисперсные частицы пыли (с диаметром 2,5 и 10 мкм), составляющие обычно 40–70% от общего числа ВВ, способные проникать и накапливаться в легких, в ФГБУ «Хабаровский ЦГМС-РСМЦ» не определяют. Наиболее чувствительны к влиянию таких частиц люди с хроническими нарушениями бронхо-легочной и сердечно-сосудистой систем, с ослабленным иммунитетом, дети и пожилые [14, с. 30].

Выводы

В результате проведенных исследований состояния атмосферного воздуха

на ст. 2 установлено превышение ПДК_{сс} по взвешенным веществам – в 1,2, оксиду углерода – в 1,0, формальдегиду – в 3,7 раз. В теплый период года содержание диоксида азота, взвешенных веществ, формальдегида и оксида углерода выше, чем в холодный, до 1,1–1,7 раз, но это не связано с влиянием выбросов ТЭЦ-2, которая до 2017 г. работала только во время отопительного сезона. Концентрации диоксидов серы и азота, сероводорода, фенолов, сажи – ниже ПДК_{сс}. Максимальные концентрации из разовых на ст. 2 превысили ПДК_{мр} по взвешенным веществам, оксиду углерода, фенолу, формальдегиду и ароматическим углеводородам (бензолу, ксилолу, толуолу, этилбензолу, хлорбензолу) в 4; 1,8; 1,7; 1,4 и 1,3–4,0 раз соответственно. Среднее содержание пыли и диоксида азота в атмосферном воздухе Хабаровска (по данным четырех станций) в 1,5 и 1,4 раза выше, чем на ст. 2. Отмечено превышение среднегодовых концентраций диоксида серы и хрома – в 4, СО – в 2,3, ВВ – в 1,6, формальдегида – в 1,2 раз по ст. 2 в сравнении с городами России. Повышенные содержания формальдегида в воздухе на ст. 2 связаны с природными процессами, а ароматических углеводородов – с влиянием выбросов близко расположенного нефтеперерабатывающего завода. Выбросы ТЭЦ-2 при господствующих ветрах юго-западного и северо-восточного направлений не оказывают существенного влияния на загрязнение атмосферного воздуха в данном районе.

Список литературы

1. Рябова Т.В. Проблемы и перспективы развития тепловой энергетики в России / Т.В. Рябова, А.В. Жаворонков // Экономические науки и прикладные исследования: сборник науч. трудов XII междунар. науч.-практ. конф. (Томск, 17–21 ноября 2015 г.). – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – Т. 2. – С. 424–431.
2. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – 693 с.
3. Новороцкий П.В. Климатические условия загрязнения атмосферного воздуха Хабаровского края / П.В. Новороцкий. – Хабаровск: Институт водных и экологических проблем ДВО АН СССР, 1992. – 56 с.
4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (с изменениями на 25 апреля 2014 года) [Электронный ресурс]. – URL: <http://dpo-stbt.ru/library/sanitarnye-normy-i-pravila/sanitarno-zashchitnye-zony-i-sanitarnaya-klassifikaciya-predpriyatij-sooruzhenij-i-inyh-obektov-s> (дата обращения: 17.11.2017).
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году. URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/a76/gosdoklad2011.pdf> (дата обращения: 17.11.2017).
6. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2011 году / ред.

В.М. Шихалев. – Хабаровск: ООО «Амурпринт», 2012. – 266 с.

7. Акционерное общество «Дальневосточная генерирующая компания» [Электронный ресурс] // Структура бизнеса: сайт. – URL: <https://dvgk.ru/page/4> (дата обращения: 16.11.2017).

8. РАО Энергетические Системы Востока. Музей развития энергетики Дальневосточного федерального округа [Электронный ресурс] // Хабаровская ТЭЦ-2: сайт. – URL: http://museum.rao-esv.ru/power_facilities/154/ (дата обращения: 26.10.2017).

9. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2011 г. – СПб.: ФГБУ «ГГО» Росгидромета, 2012. – 234 с.

10. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М., 2003 (с изменениями на 12 января 2015 года). – 330 с.

11. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL, 2008. URL: <http://instituciones.com/download/books/1934-osnovy-statisticheskogo-analiza-vukolov.html> (дата обращения: 17.11.2017).

12. Безуглая Э.Ю. Исследование химических процессов в атмосфере по данным мониторинга в городах / Э.Ю. Безуглая, И.А. Воробьева, М.В. Полуэктова // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2010. – № 561. – С. 164–184.

13. Безуглая Э.Ю. Возможности оценки высоких концентраций формальдегида при изменении температуры воздуха / Э.Ю. Безуглая, М.С. Загайнова, Т.П. Ивлева // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2012. – № 565. – С. 89–102.

14. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2015 г. – СПб.: ФГБУ «ГГО» Росгидромета, 2016. – 255 с.

References

1. Rjabova T.V. Problemy i perspektivy razvitiya teplovoj jenergetiki v Rossii / T.V. Rjabova, A.V. Zhavoronok // Jekonomicheskie nauki i prikladnye issledovanija: sbornik nauch. trudov XII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Tomsk, 17–21 nojabrja 2015 g.). Tomsk: Izd-vo TPU, 2015. T. 2. pp. 424–431.
2. RD 52.04.186-89. Rukovodstvo po kontrolju zagrjaznenija atmosfery. M.: Gidrometeoizdat, 1991. 693 p.
3. Novorockij P.V. Klimaticheskie uslovija zagrjaznenija atmosfernogo vozduha Habarovskogo kraja / P.V. Novorockij. Habarovsk: Institut vodnyh i jekologicheskikh problem DVO AN SSSR, 1992. 56 p.
4. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03. Sanitarno-zashhitnye zony i sanitarnaja klassifikacija predpriyatij, sooruzhenij i inyh ob#ektov (s izmenenijami na 25 aprelja 2014 goda) [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://dpo-stbt.ru/library/sanitarnye-normy-i-pravila/sanitarno-zashchitnye-zony-i-sanitarnaya-klassifikaciya-predpriyatij-sooruzhenij-i-inyh-obektov-s> (data obrashhenija: 17.11.2017).
5. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2011 godu. URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/a76/gosdoklad2011.pdf> (data obrashhenija: 17.11.2017).
6. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Habarovskogo kraja v 2011 godu / red. V.M. Shihalev. Habarovsk: ООО «Амурпринт», 2012. 266 p.
7. Akcionerное obshhestvo «Dalnevostochnaja generirujushhaja kompanija» [Jelektronnyj resurs] // Struktura biznesa: sajт. URL: <https://dvgk.ru/page/4> (data obrashhenija: 16.11.2017).
8. RAO Jenergeticheskie Sistemy Vostoka. Muzej razvitiya jenergetiki Dalnevostochnogo federalnogo okruga [Jelektronnyj resurs] // Habarovskaja TJeC-2: sajт. URL: http://museum.rao-esv.ru/power_facilities/154/ (data obrashhenija: 26.10.2017).

9. Ezhegodnik sostojanija zagrijaznenija atmosfery v gorodah na territorii Rossii za 2011 g. SPb.: FGBU «GGO» Rosgidrometa, 2012. 234 p.

10. Gigienicheskie normativy. GN 2.1.6.1338-03. Predelno dopustimye koncentracii (PDK) zagrijaznjajushhijh veshhestv v atmosfernom vozduhe naselennyh mest: M., 2003 (s izmenenijami na 12 janvarja 2015 goda). 330 p.

11. Vukolov Je.A. Osnovy statisticheskogo analiza. Praktikum po statisticheskim metodam i issledovaniju operacij s ispolzovaniem paketov STATISTICA i EXCEL, 2008. URL: <http://institutiones.com/download/books/1934-osnovy-statisticheskogo-analiza-vukolov.html> (data obrashhenija: 17.11.2017).

12. Bezuglaja Je.Ju. Issledovanie himicheskijh processov v atmosfere po dannym monitoringa v gorodah / Je.Ju. Bezuglaja, I.A. Vorobeva, M.V. Polujektova // Trudy Glavnoj geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voejkova. 2010. no. 561. pp. 164–184.

13. Bezuglaja Je.Ju. Vozmozhnosti ocenki vysokijh koncentracij formaldegida pri izmenenii temperatury vozduha / Je.Ju. Bezuglaja, M.S. Zagajnova, T.P. Ivleva // Trudy Glavnoj geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voejkova. 2012. no. 565. pp. 89–102.

14. Ezhegodnik sostojanija zagrijaznenija atmosfery v gorodah na territorii Rossii za 2015 g. SPb.: FGBU «GGO» Rosgidrometa, 2016. 255 p.

УДК 556.53:621.22(571.56)

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЭНЕРГИИ
МАЛЫХ РЕК ЯКУТИИ****Ноговицын Д.Д., Шеина З.М., Сергеева Л.П.***ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова» Сибирского
отделения Российской академии наук (ИФТПС СО РАН), Якутск, e-mail: 25051204@mail.ru*

Рассматривается возможность использования гидроэнергии малых рек Якутии для обеспечения электроэнергией небольших сел и предприятий, имеющих сезонный характер деятельности, расположенные на значительном удалении от централизованных источников энергии. Одним из факторов, действующих в пользу возобновляемых источников энергии, является ожидаемое повышение стоимости энергии от обычных источников. а завоз жидкого топлива для децентрализованных поселений в новых условиях хозяйствования становится все дороже. До настоящего времени энергоснабжение этих потребителей осуществляется от мелких дизельных станций. По своим физико-географическим условиям местности из этого количества потребителей только небольшая их часть имеет возможности для выбора и размещения малых ГЭС. Для выбора наиболее подходящих гидростворов для малой ГЭС исследованы небольшие реки в Верхоянском, Кобяйском и Томпонском районах Якутии. Проведены гидрометрические работы на реках Илин-Биллээх, Джюганьджа, Станция, Дэсовский. В результате полевых работ, проведенных в августе – сентябре 2016 г., по вышеуказанным рекам получены данные по глубинам, площади водного сечения, расхода воды. Определены отметки местности, уровней воды, предварительные проектные горизонты, профили наиболее подходящих гидростворов на рассмотренных реках. Из обследованных рек наиболее подходящие для строительства малой ГЭС гидрологические характеристики имеются на р. Джюганьджа. Несмотря на то, что в стране накоплен достаточно большой опыт проектирования, строительства и эксплуатации малых ГЭС в Республике Саха (Якутия) пока данный вопрос находится на уровне научных разработок.

Ключевые слова: Якутия, река, ручей, гидрометрические работы, гидроствор, малая ГЭС, карта-схема водосбора реки

ON THE POSSIBILITY OF USING SMALL RIVERS HYDROPOWER OF YAKUTIA**Nogovitsyn D.D., Sheina Z.M., Sergeeva L.P.***V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences (SB RAS IPTPN), Yakutsk, e-mail: 25051204@mail.ru*

The possibility to use hydropower resources of small rivers of Yakutia to provide small villages and enterprises with seasonal activities located at a considerable distance from centralized sources of energy with electricity. One of the factors acting in favor of renewable energy sources is the expected increase in the cost of energy from conventional sources. And the delivery of liquid fuel for decentralized villages under new conditions of managing is becoming more expensive. Up to the present moment, the power supply to these consumers is carried out from small petrol stations. Due to its physical and geographical conditions of the area only small part of this number of consumers has opportunities for choice and placement of small hydropower plants. To select the most suitable gauges for the small hydropower plant some small rivers in Verkhoyansky, Kobyaisky and Tomponsky regions of Yakutia have been investigated. Hydrometric work was conducted on the rivers Ilin-Billaakh, Dzhugandzha, Stantsiya, Desovsky. In the result of fieldwork conducted in August-September 2016, data on depth, water area cross-section, water flow were received on the above-mentioned rivers. Levels of terrain and water, preliminary project horizons and profiles of the most suitable gauges on these rivers were specified. The Dzhugandzha River is the most suitable for the construction of a small hydroelectric plant. Despite the fact that the country has accumulated a considerable experience in engineering, construction and operation of small hydropower plants in the Republic of Sakha (Yakutia) the matter is on a stage of research and development.

Keywords: Yakutia, river, stream, hydrometric works, hydro range, small hydropower plant, a schematic map of the river water catchment

Основной целью исследования гидрологических характеристик малых рек в Верхоянском, Кобяйском и Томпонском районах Якутии является возможность использования гидроэнергии этих рек для обеспечения электроэнергией небольших сельских поселений и предприятий, имеющих сезонный характер работы, расположенных на значительном удалении от централизованных источников энергии. В результате гидрометрических работ на реках Илин-Биллээх, Джюганьджа, ручье Безымянный (Дэсовский) получены данные по глубинам

и площади водного сечения, расход воды, а также профиль гидроствора по состоянию на 26 августа, 9 сентября, 12–14 сентября 2016 г. соответственно. Гидрологический режим рек исследуемой территории изучен совершенно недостаточно. На рассматриваемых водотоках наблюдения не проводились. Реки получают питание за счет дождей, таяния снега, подземных вод, а также ледников, наледей и снежников. Основной сток проходит в течение короткого летнего периода. Летние дождевые паводки высокие, но непродолжительные. Минимальный

сток приходится на зиму, когда он совсем прекращается и реки (даже крупные) промерзают до дна. Продолжительность периода промерзания, за исключением крупных рек, достигает 6–8 месяцев. Для зимнего режима рек, кроме промерзания, характерно образование многочисленных, иногда гигантских наледей и полыней.

Река Илин-Биллээх – один из многочисленных малых правых притоков р. Яны, впадает в нее на 774 км от устья. Длина реки 62 км. Площадь водосбора 630 км² (рис. 1). На водосборе 19 озер с общей площадью зеркала 1,32 км². Территория рассматриваемого района относится к Верхоянской горной области.

Климат резко континентальный, с суровой с продолжительной малоснежной зимой и жарким коротким летом. Температура зимой иногда опускается ниже -60°C , а летом нередко поднимается выше $+30^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура -11°C . Средне-

годовое количество осадков в виде дождя и снега минимальное – около 300–350 мм/год. Устойчивый снежный покров устанавливается в начале октября. Ледостав происходит в конце октября. Вскрываются реки во второй половине мая [1, с. 3].

На территории находится один из полюсов холода Верхоянск с рекордно минимальной измеренной температурой -68°C [2]. Наиболее характерные черты климата – большая сухость воздуха, малое количество осадков, большие контрасты температур и незначительная скорость ветра.

Годовые амплитуды температур воздуха достигают по среднемесячным показателям – $63,8^{\circ}$, по абсолютному минимуму и максимуму -103°C .

Лето в межгорных котловинах довольно теплое и засушливое. Днем жарко, в отдельные дни температура достигает 35°C , ночи прохладные или даже холодные, в течение всего лета бывают заморозки и снегопады.

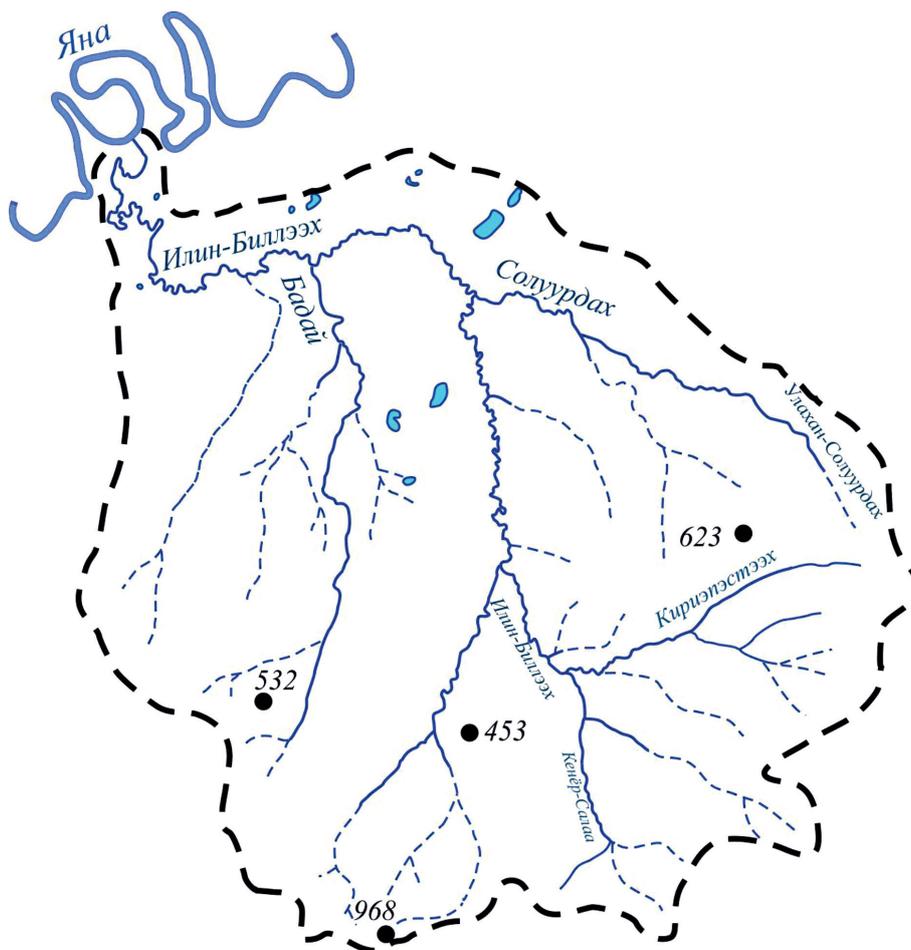


Рис. 1. Карта-схема водосбора площади р. Илин-Биллээх

Продолжительность безморозного периода достигает 70–80 дней, а сумма температур более 10 °С превышает 1000 °, причем наблюдается даже небольшой период (до 15–30 дней) с суммой таких температур выше 1500 °С.

В течение лета выпадает 55–70 мм осадков, а за теплый период (апрель – октябрь) сумма их составляет около 140 мм.

Водный режим рек района характеризуется резким и стройным весенним половодьем с максимумом в середине июня, летними и осенними паводками. Летние паводки в отдельные годы превышают половодье. Летняя межень низкая по водности. Ледостав устойчивый, большой продолжительности. Реки промерзают.

Начало половодья обычно наступает во второй половине мая, а его максимум – в первой половине июня. Продолжительность половодья колеблется около 30–40 дней. Суммарные объемы половодья в среднем составляют около 80 мм, что соответствует 50% годового стока. Максимальные модули стока на реках с площадями водосборов около 1000 км² могут достигать около 300 л/сек. Наблюдаемые максимумы в 30–50 раз превышают величину среднего годового стока. Летне-осенний паводочный период продолжается от 60 до 100 дней.

Наибольшее количество паводков достигает 5–7 случаев в год. Модули наивысших паводков на реках с указанными площадями водосборов (1000 км²) могут доходить летом до 200 л/сек, а осенью – до 60 л/сек.

Средние модули меженного стока в межпаводочные периоды можно оценить примерно в 1 л/сек. За летне-осенний период на реках проходит около 50% годового стока. Продолжительность ледостава примерно 8 месяцев. Почти все реки промерзают до дна.

В засушливой Верхоянской впадине реки очень маловодны. Объемы половодья не превышают здесь 10–15 мм, а годового стока – 40–50 мм. Максимальные модули половодья летних паводков на реках с площадями водосборов 500–600 км² составляют около 100 л/сек.

Река Джюганьджа – левый приток р. Томпо, впадающего в р. Алдан. Впадает в нее на 280 км от устья, длина 41 км, площадь водосбора 204 км². Район исследования расположен в нижнем течении рассматриваемой реки, в 3 км к северо-востоку от села Тополиное Томпонского улуса. Территория находится в среднегорье восточного

Верхоянья. На местности преобладают отметки от 400 до 1000 и более метров (рис. 2). Рельеф – сильно расчлененный с острокопечными горными пиками, достигающими 1673 м (к западу от с. Тополиное) и глубоко врезающимися долинами горных рек. Мощность аллювия в долинах – небольшая. Климат холодно умеренный. Среднегодовая температура –13,5 °С.

Среднегодовая норма осадков – 284 мм [3]. Самый засушливый месяц – январь с осадками 5 мм. Большая часть осадков выпадает в июле, среднее значение – 60 мм. Дата появления снежного покрова – 26 сентября –1 октября. Устойчивый снежный покров формируется с 1 по 6 октября, разрушается с 2 по 16 мая. Высота снежного покрова в среднем по местности достигает 30–40 см [3].

Устойчивый переход температуры воздуха через 10 °С в период подъема температуры наблюдается с 2 по 21 июня; в период падения температуры – с 21 августа до 1 сентября. Продолжительность безморозного периода – от 50 до 70 дней. Первые осенние заморозки случаются в последней декаде августа [3].

Водный режим данного района характеризуется невысоким и расчлененным весенним половодьем с максимумом в середине июня, летними и осенними паводками, превышающими в отдельные годы половодье. Летняя межень высокая по водности, зимняя – низкая. Ледостав большой продолжительности.

Начало половодья на горных реках района наступает в более южных частях в первой половине мая, а в более северных – во второй половине этого месяца. Максимум половодья проходит большей частью в середине июня. Общая продолжительность его колеблется от 50 до 80 дней.

Суммарные объемы половодья, так же как и снегозапасы, увеличиваются с запада на восток от 120 до 300 мм, а объемы годового стока – от 200 до 450 мм. За время половодья стекает около 60% годового стока.

Максимальные модули половодья на реках с площадями водосборов порядка 1000 км² могут достигать в западной части района 500 л/сек, а в восточной – 1500 л/сек. Наблюдаемые максимумы в 25–50 раз превышают средний годовой сток.

Период наледно-дождевого стока продолжается от двух до трех месяцев, суммарный объем этого стока составляет в среднем около 150 мм, или примерно 35% годового стока. В летне-осенний период проходит

5–6 паводков и лишь на отдельных реках число паводков увеличивается до 7–9 (реки Восточная Хандыга, Эбетем). Наивысшие паводочные максимумы на реках с площадями водосборов порядка 1000 км² достигают летом 1000 л/сек, а осенью – 300 л/сек.

Средние модули летних межпаводочных периодов (наледного стока) здесь очень высокие и доходят до 6–14 л/сек; на реках

с отсутствием наледного питания наблюдается низкая межень. Средние модули зимнего стока большей частью колеблются около 0,2 л/сек. В зимний период в среднем стекает около 5% годового стока. Продолжительность зимнего (ледоставного) периода около 8 месяцев. В зависимости от местных условий одни реки ежегодно промерзают до дна, а другие промерзают лишь в отдельные годы.



Рис. 2. Карта-схема водосборной площади р. Джуганджа

Ручей Безымянный (Дэсовский). Объект исследования – два участка речек: 1) участок безымянной речки (далее ручей Дэсовский), впадающей в р. Момья – приток р. Яна четвертого порядка [4]; 2) участок речки Станция, впадающей в оз. Улахан-Силээн-Кюэль. Объекты удалены друг от друга на 4 км. Первый участок лежит в пределах села Себян-Кюель Кобяйского улуса, второй соответственно – в 3,6–4,0 км от села. Участки соединены проселочной автомобильной дорогой длиной 4 км и тропой в 0,5 км.

В районе исследования находятся крупные озера ледникового происхождения: оз. Улахан-Силээн-Кюель, Куччугуй Себян-Кюель, Баянда и другие.

Участок № 1 ручья Дэсовский расположен в 200 м от устья. На правом берегу ручья расположен заросший редколесьем уступ, выше трансформирующийся в скалистый горный склон. По левому берегу – практически ровная поверхность, переходящая в пойму р. Момья. Общая ширина долины р. Момья и ручья Дэсовский в этом створе составляет порядка 500 м. По литологическому составу участок расположен на валунно-галечном материале с суглинисто-супесчаным и песчаным заполнителем, часто перекрытым суглинками и супесями с торфяным покровом.

В горах зимой наблюдаются сильная инверсия температуры и скапливание холодного воздуха в долинах и котловинах. Зимой погода в долинах обычно сухая, безветренная, малоснежная, тогда как в горах дуют сильные ветры, часты метели.

Лето холодное, безморозный период очень короткий (ст. Сюрэн-Кюель – 38 дней) или совсем отсутствует. Наряду с дождями бывают снегопады. Годовое количество осадков составляет 286 мм (ст. Сюрэн-Кюель), причем в течение теплого периода (апрель – октябрь) выпадает 264 мм, а в течение холодного – всего 22 мм. Высота снежного покрова достигает здесь 33 см.

На ручье для выполнения гидрометрических работ выбрано 2 гидроствора. На гидростворе 1 измерены 2 профиля, а также приведены глубины и площадь водного сечения гидроствора 1 и расход воды.

Участок № 2 р. Станция находится в 400 м от устья. Ручей без названия (рабочее название Станция) – приток оз. Улахан-Силээн-Кюель, длиной 7 км с площадью водосбора 6,9 км². Так же как р. Джюганьджа и руч. Дэсовский, относится к району Верхояно-Колымской складчатой области [5].

Рельеф расчлененный, участок находится в ложе V-образного ущелья с склонами из

массивных скальных выступов. Ложе долины сложено валунно-галечным материалом.

Выводы

1. На реке Илин-Биллээх мощность микроГЭС может составить даже при малой воде 30–40 кВт. Перепад высот уровней воды создается спрямлением одной из многочисленных излучин в низовье р. Илин-Биллээх, но при спрямлении русла в условиях многолетней мерзлоты появятся дополнительные затраты.

2. На реке Джюганьджа можно поставить микроГЭС мощностью 40 кВт и более в зависимости от расхода воды. Исследованный гидроствор имеет очень широкую пойму, поэтому в последующем необходимо выбрать гидроствор выше по течению.

3. Руч. Станция может быть использован для выработки энергии на малой ГЭС только в период летних паводков и весенних наводнений.

Таким образом из рассматриваемых гидростворов наиболее приемлемой для строительства малой ГЭС является река Джюганьджа.

Список литературы

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Q-52. Верхоянские цепи. Объяснительная записка, с. 3. URL: <http://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/q-52-verhoyanskije-cepi-geologicheskaya-karta-trete-pokolenie-verhoyano-kolymsk.pdf> (дата обращения: 01.11.2017).
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Вып. 24. Якутская АССР. Книга 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 597 с.
3. Климат: Тополиное [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.climate-data.org/location/323530/> (дата обращения: 01.11.2017).
4. По данным государственного водного реестра [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=255991> (дата обращения: 01.11.2017).
5. Шестакова А.А. Опыт составления инженерно-геологической карты Республики Саха (Якутия) масштаба 1:1 500 000 / А.А. Шестакова, В.Б. Спектор, Я.И. Торговкин, В.В. Спектор // Наука и образование. – 2016 – № 2 – С. 53–57.

References

1. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000 (trete pokolenie). Serija Verhojano-Kolymskaja. List Q-52. Verhojanskije cepi. Objasnitelnaja zapiska, s. 3. URL: <http://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/q-52-verhoyanskije-cepi-geologicheskaya-karta-trete-pokolenie-verhoyano-kolymsk.pdf> (data obrashhenija: 01.11.2017).
2. Nauchno-prikladnoj spravocchnik po klimatu SSSR. Serija 3. Mnoioletnie dannije. Chasti 1–6. Vyp. 24. Jakutskaja ASSR. Kniga 1. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 597 p.
3. Klimat: Topolinoe [Elektronnyj resurs]. URL: <http://ru.climate-data.org/location/323530/> (data obrashhenija: 01.11.2017).
4. Po dannym gosudarstvennogo vodnogo reestra [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=255991> (data obrashhenija: 01.11.2017).
5. Shestakova A.A. Opyt sostavlenija inzhenerno-geologicheskij karty Respubliki Saha (Jakutija) masshtaba 1:1 500 000 / A.A. Shestakova, V.B. Spektor, Ja.I. Torgovkin, V.V. Spektor // Nauka i obrazovanie. 2016 no. 2 pp. 53–57.

УДК 911.2:550.4(571.53/.55)

РЕФУГИАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЯ**Ноговицына М.А.***ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: 25051204@mail.ru*

Южное Прибайкалье располагается на стыке Южно-Сибирской горной и Байкало-Джугджурской горнотаежной физико-географических областей, также сюда проникают представители Центрально-Азиатской сухостепной, Северо-Азиатской лесостепной областей. Кроме того, данная территория имеет длительную историю развития с многократными тектоническими и климатическими изменениями. В связи с этим здесь формируются геосистемы со сложной пространственно-временной самоорганизацией и специфическими механизмами функционирования. На территории Южного Прибайкалья было выявлено два основных типа рефугиальных геосистем: геотермальных источников и степной биоты Тункинской ветви котловин, неморального комплекса речных долин и террас северного макросклона хр. Хамар-Дабан. Рефугиальные геосистемы неморального комплекса речных долин и террас хр. Хамар-Дабан сохранились благодаря воздействию водной массы оз. Байкал, которое сказывается на сравнительно узкой прибрежной полосе побережья по долинам рек: сниженная континентальность климата, избыточное увлажнение, мощный снежный покров. Рефугиальные геосистемы геотермальных источников и степной биоты Тункинской ветви котловин функционируют за счет повышенной теплообеспеченности, контрастности условий, а также за счет микроклиматических изменений территорий, прилегающих к выходам термальных вод. В целом рефугиальные геосистемы Южного Прибайкалья весьма разнообразны и вносят существенный вклад в биоразнообразие региона. В них поддерживается существование ряда реликтовых растений, не характерных для данной физико-географической ситуации. Рефугиальные геосистемы – уникальные объекты и представляют собой особый интерес для изучения современного состояния геосистем, эволюционных и палеогеографических реконструкций, для разработки вариантов развития природной среды в будущем. Комплексное изучение рефугиальных геосистем позволяет выявить их структуру и взаимосвязи компонентов.

Ключевые слова: Южное Прибайкалье, рефугиум, рефугиальные геосистемы, биота, реликт, Хамар-Дабан, Тункинская ветвь котловин

REFUGIA GEOSYSTEMS OF THE SOUTH PRIBAIKAL'E**Nogovitsyna M.A.***V.B. Sochava Institute Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail:25051204@mail.ru*

Southern Baikal region is located at the junction of the South-Siberian and Baikal mountain-the mountain-taiga Dzhugdzhurski physico-geographical regions, is also coming in through the representatives of the Central Asian steppe, the North Asian steppe. In addition, the area has a long history of development with multiple tectonic and climatic changes. In this regard, there are formed geosystems with complex spatial-temporal self-organization and specific mechanisms. On the territory of the southern Baikal region revealed two main types of geosystems revealing: geothermal sources and steppe biota of the Tunka branch basins, nemoral complex of river valleys and terraces of the northern macroslope of Khamar-Daban. Refugial geosystems nemoral complex of river valleys and terraces of the ridge Khamar-Daban is preserved due to the effect of water mass of the lake. Baikal, which affects a relatively narrow coastal strip coast them through the valleys of the rivers: reduced continentality of climate, excessive moisture, thick snow cover. Revealing geosystems geothermal sources and steppe biota of the Tunka branch basins are functioning due to the increased heat provision, contrast conditions, and by microclimatically changes in the areas adjacent to the outlets of thermal waters. Refugiarse geosystems – unique objects, and are of particular interest to one studying the modern condition of geosystems, evolutionary and paleogeographical reconstructions, to develop options for the development of the natural environment in the future. A comprehensive study revealing geosystems allows us to identify their structure and interconnection of components.

Keywords: southern Baikal region, refugium, refugial geosystems, biota, relicts of the Khamar-Daban, Tunka branch basins

Южное Прибайкалье характеризуется большим разнообразием и контрастностью геосистем на близко расположенных участках, что обусловлено доминирующими биогеографическими комплексами на протяжении всего кайнозоя.

При многократных изменениях природной среды отдельные компоненты геосистем (чаще всего представители флоры и фауны) сохранялись в качестве реликтовых в рефугиумах.

Рефугиумы – «убежища», небольшие территории со специфическими природными условиями, в которых различные виды

представителей флоры и фауны переживают (или пережили в прошлом) неблагоприятные для них геологические и климатические периоды времени. Существование рефугиума определяет относительную стабильность природных условий в нем, нивелирование всевозможных экстремальных флуктуаций и колебаний.

Рефугиальные геосистемы – это прежде всего геосистемы топологического уровня, занимающие относительно небольшие площади, с особыми физико-географическими условиями, благоприятные для сохранения отдельных видов флоры и фауны.

В рефугиальных геосистемах одни виды сохраняются в равновесном состоянии, т.е. в течение длительного периода времени не испытывают эволюционные изменения. Однако другие виды могут испытывать незначительные эволюционные изменения, поскольку обитание разных видов в рефугиуме связано с изолированностью их от основного ареала.

Биота рефугиальных геосистем значительно отличается от биоты геосистем, свойственной широтной или высотно-поясной зонам, т.е. рефугиальные геосистемы являются экстразональными и представляют большой интерес для изучения. Часто биота рефугиальных геосистем сочетает в себе реликтовые и эндемичные виды, уникальные не только для Сибири, но и для России в целом.

Южное Прибайкалье располагается на стыке Байкало-Джугджурской горнотаежной и Южно-Сибирской горной физико-географических областей, также сюда проникают представители Северо-Азиатской лесостепной и Центрально-Азиатской сухостепной областей. Кроме того, данная территория характеризуется сочетанием четырех структур, резко отличающихся между собой и находящихся под влиянием развития Байкальской рифтовой зоны: озера Байкал, Тункинской ветви котловин, Восточного Саяна, хребта Хамар-Дабан и имеет длительную историю развития с многократными тектоническими и климатическими изменениями. В связи с этим здесь формируются геосистемы со сложной пространственно-временной самоорганизацией и специфическими механизмами функционирования.

Цель исследования – выявить основные типы рефугиальных геосистем Южного Прибайкалья. Для достижения поставленной цели были использованы методы комплексных физико-географических исследований, материалы полевых маршрутных наблюдений, проводился анализ литературных и картографических источников.

Результаты исследования и их обсуждение

На территории Южного Прибайкалья было выявлено два основных типа рефугиальных геосистем: геотермальных источников и степной биоты Тункинской ветви котловин, неморального комплекса речных долин и террас северного макросклона хр. Хамар-Дабан.

Рефугиальные геосистемы северного макросклона хр. Хамар-Дабан. Северный

макросклон хр. Хамар-Дабан характеризуется сравнительно мягкими пологими очертаниями рельефа и достигает абсолютных высот 2994 м. На современный облик рельефа хребта Хамар-Дабан большое влияние оказали древняя пенепленизация, четвертичное горное оледенение, интенсивное выветривание и базальтовые покровы [1].

Для хребта Хамар-Дабан, в распределении почв по вертикали, выражена гумидная структура: типы почв, свойственные лесостепной и степной зонам, отсутствуют [2]. Отличительная черта почвенного покрова хребта – наличие буроземов. На их формирование оказал влияние относительно мягкий климат данной местности [3]. Буроземы не характерны для умеренно-теплого климата, а свойственны для широколиственных и хвойно-широколиственных лесов. На Хамар-Дабане буроземы сосредоточены главным образом в средней части горно-лесного пояса в пихтовых и кедрово-пихтовых лесах (зачастую перемежающихся с тополевыми) с крупно- и широколиственным покровом. Особый терморегим этих почв способствовал сохранению реликтовых растений.

Для северного макросклона хр. Хамар-Дабан свойственно значительное разнообразие в пространственном распределении климата, что связано с особенностями простирающегося хребта. В зависимости от термического влияния оз. Байкал, ориентации склонов и абсолютной высоты местности, в пределах северного макросклона хр. Хамар-Дабан выделяют 4 типа мезоклимата [4]. Наибольшее количество осадков отмечается на наветренных склонах хребта Хамар-Дабан и варьируется от 520 (Култук, Слюдянка) до 1450 мм (Снежная, Хамар-Дабан) в год [5].

Влияние оз. Байкал сказывается лишь на сравнительно узкой прибрежной полосе побережья им по долинам крупных рек – озеро ослабляет континентальность климата; также благодаря оз. Байкал на наветренных западных склонах Хамар-Дабана выпадает значительное количество осадков, что в зимний период обеспечивает мощный снежный покров. Совокупность этих условий обеспечивает сохранение здесь реликтовых видов, прежде всего неморальной биоты.

В настоящее время рефугиальные геосистемы в пределах Хамар-Дабана приурочены прежде всего к долинам рек и надпойменным террасам. Это такие реки, как Слюдянка, Безымянная, Утулик, Солзан, Хара-Мурина, Паньковка, Снежная. Здесь

перемежаются пихтовые и тополевые леса с крупнотравным, крупноразнотравным и широколиственным покровом. Прослеживается связь между пихтарниками и широколиственно-хвойными лесами плиоцена. Тополевые леса, так же как и пихтарники, имеют в своем составе ряд неморальных реликтов неоген-палеогенового периодов [6]. Прежде всего, это реликтовые виды растений, такие как арсеньевия байкальская (*Arsenjevia baicalensis*) (рисунок), вальдштейния тройчатая (*Waldsteinia ternata*), душистый ясенник (*Asperula odorata*), горный пузырник (*Cystopteris montana*), анемоидес алтайский (*Anemonoides altaica*), кипрей горный (*Botrichium virginianum*), подмаренник трехцветковый (*Galium triflorum*), вероника лекарственная (*Veronica officinalis*), примула Палласа (*Primula pallasii*), волчник обыкновенный (*Daphne mezereum*), сныть широколистная (*Aegopodium latifolium*), селезеночник байкальский (*Chrysosplenium baicalense*), хохлатка прицветковая (*Corydalis bracteata*), борец Сукачева (*Aconitum sukaczewii*), многорядник копьевидный (*Polystichum lonchitis*), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas Schott*), ореоптерис горный (*Oreopteris limbosperma*), мятлик расставленный (*Poa rtmota*), осока Ханкока (*Carex nancockiana*), подмаренник трехцветковый (*Galium triflorum*), ятрышник шлемоносный (*Orchis militaris*), гроздовник многораздельный (*Botrychium multifidum*).

Рефугиальные геосистемы геотермальных источников и степной биоты Тункинской ветви котловин. Тункинская ветвь котловин (Тункинская, Торская, Хойтогорльская, Мондинская, Туранская, Быстринская) ограничена с севера системой Тункинского и Мондинского разломов и выражается в рельефе крутым переходом южного склона хр. Тункинские гольцы в северный борт Тункинской впадины; с юга – зоной коротких разломов северо-западного и субширотного простираний, выраженных в рельефе менее четко [7]. Средняя высота котловин составляет 700–1430 м [8]; котловины отличаются мощным слоем флювиогляциальных и ледниковых отложений, из-под которых местами выступают вулканические конусы, холмы и гряды, сложенные базальтами и шлаками, которые встречаются восточнее р. Кынгарги и вдоль склонов Хамар-Дабана.

Среднегодовые значения температуры воздуха изменяются в пределах от $-1,5^{\circ}\text{C}$ (Аршан) до $-3,8^{\circ}\text{C}$ (Кырен). Осадки рас-

пределены крайне неравномерно: от 360 мм в центральной части (Монды) до 550 мм у подножия Тункинских гольцов (Аршан) [5].

Одной из природных особенностей Тункинской ветви котловин являются многочисленные выходы на поверхность минеральных термальных вод. Мощные выходы геотермальных вод оказывают влияние на микроклимат примыкающих территорий, обуславливая развитие здесь рефугиальных геосистем и в целом формирование геосистем, свойственных более южным природным зонам.



Арсеньевия байкальская (*Arsenjevia baicalensis*). Неморальный реликт лесов третичного периода в долине реки Снежной (фото автора)

Крупные выходы термальных вод сосредоточены вблизи таких населенных пунктов, как Жемчуг, Аршан, Нилова Пустынь; также существует множество холодных железистых и сероводородных источников. В Тункинской ветви котловин в состав биоты рефугиальных геосистем геотермальных источников входят следующие реликтовые растения: кривокучник сибирский (*Camptosorus sibiricus*), гроздовник ланцетовидный (*Botrychium lanceolatum*), гроздовник виргинский (*Botrychium virginianum*), гусиный лук зернистый (*Gagea granulosa*), мегадения Бардунова (*Megadenia bardunovii*), ятрышник шлемоносный (*Orchis militaris*), эвтрема сердцелистная (*Eutrema cordifolium*), ужомник обыкновенный (*Ophioglossum vulgatum*). Выходы геотермальных и минеральных вод оказывают влияние не только на прилегающие территории, но и на более или менее значительно удаленные [9].

Чем выше общая теплообеспеченность территории рефугиальных геосистем, тем ярче реликтовые черты таких геосистем. Территории с максимальной теплообеспеченностью занимают рефугиальные геосистемы степной биоты. Происходит сочетание резко различных по увлажнению ландшафтных условий – сухость воздуха с высокими летними температурами воздуха, заболоченность почв (Тункинская котловина).

В пределах районов с повышенной теплообеспеченностью развиты рефугиальные степные сообщества, такие как криофитные степи с овсяницей Крылова (*Festuca kryloviana*), песчаные с кострцом Короткого (*Bromopsis korotkiji*), а также такие реликтовые компоненты, как горечавка лежащая (*Gentiana decumbens*), пустынная красивая (*Eremogone formosa*), прострел сомнительный (*Pulsatilla ambigua*), карагана гривастая (*Caragana jubata*) и др. [5].

Заключение

Подводя итог можно заключить, что рефугиальные геосистемы неморального комплекса речных долин и террас хр. Хамар-Дабан сохранились благодаря воздействию водной массы оз. Байкал, которое сказывается на сравнительно узкой прибрежной полосе побережья им по долинам рек: сниженная континентальность климата, избыточное увлажнение, мощный снежный покров.

Рефугиальные геосистемы геотермальных источников и степной биоты Тункинской ветви котловин функционируют за счет повышенной теплообеспеченности, контрастности условий, а также за счет микроклиматических изменений территорий, прилегающих к выходам термальных вод.

В целом рефугиальные геосистемы Южного Прибайкалья весьма разнообразны и вносят существенный вклад в биоразнообразие региона. В них поддерживается существование ряда реликтовых растений, не характерных для данной физико-географической ситуации.

Рефугиальные геосистемы – уникальные объекты и представляют собой особый интерес для изучения современного состояния геосистем, эволюционных и палеогеографических реконструкций, для разработки вариантов развития природной среды в будущем. Комплексное изучение рефугиальных геосистем позволяет выявить их структуру и взаимосвязи компонентов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-05-00902.

Список литературы

1. Котовщикова М.А. Развитие геосистем Южного Прибайкалья в условиях рифтогенеза / М.А. Котовщикова // География и природные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 54–61.
2. Мартынов В.П. Почвы горного Прибайкалья / В.П. Мартынов. – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1965. – 165 с.
3. Белозерцева И.А. Особенности почвенного покрова северо-восточного склона хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье) / И.А. Белозерцева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11–6. – С. 1077–1080.
4. Трофимова Е.И. Климатическая организация горной системы Хамар-Дабан / Е.И. Трофимова, А.С. Бальбина // Исследования территориальных систем: теоретические, методологические и прикладные аспекты / Материалы Всероссийской научной конференции – Киров: Изд-во «Лобань», 2012. – С. 130–131.
5. Ноговицына М.А. Самоорганизация геосистем Южного Прибайкалья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Иркутск, 2016. – 24 с.
6. Моложников В.Н. Растительные сообщества Прибайкалья / В.Н. Моложников – Новосибирск: Наука, 1986. – 270 с.
7. Щетников А.А. Морфотектоника юго-западного Прибайкалья и Прихубсугулья / А.А. Щетников // Известия Сибирского отделения РАН. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. – 2016. – № 3 (56). – С. 134–143.
8. Выркин В.Б. Экзогенные процессы и тенденции современного преобразования рельефа котловин байкальского типа / В.Б. Выркин // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований / Труды Всероссийской научной конференции с международным участием. – Казань: Изд-во Бриг, 2009. – С. 37–40.
9. Тахтеев В.В. Основные особенности и формирование водной и наземной биоты термальных и минеральных источников Байкальского региона / В.В. Тахтеев, А.С. Пleshанов, И.Н. Егорова, Е.А. Судакова, Г.Л. Окунева, Г.И. Помазкова, Т.Я. Ситникова, Л.С. Кравцова, Н.А. Рожкова, А.В. Галимзянова // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 33–37.

References

1. Kotovshnikova M.A. Razvitiye geosistem Juzhnogo Pribajkalya v usloviyah riftogeneza / M.A. Kotovshnikova // Geografija i prirodnye resursy. 2014. no. 2. pp. 54–61.
2. Martynov V.P. Pochvy gornogo Pribajkalya / V.P. Martynov. Ulan-Udje: Burjat. kn. izd-vo, 1965. 165 p.
3. Belozerceva I.A. Osobennosti pochvennogo pokrova severo-vostochnogo sklona hrebta Hamar-Daban (Juzhnoe Pribajkale) / I.A. Belozerceva // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2016. no. 11–6. pp. 1077–1080.
4. Trofimova E.I. Klimaticheskaja organizacija gornoj sistemy Hamar-Daban / E.I. Trofimova, A.S. Balybina // Issledovanija territorialnyh sistem: teoreticheskie, metodologicheskie i prikladnye aspekty / Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii Kirov: Izd-vo «Loban», 2012. pp. 130–131.
5. Nogovicyna M.A. Samoorganizacija geosistem Juzhnogo Pribajkalya: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Irkutsk, 2016. 24 p.
6. Molozhnikov V.N. Rastitelnye soobshhestva Pribajkalya / V.N. Molozhnikov Novosibirsk: Nauka, 1986. 270 p.
7. Shhetnikov A.A. Morfotektonika jugo-zapadnogo Pribajkalya i Prihubsugulja / A.A. Shhetnikov // Izvestija Sibirskogo otdelenija RAEN. Geologija, razvedka i razrabotka mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. 2016. no. 3 (56). pp. 134–143.
8. Vyrkin V.B. Jezzogennye processy i tendencii sovremennogo preobrazovanija relefa kotlovin bajkalskogo tipa / V.B. Vyrkin // Okruzhajushhaja sreda i ustojchivoje razvitiye regionov: novye metody i tehnologii issledovanij / Trudy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kazan: Izd-vo Brig, 2009. pp. 37–40.
9. Tahteev V.V. Osnovnye osobennosti i formirovanie vodnoj i nazemnoj bioty termalnyh i mineralnyh istochnikov Bajkalskogo regiona / V.V. Tahteev, A.S. Pleshanov, I.N. Egorova, E.A. Sudakova, G.L. Okuneva, G.I. Pomazkova, T.Ja. Sitnikova, L.S. Kravcova, N.A. Rozhkova, A.V. Galimzjanova // Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija «Biologija. Jeologija». 2010. T. 3, no. 1. pp. 33–37.

УДК 622.02/.271:551.34

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ БЛОКАМИ АКТИВНОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

Панишев С.В.

*Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, Якутск,
e-mail: s.v.panishev@igds.ysn.ru, bsdpv@mail.ru*

Дана обобщенная характеристика открытого способа разработки месторождений, включающая перечень необходимых и обязательных процессов горных работ. Перечислены основные способы подготовки мерзлого массива горных пород к дальнейшей разработке, нашедшие наибольшее применение в практике эксплуатации россыпных месторождений криолитозоны, такие как буровзрывное или механическое рыхление с использованием различных рыхлительных агрегатов, естественное оттаивание под действием солнечной радиации, искусственное оттаивание мерзлых горных пород гидроилловым методом, способ гидравлического оттаивания с использованием питающей и дренажной канав с созданием наклонных фильтрационных дренажных каналов, способ подготовки мерзлых пород россыпных месторождений к промывке с использованием теплообразующего реагента и другие способы подготовки. Указан общий недостаток вышеописанных технологических приемов ведения горных работ с использованием классических элементов открытых горных работ: положительный эффект растепления, разупрочнения массива под воздействием солнечной инсоляции осуществляется здесь путем использования одной или двух поверхностей обнажения – обычно это поверхность полигона, или откос и площадка уступа. Рассмотрен способ подготовки горных пород к выемке в условиях открытой разработки месторождений криолитозоны, предполагающий усиление воздействия солнечной инсоляции на массив многолетнемерзлых горных пород, а соответственно, его разупрочнение, создание зон интенсивного тепломассопереноса в горных породах путем формирования блоков активного климатического воздействия. Изложены основные задачи исследований, которые необходимо решить для оценки эффективности предлагаемой технологии ведения горных работ.

Ключевые слова: карьер, криолитозона, подготовка горных пород к выемке, оттайка, разупрочнение, блоки активного климатического воздействия

TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF EFFICIENCY OF PREPARATION OF ROCKS FOR EXCAVATION BLOCKS ACTIVE CLIMATE IMPACT IN TERMS OF OPEN PIT MINING OF DEPOSITS OF PERMAFROST ZONE

Panishev S.V.

*Mining Institute of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk,
e-mail: s.v.panishev@igds.ysn.ru, bsdpv@mail.ru*

A generalized characteristic of the open method for the development of deposits, including a list of necessary and mandatory mining processes is given. Lists the main methods of preparation of frozen rocks to the further development, which has found greatest application in the exploitation of placer deposits of the permafrost zone, such as drilling and blasting or mechanical tillage using various ripping units, natural thawing under the action of solar radiation, artificial thawing of frozen rocks gidropony method, the hydraulic method of thawing using the supply and drainage ditches, with the creation of oblique filtration drainage canals the method of preparing the frozen rocks of alluvial deposits washed out with the use of heat-producing reagent, and other methods of preparation. Set the total disadvantage of the above technological methods of mining using the classical elements of the career space: the positive effect of unfreezing, softening of the array under the influence of solar insolation carried out here by using one or two surfaces of outcrops – usually the surface of the ground, or the slope and the platform of the ledge. The method of preparation of rocks for excavation in open fields development in permafrost zone, suggesting the impact of solar insolation on the array of permafrost rocks, and consequently weakening, the establishment of zones of intensive heat and mass transfer in rocks by forming blocks of active climate impact. The main tasks of research that need to be solved to assess the effectiveness of the proposed mining technology are outlined.

Keywords: open-cast mining, permafrost, preparation of rocks for excavation, thawing, softening, blocks active climate impact

Республика Саха (Якутия) – самый крупный территориальный субъект Российской Федерации, а вся территория Якутии входит в зону многолетней мерзлоты. Значительная часть бюджета республики формируется за счет минерально-сырьевого комплекса, что предопределяет широкое развитие горных работ на ее территории и нахождение в от-

работке множества месторождений. При этом следует отметить, что по имеющимся данным ученых-экологов на 63% суши Земли, пригодной для освоения, природные экосистемы уже разрушены (или уничтожены), что не позволяет сохранять благоприятную экологическую обстановку в ряде регионов [1]. Поэтому разработка и обо-

снование технических решений, направленных на повышение эффективности горных работ, снижение экологической нагрузки на окружающую среду является актуальной и важной задачей.

Целью данного исследования явилась разработка стратегии обоснования эффективности способа открытой разработки месторождений криолитозоны с новым элементом карьерного пространства – блоками активного климатического воздействия, обеспечивающего снижение себестоимости ведения горных работ и уменьшение негативного влияния на окружающую среду.

Исходным материалом для аналитического исследования явилась совокупность технологий, способов подготовки и разработки грунтов в условиях криолитозоны.

Исследованиями многих ученых установлено, что прочность пород различного гранулометрического состава возрастает с понижением температуры. Так, например, Н.А. Цытовичем определено увеличение прочности глинистых грунтов более чем в 8 раз при понижении температуры до -10°C [2]. Экстремальные суровые климатические условия и многолетняя мерзлота значительно осложняют ведение горных работ в таких условиях и требуют особого подхода к технологическим решениям, которые должны базироваться на прогнозе и учете температурно-механического состояния массива пород при технологических воздействиях, обосновании способов подготовки и разработки многолетнемерзлых пород к выемке и их разупрочнению.

Основными способами подготовки мерзлых пород к разработке в таких условиях являются естественная и искусственная оттайка, механическое и взрывное рыхление.

Способы подготовки путем естественной и искусственной оттайки основаны на учете известных распределений температуры в горных породах, в зависимости от глубины в различные периоды времени и зависимостях сопротивления мерзлых грунтов на изгиб разрыв и сжатие от их температуры [2–4]. Самый простой и дешевый способ разупрочнения мерзлых пород – это естественное оттаивание многолетнемерзлых пород под воздействием солнечной радиации. Он широко применяется в сочетании с послойным оттаиванием, когда требуется осуществить ускоренную оттайку на максимальную мощность. Интенсивность оттайки зависит от частоты снятия талого слоя, который рекомендуется снимать не реже 1

раза в сутки. Такое оттаивание позволяет разрабатывать россыпные месторождения до глубины 6–8 м.

Искусственная оттайка предполагает затопление поверхности, игловую гидрооттайку, фильтрационно-дренажную оттайку, оттайку при помощи электрического тока, комбинированные способы оттайки, оттаивание открытым огнем и еще множество различных комбинаций технических решений.

Наиболее распространенным методом здесь является гидроигловой, нашедший наибольшее применение на дражных полигонах. Это позволяет интенсифицировать технологические процессы и увеличить глубину открытой разработки россыпи.

В условиях, когда коэффициент фильтрации рыхлых отложений, слагающих торфа, превышает 50 м/сутки, применяют фильтрационно-дренажную оттайку, которая может применяться при подготовке пород к выемке.

Так, например, известен способ гидравлического оттаивания включающий удаление почвенно-растительного слоя на оттаиваемом участке, сооружение параллельных питающих и дренажной канавы, пробуривание между ними линейных рядов скважин, размещение в нижних и верхних частях скважин рассредоточенных зарядов ВВ. Глубина скважин и масса зарядов ВВ увеличиваются в направлении от питающей к дренажной канаве. Взрывание зарядов ВВ производят с замедлением от верхнего заряда к нижнему и с замедлением в направлении от питающей канавы к дренажной, создавая таким образом наклонные фильтрационные каналы в массиве мерзлых горных пород и обеспечивая оттаивание пород путем движения подогретой за счет солнечной энергии воды через питающую канаву и фильтрационные каналы к мерзлым породам [5].

Из способов подготовки пород к выемке с гидравлической оттайкой заслуживает внимание изобретение [6]. На практике, подача жидкости на подготавливаемый полигон, осуществляемая по наземным коммуникациям, часто осложнена рельефными условиями, удаленностью водных источников, неустойчивостью лежащих на дневной поверхности оттаявших пород и т.д. Для упрощения подачи жидкости на подготавливаемый полигон предложено жидкость подавать с аэростатического аппарата, размещенного над подготавливаемым полигоном.

Авторами [7] предложен способ подготовки мерзлых россыпных месторождений к промывке, включающий удаление верхнего слоя грунта до металлосодержащих песков и оттайку мерзлого грунта распределенным на его поверхности теплообразующим реагентом – плавом хлоридов в сухом виде.

Механическое рыхление с использованием бульдозерно-рыхлительных агрегатов широко распространено при разработке крепких, глинистых, мерзлых, цементированных и рыхлых пород. Здесь различают мелкое рыхление (на глубину 0,2–0,5 м) и глубокое рыхление – на глубину более 0,5 м. Цель мелкого рыхления – повышение интенсивности естественной оттайки и облегчение послонной отработки цементированных или глинистых пород. Глубокое рыхление применяют на вскрышных работах, а также при проведении открытых выработок различного назначения.

При взрывных работах различают мелкошпуровое рыхление, рыхление взрывными скважинами и взрывными выработками. Буровзрывное рыхление нашло наибольшее применение на вскрышных и горно-подготовительных работах.

Результаты исследований по разупрочнению, подготовке мерзлых пород к выемке и разработке мерзлых россыпей изложены во многих работах [8–10].

Вопрос обоснования эффективных технологических решений актуален на любом этапе открытых горных работ. Главная задача обоснования технических решений при открытой разработке месторождения всегда одна – найти оптимальный (рациональный) способ подготовки, выемки, транспортировки горной массы, обеспечивающий максимальное соотношение между полезным эффектом и затратами на его получение.

Путей обоснования рациональных технических решений может быть множество, но при этом для открытого способа разработки характерны такие общие, базовые закономерности, как цикличность развития горных работ, динамичность рабочих забоев, соразмерность и динамичность развития горных работ на смежных уступах карьера, которые в обязательном порядке отражаются при проектировании карьеров [11].

Анализ основных способов подготовки мерзлых пород к выемке показывает, что самым простым и малозатратным способом подготовки пород к выемке является естественная оттайка. Недостаток данного способа – ограничение по глубине оттаявшего слоя и зависимость от климатических условий.

Воздействие солнечной радиации распространяется только на поверхность полигона.

Искусственная оттайка предполагает интенсификацию этого процесса по глубине полигона путем использования различных способов и средств. Недостаток – дополнительные материальные затраты по отношению к способу разупрочнения пород путем естественной оттайки.

Механическое рыхление предполагает воздействие на массив в поверхностном слое породы на заданную величину. Недостаток – негативное экологическое воздействие и материальные затраты.

Взрывное рыхление предполагает воздействие разрушения на заданную глубину. Недостаток – негативное экологическое воздействие, материальные затраты, ограничение по возможности применения на алмазоносных россыпных месторождениях (по критерию сохранности кристаллов алмазов).

Анализ технологий, способов подготовки и разработки грунтов в условиях криолитозоны показал, что возможности использования солнечной радиации как самого дешевого способа воздействия на массив многолетнемерзлых пород можно значительно расширить. Все вышеописанные технологические приемы ведения горных работ и способы подготовки многолетнемерзлых пород к выемке в условиях Севера с использованием классических элементов карьерного пространства имеют один общий недостаток: положительный эффект растепления, разупрочнения массива под воздействием солнечной инсоляции осуществляется путем использования одной или двух поверхностей обнажения – обычно это поверхность полигона или откос и площадка уступа.

На рис. 1 на примере одного из месторождений центральной Якутии показана динамика температурных полей в массиве многолетнемерзлых пород [12].

Воздействие солнечной инсоляции на массив многолетнемерзлых горных пород, а соответственно, его разупрочнение можно усилить, создавая зоны интенсивного теплопереноса в горных породах путем формирования новых элементов карьерного пространства – блоков активного климатического воздействия (далее – блоки АКВ) [13].

И в данном случае блок АКВ в поперечном сечении имеет уже не одну-две поверхности обнажения, а три, что при определенных условиях оказывает существенное влияние на его термомеханическое состояние (рис. 2).



Рис. 1. Температура массива многолетнемерзлых пород по глубине наблюдательной скважины в течение года

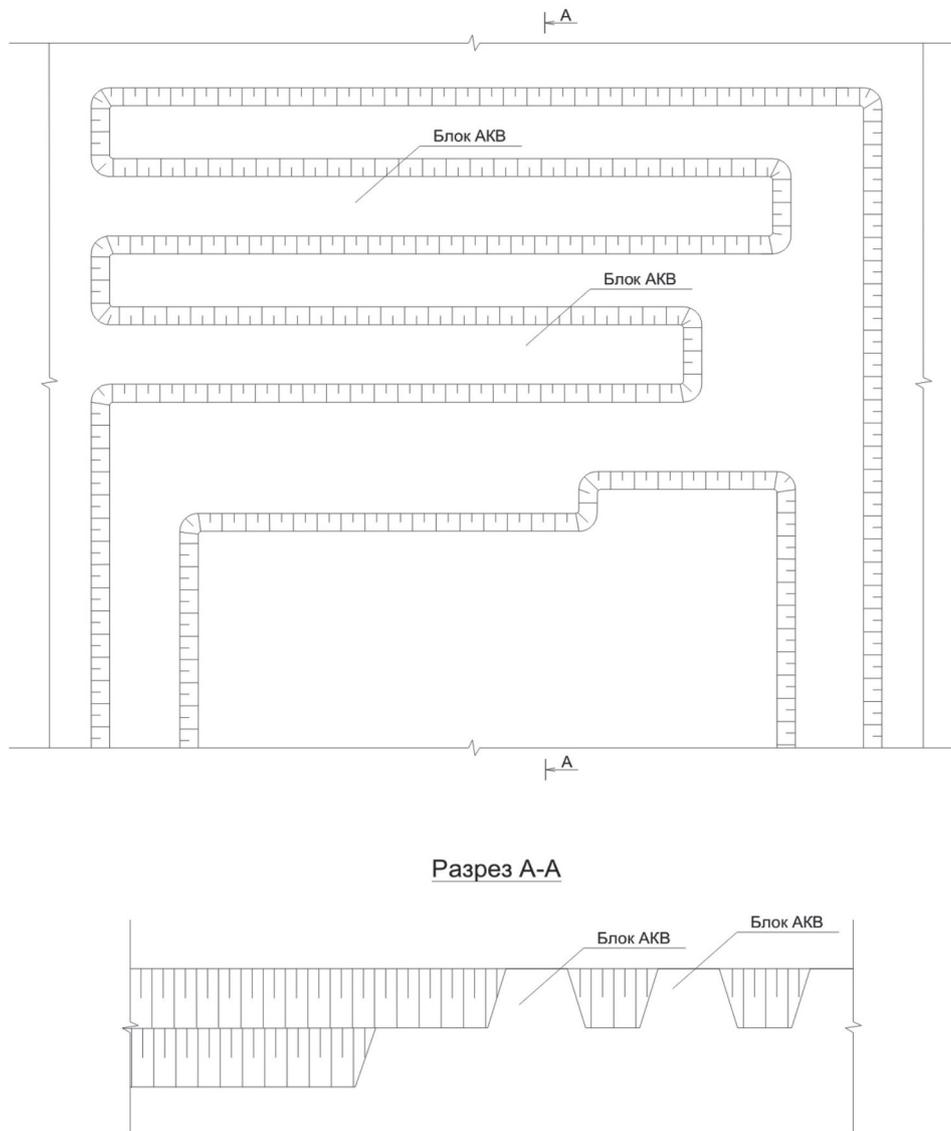


Рис. 2. Подготовка горных пород к выемке блоками активного климатического воздействия

Предлагаемый способ открытой разработки месторождений криолитозоны с новым элементом карьерного пространства – блоками активного климатического воздействия включает подготовку земной поверхности, горно-капитальные и горно-подготовительные работы, вскрышные и добычные работы, подготовку пород к выемке (бурение, зарядание, взрывание), выемочно-погрузочные работы, перемещение горной породы (транспорт пустых вскрышных пород и полезного ископаемого), и отвалообразование. В процессе подготовки очередного горизонта создают зоны интенсивного тепломассопереноса в горных породах в виде блоков активного климатического воздействия (блоки АКВ) путем прохождения выработок, служащих для создания дополнительной обнаженной поверхности блока АКВ.

Параметры блоков, время их формирования и отработки определяют с учетом температурно-климатических характеристик района работ, теплофизических свойств горных пород, характеристик горно-добычного оборудования во взаимосвязи со степенью разупрочнения массива пород в блоке.

Такое конструирование рабочей зоны карьера создает возможность управления термомеханическим состоянием массива мерзлых пород путем оптимизации параметров блоков АКВ и является новым с точки зрения проектирования открытых разработок на месторождения криолитозоны.

Предлагаемая технология ведения горных работ обладает следующими преимуществами:

- управляемость состоянием массива пород в блоке достаточно высока за счет дополнительной свободной поверхности и возможности применения для его оттайки и разупрочнения различных способов и средств в наиболее благоприятных условиях;

- интенсифицируется тепломассоперенос в массиве горных пород блока;

- снижается себестоимость разработки месторождения;

- уменьшаются вредные выбросы в атмосферу.

Предложенное техническое решение имеет особую актуальность для районов Крайнего Севера и Арктики где воздействие горных разработок на окружающую среду очень значительно [14]. И в этом случае разработка месторождений с применением блоков АКВ по породам, требующим буровзрывного рыхления, сокращает объем

взрывных работ и, соответственно, вредные выбросы, а в отличие от технологии разработки с послойным снятием грунта предполагает работу горной техники на полигоне не в течение всего сезона а лишь в период времени, затрачиваемого на проходку выработок служащих для создания дополнительной обнаженной поверхности блоков активного климатического воздействия и уборки блоков АКВ.

Для обоснования эффективности применения технологии ведения горных работ с использованием блоков АКВ необходимо решение следующих важных задач:

1. Анализ горнотехнических и климатических условий характеристик россыпных месторождений.

2. Установление закономерностей распределения температуры в массиве горных пород применительно к конкретным месторождениям.

3. Разработка математической модели прогноза температурного поля в блоке АКВ сформированном в различные периоды года.

4. Разработка математической модели прогноза динамики температурного поля в блоке АКВ в процессе ведения горных работ для различных температурно-климатических периодов.

5. Разработка новых эффективных технологических решений эксплуатации месторождений с использованием подготовки пород к выемке блоками активного климатического воздействия.

6. Выбор выемочно-погрузочного оборудования для открытой разработки россыпных месторождений с использованием блоков активного климатического воздействия.

7. Разработка методики исследования параметров технологии открытой разработки месторождений с использованием подготовки пород к выемке блоками активного климатического воздействия.

8. Установление зависимостей влияния параметров блоков АКВ, применяемых технологий разработки, геологических и горнотехнических условий эксплуатации, на эффективность разработки месторождений.

9. Разработка и обоснование принципов управления термомеханическим состоянием массива пород в контуре карьера блоками активного климатического воздействия.

10. Разработка методики расчета экономической эффективности технологий открытой разработки россыпных месторождений с использованием блоков АКВ.

11. Обоснование критериев принятия решений по открытой разработке месторождений зоны многолетней мерзлоты с использованием блоков активного климатического воздействия.

Решение вышеизложенных задач позволит обосновать условия применения и параметры эксплуатации месторождений с управлением термомеханическим состоянием массива мерзлых пород блоками АКВ на карьерах Севера.

Список литературы

1. Таскаев А.И. Экологическое обоснование рационального природопользования на европейском Севере / А.И. Таскаев, И.Б. Арчегова // Арктика: Экология и экономика. – 2011. – № 2. – С. 42–47.
2. Общее мерзлотоведение (геокриология): учебник – 2-е изд., перераб. и доп.; под ред. В.А. Кудрявцева – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 464 с.
3. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Машиностроение, 1968. – 375 с.
4. Моделирование тепловых процессов в горном массиве при открытой разработке россыпей криолитозоны: коллектив. моногр. / А.С. Курилко С.А. Ермаков, Ю.А. Хохолов, М.В. Каймонов, А.М. Бураков; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горн. дела Севера им. Н.В. Черского. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. – 139 с.
5. Пат. РФ № 2380488, МПК E 02 F 5/30, F 42 D 99/00. Способ гидравлического оттаивания мерзлых пород / Субботин Ю.В., Овешников Ю.М., Корешков С.В., заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Читинский гос. ун-т (ЧитГУ) – № 2008143861/03; заявл. 05.11.2008; опубл. 27.01.2010. Бюл. № 3.
6. Пат. РФ № 2100606, МПК E 21 C 41/26(1995.01). Способ подготовки мерзлых пород к выемке / Морин А.С., Буткин В.Д., Миронова Ж.В., Егупов А.А., заявитель и патентообладатель Красноярский институт цветных металлов. – № 94016791/03, заявл. 05.05.1994, опубл. 27.12.1997.
7. Дополнительно к авторскому свидетельству 883278, Кл. E 02 F 5/30. Способ подготовки мерзлых россыпных месторождений к промывке / В.Е. Кисляков, Т.С. Потапов (СССР); заявл. 07.07.1980; опубл. 23.11.1981 // Открытия, изобретения. – 1991 Бюл. № 43.
8. Сулин Г.А. Техника и технология разработки россыпей открытым способом / Г.А. Сулин. – М.: Недра, 1974. – 232 с.
9. Потемкин С.В. Оттайка мерзлых пород: учеб. пособие / С.В. Потемкин. – М.: Недра, 1991. – 160 с.
10. Емельянов В.И. Технология бульдозерной отработки вечномерзлых россыпей / В.И. Емельянов. – М.: Недра, 1976. – 287 с.
11. Арсентьев А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей: учебник. – М.: Недра, 1981. – 278 с.
12. Панишев С.В. Влияние температурного режима на эффективность разработки вскрышных пород месторождений криолитозоны / С.В. Панишев, С.А. Ермаков // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых. – 2013. – № 2. – С. 132–138.
13. Пат. РФ № 2575283, МПК E 21 C 41/26. Способ открытой разработки месторождений криолитозоны / Пани-

шев С.В.; заявитель и патентообладатель Ин-т горн.дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН. – № 2014149521/03; заявл. 08.12.2014; опубл. 20.02.2016. Бюл. № 5.

14. Мельников Н.Н. Создание многоуровневой системы геодинамического мониторинга горнотехнических и нефтегазовых объектов западной части российского сектора Арктики / Н.Н. Мельников, А.И. Калашник // Арктика. Экология и экономика. – 2015. – № 3 (19). – С. 66–75.

References

1. Taskaev A.I. Jekologicheskoe obosnovanie racionalnogo prirodopolzovaniya na ev-ropejskom Severe / A.I. Taskaev, I.B. Archeгова // Arktika: Jekologija i jekonomika. 2011. no. 2. pp. 42–47.
2. Obshee merzlotovedenie (geokriologija): uchebnik 2-e izd., pererab. i dop.; pod red. V.A. Kudrjavceva M.: Izd-vo MGU, 1978. 464 p.
3. Zelenin A.N. Osnovy razrusheniya gruntov mehanicheskimi sposobami. 2-e izd., pere-rab. i dop. M.: Izd-vo Mashinostroenie, 1968. 375 p.
4. Modelirovanie teplovyh processov v gornom massive pri otkrytoj razrabotke ros-sypej kriolitozony: kolektiv. monogr. / A.S. Kurilko S.A. Ermakov, Ju.A. Hoholov, M.V. Kajmonov, A.M. Burakov; Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, In-t gorn. dela Severa im. N.V. Cherskogo. Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo «Geo», 2011. 139 p.
5. Pat. RF no. 2380488, MPK E 02 F 5/30, F 42 D 99/00. Sposob gidravlicheskogo ottaiva-niya merzlyh porod / Subbotin Ju.V., Oveshnikov Ju.M., Koreshkov S.V., zajavitel i patentooblada-tel GOU VPO Chitinskij gos. un-t (ChitGU) no. 2008143861/03; zajavl. 05.11.2008; opubl. 27.01.2010. Bjul. no. 3.
6. Pat. RF no. 2100606, MPK E 21 S 41/26(1995.01). Sposob podgotovki merzlyh porod k vyemke / Morin A.S., Butkin V.D., Mironova Zh.V., Egupov A.A., zajavitel i patentooblada-tel Krasnojarskij institut cvetnyh metallov. no. 94016791/03, zajavl. 05.05.1994, opubl. 27.12.1997.
7. Dopolnitelno k avtorskomu svidetelstvu 883278, Kl. E 02 F 5/30. Sposob podgo-tovki merzlyh rossypnyh mestorozhdenij k promyvke / V.E. Kisljakov, T.S. Potapov (SSSR); zajavl. 07.07.1980; opubl. 23.11.1981 // Otkrytija, izobreteniya. 1991 Bjul. no. 43.
8. Sulin G.A. Tehnika i tehnologija razrabotki rossypej otkryтым sposobom / G.A. Sulin. M.: Nedra, 1974. 232 p.
9. Potemkin S.V. Ottajka merzlyh porod: ucheb. posobie / S.V. Potemkin. M.: Nedra, 1991. 160 s.
10. Emeljanov V.I. Tehnologija buldozernoј otrabotki vechnomerzlyh rossypej / V.I. Emeljanov. M.: Nedra, 1976. 287 p.
11. Arsentev A.I. Vskrytie i sistemy razrabotki karernyh polej: uchebnik. M.: Nedra, 1981. 278 p.
12. Panishev S.V. Vlijanie temperaturnogo rezhima na jefektivnost razrabotki vskryshnyh porod mestorozhdenij kriolitozony / S.V. Panishev, S.A. Ermakov // Fiz.-tehn. probl. razrab. polez. iskopaemyh. 2013. no. 2. pp. 132–138.
13. Pat. RF no. 2575283, MPK E 21 S 41/26. Sposob otkrytoj razrabotki mestorozhdenij kriolitozony / Panishev S.V.; zajavitel i patentooblada-tel In-t gorn.dela Severa im. N.V. Cherskogo SO RAN. no. 2014149521/03; zajavl. 08.12.2014; opubl. 20.02.2016. Bjul. no. 5.
14. Melnikov N.N. Sozdanie mnogourovnevoj sistemy geodinamicheskogo monitoringa gornotekhnicheskikh i neftegazovyh obektov zapadnoj chasti rossijskogo sektora Arktiki / N.N. Melnikov, A.I. Kalashnik // Arktika. Jekologija i jekonomika. 2015. no. 3 (19). pp. 66–75.

УДК 911.373.2(470.56)

**УРОВНИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В СХЕМАХ
ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ****Петрищев В.П., Дубровская С.А., Косых П.А.***ФГБУН Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург,
e-mail: koloss58@mail.ru*

В статье рассмотрена проблема оценки потенциала роста и развития сельских населенных пунктов одного из степных регионов России – Оренбургской области. Практическая значимость подобных исследований заключается в необходимости демографических и социальных оценок для схем территориального развития субъектов РФ и муниципальных образований. В результате оценок численности населения и других показателей определены градостроительные перспективы сельских населенных пунктов (СНП) Оренбургской области и проведена их классификация. По результатам классификации муниципальные образования сведены в несколько групп или рангов. Градостроительное ранжирование по показателям демографии динамики и социально-экономическому развитию сельских поселений на территории административных районов выполнено с помощью анализа схем территориального планирования. Выделен и присвоен статус населенным пунктам в отношении потенциального градостроительного развития. В результате статистической обработки количественных параметров (демографические показатели, социально-экономические индексы) СНП Оренбургской области делятся на перспективные с высоким агроресурсным потенциалом, имеющие значительные показатели качества сельскохозяйственных земель, сферы обслуживания населения, трудоресурсной ситуации, высокий процент развития инженерно-транспортной инфраструктуры, и неперспективные – низкий уровень развития производственно-хозяйственного потенциала, отсутствие структуроформирующего планировочного каркаса (авто- и железнодорожные сети). Внедрение в состав схем территориального планирования обязательного градостроительного ранжирования, как и других форм научного анализа, позволит обосновать проектные решения и подойти к разработке территориального планирования не просто как к изложению формализованного материала, а как к формированию информационно-аналитического комплекса, основанного на современных достижениях в области анализа ландшафтного планирования систем регионального уровня, организации территориально-экономических комплексов (кластеров), развития альтернативных форм природопользования.

Ключевые слова: демографическая ситуация, градостроительное развитие, территориальное планирование, расселение населения, градостроительные ранги, сельские поселения, сельские населенные пункты

**DEVELOPMENT LEVELS OF RURAL SETTLEMENTS IN THE TERRITORIAL
PLANNING SCHEMES OF THE ORENBURG REGION****Petrishchev V.P., Dubrovskaya S.A., Kosykh P.A.***Institute of Steppe Ural Branch of Russian Academy of Science, Orenburg, e-mail: koloss58@mail.ru*

The article considers the problem of assessing the potential for growth and development of rural settlements in one of the steppe regions of Russia – the Orenburg region. The practical importance of such studies is the need for demographic and social assessments for schemes of territorial development of RF subjects and municipalities. As a result of estimates of the population and other indicators of certain urban development prospects of rural settlements (SOR) of the Orenburg region and their classification was carried out. According to the classification results, municipalities are divided into several groups or ranks. Town-planning ranking by indicators of the dynamics of demography and the socio-economic development of rural settlements in the territory of administrative regions is carried out through the analysis of spatial planning schemes. Given the statistical processing of quantitative parameters (demographic indicators, socio-economic indices), the SOR of the Orenburg region are divided into promising ones with high agro-resource potential, which have significant indicators of the quality of agricultural land, the sphere maintenance of the population, labor resource situation, a high percentage of the development of the engineering and transport infrastructure and unpromising – the bottom s level of development of the economic potential, the absence of *strukturoformiruyushego* planning framework (road and rail networks).

Keywords: demography, urban development, land use planning, population, inter-settlement territories, ranks urban, rural settlements

Преобладающая часть территории Российской Федерации – это сельская местность, которую населяет треть российских граждан [1]. По определению, данному в статье 2 ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»: сельское поселение – тип муниципального образования (МО) в России, которое представляет собой один или несколько сельских населен-

ных пунктов, объединенных общей территорией [2]. Их отличительной чертой является преобладание ведущего способа хозяйственной деятельности, связанного с производством, переработкой сельскохозяйственной продукции. Помимо природной, экономической, социальной, экологической составляющих, демографические показатели, такие как численность, половозрастная структура, размещение,

миграция населения, являются важнейшими индикационными показателями градостроительного развития сельских населенных пунктов. Население в административных районах Оренбургской области размещено крайне неравномерно: от 30 до 70 % – проживает в крупных населенных пунктах (областной и районные центры). Сельских населенных пунктов в области насчитывается 1708. Численность постоянно проживающего населения на 1 января 2014 г. составляла 2008,5 тыс. чел, в том числе: сельское – 806,5 тыс. чел (40,2 %), городское – 1202,0 тыс. чел (59,7 %), трудоспособное население – 1198,4 тыс. чел. Средняя плотность – 16,2 чел/км² [3]. В областных и районных центрах сосредоточены основной промышленный потенциал, расположены крупные социальные и культурные объекты и учреждения. На долю сельских поселений, не имеющих административного статуса, приходится менее 25 % населения [3]. Отмечается значительный миграционный отток трудового населения из сел в города, что приводит к социально-экономическому упадку отдельных районов и снижает перспективность развития преимущественно малых и лишенных административного статуса населенных пунктов.

Материалы и методы исследования

Информационной основой и базой для решения проблем устойчивого развития территории, в том числе в сфере демографии, являются документы территориального планирования [4]. Согласно Градостроительному кодексу РФ, под территориальным планированием понимается прогнозирование развития территорий для рационального размещения производительных сил и трудовых ресурсов, определения размещения объектов федерального, регионального и местного значения [5].

Одна из целей территориального планирования состоит в оптимизации использования природных и трудовых ресурсов для устойчивого развития муниципального образования [6]. Динамика численности населения административных районов в разрезе муниципальных образований является ведущим критерием оценки градостроительного ранга населенных пунктов и определения перспектив и приоритетов их развития. Для характеристики сложившейся системы расселения проведен анализ плотности проживающего в них населения в сельских населенных пунктах Оренбургской области [7]. Выделены следующие группы рассматриваемых сельских поселений в Оренбургской области по плотности населения: до 3 чел/га; от 3 до 5 чел/га; от 5 до 10 чел/га; свыше 10 чел/га. На основании уровня градостроительного развития территории все сельское население делится:

– на сельские населенные пункты (СНП), в которых отсутствуют официально зарегистрированные жители;

– СНП слабого градостроительного развития с низким уровнем социального развития (численность населения менее 1000 человек);

– СНП среднего градостроительного развития, характеризующиеся невысоким социально-экономическим развитием (численность населения 1000 – 3000 человек);

– СНП высокого градостроительного развития с наличием относительно развитой социально-производственной сферы (численность населения 3000 – 9000 человек);

– СНП с наибольшим потенциалом градостроительного развития, с высоким уровнем развития производственной и непроизводственной сфер, инвестиционной привлекательности (численность населения более 9000 человек).

Результаты исследования и их обсуждение

Разработка проектов территориального планирования на всех уровнях, начиная от федерального, заканчивая местным, связана с многочисленными проблемами: слабая координация между проектировщиками и администрациями-заказчиками при формировании проектной документации; игнорирование современных методов научного анализа и прогнозирования; отсутствие опыта разработки подобных документов у большинства подрядчиков, пренебрегающих качеством в угоду снижения предлагаемой цены контракта; отсутствие научно обоснованной концепции развития муниципальных образований и их слабая связь между собой. Это заключение основано на данных оценки экспертов и анализа СТП муниципальных районов Оренбургской области [8].

Согласно ст. 19 Градостроительного кодекса РФ «документы территориального планирования содержат: положение о территориальном планировании; карту планируемого размещения объектов местного значения муниципального района; карту границ населенных пунктов (в том числе границ образуемых населенных пунктов), расположенных на межселенных территориях (территория в составе муниципального района, не включенная в состав территорий городских и сельских поселений); карту функциональных зон, установленных на межселенных территориях, если на них планируется размещение объектов федерального, регионального и местного значения (за исключением линейных объектов)» [5]. В Градостроительном кодексе предусматриваются требования к их содержанию. В материалах по обоснованию обязательного раздела, посвященного демографической ситуации в МО с прогнозом её дальнейшего

развития на основе имеющихся данных, в том числе в разрезе сельских поселений. Кроме того, в составе практически всех СТП присутствует картографический материал, отражающий структуру и динамику расселения, выполненный с применением геоинформационных технологий. Согласно рисунку на территории Оренбургской области можно выделить СНП шести градостроительных рангов. Перспективные поселки приурочены к районным центрам (Пономаревка, Первомайский, Адамовка, Новосергиевка и др.), а также ряду районов области (Ташлинский, Соль-Илецкий, Оренбургский районы), в которых развиты отдельные отрасли по переработке сельскохозяйственной продукции. Основная часть СНП перспективного развития сосредоточена в центральной и восточной частях области (Оренбургский, Беляевский, Адамовский). Это обусловлено географическим положением территориальных единиц (периферийная урбанизированная зона Оренбурга), хорошей транспортной доступностью центра и спецификой заселения восточной части области в период освоения целины и образования так называемых колхозов-гигантов. На северо-западе Оренбуржья на границе с Самарской областью, Республикой Башкортостан, Республикой Татарстан преобладают малоперспективные поселения, что обусловлено высоким уровнем межрегиональной и внутрирегиональной миграции в районные центры и города.

В современном экономическом пространстве с развитием рыночных отношений сложилась низкая рентабельность сельскохозяйственного производства на значительной территории целинного Оренбуржья. По результатам статистического анализа восток области характеризуется низким уровнем социально-экономического развития и недостаточной организацией инженерно-транспортной инфраструктуры. В 1990-е гг. в целинных районах наблюдалась массовая внешняя эмиграция представителей некоторых национальностей (немцев и др.). Причина данного миграционного бума – нестабильная экономико-политическая ситуация в стране в целом и в регионе в частности. Относительно благоприятная демографическая обстановка наблюдается в СНП с высокой долей мусульманского населения за счет традиционно высокой рождаемости, например в «национальных» селах районов Оренбургской области, граничащих с Казахстаном, Татарстаном и Башкортостаном. Таким образом, систе-

матизируя количественные показатели демографической ситуации в регионе, авторы выделяют 3 группы районов: с высокой, средней и низкой долей неперспективных и малоперспективных СНП. Каждому из сельских населенных пунктов присвоен градостроительный ранг (от 0 до 6), определена доля в составе муниципальных районов наименее перспективным сёл с рангом 5 и 6. Согласно этому показателю была проведена кластеризация.

Заключение

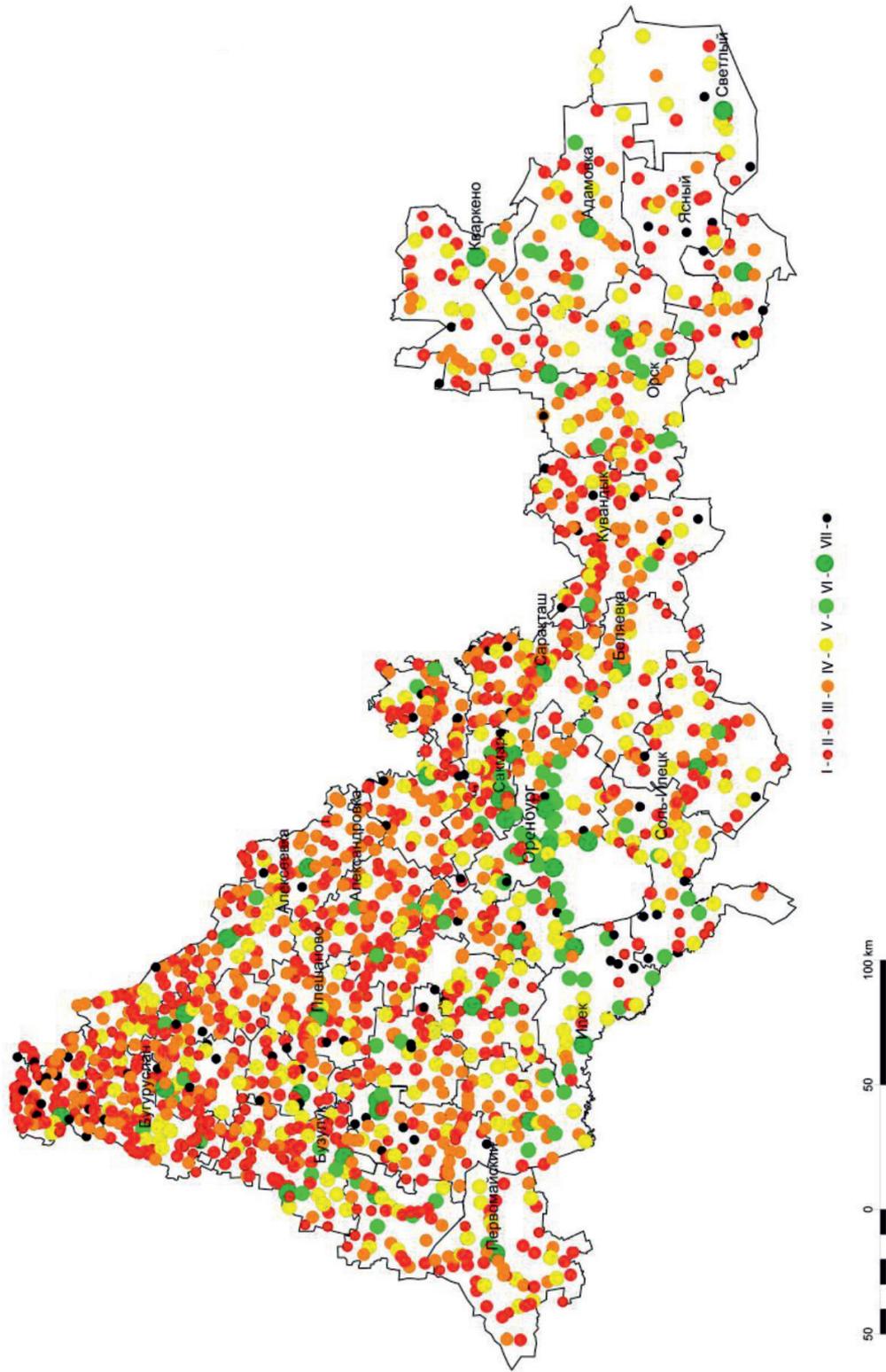
В результате статистической обработки количественных параметров (демографические показатели, социально-экономические индексы) СНП Оренбургской области делятся на перспективные – с высоким агроресурсным потенциалом, имеющие значительные показатели качества сельскохозяйственных земель, сферы обслуживания населения, трудоворесурсной ситуации, высоким процентом развития инженерно-транспортной инфраструктуры и неперспективные – с низким уровнем развития производственно-хозяйственного потенциала, отсутствием структуроформирующего планировочного каркаса (авто- и железнодорожные сети). На основании данных по численности их населения и запланированным комплексным мероприятиям в отношении производственной и непроизводственной сфер, а также по улучшению уровня их градостроительного развития, при разработке СТП необходимо ввести следующие градостроительные ранги:

– *СНП, исключаемые из состава населенных пунктов*, в связи с отсутствием официально зарегистрированных жителей. Предлагается внести изменения в законодательные акты Оренбургской области «О муниципальных образованиях в составе муниципального образования...» и в правовые и нормативно-технические документы;

– *СНП без градостроительного развития* (численность населения предположительно сократится или останется неизменной);

– *СНП малого градостроительного развития* (численность населения вырастет незначительно – на 3–5% или останется неизменной; предусмотрено развитие преимущественно социальной инфраструктуры;

– *СНП умеренного градостроительного развития (перспективные)* – темпы роста численности населения составляют от 7 до 10% (повышение уровня развития социально-экономической сферы);



Градоостроительные ранги СНП Оренбургской области. Условные обозначения: I – неперспективные; II – наименее перспективные; III – малоперспективные СНП; IV – перспективные СНП; V – высокоперспективные СНП; VI – наиболее перспективные СНП; VII – СНП без официально зарегистрированных жителей

– *СНП относительно активного развития (высокоперспективные)* (рост численности населения составит 10–13%; предусмотрено развитие мелких и средних форм производства и рост уровня социально-экономической структуры);

– *СНП опережающего градостроительного развития* (наиболее перспективные) – прогнозируемый прирост численности населения свыше 13% (высокая доля развития в производственной и сельскохозяйственной отраслях, непрерывное технологическое усовершенствование процесса производства и обработки продукции, современная инженерно-техническая база поселений, получение социально гарантированных видов услуг для населения), развитие альтернативных форм природопользования (рекреационно-туристическая, охрана природы).

Внедрение в состав СТП обязательно градостроительного ранжирования, как и других форм научного анализа, позволит обосновать проектные решения и подойти к разработке территориального планирования не просто как к изложению формализованного материала, а как к формированию информационно-аналитического комплекса, основанного на современных достижениях в области анализа ландшафтного планирования систем регионального уровня, организации территориально-экономических комплексов (кластеров), развития альтернативных форм природопользования.

Работа выполнена по теме фундаментальных научных исследований, финансируемых из федерального бюджета РАН «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды».

Список литературы

1. Россия в цифрах. 2016: Крат. стат. сб. / Росстат. – М., 2016. – 543 с.
2. Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 15.02.2016) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: КонсультантПлюс. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=281804&fld=134&dst=100078,0&rnd=0.7943409559483829#0> (дата обращения: 15.11.2017).
3. Статистический ежегодник Оренбургской области 2014: стат.сб. / Оренбургстат. [Оренбург], 2014. URL: http://orenstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/orenstat/ru/statistics (дата обращения: 01.11.2017).
4. Схемы территориального планирования муниципальных районов Оренбургской области: электронный ресурс. URL: <http://fgis.economy.gov.ru/fgis/Strategis.FGISTestPageFGIS.aspx> (дата обращения: 14.11.2017).
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации. – М.: Проспект, KnoРус, 2014. – 160 с.
6. Чибилёв А.А. Дифференциация муниципальных районов Оренбургской области по особенностям сельского расселения / А.А. Чибилёв, Р.Ш. Ахметов, В.П. Петрищев, Ю.В. Черкасова // Известия Русского географического общества. – 2015. – Т. 147, № 3. – С. 49–59.
7. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084712> (дата обращения: 14.11.2017).
8. Косых П.А., Петрищев В.П. Анализ качества схем территориального планирования муниципальных районов Оренбургской области // Геоэкологические основы землеустройства Материалы II Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 67–71.

References

1. Rossija v cifrah. 2016: Krat. stat. sb. / Rosstat. M., 2016. 543 p.
2. Federalnyj zakon ot 06.10.2003 no.131-FZ (red. ot 15.02.2016) «Ob obshhix principah organizacii mestnogo samoupravlenija v Rossijskoj Federacii: Konsultant-Pljus. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=281804&fld=134&dst=100078,0&rnd=0.7943409559483829#0> (data obrashhenija: 15.11.2017).
3. Statisticheskij ezhegodnik Orenburgskoj oblasti 2014: stat.sb. / Orenburgstat. [Orenburg], 2014. URL: http://orenstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/orenstat/ru/statistics (data obrashhenija: 01.11.2017).
4. Shemy territorialnogo planirovanija municipalnyh rajonov Orenburgskoj oblasti: jelektronnyj resurs. URL: <http://fgis.economy.gov.ru/fgis/Strategis.FGISTestPageFGIS.aspx> (data obrashhenija: 14.11.2017).
5. Gradostroitelnyj kodeks Rossijskoj Federacii. M.: Prospekt, KnoRus, 2014. 160 p.
6. Chibiljov A.A Differenciacija municipalnyh rajonov Orenburgskoj oblasti po osobennostjam selskogo rasselenija / A.A. Chibiljov, R.Sh. Ahmetov, V.P. Petrishhev, Ju.V. Cherkasova // Izvestija Russkogo geograficheskogo obshhestva. 2015. T. 147, no. 3. pp. 49–59.
7. SP 42.13330.2011 Gradostroitelstvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i selskih poselenij. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.07.01-89 [Jelektronnyj resurs] // Jelektronnyj fond pravovoj i normativno-tehnicheskoy dokumentacii. Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200084712> (data obrashhenija: 14.11.2017).
8. Kosyh P.A., Petrishhev V.P. Analiz kachestva shem territorialnogo planirovanija municipalnyh rajonov Orenburgskoj oblasti // Geojekologicheskie osnovy zemleustrojstva Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2015. pp. 67–71.

УДК 550.41/46/394(571.52)

ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ТУВА, ОЗ. ДУС-ХОЛЬ)

Рычкова К.М., Кальная О.И., Аюнова О.Д.

*ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов» СО РАН
(ТувИКОПР СО РАН), Кызыл, e-mail: tikopr@mail.ru*

Территория Тувы характеризуется высокой сейсмической активностью. Сейсмические проявления отличаются неравномерностью распределения, упорядочиваясь в линейно вытянутые и изогнутые зоны в соответствии с разломно-блоковой структурой региона. Одной из наиболее актуальных проблем является поиск показателей сейсмической активности и прогноз. С этой целью в 2013–2014 гг. проведены исследования на выявление газогеохимических показателей процессов деформирования геологической среды в районе оз. Дус-Холь, расположенного в Тувинской котловине (Центральная Тува). Анализировалось содержание пятнадцати компонентов химического состава воды и содержание в воде гелия Западного источника озера Дус-Холь. Результаты мониторинговых наблюдений подтверждают взаимодействие геодинамических процессов земной коры и подземной гидросферы. Выявлены пред- и постсейсмические индикаторы на сейсмическое событие от 26.04.14 г. Наиболее информативными явились вариации макрокомпонентного состава. Значимыми предсейсмическими отклонениями отмечены хлор, натрий и минерализация. Установлено также значительное повышение содержания гелия, связанное с дегазацией по глубинному разлому, активизированному сильными землетрясениями 2011–2012 гг., произошедшими в Туве. Происходящие процессы вызывали вариацию водорастворенного гелия на всем протяжении периода наблюдений. Полученные результаты мониторинга подтверждают, что подземные компоненты минеральных источников оз. Дус-Холь являются высокочувствительными элементами, отражающими динамику напряженно-деформированного состояния земной коры, принимают активное участие в геодинамических процессах. О неустойчивом состоянии глубинных недр свидетельствуют возросшая аномальная вариативность водорастворенного гелия. Таким образом, установлено, что Центральная-Тувинская котловина является сейсмически активной, неустойчивой зоной. Возрастающая сейсмоактивность требует обоснования выбора современного комплекса методов наблюдения сейсмической активности, дальнейшего проведения мониторинга подземных флюидов.

Ключевые слова: озеро Дус-Холь, источник Западный, напряженно-деформированное состояние, землетрясения, газогеохимические показатели, тектонические нарушения

STUDY OF GAS-GEOCHEMICAL INDICATORS OF SEISMIC ACTIVITY (CENTRAL TUVA, LAKE DUS-HOL)

Rychkova K.M., Kalnaya O.I., Ayunova O.D.

*Tuva Institute for Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian Academy
of Sciences (TuvIENR SB RAS), Kyzyl, e-mail: tikopr@mail.ru*

Tuva is characterized by high seismic activity. Seismic expression differs by uneven distribution in linearly elongated and curved area in accordance with the fault-block structure of the region. The search of seismic activity indicators of seismic events and their prediction is one of the most pressing problems. With this goal in 2013–2014 studies have been conducted on the identification of gas-geochemical indicators of deformation processes of the geological environment, seismic activity indicators in the area of the lake Dus-Khol, located in the Tuva basin (Central Tuva). The contents of the fifteen components of the chemical composition of water and helium content in the water the Western source of the lake Dus-Khol were analyzed. The results of monitoring observations confirm the interaction of geodynamic processes of the earth's crust and the relationship of the underground hydrosphere and the stress-strain state of the crust. Pre – and postseismic indicators on the seismic event on 26.04.14 are revealed. Variations macrocomponent composition was most informative. Chlorine, sodium and mineralization are marked as significant deviations. A significant increase of helium content is also found to be associated with degassing at depth the fault, activated strong earthquakes 2011–2012 occurred in Tuva. The processes caused variation of water solubility helium throughout the observation. The results of the monitoring confirm that the underground components of mineral springs of lake Dus-Khol are highly sensitive elements; reflecting the dynamics of the stress-strain state of the crust, take an active part in geodynamic processes. The unstable state of the deep interior indicate increased abnormal variability of water solubility helium. Thus, it is established that the Central Tuva basin is seismically active and unstable area. Increasing seismic activity requires to substantiate of the choice of the modern complex of methods of monitoring seismic activity, further monitoring of underground fluids.

Keywords: lake Dus-Khol, source Western, the stress-strain state, earthquakes, gas-geochemical indicators, tectonic disturbance

Тува находится на юго-востоке Алтае-Саянской складчатой области и характеризуется миграцией и нарастанием сейсмической активности по частоте и силе землетрясений. Обширные проявления позднекайнозойского вулканизма, установ-

ленная связь изотопно-гелиевой аномалии и высокого теплового потока свидетельствует о процессе активизации современного тепломассопотока из мантии, на напряженно-деформированное состояние земных недр [1, 2]. Концентрация флюидных ком-

понентов, поступающих из сейсмогенерирующих областей происходит в подземных водах. Связь флюидного режима с проявлениями сейсмических процессов и изучение подземных флюидов является весьма актуальной задачей на современном этапе.

Цель исследования

Целью данных исследований было установление газогеохимических индикаторов сейсмоактивности в районе оз. Дус-Холь (Центральная Тува). Выбор пункта наблюдений (источник Западный, оз. Дус-Холь) был обусловлен высоким содержанием изотопного отношения гелия в подземных флюидах источников, на порядок превышающем фоновое для вмещающих пород, его геолого-структурной позицией и расположением в относительной близости (50 км) от г. Кызыла, что позволило проводить отбор проб в зимний период.

Материалы и методы исследования

Современная тектоническая активность территории Тувы обусловлена нахождением региона в зоне сочленения Сибирской, Амурской и Монгольской плит. Напряженно-деформированное состояние земной коры приводит к разрушению устойчивости

верхней части литосферы, к генерированию очагов землетрясений. Активность сейсмических процессов наблюдается в Каа-Хемской зоне, связанной с сильными землетрясениями 2011–2012 гг. Главной особенностью проявления здесь сейсмичности является многочисленность землетрясений энергетического класса $K > 10$ и линейно-узловое размещение эпицентров [3, 4].

Озеро Дус-Холь в тектоническом отношении расположено в Улуг-Хемской зоне, относящейся к Тувинскому межгорному прогибу, отличающемуся невысокой сейсмичностью. Структурные формы Улуг-Хемской зоны связаны с блоковыми движениями фундамента прогиба. Преобладают коробчатые и угловатые складки. Разломы имеют северо-западное и северо-восточное направление, круто-наклонные и вертикальные, идущие на значительную глубину.

С географической точки зрения озеро Дус-Холь располагается в бессточной впадине Улуг-Хемской котловины. Берега озера имеют пологие склоны, песчаные, лишенные древесной растительности. Озера овальной формы, длина – 1,6 км, ширина – 0,3–0,7 км, площадь акватории – 0,55 км². Максимальная глубина озера в северо-западной части составляет 3,4 м, а минимальная глубина в юго-восточной его половине (не более 2 м). В геологическом строении площади расположения озера принимают участие породы юрского, неогенового и четвертичного возрастов. Геологическое строение Улуг-Хемской котловины и прилегающих территорий, наиболее крупные разломы и эпицентры сейсмических событий отображены на рис. 1.

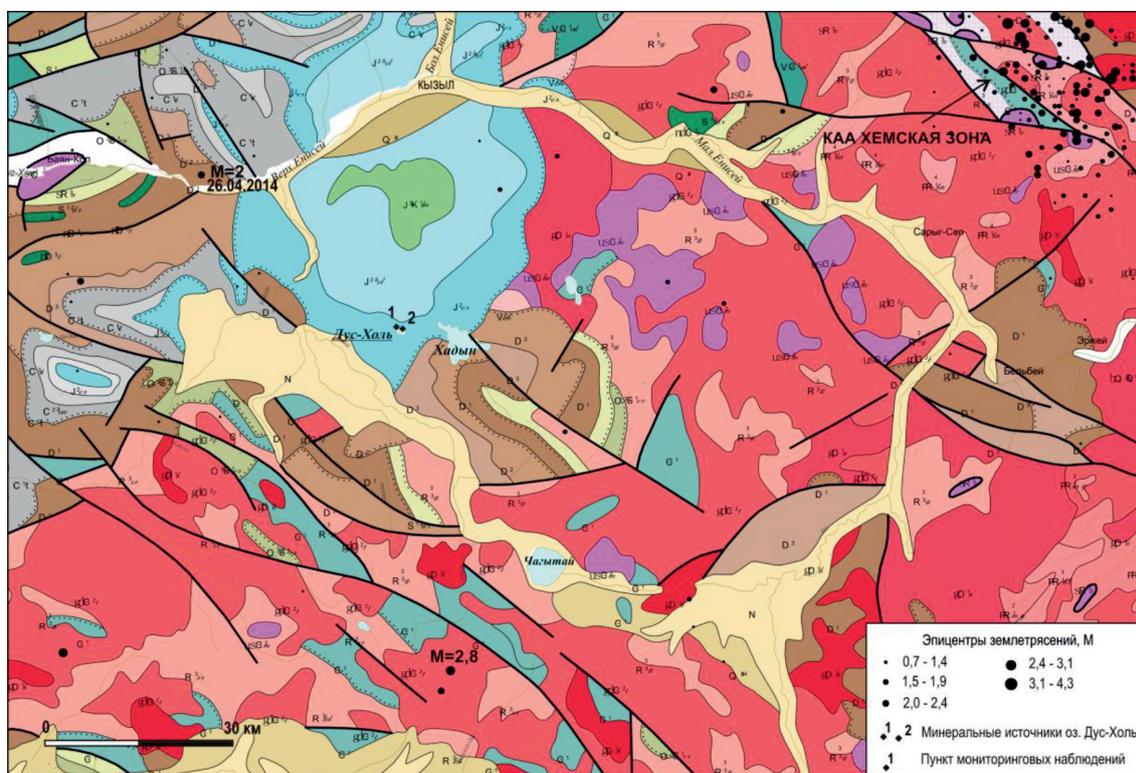


Рис. 1. Геологическая карта района работ

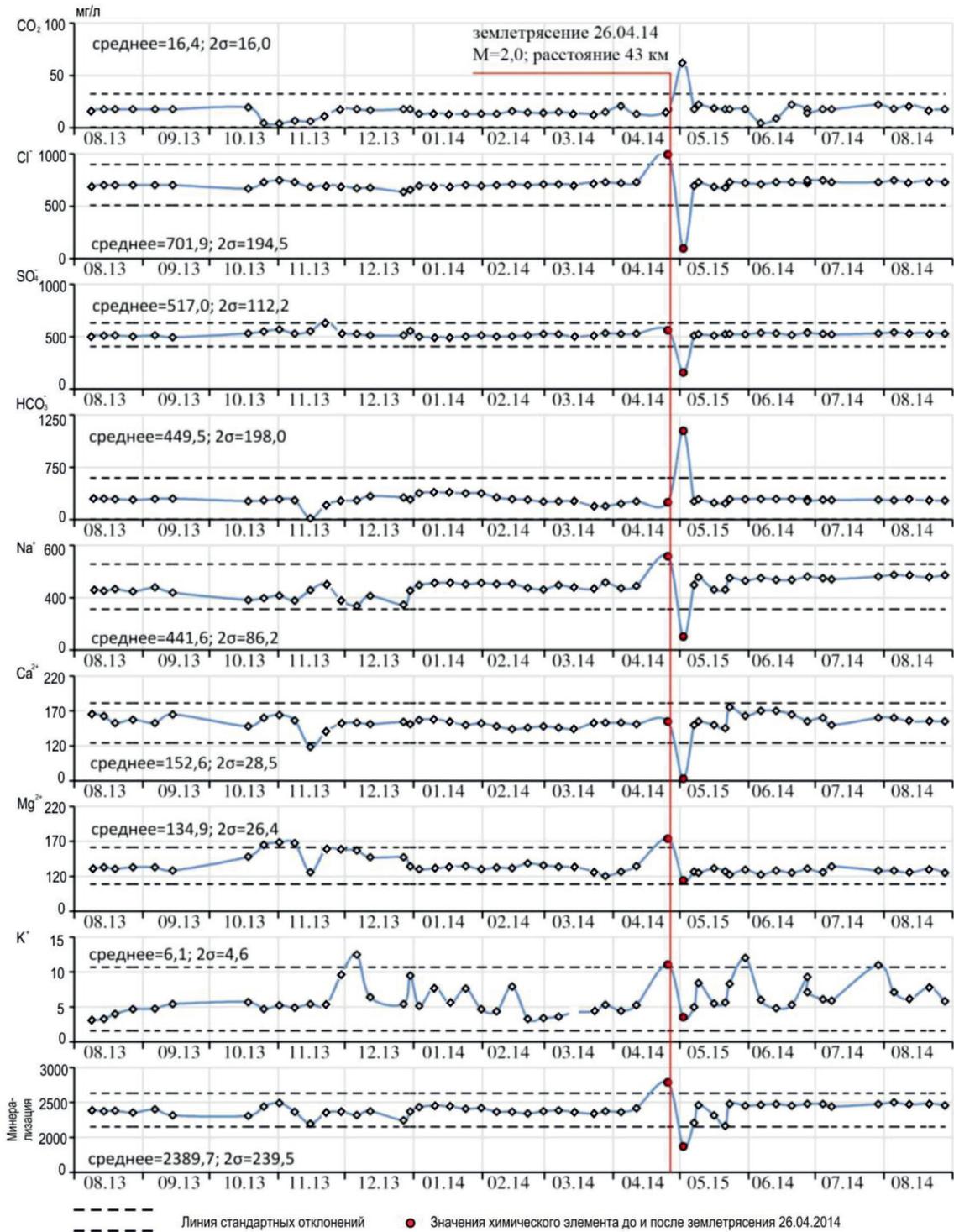


Рис. 2. Динамика вариаций минерализации и макроэлементного состава проб воды Западного источника до и после землетрясения 26.04.2014 г.

Питание озера происходит за счет атмосферных осадков и подземных вод юрского водоносного угленосно-терригенного комплекса. Разгрузка подземных вод совершается подземным путем и в виде двух минеральных источников с солоноватой мине-

ральной водой. Источники расположены на юго-западном и восточном берегах озера (рис. 1). Анализы химического состава воды источников [5] показали, что по минерализации и химическому составу воды родников имеют близкий состав: в роднике Запад-

ном – вода сульфатно-хлоридная магниво-натриевая с минерализацией 2,3–2,6 г/л, в роднике Восточном – гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридная магниво-натриевая с минерализацией 2,0–2,9 г/л. Кроме этого, в водах источников отмечается содержание фтора 1,1 мг/л, брома – 9 мг/л, ортоборной кислоты – 9,7 мг/л, свободной углекислоты – до 70,4 мг/л.

Для выявления газогеохимических индикаторов сейсродинамической активности был выбран источник Западный (1). Пробы воды из источника отбирались на макро- и микроэлементный состав с декадным интервалом. Было отобрано 85 проб в период с 08.08.2013 г. по 29.09.2014 г. Химический, газовый и микроэлементный составы определялись в научно-исследовательской лаборатории гидрохимии «Вода» Томского политехнического университета. Пробы воды на содержание общего гелия отбирались с интервалом в 20 дней. Пробы анализировались в Новосибирске и Иркутске на приборе ИНГЕМ-1 (индикатор гелия магниторазрядный). Получено 15 данных по определению водорастворенного гелия.

Временные ряды газогеохимических показателей соотносились с данными мониторинга сейсмического режима Центра мониторинга эндогенных источников чрезвычайных событий (ЦМЭИ ЧС) (ТИКОПР СО РАН, г. Кызыл). Для оценки параметров аномалий определялись величины: C_{ϕ} – фоновая величина параметра; S_{ϕ} – среднеквадратичное отклонение в период фоновых вариаций; $S_{\phi} \pm 2S_{\phi}$ – диапазон фонового изменения параметра.

Результаты исследования и их обсуждение

Наблюдения за химическим составом подземных флюидов происходили в период с 08.08.2013 г. по 28.08.2014 г. В этот период произошло два незначительных сейсмических события; 21.01.2014 ($M = 2,8$) и 26.04.2014 г. ($M = 2,0$) на глубине 15 км; территория в данный период характеризуется сейсмическим затишьем. Землетрясение с незначительной амплитудой, произошедшее 26.04.2014 г. на расстоянии 43 км от пункта наблюдения вызвало вариации в составе подземных вод. Выделены скачкообразные изменения (более двух стандартных отклонений) (рис. 3) содержания практически всех элементов за пределы диапазона фонового изменения параметра до и после землетрясения ($M = 2$). Было установлено предсейсмическое увеличение концентраций хлора (Cl^{-}), натрия (Na^{+}), магния (Mg^{2+}) и вследствие этого увеличение минерализации. Постсейсмические изменения наблюдались у CO_2 , хлора (Cl^{-}), сульфат-иона (SO_4^{2-}), HCO_3^{-} , кальция (Ca^{2+}) и минерализации. Все постсейсмические изменения были выражены в уменьшении содержания элементов, за исключением HCO_3^{-} , величина которого возросла от среднего 449,5 до 1100 мг/л.

Среди микроэлементов наиболее аномальным постсейсмическим изменением

выделяется железо общее ($Fe_{общ}$), содержание которого при средней величине 0,08 мг/л увеличилось более чем в 6 раз. Такие микроэлементы как бром (Br), фтор (F), кремний (Si), бор (B), стронций (Sr), характеризуются незначительными постсейсмическими выходами за пределы диапазона фонового изменения параметра как положительного, так и отрицательного знака.

Землетрясение с $M=2,8$ произошло на расстоянии около 60 км к югу от пункта наблюдения. Оно не отразилось в вариациях состава подземных вод источников, несмотря на несколько большую величину магнитуд. Между пунктом наблюдений и эпицентром землетрясения проходит глубинный широтный разлом, отделяющий горную систему Танну-Ола, на хребте которого было зафиксировано сейсмическое событие, от Улуг-Хемской котловины (рис. 1). Мы полагаем, что разлом явился своеобразным барьером для сейсмических волн.

Динамика газового потока подземных флюидов меняется под влиянием тектонических, геодинамических нагрузок, активных сейсмических процессов (рис. 3). Изменение содержания водорастворенного гелия и его вариативность по сравнению с 2007 и 2010 гг. несомненно связаны с парными землетрясениями, имеющими малое удаление друг от друга, произошедшими 27.12.2011 г. и 26.02.2012 г. [6] с магнитудой 6,2 и 6,7, находящихся на расстоянии 110 км от пункта наблюдений. Глубина очага землетрясений находилась на глубине 10 км. Афтершоки тувинских землетрясений продолжают и в настоящее время, хотя интенсивность их значительно снизилась по сравнению с 2013–2016 гг. Летом 2014 г. были отмечены свежие деформации взбросового характера в эпицентральной зоне. Происходящие процессы вызывали вариацию водорастворенного гелия на всем протяжении периода наблюдений.

Заключение

1. Несмотря на малый период наблюдения и низкую сейсмичность, удалось выделить пред- и постсейсмические индикаторы на небольшое сейсмотектоническое событие от 26.04.14 г. с $M = 2,0$ в 43 км от источника Западный. Наиболее показательными явились вариации макрокомпонентного состава, из них предсейсмическими изменениями выделяются хлор, натрий и минерализация.

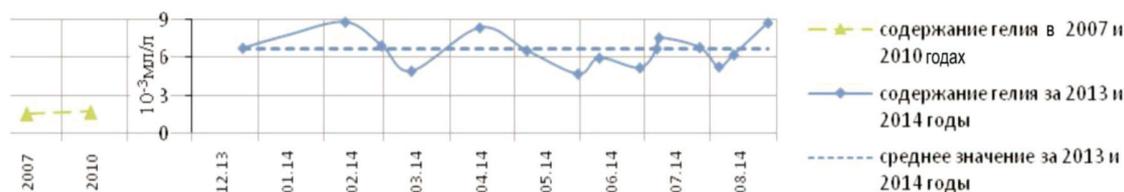


Рис. 3. Динамика изменения содержания водорастворенного гелия в пробах воды источника Западный, оз. Дус-Холь за период с 02.2013 г. по 08.2014 г.

2. Выявленные вариации гелия на протяжении 2013–2014 гг. однозначно являются откликом на изменения глубинного состояния литосферы в этом регионе после землетрясений 2011–2012 гг.

3. Полученные результаты мониторинга свидетельствуют о высокой чувствительности химических показателей подземных флюидов оз. Дус-Холь на процессы деформирования геологической среды, об активном участии вод в геодинамических процессах и указывают, что район Центральной Тувы (Центрально-Тувинская котловина) является сейсмически активной и неустойчивой зоной, что приводит к необходимости продолжения и расширения мониторинговых наблюдений за режимом подземных вод Тувы.

Список литературы

1. Дучков А.Д. Оценки теплового потока Тувы по данным об изотопах гелия в термоминеральных источниках / А.Д. Дучков, К.М. Рычкова, В.И. Лебедев, И.Л. Каменский, Л.С. Соколова // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 2. – С. 264–276.
2. Рычкова К.М. Тепловой поток Тувы по изотопно-гелиевым и геотермическим данным: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Новосибирск, 2009. – 25 с.
3. Лебедев В.И. и др. О необходимости создания геодинамического полигона в Туве // Тувинские землетрясения 2011–2012 гг.: Материалы науч. совещ. по Базовому проекту ТувИКОПР СО РАН VIII.78.1.4 «Напряжённое состояние сейсмоопасных зон Тувы: оценка сейсмической безопасности на основе сейсмологических исследований и данных сети сейсмических станций» (15–17.04.2014, Кызыл, Россия) [Электронный ресурс]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2014. – С. 34–36. – Режим доступа: [http://ipc-publisher.ru/admin/files/collections/Seismika-2014\(1-92\).pdf](http://ipc-publisher.ru/admin/files/collections/Seismika-2014(1-92).pdf).
4. Овсюченко А.Н. Результаты полевых сейсмогеологических исследований Тувинских землетрясений 2011–2012 г. / А.Н. Овсюченко, Е.А. Рогожин, А.В. Мараханов, К.С. Кужугет, Ю.В. Бутанаев, А.С. Ларьков, С.С. Новиков // Тувинские землетрясения 2011–2012 гг.: Материалы науч. совещ. по Базовому проекту ТувИКОПР СО РАН VIII.78.1.4 «Напряжённое состояние сейсмоопасных зон Тувы: оценка сейсмической безопасности на основе сейсмологических исследований и данных сети сейсмических станций» (15–17.04.2014, Кызыл, Россия) [Электронный ресурс]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2014. – С. 57–78. – Режим доступа: [http://ipc-publisher.ru/admin/files/collections/Seismika-2014\(1-92\).pdf](http://ipc-publisher.ru/admin/files/collections/Seismika-2014(1-92).pdf).
5. Высотина Л.Н. Оценка запасов лечебных грязей в районе озера Хадын и Дус-Холь Республики Тыва: Отч. гидрогеологической партии по работам за 2007–2008 гг.

с подсч. запасов лечебных грязей Хадынского и Дус-Хольского месторождений по состоянию на 01.01.2009 г. – Кызыл, 2008. – 157 с. – Тыв. фил. ФБУ «ТФГИ по СФО», Инв. № 2520.

6. Платонова С.Г. Геологические процессы в пределах эпицентральной зоны Тувинских землетрясений 2011–2012 гг. (краткие предварительные результаты полевых исследований) // Сейсмическая безопасность региона и воздействие сейсмогеологических и социально-экономических факторов на его развитие: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. (17–18.11.2015, Кызыл). – Кызыл: ТувГУ, 2015. – С. 59–61. – Режим доступа: [http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/SEJSMIKA-TUVIKOPR-2015\(59-61\).pdf](http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/SEJSMIKA-TUVIKOPR-2015(59-61).pdf).

References

1. Duchkov A.D. Ocenki teplovogo potoka Tuvy po dannym ob izotopah gelija v termomineralnyh istochnikah / A.D. Duchkov, K.M. Rychkova, V.I. Lebedev, I.L. Kamenskij, L.S. Sokolova // Geologija i geofizika. 2010. T. 51, no. 2. pp. 264–276.
2. Rychkova K.M. Teplovoj potok Tuvy po izotopno-gelievym i geotermicheskim dannym: avtoref. dis. ... kand. geol.-mineral. nauk. Novosibirsk, 2009. 25 p.
3. Lebedev V.I. i dr. O neobходимости sozdanija geodinamicheskogo poligona v Tuve // Tuvinskie zemletrjasenija 2011–2012 gg.: Materialy nauch. soveshh. po Bazovomu projektu TuvIKOPR SO RAN VIII.78.1.4 «Naprazhjonnoe sostojanie sejsmoopasnyh zon Tuvy: ocenka sejsmicheskoy bezopasnosti na osnove sejsmologicheskikh issledovanij i dannyh seti sejsmicheskikh stancij» (15–17.04.2014, Kyzyl, Rossija) [Jelektronnyj resurs]. Kyzyl: TuvIKOPR SO RAN, 2014. pp. 34–36. Rezhim dostupa: [http://ipc-publisher.ru/admin/files/collections/Seismika-2014\(1-92\).pdf](http://ipc-publisher.ru/admin/files/collections/Seismika-2014(1-92).pdf).
4. Ovsjuchenko A.N. Rezultaty polevyh sejsmogeologicheskikh issledovanij Tuvinskih zemletrjasenij 2011–2012 g. / A.N. Ovsjuchenko, E.A. Rogozhin, A.V. Marahanov, K.S. Kuzhuget, Ju.V. Butanaev, A.S. Larkov, S.S. Novikov // Tuvinskie zemletrjasenija 2011–2012 gg.: Materialy nauch. soveshh. po Bazovomu projektu TuvIKOPR SO RAN VIII.78.1.4 «Naprazhjonnoe sostojanie sejsmoopasnyh zon Tuvy: ocenka sejsmicheskoy bezopasnosti na osnove sejsmologicheskikh issledovanij i dannyh seti sejsmicheskikh stancij» (15–17.04.2014, Kyzyl, Rossija) [Jelektronnyj resurs]. Kyzyl: TuvIKOPR SO RAN, 2014. pp. 57–78. Rezhim dostupa: [http://ipc-publisher.ru/admin/files/collections/Seismika-2014\(1-92\).pdf](http://ipc-publisher.ru/admin/files/collections/Seismika-2014(1-92).pdf).
5. Vysotina L.N. Ocenka zapasov lechebnyh grjazej v rajone ozer Hadyn i Dus-Hol Respubliki Tyva: Otch. Hidrogeologicheskoy partii po rabotam za 2007–2008 gg. s podsch. zapasov lechebnyh grjazej Hadynskogo i Dus-Holskogo mestorozhdenij po sostojaniju na 01.01.2009 g. Kyzyl, 2008. 157 p. Tyv. fil. FBU «TFGI po SFO», Inv. no. 2520.
6. Platonova S.G. Geologicheskie processy v predelakh jepicentralnoj zony Tuvinskih zemletrjasenij 2011–2012 gg. (kratkie predvaritelnye rezultaty polevyh issledovanij) // Sejsmicheskaja bezopasnost regiona i vozdejstvie sejsmogeologicheskikh i socialno-jekonomicheskikh faktorov na ego razvitie: Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (17–18.11.2015, Kyzyl). Kyzyl: TuvGU, 2015. pp. 59–61. Rezhim dostupa: [http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/SEJSMIKA-TUVIKOPR-2015\(59-61\).pdf](http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/SEJSMIKA-TUVIKOPR-2015(59-61).pdf).

УДК 504.062.2:332.33:631.617(517.3)

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ
НА ТЕРРИТОРИЯХ ОПУСТЫНИВАНИЯ МОНГОЛИИ****Санжеев Э.Д., Михеева А.С., Жамьянов Д.Ц.-Д., Дарбалаева Д.А.,
Осодоев П.В., Рыгзынов Т.Ш., Батомункуев В.С.***ФГБУН «Байкальский институт природопользования» Сибирского отделения
Российской академии наук, Улан-Удэ, e-mail: esan@binm.ru*

Природные территории опустынивания, как правило, практически не затронуты хозяйственной деятельностью. Однако они служат источником благ, которые реализуются в экосистемных услугах, имеющих значение для общества. Это особенно актуально для территории Монголии, где в последние годы активизировались процессы опустынивания. В статье рассмотрены результаты эколого-экономической оценки экосистемных услуг по отдельным видам природных ресурсов, в том числе по сельскохозяйственным, водным, водным биологическим и рекреационным ресурсам. Оценка проводилась по модельным территориям Монголии, в качестве которых были выбраны аймаки Булган, Дархан-Уул, Орхон, Умнегов, Дундговь. Для оценки в работе применялись разные методы, учитывая разнообразие экосистемных услуг и функций. Были использованы методы анализа, рыночной и экспертной оценки, метод транспортно-путевых затрат и т.д. В расчетах использовались показатели официальной статистики и данных экспедиционных исследований. В составе сельскохозяйственных услуг оценивались экосистемные услуги сельскохозяйственных земель, животноводства, пастбищ и сенокосов. Услуги по водообеспечению и обеспечению водными биологическими ресурсами оценивались на основе показателей по водопотреблению, данных о рыбных запасах в бассейне р. Туул. Экосистемные рекреационные услуги оценивались по отдельным аймакам с использованием статистической информации и данных экспертной оценки. Полученные результаты позволяют утверждать, что территории опустынивания имеют высокую значимость. Реальная экономическая ценность таких территорий значительно выше, учитывая несовершенство методических подходов, не позволяющих оценивать регулирующие экосистемные функции. Необходимо проведение дальнейших исследований с целью совершенствования методов исследования.

Ключевые слова: эколого-экономическая оценка, экосистемные услуги, территории опустынивания, Монголия, аймак, сельскохозяйственные услуги, услуги по водообеспечению и обеспечению водными биологическими ресурсами, рекреационные услуги

**ECOLOGICAL AND ECONOMIC ESTIMATION OF ECOSYSTEM SERVICES
IN THE DESERTIFICATION TERRITORIES OF MONGOLIA****Sanzheev E.D., Mikheeva A.S., Zhamyanov D.Ts.-D., Darbalaeva D.A.,
Osodoev P.V., Rygzynov T.Sh., Batomunkuev V.S.***Baikal Institute of Nature Management of Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Ulan-Ude,
e-mail: esan@binm.ru*

The natural areas of desertification, as a rule, are practically not affected by economic activity. However, it serves as a source of benefits which are realized in ecosystem services that are relevant to society. This is especially true for the territory of Mongolia, where desertification processes have intensified in recent years. The results of the ecological and economic assessment of ecosystem services by individual types of natural resources, including agricultural, water, aquatic biological and recreational resources are considered in the article. The assessment was carried out on the model territories of Mongolia (Bulgan, Darkhan-Uul, Orkhon, Umnegov, Dundgov aimags). Different methods were used to evaluate the work, taking into account the diversity of ecosystem services and functions. Methods of analysis, market and expert evaluation, a method of transport-travel costs, etc. were used. In the calculations used the data of official statistics and expeditionary studies. As part of agricultural services, the ecosystem services of agricultural lands, livestock, pastures and hayfields were assessed. Services for water supply and water biological resource supply were estimated on the basis of indicators on water consumption, data on fish stocks in the Tuul river. Ecosystem recreational services were assessed by individual aimags using statistical information and expert evaluation data. The obtained results make it possible to assert that the desertification areas have a high importance. The real economic value of such territories is much higher, taking into account the imperfection of methodological approaches which do not allow assessing regulatory ecosystem functions. Further research is needed to improve research methods.

Keywords: ecological and economic assessment, ecosystem services, desertification territories, Mongolia, aimak, agricultural services, water supply and aquatic biological resources supply services, recreational services

В связи с изменением климата и увеличением масштабов антропогенного воздействия на природные комплексы в последние годы активизировались процессы опустынивания. Если раньше они в основном касались аридных и семиаридных территорий, то сейчас отмечаются их про-

явления в умеренных широтах. Многолетние исследования Байкальского института природопользования СО РАН территорий опустынивания в Монголии показывают, что в усилении данных процессов большую роль играет антропогенная деятельность [1]. Природные территории опу-

стынивания, как правило, мало вовлечены в хозяйственный оборот, и рыночные отношения на подобных территориях не развиты или отсутствуют. Причинами этого могут быть как экономические факторы, к которым мы относим труднодоступность, невысокую освоенность территорий, так и организационно-правовые факторы – существующие ограничения, природоохранный статус. Однако в любом случае данные территории несут определенные блага, ценность которых для общества и отдельных кочевников связана с выполнением определенных экосистемных услуг, включающих материальные и нематериальные функции. Поэтому одним из важнейших направлений исследования территорий опустынивания является эколого-экономическая оценка экосистемных услуг. На наш взгляд, результаты оценки могут послужить основой для определения основных направлений совершенствования экономических механизмов природопользования и будут способствовать сохранению природных ландшафтов.

Материалы и методы исследования

Важнейшими материальными экосистемными услугами территории опустынивания являются услуги по обеспечению водой питьевого качества и водообеспечению nomadных хозяйств кормами для сельскохозяйственных животных, топливом и строительными материалами для ограждений и строительства помещений, а нематериальными – услуги по сохранению биоразнообразия, функции, связанные с эстетическими свойствами ландшафтов.

Совокупная экономическая оценка экосистемных услуг позволяет выявить прямую стоимость спроса на экосистемные услуги и косвенные блага, предоставляемые природой. С точки зрения экономики потоки экосистемных услуг могут рассматриваться как «дивиденды», получаемые обществом с природного капитала и влияющие на благосостояние человека. Недостаточная обоснованность методологии и нормативно-методической базы не позволяет их учитывать и отражать в составе национального богатства наряду с трудом и капиталом. Это предопределяет необходимость разработки теоретических и прикладных аспектов комплексной оценки природного капитала, который представляет собой совокупность экосистемных услуг и функций.

Классическое понятие «экосистемные услуги» [2] определяет их как «выгоду для населения и предприятий, полученную в результате использования экосистем». В нашей трактовке «экосистемные услуги» – это особая форма использования природной среды для удовлетворения потребностей личного характера, производственной необходимости и сохранения условий жизнедеятельности общества. Условно мы подразделяем все услуги на три вида – продуцирующие, регулирующие и культурные.

Оценка экосистемных услуг территорий опустынивания Монголии проводилась на модельных территориях, выбор которых был обусловлен несколькими

критериями. В качестве них рассматривались: интенсивность процессов опустынивания, особенности территориальной дифференциации, уровень трансформации экологических систем и антропогенные факторы, динамика основных показателей социально-экономического развития и др. На основе анализа выбранных критериев с использованием данных экспертной оценки были выбраны аймаки Булган, Дархан-Уул, Орхон, Умнеговь, Дундговь.

Разнообразие экосистемных услуг и функций обусловило применение разных методов, в том числе: метода анализа, рыночной и экспертной оценки, метода транспортно-путевых затрат и др. В работе использовались показатели официальной статистики, а также данные, полученные в ходе экспедиционных исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки потоков экосистемных услуг на территориях опустынивания Монголии нами выбраны следующие группы природных ресурсов: сельскохозяйственные, водные, водные биологические и рекреационные.

Сельскохозяйственные услуги. Расчет стоимости продукции растениеводства произведен на основе данных статистики по аймакам Дархан-Уул, Орхон и Булган и в целом по Монголии. Эти аймаки, находящиеся в северной части страны на водосборной территории р. Селенга, характеризуются благоприятными климатическими условиями для ведения растениеводства. Аймаки Дундговь и Умнеговь не рассматривались, так как растениеводство в них практически не развито в силу неблагоприятных природных условий.

Для оценки экосистемных услуг сельскохозяйственных земель нами использованы данные по урожайности культур, площадям, занимаемых различными посевами, средне-многолетних цен на картофель, зерновые и овощи. Данные по урожайности в аймаках Орхон, Дархан-Уул и Булган представлены на рис. 1. Произведенные расчеты позволили оценить продукцию растениеводства, которая составила 85541,6 млн тугриков, или по курсу 56066,38 тыс. долл. США (рис. 2).

Животноводство является потребителем и поставщиком экосистемных услуг, включая производство продуктов питания, сырья для шерстяных и кожевенных изделий, сырья для изготовления юрт – традиционных жилищ населения Монголии. Животноводство – это одна из основных отраслей экономики страны, занимающая более 80% в структуре сельскохозяйственного производства. Оно представлено овцеводством, табунным коневодством, верблюдоводством, разведением коз и крупного рогатого скота.

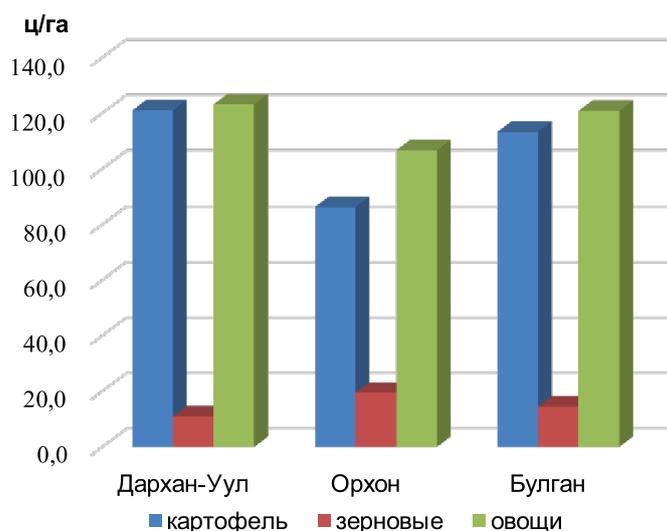


Рис. 1. Урожайность сельскохозяйственных культур по аймакам Монголии в 2015 г., ц/га

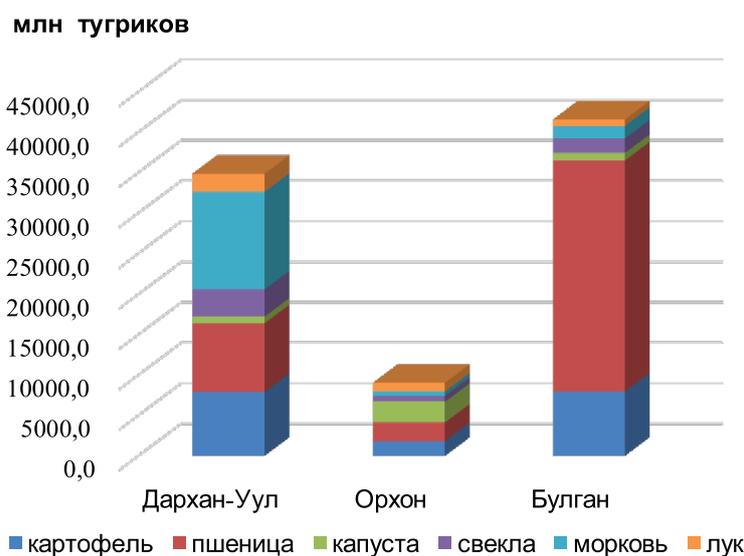


Рис. 2. Стоимость произведенной продукции растениеводства в 2015 г., млн тугриков

За последние годы наблюдается увеличение поголовья скота, которое привело к усилению нагрузки на пастбища. Рассматриваемые аймаки находятся в разных природных зонах, поэтому структура стада имеет различные пропорции (рис. 3). Например, в южных аймаках (Дундговь, Умнеговь) преобладает поголовье верблюдов и коз, а в северных и центральных аймаках, кроме традиционных видов скота, отмечается рост поголовья свиней, кур, пчелосемей.

Основными сельскохозяйственными продуктами животноводства является производство мяса (баранина, говядина, кони-

на), молоко и молочная продукция, шерсть, кашемир (козий пух) и шкуры животных. Согласно официальным данным, среди модельных территорий наибольший сельскохозяйственный потенциал имеет аймак Булган, где в 2014 г. произведено 24,5 тыс. тонн мяса, 44,8 млн литров молока, 663,3 тыс. шкур. Важным источником доходов сельского хозяйства является производство кашемира, объем которого составил в аймаке Умнеговь – 594,2 т, Дундговь – 471,6 т, Булган – 276,7 т. Стоимостная оценка экосистемных услуг животноводства приведена на рис. 4.

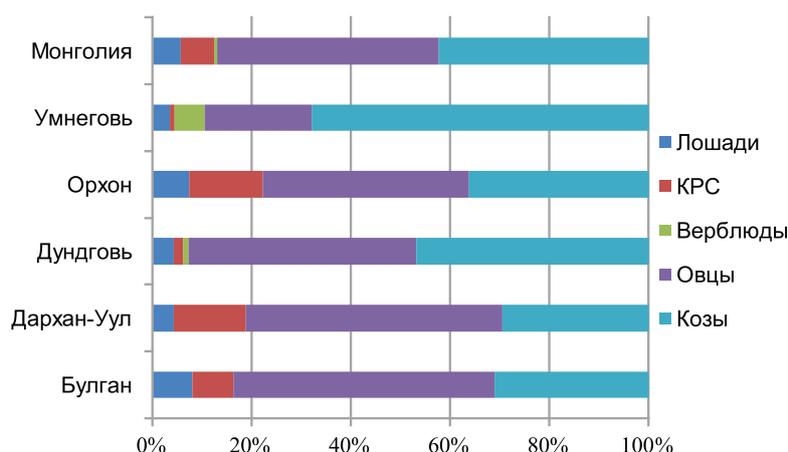


Рис. 3. Структура поголовья скота по модельным аймакам Монголии в 2014 г., в %

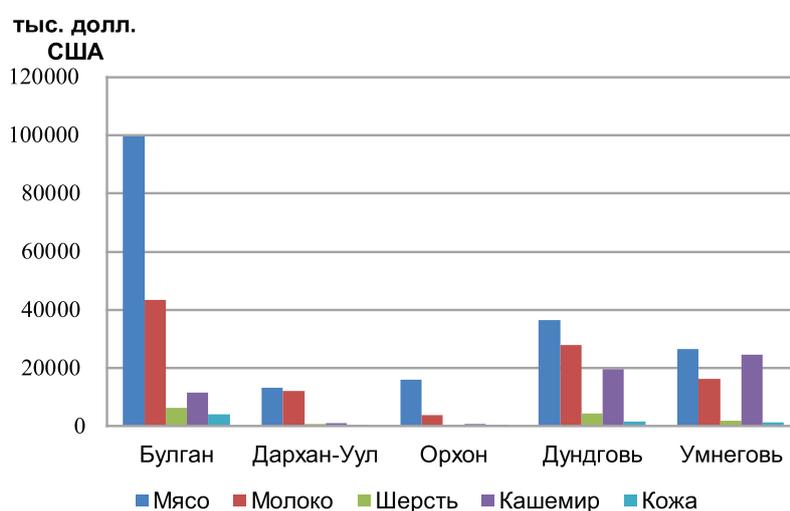


Рис. 4. Стоимостная оценка экосистемных услуг животноводства по модельным аймакам Монголии, тыс. долл. США

Ценность пастбищ, сенокосных угодий и засеянных кормовыми культурами земель относится к обеспечивающим экосистемным услугам, которые возможно оценить методом прямой рыночной стоимости. В расчетах использовались данные по численности и структуре поголовья скота в рассматриваемых аймаках, структуре земель аймаков, засеянных кормовыми культурами, пастбищам и сенокосам. Также использованы данные о сухой биомассе сена, необходимого для кормления скота в течение года, данные о поголовье скота [3–8]. Была проведена оценка объема потребности в кормах для скота в год и в зимний период (7 месяцев), а также оценка экосистемных

услуг пастбищ и сенокосов по модельным аймакам (табл. 1).

Услуги по водообеспечению и аквакультуры. Структуру водопользования в представленных аймаках определяют отрасли производства, сельского и домашнего хозяйств. Водопользование в аймаке Орхон, где находится г. Эрдэнэт и горнодобывающее медно-молибденовое предприятие «ГОК «Эрдэнэт», является наиболее высоким. В аймаке Булган с сельскохозяйственной специализацией показатели водопользования гораздо ниже. В последние годы значительно возросли показатели водопотребления в аймаке Умнеговь, что связано с разработкой месторождений Таван Толгой и Оюу Толгой.

Таблица 1

Объем потребности в кормах для скота в год и в зимний период и оценка экосистемных услуг пастбищ и сенокосов по модельным аймакам Монголии

№ п/п	Аймаки	Поголовье, тыс. усл. гол.	Рыночная стоимость сена, тыс. тугр/т	Необходимый объем корма, тыс. т		Стоимость, млрд тугр.		Стоимость, тыс. долл. США	
				год	7 месяцев	год	7 месяцев	год	7 месяцев
1	Булган	678,74	120,0	2572,6	1497	308,7	179,6	202300	117700
2	Дархан-Уул	74,905	120,0	273,2	158,7	32,8	19,04	21500	12500
3	Орхон	47,86	120,0	175,11	101,8	21	12,2	13800	8000
4	Умнеговь	322,56	120,0	1357,51	791,7	162,9	95,0	106800	62300
5	Дундговь	333,14	120,0	1508,11	879,15	180,9	105,5	118400	69100
	ИТОГО:	1457,21		5886,53	3428,35	706,3	411,34	462800	269600

И с т о ч н и к : составлено на основе расчетных данных с использованием [3–8].

Таблица 2

Оценка экосистемных услуг водных ресурсов в модельных аймаках Монголии

№ п/п	Аймак	2013 г.		2014 г.	
		м ³ /год	тыс. долл. США	м ³ /год	тыс. долл. США
1	Булган	625910,0	15763,0	1222734,0	31907,1
2	Дархан-Уул	865999,2	21809,4	6049114,0	157851,0
3	Орхон	13287121,0	334624,2	17114325,0	446596,6
4	Умнеговь	15334370,2	386182,3	20513021,0	535285,2
5	Дундговь	н.д.	–	н.д.	–
	ИТОГО:	30113400,4	758378,9	44899194,0	1171639,9

И с т о ч н и к : составлено на основе расчетных данных с использованием [8, 9].

Таблица 3

Общая прямая стоимость использования рекреационных ресурсов в модельных аймаках Монголии

№ п/п	Аймак	Прямая стоимость использования, тыс. тугр.	Прямая стоимость использования, тыс. долл. США
1	Булган	9256040,0	5614,41
2	Дархан-Уул	25585270,0	16867,94
3	Орхон	12996370,0	8518,19
4	Умнеговь	15976920,0	10471,73
5	Дундговь	3747536,20	2456,24
	ИТОГО:	67562136,20	43928,51

И с т о ч н и к : составлено на основе расчетных данных с использованием [3–8, 12].

Для экономической оценки экосистемных услуг по водообеспечению (табл. 2) были использованы показатели объемов водопотребления на промышленно-производственные и сельскохозяйственные цели, личные потребности населения, ставки платы за использование воды. «Ежемесячная плата за использование воды на душу населения составляла в 2013 г. 3202 тугриков, в 2014 г. – 3954, в 2015 г. – 4706 тугриков» [8].

Уникальность монгольских рыбных запасов не только в изобилии, но и в видовом составе – сиговые, лососевые, осетровые.

В реках и озерах Монголии обитает большинство европейских разновидностей рыб и рыбы Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока. В бассейне р. Селенги насчитывается 26 видов рыб, относящихся к 11 семействам [10]. Эколого-экономическая оценка водных биологических ресурсов в части рыбных запасов в бассейне р. Туул была проведена с использованием фондовых материалов Института географии и геоэкологии Академии наук Монголии [11]. Согласно расчетам, их стоимость в ценах 2015 г. составила 2688 млн тугриков или 1761,8 тыс. долл. США.

Использование метода транспортно-рекреационных затрат позволило провести экономическую оценку *экосистемных рекреационных услуг*. Были сделаны предварительные расчеты по определению прямой стоимости рекреационных ресурсов по модельным территориям с использованием материалов [3–8, 12]. Согласно расчетам, общая прямая стоимость использования по аймакам составила 67562136,2 тыс. тугр. или 43928,51 тыс. долл. США (табл. 3).

Заключение

В проведенных расчетах использовались в основном данные за 2015 г., поэтому в дальнейшем предполагается проведение оценки экосистемных услуг в динамике рассмотренных показателей. Полученные данные экономической оценки позволяют сделать вывод о высокой значимости экосистемных услуг территорий опустынивания. Результаты оценки отражают лишь часть реальной стоимости экосистемных услуг модельных аймаков, учитывая несовершенство применяемых методов оценки. Как показали проведенные исследования, в настоящее время в практической деятельности оцениваются только ресурсные функции, произведенная продукция, а регулирующие экосистемные функции, имея реальную ценность, не имеют реальной стоимости. Обычно эти функции и природные услуги не находят отражения в ценах, складывающихся на продукцию, получаемую из биологических природных ресурсов.

Одним из следствий процесса опустынивания является сокращение биоразнообразия, которое служит важным источником пищевых продуктов и доходов для сельских домохозяйств. Следовательно, благосостояние населения в значительной мере зависит от состояния экосистем и их способности предоставлять экосистемные услуги. Результаты проведенной оценки могут послужить основой для разработки предложений по совершенствованию системы платежей за пользование природными ресурсами, сопоставимых с их экономической оценкой и созданию специального экологического фонда для смягчения негативных последствий опустынивания.

Работа выполнена при поддержке проекта в рамках Комплексной программы фундаментальных исследований СО РАН № П.2 «Интеграция и развитие» «Идентификация и оценка экосистемных услуг территорий опустынивания Центральной Азии».

Список литературы

1. Роль антропогенного фактора в развитии процессов опустынивания Монголии / В.С. Батомункув [и др.] // Известия ИГУ. Серия: Науки о Земле. – 2012. – Т. 5, № 1. – С. 92–107.
2. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
3. Аймак Булган. Статистическое издание. – Улан-Батор: Служба национальной статистики Монголии, 2014. – 188 с.
4. Аймак Дархан-Уул. Статистическое издание. – Улан-Батор: Служба национальной статистики Монголии, 2014. – 114 с.
5. Аймак Дундговь. Статистическое издание. – Улан-Батор: Служба национальной статистики Монголии, 2014. – 106 с.
6. Аймак Орхон. Статистическое издание. – Улан-Батор: Служба национальной статистики Монголии, 2014. – 106 с.
7. Аймак Умнегов. Статистическое издание. – Улан-Батор: Служба национальной статистики Монголии, 2014. – 174 с.
8. Mongolian statistical yearbook 2015. – Ulaanbaatar: National Statistical Office of Mongolia, 2016. – 413 p.
9. Доклад об окружающей среде Монголии. 2013–2014 / Министерство окружающей среды, зеленого развития и туризма Монголии. – Улан-Батор, 2015. – 132 с.
10. Водные экосистемы бассейна Селенги. Т. 55. / Ю.Ю. Дгебуадзе, Н.И. Дорофеюк, А. Дулмаа [и др.] / отв. ред. Ю.Ю. Дгебуадзе. – М.: ИПЭЭ РАН, 2009. – 406 с.
11. Мэндсайхан Б., Одонцэцэг Д. Плата за экосистемные услуги реки Туул / Отчет по НИР Института географии и геоэкологии АН Монголии. – Улан-Батор, 2015.
12. Справочник по культуре, спорту и туризму Монголии / Министерство культуры, спорта, туризма Монголии, Национальный центр туризма. – Улан-Батор: БИТПРЕСС, 2013. – 286 с.

References

1. Rol antropogennoho faktora v razvitii processov opustynivaniya Mongolii / V.S. Batomunkuev [i dr.] // Izvestiya IGU. Serija: Nauki o Zemle. 2012. T. 5, no. 1. pp. 92–107.
2. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
3. Ajmak Bulgan. Statisticheskoe izdanie. Ulan-Bator: Sluzhba nacionalnoj statistiki Mongolii, 2014. 188 p.
4. Ajmak Darhan-Uul. Statisticheskoe izdanie. Ulan-Bator: Sluzhba nacionalnoj statistiki Mongolii, 2014. 114 p.
5. Ajmak Dundgov. Statisticheskoe izdanie. Ulan-Bator: Sluzhba nacionalnoj statistiki Mongolii, 2014. 106 p.
6. Ajmak Orhon. Statisticheskoe izdanie. Ulan-Bator: Sluzhba nacionalnoj statistiki Mongolii, 2014. 106 p.
7. Ajmak Umnegov. Statisticheskoe izdanie. Ulan-Bator: Sluzhba nacionalnoj statistiki Mongolii, 2014. 174 s.
8. Mongolian statistical yearbook 2015. Ulaanbaatar: National Statistical Office of Mongolia, 2016. 413 p.
9. Doklad ob okruzhajushhej srede Mongolii. 2013–2014 / Ministerstvo okruzhajushhej srede, zelenogo razvitija i turizma Mongolii. Ulan-Bator, 2015. 132 p.
10. Vodnye jekosistemy bassejna Selengi. T. 55. / Ju.Ju. Dgebuadze, N.I. Dorofejuk, A. Dulmaa [i dr.] / отв. red. Ju.Ju. Dgebuadze. M.: IPJeJe RAN, 2009. 406 p.
11. Mjendsajhan B., Odoncjecceg D. Plata za jekosistemnye uslugi reki Tuul / Otchet po NIR Instituta geografii i geojekologii AN Mongolii. Ulan-Bator, 2015.
12. Spravochnik po kulture, sportu i turizmu Mongolii / Ministerstvo kulture, sporta, turizma Mongolii, Nacionalnyj centr turizma. Ulan-Bator: BITPRESS, 2013. 286 p.

УДК 911.3(571.54)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ЭТНОСОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Урбанова Ч.Б., Бабилов В.А., Ангархаева Б.Б.

ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», Улан-Удэ, e-mail: chimita76@gmail.com,
mien_bsu@mail.ru

Важным фактором обеспечения существования любого этноса является его традиционная хозяйственная деятельность, которая напрямую связана с определённым природным комплексом или ландшафтом. Авторы данной статьи на примере локальных общин народов, проживающих в сельских населённых пунктах Байкальского региона, в состав которого входит Республика Бурятия, пытаются осуществить мониторинг изменений, связанных с видами традиционного природопользования различных этнических и конфессиональных общин, живущих в разных регионах республики. Традиционные виды природопользования, наряду с современной хозяйственной деятельностью, были и еще надолго останутся одними из форм и условий существования аборигенных этносов азиатской части Российской Федерации. Виды традиционного природопользования ведутся комплексно и включают в различных сочетаниях – хозяйство, традиционную архитектуру, национальную одежду и кухню, произведения устного народного творчества. Вышеуказанные виды традиционного хозяйства формируют главную систему жизнеобеспечения автохтонных этносов. Авторы предприняли попытку определить особенности, способствующие сохранению, трансформации и видоизменению хозяйства и традиционного уклада жизни на примере русских (старожилов, сибиряков, старообрядцев – семейских), бурят, эвенков-орочонов, сойотов. В условиях всемирной глобализации и стирания границ необходимо выработать новые подходы к проблеме сохранения и изучения современного состояния видов традиционного природопользования народов проживающих на Байкальской природной территории.

Ключевые слова: Республика Бурятия, этнохозяйственные системы, система жизнеобеспечения, виды традиционного природопользования, народы, межэтническое взаимодействие

THE MODERN STATE OF TRADITIONAL NATURE USE OF THE ETHNIC GROUPS OF THE BAIKAL REGION

Urbanova Ch.B., Babikov V.A., Angarkhaeva B.B.

Buryat State University, Ulan-Ude, e-mail: chimita76@gmail.com, mien_bsu@mail.ru

An important factor in ensuring the existence of any ethnos is its traditional economic activity, which is directly related to a certain natural complex or landscape. The authors of this article, using the example of local communities of peoples living in rural settlements of the Baikal region, which includes the Republic of Buryatia, are trying to monitor the changes in the various traditional and religious communities associated with traditional uses of nature living in different regions of the republic. Traditional types of nature management, along with modern economic activities, have been and will remain for a long time some of the forms and conditions for the existence of aboriginal ethnoses of the Asian part of the Russian Federation. Types of traditional nature management are carried out in a complex way and include in various combinations – economy, traditional architecture, national clothes and cuisine, works of oral folk art. The above-mentioned types of traditional farming form the main life support system for autochthonous ethnic groups. The authors made an attempt to identify the features that contribute to the preservation, transformation and modification of the economy and the traditional way of life on the example of Russians (old-timers, Siberians, Old Believers – family), Buryats, Evenki-Orochons, Soyots. In the conditions of global globalization and blurring of borders, it is necessary to work out new approaches to the problem of preserving and studying the current state of the types of traditional nature management of peoples living on the Baikal natural territory.

Keywords: Republic of Buryatia, ethnobotany system, life support system, the types of traditional nature use of the peoples, inter-ethnic interaction

В условиях стирания государственных границ виды традиционного природопользования являются основанием жизнедеятельности и необходимым условием существования любого этноса, что особенно важно для нашей многонациональной и многоконфессиональной Российской Федерации. Для автохтонных этносов, проживающих в азиатской части нашей страны особенно важным является сохранение традиционного уклада жизни, которое выражается в основном в животноводческо-промыслово-собираательском типе традиционного уклада жизни. Для этносов Центральной Азии тра-

диционные способы природопользования – это не столько хозяйственная деятельность, сколько особый образ жизни. Сохранившиеся до нашего времени разнообразные способы ведения хозяйства и быта поистине уникальны и представляют собой особые элементы общемировой культуры. В этом принципиальное отличие хозяйственного опыта автохтонных сообществ от современной западной цивилизации.

Цель исследования

В представленной к публикации статье рассматривается проблема сохранно-

сти видов традиционного хозяйствования различных этнических групп, живущих в Республике Бурятия в современных экономических условиях. Цель – определить особенности, способствующие сохранению, трансформации и видоизменению хозяйства и традиционного уклада жизни этносов, проживающих в сельских административных пунктах (села, деревни, улусы, стойбища) Республики Бурятия. В статье представлены результаты работы авторов, собранные и систематизированные в течение последних 10 лет.

На пороге третьего тысячелетия в условиях рыночной экономики и организации новых форм сельскохозяйственных предприятий, когда сельское хозяйство нашей республики подвержено трудно прогнозируемым стихийным явлениям (засухи, наводнения, лесные пожары, нашествие вредителей и т.д.), необходимо найти правильное направление развития агропромышленного комплекса. На наш взгляд, оптимальным вариантом решения этой проблемы могло бы стать возвращение с некоторой трансформацией видов традиционного хозяйствования, сохранившихся у народов, живущих в Республике Бурятия.

В структуре понятий связанных с проблемой сохранения видов традиционного хозяйствования (природопользования), можно выделить следующие: автохтонные (коренные) народы, этнохозяйственные системы, степень сохранности традиционного образа жизни, этноценозы и др.

Материалы и методы исследования

В качестве методов, используемых для анализа проблемы, указанной в цели, применялись следующие: картографические, анализ литературных и архивных данных, социологическое анкетирование, системный подход, создание моделей.

Каждая этническая группа, народ, народность занимает определённый участок географического пространства, в пределах которого устанавливаются его непосредственные жизненные и бытовые связи с определённым природным комплексом. Именно

поэтому при взаимодействии между этносом и кормящим ландшафтом частично не учитываются сложные экономические, социальные и пространственные связи [1, с. 42–45], обусловленные географическим положением, геополитическими и иными факторами. На примере локальных этнохозяйственных систем народов, проживающих в Республике Бурятия, авторы рассматривают данные связи. По нашему мнению, именно такой процесс, связанный с сохранением видов традиционного природопользования будет способствовать экологическому равновесию в природе Байкальского региона. В культуре народов, населяющих Байкальский регион, существует система традиционного бережного отношения к природе и озеру Байкал в частности, выраженная в мифах, легендах, традициях и обрядах и бытовых традициях. Все это можно трактовать как многоотраслевое хозяйство, структуру которого можно выразить через схему (рис. 1).

Республика Бурятия, являясь частью Байкальского региона, представляет собой не только уникальную по природно-климатическим условиям территорию расположенную в центре Азии, но и является местом соприкосновения и взаимодействия важнейших геополитических и исторических процессов, располагаясь на перекрестке потоков мировых цивилизаций [2, с. 9]. В Республике Бурятия в отличие от соседних регионов наиболее четко прослеживается разнообразие не только природных ландшафтов, но этнокультурных особенностей этносов в ней проживающих.

Систему традиционного природопользования народов, проживающих в Республике Бурятия, и степень ее сохранности можно выразить в виде блок-схемы (рис. 2).

По мнению Л.Г. Намжиловой, комплексное исследование степени сохранности видов традиционного природопользования в этнохозяйственных системах, в том числе национально-административных, с использованием методов системного анализа, в контексте создания модели их устойчивого развития должно зависеть от особенностей территориальной организации регионального природопользования [3, с. 223–227].

Вид традиционного природопользования и его характер тесно связаны с конкретным географическим ландшафтом и является основным условием жизнеобеспечения этноса. Лев Николаевич Гумилев называл такой ландшафт «кормящим», а совокупность этноса и кормящего ландшафта – «этноценозом». «Кормящий» ландшафт и этноценозы в географических исследованиях тесно связаны с проблемой выделения эколого-социальных (в том числе эколого-экономических) территориальных единиц, учитывающих всю совокупность явлений и процессов взаимодействия общества и природы.



Рис. 1. Структура понятия «многоотраслевое хозяйство»

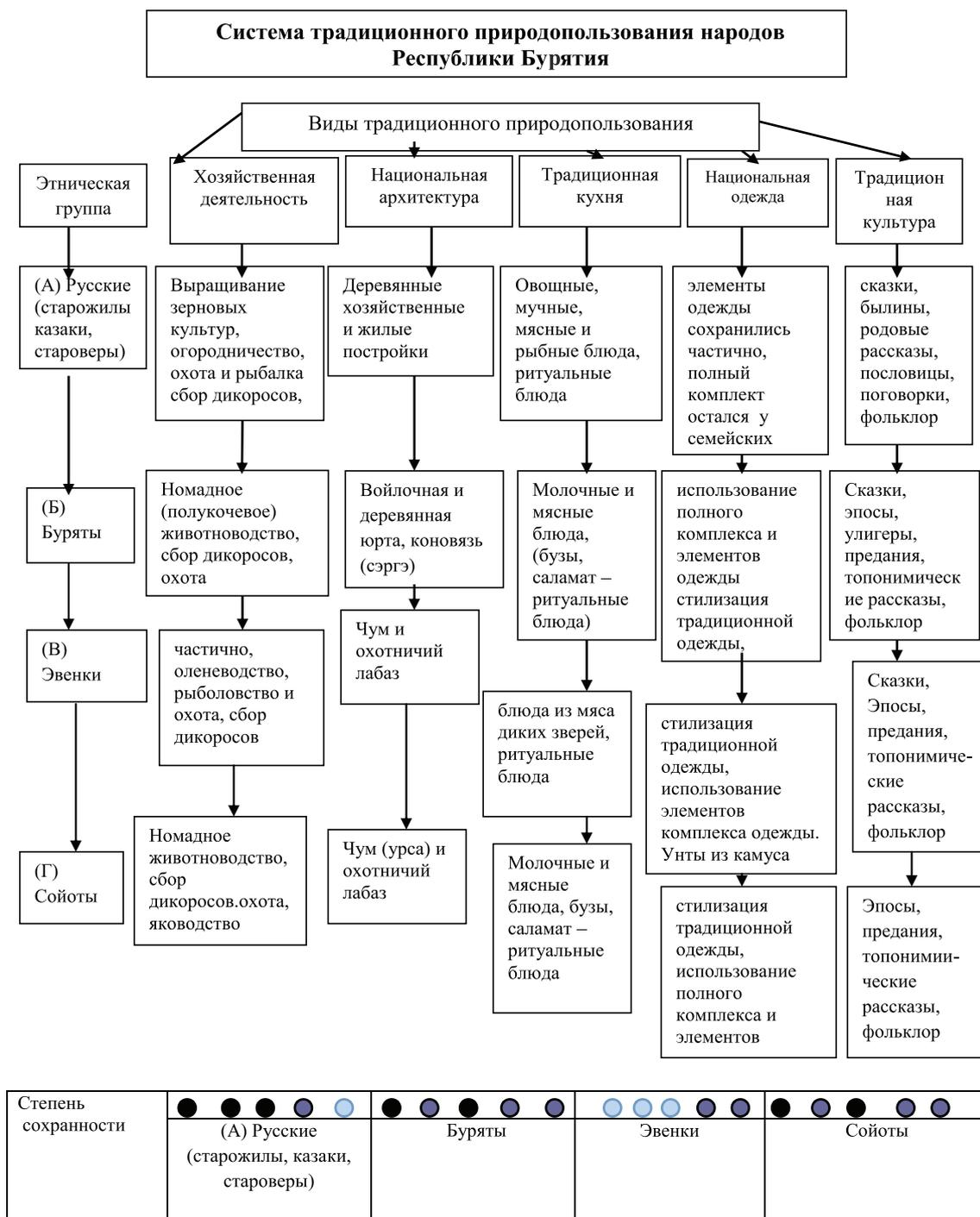


Рис. 2. Степень сохранности по видам традиционного природопользования

● высокая, ● средняя, ● низкая

Результаты исследования и их обсуждение

По нашему мнению, этнохозяйственные системы являются основной ячейкой, где формируется, хранится и трансформируется та или иная традиция. На примере этих систем прослеживается динамика вза-

имодействия этнических групп в пределах территорий их компактного проживания. Рассмотрим характеристику основных этнохозяйственных систем этносов, проживающих в разных административных районах Байкальского региона в пределах Республики Бурятия.

Одним из древнейших народов исследуемой территории являются оленные эвенки, или орочны. Многовековая хозяйственная деятельность эвенков связана с оленеводством и охотничьим промыслом, в меньшей степени с рыболовством, собирательством даров природы. Благодаря оленеводству орочны сохранили традиционный тип хозяйства и присущее ему полукочевое животноводство. До революции оленеводство было развито в различной степени в разных районах и имело в основном транспортное значение. Оленей использовали при езде верхом и под выюк. После окончания зимнего охотничьего сезона несколько семей обычно объединялись и перекочевывали в удобные для отела оленей места – возвышенные, сухие, богатые кормом и проточной водой. Зимой, во время охотничьего сезона, олени обычно паслись у стойбищ, где оставались семьи охотников. Олени хорошо приспособлены к существованию в таежных и горно-таежных районах Сибири и Дальнего Востока характеризуется высокой продуктивностью и воспроизводительной способностью [4, с. 112–114].

Однако в наше время оленеводство переживает трудный период, и, возможно, что при неблагоприятных факторах эта отрасль может полностью исчезнуть, поскольку важнейшим условием ее существования являются естественные горно-таежные пастбища. Вырубка лесов, ежегодные лесные пожары, разработка месторождений полезных ископаемых, влияет на сокращение естественных площадей для развития оленеводства.

Для сохранения оленеводства большое значение имеют: восстановление продуктивности оленьих пастбищ, управляемый выпас стада, своевременное выполнение всех зоотехнических и ветеринарных мероприятий, прудубойный нагул и интенсивный откорм оленей, безотходное и эффективное использование всей продукции оленеводства: мяса, шкур, рогов и т.д.

Также необходима поддержка со стороны государства эвенкийских семей, желающих содержать оленей в личном хозяйстве или желающих организовать семейно-родовые общины оленеводческого направления [5, с. 97–103].

Охота также была традиционным занятием эвенков. Она обеспечивала основную часть потребностей эвенкийских семей в питании и сырье для обрабатывающих отраслей домашнего производства. В настоящее время охота осуществляется при наличии соответствующей лицензии.

В современных условиях возникают новые хозяйственные структуры, характерные для народностей Севера, в том числе и для эвенков-ороченов. Это прежде всего семейно-родовые общины, в которых отдают предпочтение, помимо оленеводства и охоты, другим отраслям хозяйства, в частности разведению лошадей, торговле, пищевой промышленности, деревообработке, добыче золота, нефрита и обработке камнерезного сырья [6, с. 130–136].

Схожий тип природопользования характерен для коренного малочисленного народа, компактно проживающего в Восточных Саянах в Окинском районе Республики Бурятия – сойотов. Согласно современным исследованиям этнографов, сойоты (урянхайцы) – потомки древнейшего самодийского населения, подвергшегося впоследствии тюркизации, а в последнее столетие ассимилированного бурятами [7, с. 96–98].

Географические и природно-климатические особенности Окинского района определили его узкую специализацию в плане хозяйственного освоения – он идеально подходит для развития оленеводства, экстенсивного кочевого скотоводства (высокогорного типа), охоты и рыболовства, которые и существовали здесь на протяжении двух последних тысячелетий, сохраняя значение основных видов хозяйственной деятельности и в наше время.

В настоящее время на территории Окинского района сохраняется кочевой образ жизни, включающий разведение крупного рогатого скота, сбор дикоросов, охоту, рыболовство. Этому способствовала географическая и транспортная изоляция, благодаря которой сохранились многие элементы традиционного хозяйствования и культуры.

Одной из особенностей высокогорного животноводства в Горной Оке являются осуществляемые раз в год четырехразовые перекочевки. Первая начиналась в мае, когда кочевали с зимника на весенние пастбища. Вторая начинается с июля, когда перекочевывают на летник. Третья осуществлялась в середине сентября, когда сойоты переходят со скотом на осенние пастбища. И последняя четвертая происходит в конце ноября, когда пастухи возвращаются на зимник. Объясняется это, с одной стороны, особенностями рельефа Окинского района, расположенного на высокогорном плато, где перепады высот между лесостепными участками и альпийскими лугами не превышает 500 м, с другой – достаточно ограниченными размерами пастбищ, что заставля-

ет часто перегонять скот с места на место. Пастбища в Окинском районе тянутся главным образом вдоль рек и охватывают как долины, так и склоны гор. Пастбища удалены друг от друга на небольшие расстояния. Например, переход с зимника на самый отдаленный летник со скотом занимает в среднем не более 3-х дней [7, с. 3–7].

Другим видом домашних животных распространённых в хозяйстве у сойотов является як. В Байкальском регионе яков разводят в отрогах и долинах хребтов Саянской горной системы и прилегающих гор. Яководы постоянно регулировали их приспособительные свойства. Яки неприхотливы к погодным условиям, кормам (они без разбора выедают любые растения на альпийских и лесных пастбищах и могут доставать траву, покрытую снегом толщиной до 10–12 см). Указанные преимущества позволили не только сохранить, но и развить эту отрасль хозяйства. В настоящее время в Окинском районе создано племенное хозяйство и многие семьи, проживающие в условиях высокогорья, выращивают их. Численность поголовья яков в некоторых частных хозяйствах доходит до 100 голов.

Использование местных аборигенных пород, приспособленных к условиям высокогорного рельефа и резко континентальному типу климата при помощи определенных способов хозяйствования (кочевки с зимников на летники и др.), позволяло максимально сохранять среду обитания. Оленеводство в Окинском районе, ранее бывшее основным видом деятельности наряду с охотой, но с 1960-х гг. было признано убыточным и практически уничтожено как отрасль хозяйства.

Этнохозяйственные системы этносов, проживающих в Иволгинском и Мухоршибирском районах, нами были выбраны, так как на данных территориях наблюдаются процессы смешения кочевого животноводческого (бурятского) и русского (земледельческого) типа хозяйствования. На примере данных административных районов можно рассмотреть характерные черты данного межэтнического взаимодействия. Межэтнические контакты, взаимовлияние этносов являются естественным процессом обмена деятельностью и ее результатами. Они осуществляются по разным поводам, в различных сферах и находят многогранные формы, виды и способы выражения и проявления. Села Кокорино, Красноярovo в Иволгинском районе – где преобладает русское насе-

ление, расположено рядом с бурятским селом Хурумша, с которым русское население имеет тесные хозяйственно-экономические и бытовые контакты. Во всех этих населенных пунктах сохраняются как виды традиционного природопользования, так и широко используются современные технологии ведения сельского хозяйства. По нашему мнению, это пример взаимопроникновения и взаимодействия систем хозяйствования, характерных как для кочевых, так и для земледельческих народов.

В условиях современного переходного периода бурятское население, обладая определенным комплексом этнохозяйственных знаний, необходимых для поддержания природных комплексов и сохранения экологического баланса территории, осуществляет территориально-дифференцированный способ ведения хозяйства, основанный на межотраслевом хозяйстве.

Села Хошун-Узур и Бар, расположенные в Мухоршибирском районе, являются модельными для изучения процесса трансформации монокультурной локальной общины в условиях полиэтнической среды, так как в них проживают в основном буряты. В этих сельских населенных пунктах в отличие от других территориальных групп бурятского населения живущего в окружении русских сел, в большей степени сохранились традиционные этнохозяйственные системы [6, с. 130–136].

У бурят сел Хошун-Узур и Бар сохранились до нашего времени практически в неизменном виде традиции ведения традиционного природопользования, характерного для кочевых (номадных) этносов. Это выражается прежде всего в развитии номадного, или кочевого (полукочевого) отгонно-пастбищного животноводства. На протяжении тысячелетий бурятский этнос выработал высокую культуру ведения именно номадного животноводства.

До революции большинство бурятских хозяйств, за исключением самых бедных, имело на своем подворье лошадей, коров, овец и коз. Более зажиточные буряты также содержали верблюдов. Такой полный «набор» домашних животных буряты называли «табан хушуун мал» (скот пяти видов).

Бурятский аборигенный скот относится к малопродуктивным породам, но зато хорошо приспособлен к суровым природным условиям, способен переносить низкие температуры, жару, бескормицу и может находиться на подножном корму длительное время.

Техника ведения скотоводства включала ряд приемов, проверенных многовековым опытом. Содержание скота в бурятских хозяйствах сводится к следующему: весной весь скот перегоняется на летние пастбища примерно с конца мая – начала июня. Скот до окончания сенокоса находится на летних пастбищах, после чего перегоняется на зимники, где до поздней осени кормится на уже выкошенных утугах и сенокосных лугах. Зимой почти весь скот переводится на полустойловое содержание. Лошади монгольской породы зимой могут находиться на подножном корму, а к крупному рогатому скоту и овцам применяется метод «тебеневки» – зимняя пастьба по ветоши [7, с. 96–98].

Этнохозяйственная система русских старообрядцев рассматривается авторами на примере сел Большой Куналей и Десятниково, расположенных в Тарбагатайском районе Бурятии. Здесь до сих пор сохраняется особый культурно-хозяйственный комплекс, аналогично распространенный у жителей центральных регионов России.

Территории компактного проживания староверов в пределах Байкальского региона отличаются особенностями рельефа, климата, природных комплексов. Переселенным насильно староверам необходимо было затрачивать много энергии и сил на адаптацию к этим условиям, что отразилось на особых формах социокультурной адаптации – типе жилища, поселения, одежде, пище, трудовых навыках.

Староверы обладали огромным трудолюбием. Первые поселенцы были размещены в основном на территориях с песчаными или каменистыми почвами, по долинам рек. Эти земли были совершенно не приспособлены для ведения сельского хозяйства, в частности земледелия, но семейские даже «камень» сделали плодородным. Степень развития уровня основных видов сельскохозяйственного природопользования, который был характерен для староверов, определяла не только характер воздействия хозяйственной деятельности на природную среду, но и влияла на ее изменение. В настоящее время из видов традиционного природопользования семейских Забайкалья развиты и наиболее актуальны из отраслей растениеводства: выращивание зерновых и огородничество, также деревообработка, строительство из древесины, производство орудий труд и бытовых предметов; заготовка ягод, грибов, кедрового ореха. Утратили свою былую значимость и сохраняются лишь старшим поколением: ткачество, изго-

товление ювелирных изделий, берестяной, деревянной и плетеной посуды, кузнечное ремесло.

Население Кабанского района смешанное по национальному составу. В селе Дулан (по-бурятски «теплый») проживают в основном кударинские буряты, а в селе Сухая – русские старожилы и переселенцы из европейской части России. Оба села расположены на побережье одного из заливов озера Байкал в месте, которое называется Провал. Природные условия залива характеризуются теплой водой и небольшими глубинами, что привлекает сюда большую массу как местных, так и приезжих туристов. Жители этих сел сохранили традиционные виды ведения хозяйства, связанные с рыбалкой и охотой, а также пастбищным животноводством (содержание на «гургу») [8, с. 3–7]. До сих пор сохранились и распространены добывающие промыслы – охота и рыбная ловля. В основе этих промыслов лежит традиционная русская промысловая культура. На побережье озера Байкал развивался в основном рыбопромысловый комплекс, это объясняется тем, что пионерное население этих территорий было представлено выходцами с Русского Севера (Архангельской и Вологодской губерний), которые имели богатый промысловый опыт. Промысловая культура жителей байкальского побережья выступала и в наше время выступает первичным средством хозяйственного освоения территории Байкальского региона. Вместе с тем она приспособлялась, изменяя имеющиеся формы хозяйствования, создавая и заимствуя их у коренных этносов.

Выводы

Таким образом, существующие в Республике Бурятия виды традиционного природопользования представляют собой сплав элементов этнохозяйственных систем этносов ее населяющих. В настоящее время они представляют собой самодостаточные почти замкнутые системы, основанные на традиционных и современных технологиях ведения хозяйства. При этом принцип самодостаточности распространялся не только на материально-бытовую сферу, но и на весь процесс жизнедеятельности народов, рассмотренных авторами.

Важно, что на пороге двадцать первого века при проведении региональной социально-экономической и экологической политики в Российской Федерации необходимо учитывать специфику и степень сохранности видов традиционного природопользования распространенных у разных

народов, образующих своеобразные этнохозяйственные системы расположенные в пределах административно-территориальных образований Республики Бурятия.

Статья подготовлена при финансовой поддержке проекта по гранту Бурятского государственного университета – 2017, № 16-13-4401 «Территориальные производственно-ресурсные структуры».

Список литературы

1. Гомбоев Б.О. Эколого-географические условия развития традиционного природопользования на трансграничных территориях Бурятии / Б.О. Гомбоев, Б. Батжав, Б.Б. Гомбоев // Эколого-географические проблемы развития трансграничных регионов: материалы Международной науч. конф. Улан-Удэ, 20–22 июня 2007 г. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2007. – С. 42–45.
2. Приграничные и трансграничные территории Азиатской России и сопредельных стран (проблемы и перспективы устойчивого развития) / отв. ред. П.Я. Бакланов, А.К. Тулохонов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Байкальский институт природопользования. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 610 с.
3. Намжилова Л.Г. Трансграничное позиционирование природопользования Бурятии // Специфика территориальных и природных условий в социально-экономическом развитии страны. Материалы второй международной конференции. – Улан-Батор, 2015. – С. 223–227.
4. Болданов Т.А. Историко-географическая реконструкция и комплексная оценка традиционных форм природопользования в Республике Бурятия // Проблемы устойчивого развития региона: Материалы V школы – семинара молодых ученых России (Улан-Удэ, 2009 г.) – Улан-Удэ: изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – С. 112–114.
5. Мангатаева Д.Д. Социально-экономические и правовые основы возрождения традиционного хозяйствования коренных народов Севера Бурятии / Д.Д. Мангатаева // Вестник Бурятского университета. Сер. 3. География, геология. Вып. 1. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 1997. – С. 97–103.
6. Урбанова Ч.Б., Бабиков В.А., Холбоева С.А. Этнохозяйственные системы локальных общин Республики Бурятия // Ученые записки ЗабГГПУ. – 2011. – № 1 (36). – С. 130–135.

7. Урбанова Ч.Б. Этногеографические подходы к проблеме устойчивого развития в Байкальском регионе // Вестник ТГУ. – 2013. – Т. 18, вып. 2. – С. 706–709.

8. Урбанова Ч.Б., Бабиков В.А. Историко-географические подходы к проблеме традиционного природопользования этносов Байкальской Сибири // Вестник БГУ. – 2014. – № 4 (2). – С. 3–7.

References

1. Gomboev B.O. Jekologo-geograficheskie uslovija razvitija tradicionnogo prirodopolzovanija na transgranichnyh territorijah Burjatii / B.O. Gomboev, B. Batzhav, B.B. Gomboev // Jekologo-geograficheskie problemy razvitija transgranichnyh regionov: materialy Mezhdunarodnoj nauchn. konf. Ulan-Udje, 20–22 ijunja 2007 g. Ulan-Udje: Izd-vo BGU, 2007. pp. 42–45.
2. Prigranichnye i transgranichnye territorii Aziatskoj Rossii i sopredelnyh stan (problemy i predposylki ustojchivogo razvitija) / отв. ред. P. Ja. Baklanov, A. K. Tulohonov; Ros. Akad. Nauk, Sib. otd-nie, Bajkalskij institut prirodopolzovanija. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2010. 610 p.
3. Namzhilova L.G. Transgranichnoe pozicionirovanie prirodopolzovanija Burjatii // Specifika territorialnyh i prirodnyh Uslovij v socialno-jekonomicheskom razvitii strany. Materialy vtoroj mezhdunarodnoj konferencii. Ulan-Bator, 2015. pp. 223–227.
4. Boldanov T.A. Istoriko-geograficheskaja rekonstrukcija i kompleksnaja ocenka tradicionnyh form prirodopolzovanija v Respublike Burjatija // Problemy ustojchivogo razvitija regiona: Materialy V shkoly seminar molodyh uchenyh Rossii (Ulan-Udje, 2009 g.) Ulan-Udje: izd-vo BNC SO RAN, 2009. pp. 112–114.
5. Mangataeva D.D. Socialno-jekonomicheskie i pravovye osnovy vozrozhdenija tradicionnogo hozjajstvovanija korennyh narodov Severa Burjatii / D.D. Mangataeva // Vestnik Burjatskogo universiteta. Ser. 3. Geografija, geologija. Vyp. 1. Ulan-Udje: Izd-vo BGU, 1997. pp. 97–103.
6. Urbanova Ch.B., Babikov V.A., Holboeva S.A. Jetnohozjajstvennye sistemy lokalnyh obshhin Respubliki Burjatija // Uchenye zapiski. ZabGGPU. 2011. no. 1 (36). pp. 130–1365.
7. Urbanova Ch.B. Jetnogeograficheskie podhody k problemeustojchivogo razvitija v Bajkalskom regione // Vestnik TGU. 2013. T. 18, Vyp. 2. pp. 706–709.
8. Urbanova Ch.B., Babikov V.A. Istoriko-geograficheskie podhody k probleme tradicionnogo prirodopolzovanija jetnosov Bajkalskoj Sibiri // Vestnik BGU. 2014. no. 4 (2). pp. 3–7.

УДК 556.3:631.6.03(470.61)

**ПРОБЛЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
НАСЕЛЕНИЯ ЮГА РОССИИ НА ПРИМЕРЕ САЛЬСКОГО РАЙОНА
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ****Харчук В.В., Тарасов М.Г.***ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт наук о Земле, Ростов-на-Дону,
e-mail: Kharchvv@mail.ru*

Статья посвящена изучению гидрогеологических особенностей юго-восточной части Ростовской области для решения проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения. В качестве примера рассмотрен Сальский район – один из важных производителей растениеводческой и животноводческой продукции в Российской Федерации. Актуальность темы исследований обосновывается острой нехваткой питьевых вод, соответствующих санитарным нормам, как в Сальском районе, так и в европейской части юга России в целом. Климатические особенности региона, повышенная минерализация, высокий уровень загрязнения поверхностных вод, значительное содержание органических веществ в породах, ограничивающих использование данных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. На сегодняшний день сложилась ситуация, когда произошли существенные изменения гидрогеологических условий изучаемой территории, вышли сроки утверждения запасов для всех месторождений подземных вод, а реконструкция и расширение внешнего водоснабжения не представляется возможной в силу экономических причин. На основании фондовых материалов и выполненных полевых и лабораторных исследований выявлен наиболее перспективный для решения проблемы водоснабжения водоносный горизонт, а именно, конкско-караганский. Приводится краткая характеристика его гидрогеологических, гидрогеохимических и др. параметров. Для Сальского месторождения рассчитаны эксплуатационные запасы, а для района – прогнозные ресурсы подземных вод конкско-караганского водоносного горизонта; определена максимально возможная производительность проектируемого водозаборного сооружения. Показано, что альтернативой реконструкции и расширению внешнего водоснабжения является введение в эксплуатацию нового водозаборного сооружения, которое будет экономически более рентабельным.

Ключевые слова: водоносный горизонт, месторождение подземных вод, водозабор, эксплуатационные запасы, подземные воды, водоснабжение

**PROBLEMS OF THE PUBLIC WATER SUPPLY FOR THE POPULATION IN THE SOUTH
OF RUSSIA USING THE EXAMPLE OF SALSJK DISTRICT IN ROSTOV REGION****Kharchuk V.V., Tarasov M.G.***Federal State Budget-Funded Educational Institution of Higher Education Southern Federal University,
Institute of Earth Sciences, Rostov-on-Don, e-mail: Kharchvv@mail.ru*

The article is concerned with the study of hydrogeological features in the South Eastern part of Rostov Region to solve the problem of the public water supply. Salsk District, one of the important producers of crop and livestock products in the Russian Federation, is considered as an example. The relevance of the research topic is justified by the acute shortage of drinking waters that comply with the sanitary standards both in Salsk District and in the European part of the South of Russia, as a whole. The climatic features of the region, high salinity, high level of pollution of surface waters, significant content of organic substances in rocks, restrict the ability to search for waters of the appropriate quality. Currently, there is a situation where there have been significant changes in the hydrogeological conditions of the study area, the time to approve reserves for all the groundwater deposits is up, and reconstruction and expansion of external water supply is impossible for economic reasons. On the basis of the archive materials and field researches done, the most promising aquifer, namely Konksk-Karagan, was identified to solve the water supply problem. A brief description of its hydrogeological, hydrogeochemical and other parameters is given. The predicted resources for Salsk deposit are calculated, and the groundwater storage of Konksk-Karagan aquifer is estimated for the region; the maximum capacity of the water intake structure projected is determined. It is shown that commissioning of a new water intake structure is alternative to reconstruction and expansion of external water supply, the former being economically more cost-effective.

Keywords: aquifer, groundwater deposit, water intake, storage, groundwater, water supply

Поиск, разведка и оценка запасов пресных подземных вод для питьевого и хозяйственного водоснабжения остается одной из самых острых проблем современности. Особую актуальность она приобретает для районов атлантико-континентальной европейской (степной области) умеренного пояса Российской Федерации (Б.П. Алисов). На территориях, приуроченных к обозначен-

ному району, наблюдаются засухи (очень сильные повторяются 1–2 раза в 10 лет); низкое годовое количество осадков, небольшая высота снежного покрова, значительное влияние суховея. Перечисленные климатические особенности формируют условия недостаточного увлажнения, которые характерны для Сальского района Ростовской области.

Потребность г. Сальска в воде хозяйственно-питьевого назначения по расчетам ОАО «Института «Южводпроект», составляет 20,5 тыс. м³/сут. Перспективная потребность не определялась из-за спада городской экономики. В настоящее время для решения вопроса водоснабжения г. Сальска эксплуатируется конкско-караганский водоносный горизонт, в пределах которого в разные годы разведаны 3 месторождения подземных вод: Сальское (1962–1963 гг.), Гигантовское (1972 г.) и Новосальское (1975 г.). По сложности гидрогеологических условий месторождения подземных вод соответствуют I группе [1]. По всем месторождениям был произведен подсчет эксплуатационных запасов по категориям А и В, утвержденные в ТКЗ ВДТГУ СССР: по Сальскому МПВ – 1965 г., по Гигантовскому – 1972 г., по Новосальскому – 1975 г. [2, 3]. Последние два месторождения с момента утверждения запасов и по настоящее время не эксплуатируются.

За прошедшие годы отмечается существенное изменение водохозяйственной обстановки в Сальском районе, например эксплуатация сальских групповых водозаборов привела к формированию депрессионной воронки. Кроме того, истекли сроки утверждения запасов для всех месторождений подземных вод, а возможность реализации проекта реконструкции и расширения внешнего водоснабжения населенных пунктов района по-прежнему отсутствует. Все перечисленные причины предопределили необходимость выполнения новых гидрогеологических работ и проведение оценки соответствия режима эксплуатации ранее выполненным прогнозам.

Цели статьи:

1) на основании полученной информации о повторном исследовании водоносных горизонтов территории выделить наиболее перспективный из них для удовлетворения потребности населения Сальского района Ростовской области в водных ресурсах;

2) подтвердить ранее проведенную оценку обеспеченности на расчетный период и потенциальных резервов эксплуатационных запасов конкско-караганского водоносного горизонта Сальского месторождения, используемого в настоящее время для хозяйственно-питьевого водоснабжения;

3) определить максимально возможную производительность проектируемого водозаборного сооружения, введение в эксплуатацию которого позволит полностью обе-

спечить населенные пункты района водой необходимого качества.

Геологические и гидрогеологические условия Сальского района Ростовской области

Район исследований расположен на Сальском поперечном поднятии и Целинской седловине [4], которые являются северными окраинными тектоническими элементами Азово-Кубанской впадины и Ставропольского поднятия. Фундамент в пределах указанных структур сложен дислоцированными породами каменноугольного возраста, а чехол – меловыми, палеогеновыми и неоген-четвертичными отложениями. В геоморфологическом отношении изучаемая территория находится в северо-восточной части Азово-Кубанской аккумулятивной равнины [5], расположенной в западной части Предкавказья.

Гидрографическая сеть Сальского района представлена р. Средний Егорлык (левый приток р. Западный Маныч). Водосборная площадь бассейна составляет 2270 км², общая длина реки – 187 км. Питание ее происходит главным образом за счет атмосферных осадков, а также за счет талых вод. Скорость течения воды колеблется от 0,11 до 1,31 м/с, расход – от 0,025 до 0,85 м³/с [6]. Поверхностные воды р. Средний Егорлык отличаются повышенной минерализацией. На водомерном посту у с. Шаблиевка величина ее колеблется от 0,7–1,5 г/дм³; в многоводное половодье повышается до 4,5 г/дм³; в маловодье и в меженный период – 5,0–6,0 г/дм³ [7]. На р. Средний Егорлык имеются два водохранилища: Сальское, остаточным стоком которого наполняется Воронцовско-Николаевское водохранилище. Воды Сальского водохранилища используются для орошения.

Основные черты гидрогеологических условий Сальского района в большей степени определяются наличием и характером водоносных горизонтов, развитых в породах, слагающих его территорию [8]. В пределах четвертичных отложений выделены следующие водоносные горизонты:

– верхнечетвертичных и современных аллювиальных и аллювиально-делювиальных отложений (*a, adQ_{III-IV}*);

– ниже-, средне- и верхнечетвертичных аллювиально-морских отложений (*amQ_{I-III}*);

– ниже-, средне- и верхнечетвертичных эолово-делювиальных и делювиальных отложений (*vd, dQ_{I-III}*).

Таблица 1
Основные показатели органолептических свойств, химического состава и микробиологического состояния оцениваемых подземных вод [9]

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	ПДК по СанПиН [13]	Значения показателей в подземных водах месторождений и населенных пунктах				
				Всего по району	Сальское	Новосальское	Гигантовское	г. Сальск
I. Органолептические показатели								
1	Запах	балл	2	0,0–3,0	0,0–3,0	0,0–3,0	0,0–3,0	
2	Цветность	градус	20 (35)	5,7–196,1	18,0–62,6	27,9–47,0	70,3–114,0	5,7–96,9
3	Мутность	мг/дм ³	1,5 (2)	0,0–1,3	0,1–1,5	0,0–1,1	<0,5–1,4	0,0–1,4
II. Обобщённые показатели								
4	Водородный показатель	ед. рН	6,0–9,0	6,9–8,8	7,3–8,8	7,5–8,4	7,6–8,4	6,9–8,7
5	Сухой остаток	мг/дм ³	1000 (1500)	510–1608	573–1184	1208–1420	806–1160	510–1560
6	Жёсткость общая	ммоль/дм ³	7 (10)	0,5–7,5	0,7–2,97	1,0–5,2	0,5–3,21	0,76–7,5
7	Окисляемость перманганатная	мг/дм ³	5	<0,2–11,2	1,1–4,0	3,0–4,2	5,2–7,3	<0,2–6,2
8	Нефтепродукты (суммарно)	мг/дм ³	0,1	<0,005–0,1	0,1	0,07	<0,005	<0,005–0,07
9	Фенольный индекс	мг/дм ³	0,25	<0,0005–0,004	–	0,01	0,002	<0,0005–0,001
III. Неорганические вещества								
10	Барий (Ba ²⁺)	мг/дм ³	0,1	<0,05–0,31	<0,05	<0,05	<0,05–0,21	<0,05–0,24
11	Бериллий (Be ²⁺)	мг/дм ³	0,0002	<0,0001–0,00018	<0,0001–0,00018	<0,0001	0,0001	<0,0001–0,00016
12	Железо (Fe, суммарно)	мг/дм ³	0,3 (1,0)	0,0–1,0	0,0–0,3	<0,1–0,3	0,0–0,8	0,0–0,5
13	Марганец (Mn, суммарно)	мг/дм ³	0,1 (0,5)	0,003–0,046	0,006–0,011	0,004–0,005	0,003–0,0034	0,0045–0,036
14	Медь (Cu, суммарно)	мг/дм ³	1,0	<0,001–0,07	0,0025–0,07	0,0044–0,02	0,0029–0,0095	<0,001–0,033
15	Молибден (Mo, суммарно)	мг/дм ³	0,25	<0,001–0,0029	<0,001–0,0029	<0,001	<0,001–0,001	<0,001–0,013
16	Мышьяк (As, суммарно)	мг/дм ³	0,05	<0,005–0,007	<0,005–0,006	<0,005	<0,005	<0,005–0,007
17	Нитраты (по NO ₃)	мг/дм ³	45	0,0–17,5	0,0–17,5	0,1–0,6	0,0–13,0	0,0–14,6

Окончание табл. 1

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	ПДК по СанПиН [13]	Значения показателей в подземных водах месторождений и населенных пунктах				
				Всего по району	Сальское	Новосальское	Гигантовское	г. Сальск
18	Нитриты (NO ₂)	мг/дм ³	3	0,0–12,9	0,0–10,7	0,1–0,3	0,0–2,9	0,0–9,0
19	Свинец (Pb, суммарно)	мг/дм ³	0,03	0,0003–0,0040	0,0009–0,0040	0,001–0,0024	0,0003–0,0009	0,0006–0,0024
20	Селен (Se, суммарно)	мг/дм ³	0,01	<0,002–0,0053	<0,002–0,0053	<0,002	<0,002	<0,002–0,004
21	Стронций (Sr ²⁺)	мг/дм ³	7,0	<0,5–0,97	<0,5	0,58–0,6	<0,5–0,97	<0,5–0,53
22	Цинк (Zn ²⁺)	мг/дм ³	5,0	<0,01–0,25	<0,01–0,195	<0,01–0,012	<0,01–0,01	<0,01–0,25
23	Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	500	83,0–434,5	48,0–309,0	274,1–382,0	114,0–386,0	13,0–434,5
24	Фториды (F ⁻)	мг/дм ³	1,5	<0,1–0,6	<0,1–0,4	<0,1–0,2	0,1–0,4	<0,1–0,4
25	Хлориды (Cl ⁻)	мг/дм ³	350	62,4–404,0	106,4–280,6	196,0–255,2	62,5–149,0	41,1–404,0
26	Литий (Li ⁺)	мг/дм ³	0,03	<0,015–0,05	0,03–0,04	0,02–0,05	<0,015–0,02	0,03–0,04
27	Аммоний (NH ₄ ⁺)	мг/дм ³	2	0,01–6,0	0,1–4,7	0,1–4,4	0,7–4,0	<0,1–5,4
28	Кремний (Si)	мг/дм ³	10	0,2–22,0	2,2–10,1	2,6–4,1	0,2–4,1	1,03–22,0
29	Сероводород (H ₂ S)	мг/дм ³	0,003	0,01–3,0	0,72–1,9	0,01	2,0–3,0	0,52–2,9
30	Аммиак (NH ₃)	мг/дм ³	1,5	1,52–4,47	3,0–4,47	–	2,4–3,3	1,52–3,9
31	Натрий (Na)	мг/дм ³	200	до 460	до 346	431,3–439,3	до 450	до 460
IV. Микробиологические исследования								
32	Общее микробное число	число бактерий в 1 мл	не более 50	<50	<50	–	4–6	<50
33	Общие полиформные бактерии	число бактерий в 100 мл	отсутствие	не обнаружено	не обнаружено	–	не обнаружено	не обнаружено
34	Термотолерантные полиформные бактерии	число бактерий в 100 мл	отсутствие	не обнаружено	не обнаружено	–	не обнаружено	не обнаружено

В пределах неогеновых отложений выделяются следующие водоносные комплексы и горизонты:

- подземные воды спорадического распространения азово-кубанской серии верхнего плиоцена (N_{2ak});
- водоносный комплекс отложений понтического яруса нижнего плиоцена (N_{2p});
- водоносный комплекс отложений сарматского яруса верхнего миоцена (N_{1s});
- водоносный горизонт нерасчлененных конкско-караганских отложений среднего миоцена (N_{1kr-kn});
- водоносный горизонт отложений караганского яруса среднего миоцена (N_{1kr}).

Материалы и методы исследования

Гидрогеологическое обследование скважин действующих водозаборов исполнялось ГУП «Кубаньгеология» Краснодарского края с целью изучения условий эксплуатации подземных вод. Всего обследовано 129 скважин, из них повторно – 63 скважины [9].

1. Бурение шести гидрогеологических скважин осуществлялось роторным способом сплошным забоем буровым агрегатом 1БА-15В, диаметрами трехшарошечных долот 190 мм и 161 мм. Для определения гидрогеологических параметров конкско-караганского горизонта был создан опытный куст из трех скважин глубиной 180 м, вскрывших полностью конкско-караганские отложения. Три наблюдательные скважины были пройдены до проектной глубины 145 м. Они решили следующие задачи: вскрыли конкско-караганский водоносный горизонт на полную мощность, установили глубины его залегания и эффективную мощность водовмещающих пород. В дальнейшем скважины вошли в системную сеть мониторинга подземных вод, необходимого для построения гидродинамической модели и разработки долгосрочных прогнозов функционирования водозаборных сооружений Сальского района. Общий объем бурения составил 975 м.

2. Геофизические исследования, а именно метод кажущихся сопротивлений и потенциалов естественной поляризации пород (КС, ПС), а также гамма-картаж выполнялись для подтверждения литологического разреза, предварительной оценки качества подземных вод и выбора интервалов установки фильтров.

3. Опытные гидрогеологические испытания проводились с целью получения данных для сравнительной характеристики фильтрационных свойств; анализа качества вод конкско-караганского водоносного горизонта; уточнения его гидрогеологических параметров на участке между Бровкинским водозабором и п. Гигант. Комплекс работ включал следующие методы: разглинизация скважин, пробные откачки, опытные кустовые откачки, остановка и пуск эксплуатационных скважин.

4. В процессе мониторинга подземных вод конкско-караганского горизонта производились замеры уровней и температуры подземных вод во всех опорных режимных скважинах; прокачка скважин погружным электрическим насосом перед отбором проб воды для лабораторных анализов по определению их химического состава.

5. Опробование водоносного горизонта и лабораторное изучение физических свойств, химического состава подземных вод, заключения об их качестве проведены в соответствии с утвержденными стандартными методиками [10–13]. Всего исследовано 381 проба воды.

На основании полученных данных авторами выполнены расчеты: по проектированию нового водозабора, установлению его рентабельности; прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов для выделенного водоносного горизонта.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ гидродинамических параметров водоносных горизонтов, химического и микробиологического состава подземных вод позволил установить, что для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Сальска и других населенных пунктов наиболее перспективным остается конкско-караганский водоносный горизонт. В пределах района он развит повсеместно. Основная область питания находится на Ставропольском сводовом поднятии, а частичное пополнение баланса осуществляется в долине р. Западный Маныч, где происходит перетекание вод аллювиально-морских отложений.

Водовмещающими породами являются мелко- и тонкозернистые, местами глинистые, кварцевые пески и слабосцементированные, глинистые песчаники. Общая мощность этих отложений по району изменяется от 15 до 55 м. Кровля водовмещающих песков вскрывается на глубинах 75–225 м, в зависимости от рельефа местности и гипсометрической поверхности пород, которая фиксируется на абсолютных отметках от – 30 до – 130 м, с общим погружением кровли в западном и юго-западном направлениях. По степени неоднородности фильтрационных свойств водовмещающих пород данный водоносный горизонт относится к однородным (удельные дебиты однотипно оборудованных скважин различаются не более чем в 5 раз). Коэффициенты фильтрации изменяются от 4,03 до 12,40 м/сут, чаще – 5–7 м/сут; водопроницаемость – от 100 до 400 м²/сут, чаще – 150–250 м²/сут. Повышенная водопроницаемость – 250–300 м²/сут отмечена в пределах зоны с максимальным водоотбором (х. Бровка) [9].

Пьезометрический уровень вод выделенного горизонта устанавливается на глубинах от 25 до 90 м (абсолютные отметки –10,3 м, –25,66 м). Дебиты скважин изменяются в больших пределах от 1,4 до 22,2 дм³/с при понижениях уровня воды соответственно на 25 и 50 м. Максимальные дебиты 10,4–22,2 дм³/с получены по

эксплуатационным скважинам в г. Сальске и при групповых откачках на участках детальных разведок. В районе х. Бровки дебиты скважин составляют 14,0–18,5 дм³/с; на Новосальском месторождении подземных вод – 10,4–15,5 дм³/с; на Гигантовском месторождении – 9,6–13,1 дм³/с [9].

Воды конкско-караганского водоносного горизонта от пресных до весьма слабосоленоватых с сухим остатком от 0,51 до 1,61 г/дм³, преобладают значения 0,9–1,4 г/дм³. По величине общей жёсткости воды преимущественно мягкие – 0,5–5,2 ммоль/дм³. По ионному составу воды смешанные хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриевые. По бактериологическим показателям соответствуют предъявляемым требованиям [12]. В табл. 1 приведены основные показатели органолептических свойств, химического состава и микробиологического состояния оцениваемых подземных вод. Качество подземных вод конкско-караганского водоносного горизонта отличается стабильностью и, как правило, во время эксплуатации сухой остаток почти не изменяется, о чем свидетельствует многолетний опыт добычи подземных вод этого водоносного горизонта на территории г. Сальска, на Бровкинском водозаборе [9].

Данные таблицы демонстрируют, что качество подземных вод горизонта по некоторым показателям не соответствует санитарным нормам [13]. Выявленные отклонения имеют постоянный характер

$$B = 2 \times R_{\text{вл}}, \quad (2)$$

$$R_{\text{вл}} = 1,5 \times \sqrt{a \times t}, \quad (3)$$

$$q = \frac{\Delta H}{L} \left(\frac{\Delta h}{l} \right), \quad (4)$$

где $R_{\text{вл}}$ – радиус влияния, м; a – коэффициент пьезопроводности, м²/сут; t – количество суток, принятое на расчетный срок эксплуатации водозабора (10000); k – коэффициент фильтрации, м/сут; m – мощность водоносного горизонта, м; I – напорный градиент, д.е.; разность напоров, м; L – расстояние между точками, на которых фиксируются максимальная и минимальная величины напоров [14]. В ходе полевых испытаний были установлены следующие значения гидрогеологических параметров:

- a – коэффициент пьезопроводности = $4,8 \times 10^5$ м²/сут;
- k – коэффициент фильтрации $k_{\text{cp}} = 6$ м/сут;
- m – мощность водоносного горизонта 37,5 м;
- I – напорный градиент 0,001 д.е.;
- ΔH – разность напоров: $H_1 = +10$ м; $H_2 = +5$ м, $I = 0,001$ [15].

В итоге были получены величины: $R_{\text{вл}} = 103,5$ тыс. м; $q = 0,29$ м²/сут, а прогнозные ресурсы подземных вод для выделенного водоносного горизонта составили 60000 м³/сут.

Эксплуатационные запасы подземных вод по конкско-караганскому водоносному горизонту по категориям А + В + С₁ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Эксплуатационные запасы подземных вод по конкско-караганскому водоносному горизонту

№ п/п	Наименование месторождения	Количество водозаборных скважин	Эксплуатационные запасы подземных вод, тыс. м ³ /сут			
			Всего по «А + В + С ₁ »	А	В	С ₁
1	Сальское (Бровкинский водозабор)	15 скв.	12,5	12,5	–	–
2	Новосальское МПВ	10 скв.	8,0	–	8,0	–
3	Гигантовское МПВ	5 скв.	4,0	–	4,0	–
Всего		30 скв.	24,5	12,5	12,0	–

и обусловлены особенностями вмещающих пород, а именно высокой концентрацией органических веществ (гумуса) [9].

Прогнозные ресурсы подземных вод рассчитывались по формуле

$$P = B \times q, \quad (1)$$

где B – ширина перехватываемого потока, м; q – погонный расход, м²/сут;

Таким образом, эксплуатационные запасы подземных вод по категориям «А + В + С₁» составляют 27,8 тыс. м³/сутки и удовлетворяют заявленной потребности в воде г. Сальска (20,5 тыс. м³/сутки) и близлежащих населённых пунктов.

Одной из целей данной статьи является определение максимально возможной производительности проектируемого во-

дозаборного сооружения, ввод которого более экономически рентабелен, чем реконструкция и расширение внешнего водоснабжения. При этом расчетная величины понижения уровня воды в скважинах данного водозабора S_c к концу периода его эксплуатации не должна превышать максимально допустимого в конкретных природных условиях понижения $S_{доп}$. При $S_c \leq S_{доп}$ производительность водозабора, а соответственно и эксплуатационные запасы считаются обеспеченными на принятый в расчетах срок [14]. Расчет производился по следующей формуле:

$$S_c = S_{влзб} = \frac{Q_{влзб}}{2 \times \pi \times k \times m} \times \ln \frac{1,5\sqrt{a \times t}}{R_0}, \quad (5)$$

$$R_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}}, \quad (6)$$

где $Q_{влзб}$ – производительность водозабора, м³/сут; F – площадь водозабора, м².

При расчетах дополнительно к приведенным ранее использовались следующие значения гидрогеологических параметров: $Q_{влзб} = 12500$ м³/сут; $F = 180000$ м² [14]. Получены следующие значения: $R_0 \approx 239,4$ м; $S_c = S_{влзб} = 34,4$ м; $S_{доп} = 47$ м. Так как $S_c = S_{влзб} (34,4 \text{ м}) \leq S_{доп} (47 \text{ м})$, то производительность водозабора, а соответственно и эксплуатационные запасы подземных вод рассматриваемого водоносного горизонта являются обеспеченными на принятый в расчетах срок.

Выводы

На основе сравнения всех гидродинамических характеристик изученных водоносных горизонтов четвертичных и неогеновых отложений установлено следующее.

1. Наиболее перспективным для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Сальска и близлежащих населенных пунктов остается конкско-караганский водоносный горизонт, обладающий нижеперечисленными особенностями:

- большая мощность водовмещающих пород, по району изменяется от 15 до 55 м;
- высокие дебиты скважин, максимальные значения составляют 10,4–22,2 дм³/с;
- высокие коэффициенты фильтрации (5–7 м/сут) и водопроницаемости (150–250 м²/сут);
- отсутствие гидравлической связи горизонта с вышележающими сарматским и понтическим водоносными комплексами;
- наличие надежных водоупоров в подошве горизонта, представленного плотными

глинами караганского горизонта мощностью от 8 до 76 м.

2. На основе произведенных расчетов можно сделать вывод о том, что рассчитанные эксплуатационные запасы подземных вод (27,8 тыс. м³/сут) при водопотреблении населения Сальского района 20,5 тыс. м³/сут, обеспечиваются прогнозными ресурсами, рассчитанными для выделенного водоносного горизонта (60 тыс. м³/сут).

3. Полученные значения $S_c = S_{влзб} (34,4 \text{ м}) \leq S_{доп} (47 \text{ м})$ показывают, что производительность проектируемого водозабора является рентабельной, обеспечивает водные ресурсы конско-канского горизонта на принятый в расчетах срок, а следовательно, сооружение водозабора полностью решает проблему хозяйственного водоснабжения Сальского района.

Список литературы

1. Об утверждении классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод: приказ Министерства природных ресурсов РФ Приказ от 30 июля 2007 года № 195 //Собрание законодательства – 2004, № 26, Ст. 2669, 2006; № 25, Ст. 2723.
2. Тишаева О.Л. Отчет о результатах предварительной и детальной разведок месторождения подземных вод для водоснабжения п.г.т. Гигант Ростовской области / О.Л. Тишаева. – Ростов н/Д., 1972. – 126 с.
3. Прасолова А.М. и др. Отчет о результатах детальной разведки вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Сальска Ростовской области. – Ростов н/Д., 1975. – 138 с.
4. Геология СССР. – М.: Изд-во «Недра», 1970. – 548 с.
5. Сафронов И.Н. Геоморфология Северного Кавказа / И.Н. Сафронов. – Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 1969. – 217 с.
6. Харчук В.В., Тарасов М.Г., Скляренко В.В., Драчев Я.М. Подземные воды – основной источник хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов Сальского района Ростовской области // Актуальные проблемы наук о Земле: тезисы докл. конф. студентов и молодых ученых с международным участием (Ростов-на-Дону, 14–15 окт. 2015.). – Ростов-н/Д., 2015. – С. 148–151.
7. Харчук В.В., Тарасов М.Г., Скляренко В.В., Драчев Я.М. Источники формирования ресурсов пресных подземных вод Сальского района Ростовской области // Актуальные проблемы наук о Земле: тезисы докл. конф. студентов и молодых ученых с международным участием. – (Ростов-на-Дону, 14–15 окт. 2015.). – Ростов-н/Д., 2015. – С. 151–154.
8. Гидрогеология СССР: сводный том, выпуск 5/ под ред. Г.Г. Скворцова. – М.: Изд-во «Недра», 1975. – 263 с.
9. Куцевалов А.Я. Отчёт по объекту: «Оценка эксплуатационных запасов подземных вод хозяйственно-питьевого назначения в пределах депрессионной воронки, вызванной работой сальских групповых водозаборов» (оценка запасов по состоянию на 01.01.2009 г.) / А.Я. Куцевалов. – Краснодар, 2010. – 665 с.
10. ГОСТ 189963-73. Вода Питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа. Контроль качества воды. – Взамен ГОСТ 5215-50 и ГОСТ 5216-50; Введ. с 01.07.1974. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. – 16 с.
11. ГОСТ 3351-74. Вода Питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности. Контроль качества воды. – Взамен ГОСТ 3351-46; Введ. с 01.07.1975. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. – 8 с.

12. ГОСТ Р 51309-99. Вода Питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. Контроль качества воды. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. – 23 с.

13. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2002. – 46 с.

14. Климентов П.П. Кононов В.М. Динамика подземных вод: учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1985. – 384 с.

15. ГОСТ 23278-2014 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости. – Взамен ГОСТ 23278-78; Введ. 01.07.2015. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. – 40 с.

References

1. Ob utverzhdenii klassifikacija zapasov i prognoznyh resursov pitevyh, tehnikeskikh i mineralnyh podzemnyh vod: prikaz Ministerstva prirodnyh resursov RF Prikaz ot 30 ijulja 2007 goda no. 195 // Sobranie zakonodatelstva 2004, no. 26, St. 2669, 2006; no. 25, St. 2723.

2. Tishaeva O.L. Otchet o rezultatah predvaritelnoj i detalnoj razvedok mestorozhdenija podzemnyh vod dlja vodosnabzhenija p.g.t. Gigant Rostovskoj oblasti / O.L. Tishaeva. Rostov n/D., 1972. 126 p.

3. Prasolova A.M. i dr. Otchet o rezultatah detalnoj razvedki vod dlja hozjajstvenno-pitevogo vodosnabzhenija g. Salska Rostovskoj oblasti. Rostov n/D., 1975. 138 p.

4. Geologija SSSR. M.: Izd-vo «Nedra», 1970. 548 p.

5. Safronov I.N. Geomorfologija Severnogo Kavkaza / I.N. Safronov. Rostov n/D.: Izd-vo Rostovskogo un-ta, 1969. 217 p.

6. Harchuk V.V., Tarasov M.G., Skljarenko V.V., Drachev Ja.M. Podzemnye vody osnovnoj is-tochnik hozjajstvenno-pitevogo vodosnabzhenija naselennyh punktov Salskogo rajona Rostovskoj oblasti // Aktualnye problemy nauk o Zemle: tezisy dokl. konf. studentov i molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem (Rostov-na-Donu, 14–15 okt. 2015.). Rostov-n/D., 2015. pp. 148–151.

7. Harchuk V.V., Tarasov M.G., Skljarenko V.V., Drachev Ja.M. Istochniki formirovanija resursov presnyh podzemnyh vod Salskogo rajona Rostovskoj oblasti // Aktualnye problemy nauk o Zemle: tezisy dokl. konf. studentov i molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem. (Rostov-na-Donu, 14–15 okt. 2015.). Rostov-n/D., 2015. pp. 151–154.

8. Hidrogeologija SSSR: svodnyj tom, vypusk 5/ pod red. G.G. Skvorcova. M.: Izd-vo «Nedra», 1975. 263 p.

9. Kucevalov A.Ja. Otchjot po obektu: «Ocenka jekspluatacionnyh zapasov podzemnyh vod hozjajstvenno-pitevogo naznachenija v predelah depressionnoj voronki, vyzvannoj rabotoj salskih gruppovyh vodozaborov» (ocenka zapasov po sostojaniju na 01.01.2009 g.) / A.Ja. Ku-cevalov. Krasnodar, 2010. 665 p.

10. GOST 189963-73. Voda Pitevaja. Metody sanitarno-bakteriologicheskogo analiza. Kontrol kachestva vody. Vzamen GOST 5215-50 i GOST 5216-50; Vved. s 01.07.1974. M.: FGUP «Standartinform», 2010. 16 p.

11. GOST 3351-74. Voda Pitevaja. Metody opredelenija vkusa, zapaha, cvetnosti i mutnosti. Kontrol kachestva vody. Vzamen GOST 3351-46; Vved. s 01.07.1975. M.: FGUP «Standartinform», 2010. 8 p.

12. ГОСТ Р 51309-99. Вода Питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. Контроль качества воды. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. 23 с.

13. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2002. 46 с.

14. Климентов П.П. Кононов В.М. Динамика подземных вод: учеб. для вузов. 2-е изд. М.: Высшая школа, 1985. 384 с.

15. ГОСТ 23278-2014 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости. Взамен ГОСТ 23278-78; Введ. 01.07.2015. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 40 с.

УДК 528.946:911.3(796.5)

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ТУРИСТСКОЙ ЛЕГЕНДЫ В РАМКАХ ОРГАНИЗАЦИИ РЕКРЕАЦИОННО-ТУРИСТСКИХ КЛАСТЕРОВ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Падалко Ю.А.

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург,

e-mail: a.a.ml@mail.ru

Для Оренбургской области проведение туристского легендирования является одной из задач развития туристско-рекреационного комплекса и формирования туристских кластеров на территории региона. Выявление возможностей формирования туристской легенды будет способствовать в перспективе развитию ядер и образованию новых элементов туристских кластеров, позволяя эффективнее использовать существующую туристско-рекреационную систему. Вербальные артефакты (легенды, мифы, лигатурные символы, эпические образы и т.д.) объектов природного и историко-культурного наследия муниципальных образований Оренбургской области могут формировать отдельный целевой сегмент культурно-познавательного, экскурсионного и событийного туризма в регионе, а также способствовать развитию «туриндустрии впечатлений» и формированию комплексных турпродуктов. Туристско-рекреационный потенциал охраняемых территорий региона может вносить существенный вклад в развитие регионального туризма. В статье рассмотрены вопросы формирования туристской легенды в рамках организации рекреационно-туристских кластеров на территории Оренбургской области. Выделены группы когнитивных артефактов и вербальных образов для проведения туристского легендирования. С использованием методов имажинальной географии они визуализированы в составленной образно-географической карте Оренбургской области. Выявлены природные территории и объекты Оренбургской области, имеющие перспективы для экономически эффективного развития туризма. Дана характеристика крупных рекреационно-туристских кластеров региона для формирования туристской легенды и расширения возможностей их использования. Рассмотрены вопросы рационального использования рекреационного потенциала Ириклинского водохранилища как одного из ядер рекреационного каркаса Оренбургской области. Представлены направления диверсификации туристско-рекреационной деятельности за счет организации водных тематических экскурсионных маршрутов с вовлечением доступных объектов природно-заповедного фонда регионального значения. Результаты исследования раскрывают туристско-рекреационный потенциал развития Оренбургской области в рамках предложенных авторами кластеров и ядер рекреационного каркаса.

Ключевые слова: Оренбургская область, туристское легендирование, рекреационно-туристский кластер, рекреационный каркас, географические образы, образно-географическая карта, рекреационный потенциал, экологический туризм

TO THE QUESTION OF FORMING A TOURIST LEGEND IN THE FRAMEWORK OF ORGANIZATION OF RECREATIONAL-TOURIST CLUSTERS IN THE ORENBURG REGION

Chibilev A.A. (jr.), Grigorevskiy D.V., Padalko Yu.A.

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: a.a.ml@mail.ru

For the Orenburg region, conducting tourist legendary is one of the tasks of developing a tourist and recreational complex and forming tourist clusters on the territory of the region. The identification of the possibilities for the formation of a tourist legend will contribute to the development of the nucleus and the formation of new elements of tourist clusters in the future, allowing more efficient use of the existing tourist and recreational system. Verbal artifacts (legends, myths, ligature symbols, epic images, etc.) of objects of the natural and historical and cultural heritage of the municipal formations of the Orenburg region can form a separate target segment of cultural, cognitive, excursion and event tourism in the region, and also contribute to the development of «tourist industry of impressions» and the formation of integrated tourist products. The tourist and recreational potential of the protected areas of the region can make a significant contribution to the development of regional tourism. The article deals with the formation of a tourist legend within the framework of the organization of recreational and tourist clusters in the territory of the Orenburg region. For this purpose, groups of cognitive artifacts and verbal images have been identified for the conduct of tourist legend. Using the methods of imagery geography, they are visualized in the compiled imagery-geographical map of the Orenburg region. The natural territories and objects of the Orenburg region have been identified, with prospects for economically effective tourism development. The characteristic of large recreational and tourist clusters of the region is given for the formation of a tourist legend and the expansion of opportunities for their use. The problems of rational use of the recreational potential of the Iriklin'sky reservoir are considered. The directions of diversification of tourist and recreational activities are presented at the expense of organization of water thematic excursion routes with the involvement of accessible objects of the nature reserve fund of regional importance. The results of the research reveal the tourist and recreational potential of the development of the Orenburg region in the framework of the cores of the recreational carcass.

Keywords: Orenburg region, tourist legend, recreational and tourist cluster, recreational frame, geographic features, imagery-geographical map, recreational potential, ecological tourism

Одной из задач развития туристско-рекреационного комплекса и создания туристских кластеров на территории Оренбургской области является проведение туристского

легендирования. Выявление возможностей формирования туристской легенды будет способствовать в перспективе развитию ядер и образованию новых элементов ту-

ристских кластеров, позволяя эффективнее использовать существующую туристско-рекреационную систему [1, 2]. Легенды и мифы, лигатурные символы и эпические образы, богатейшие пласты народного фольклора городов и районов Оренбургской области могут сформировать отдельный целевой сегмент культурно-познавательного, экскурсионного и событийного туризма в регионе, а также способствовать развитию «туриндустрии впечатлений» и формированию комплексных турпродуктов по характеру организации и по содержанию.

В этой связи туристско-рекреационный потенциал охраняемых территорий может вносить существенный вклад в развитие регионального туризма [3]. С помощью маркетинговых решений по популяризации региональных памятников природы можно стимулировать не только создание баз и домов отдыха, на территориях приуроченных к особо охраняемым природным территориям (ООПТ), но и развитие местных промыслов, производство сувенирной продукции, выпуск подарочных литературных изданий, атласов, путеводителей, буклетов и т.д., производство экологически чистых товаров для реализации. Нередко образы памятников природы оренбургскими коммерческими предприятиями используются на выставках, ярмарках и экономических форумах чтобы подчеркнуть экологичность производства, социальную ответственность фирмы, её природоохранную функцию и др. Всё это способствует созданию положительного имиджа в глазах потенциальных партнёров и покупателей продукции фирмы. Использование образов объектов природного и историко-культурного наследия региона в рекламных целях, на упаковке при маркировке продукции способствует повышению общественного интереса и популяризации через сбыт товаров уникальных природных ресурсов региона и наоборот [4]. Эстетически самоценны и обладают благозвучием названия таких объектов, как Берёг сокровищ, Медвежий лоб, Аничкин сад, Бандитские горы, Шапка Мономаха, скала Верблюды, гора Горюн, Тёщин язык и т.д. Использование «когнитивных артефактов» [5] природного и историко-культурного потенциала Оренбургской области как элементов из сферы мифологизации пространства имеет для региона большие перспективы в развитии на их основе туристских ресурсов. На основе системы вербальных артефактов муниципальных образований Оренбуржья возможно формирование новой туристской среды интересной потенциальному потребителю. Одним

из ведущих туристских мотивов, способствующих принятию туристского образа, является образ или система образов, которые потенциальный турист, независимо от социального статуса, уровня образования, возраста, получил в процессе контактов с информационной средой (из книг, телевидения, радио, сети Интернет, социальных контактов, слухов, мифов и т.д.) [6]. Сформированные таким образом представления о туристских ресурсах территории, рекреационной емкости, эстетической привлекательности ландшафтов, при грамотном позиционировании и развитии, способствуют увеличению туристского потока, привлечению инвестиций. Для создания общего мифологического пространства в Оренбургской области сформировался целый комплекс пространственных образов, основанных на культурных, исторических, административных, военных, промышленных и природных объектах.

Цель исследования

Выявить ядра рекреационного каркаса на территории Оренбургской области, оценить возможности проведения туристского легендирования и формирования центров притяжения и диверсификации туристско-рекреационных услуг.

Материалы и методы исследования

Метод имагинальной (образной) географии предложен и описан в работах Д.Н. Замятина, представляет собой наглядное визуальное изображение, графическую схему взаимосвязанных географических образов территории [7]. Примером визуализации выявленных элементов туристской легенды может служить следующая образно-географическая карта (ОГК) (рисунок).

Возможны 2 типа ОГК: на базе диаграмм Венна (когда различные географические образы изображены в виде пересекающихся и касающихся окружностей) и на базе математической (топологической) теории графов (когда отдельные географические образы выступают как узлы сети). В нашем случае используется 2-й тип, и ключевыми узлами ОГК выступают кластеры развития туризма и рекреации: Бузулукский бор, Ириклинское водохранилище, Соль-Илецкие соленые озера, Тюльганские леса, Кувандыкские горы, города Оренбург и Орск, являющиеся узловыми элементами регионального туристского каркаса благодаря развитой транспортной, туристской, торговой инфраструктуре. Примером «притягивающих» объектов второго порядка, дополняющих и расширяющих туристско-рекреационный потенциал ключевых узлов, являются образы:

– известных существующих и потенциальных объектов туристско-рекреационной сферы системы ООПТ природно-заповедного фонда и значимых природных объектов области: участки заповедников «Оренбургский» и «Шайтан-Тау», гора Накас, Оренбургский крепостной яр, гора Медвежий лоб, Андрианопольский, Алданский и Болотовские боры, Верхне-Чебендинские и Троицкие меловые горы и т.д.;

– обусловленные хозяйственной спецификой территории региона: Оренбургское газоконденсатное месторождение, месторождения нефти Общего сыр-та, молочное производство в п. Ташла, цветная металлургическая промышленность г. Медногорск и г. Гай, бахчеводство Соль-Илецкого городского округа, Оренбургский пуховый платок, вышедший за рамки только пуховязального промысла, и т.д.;

– выдающихся и известных личностей, которые были рождены, посещали или деятельность которых была связана с Оренбургским краем: И.К. Кирилов, В.Н. Татищев, П.И. Рычков, И.И. Неплюев, В.И. Даль, А.С. Пушкин, Е. Пугачёв, Н.М. Пржевальский, Л. Попов, Ф.И. Шаляпин, С.Т. Аксаков, Н.М. Карамзин, К.Д. Ушинский, В.Г. Короленко, М.Ф. Зеленко, Я.В. Виткевич, Ю.А. Гагарин, В.С. Высоцкий, В.С. Черномырдин и т.д.;

– связанные с историческими событиями, происходившими на территории области: Крестьянская война, волк судов из реки Самара (приток Волги) в Камыш-Самару (приток Урала) возле с. Переволоцк в последней четверти XVIII в., столкновение отрядов Белой и Красной армий в окрестностях Боевой горы, испытание ядерной бомбы на Тоцком полигоне, освоение целины и т.д.;

– социальные объекты и явления: крупнейший в области горнолыжный центр «Долина» в г. Кувандык, расположение в г. Оренбурге штаба Оренбургского казачьего войска, образование немецких поселений в конце XIX в. в Красногвардейском районе, расположение тюрьмы строгого режима «Черный дельфин» в г. Соль-Илецке, баскетбольный клуб «Надежда», ФК «Оренбург», клуб настольного тенниса «Факел-Газпром» и т.д.

Система вышеприведённых образов может стать основой проведения туристского легендирования в разрезе муниципальных образований и туристско-рекреационных кластеров Оренбургской области.

Результаты исследования и их обсуждение

Ключевые узлы образно-географической карты – туристско-рекреационные объекты, пользующиеся наибольшей популярностью у местных и приезжих туристов. Это своеобразные якорные объекты, привлекающие основной поток туристов и посетителей. Таких объектов на территории региона немного, но они, обладая функциями ядер, способны сформировать кластер, в границах которого имеются коммерческие перспективы развития дополнительных туристско-рекреационных услуг. Взаимосвязанные услуги могут развивать также весь потенциал ядра, за счет повышения сервиса и открытия новых видов рекреационной деятельности на его основе. В то же время есть дополнительные объекты второго порядка в непосредственной доступности для отдыхающих, которые изначально ставили своей главной целью посещения самого ядра. Организация посещения таких объектов может как разнообразить отдых

туристов, так и расширить их представление о территории. За счёт этого возможно формирование новых центров притяжения и диверсификация туристско-рекреационных услуг объектов различного порядка, входящих в один кластер.

Значительные перспективы по использованию туристско-рекреационного потенциала в области имеются у природных территорий и памятников природы в качестве объектов второго порядка в туристско-рекреационных кластерах. Природные объекты, обладающие набором природных условий и ресурсов для развития лечебного, рекреационного, спортивного, познавательного, конгрессного, музейного, культурного, ностальгического, транзитного, самодетельного и других видов туризма на территории Оренбургской области, представлены в табл. 1.

В Оренбургской области основной поток туристов «генерируют» следующие объекты: Соль-Илецкие солёные озёра, горнолыжный курорт «Кувандык 365» (Кувандыкский городской округ) и горнолыжный комплекс «Ташла» (Тюльганский район), национальный парк «Бузулукский бор», Ириклинское водохранилище, «Степная столица» – город Оренбург и город Орск. Они сформировали кластеры развития туризма и рекреации, обладая базовой инфраструктурой и сервисом по размещению и питанию (табл. 2).

Нами предлагается расширение возможности использования существующих кластеров и расширение объектов посещения за счет вовлечения ресурсов ООПТ для экологического туризма. Традиционно наибольшей популярностью у туристов пользуются водные (гидрологические) рекреационные ресурсы, которые могут быть использованы как для пляжного (в том числе купания) отдыха, так и активного времяпрепровождения. Поэтому на базе крупных водных объектов возможна диверсификация туристско-рекреационной деятельности и развитие новых направлений. Особая роль в этом, по нашему мнению принадлежит Ириклинскому водохранилищу. Водохранилище расположено в восточной части Оренбургской области, окружено степными ландшафтами, обуславливающими его образ «степного моря». На данный момент объект используется как организованными туристами (постояльцы баз и домов отдыха), так и неорганизованными (любительское рыболовство, купание, пляжный отдых, активный отдых).

Таблица 1

Природные территории и объекты Оренбургской области, имеющие перспективы для экономически эффективного развития туризма [4, 8–10]

Муниципальное образование	Природная территория, объект	Перспективные для развития виды туризма
Бугурусланский район	Усадьба С.Т. Аксакова, Усадьба А.Н. Карамзина	Музейный, культурно-познавательный, научный, конгрессный
Бузулукский район	Бузулукский бор	Оздоровительный, культурно-познавательный, экологический, научный
Грачёвский район	Боровское водохранилище	Спортивно-оздоровительный, водный, рыболовный
Новосергиевский район	Платовская лесная дача	Рекреационный, научно-познавательный, экологический, экскурсионный
Илекский район	Уральская урёма, Черновское (Димитровское) водохранилище	Экологический, спортивно-оздоровительный, рыболовный, водный, научный
Соль-Илецкий городской округ	Солёные озёра, Урочище Шубарагаш	Лечебно-оздоровительный, научно-познавательный, конгрессный, транзитный
Октябрьский район	Каргалинские рудники	Научно-экологический, музейный
Тюльганский район	Малый Накас	Научно-познавательный, спортивно-оздоровительный
Саракташский район	Надеждинско-Яковлевское карстовое поле, Урочище Печоры	Спелеологический, спортивно-оздоровительный, научный
Кувандыкский городской округ	Шайтан-Тау, Карагай-Губерлинское ущелье, Кзыладырское карстовое поле	Научно-познавательный, спортивно-оздоровительный
Гайский городской округ	Ириклинское водохранилище	Водный, спортивный, культурно-оздоровительный, культовый, транзитный
Светлинский район	Светлинские озёра	Экологический, научно-познавательный

Таблица 2

Характеристика рекреационно-туристских кластеров Оренбургской области для формирования туристской легенды [9, 10]

Кластер	Приоритетные виды туризма и отдыха	Общее количество ООПТ в кластере
«Соль-Илецкие солёные озёра»	Купание, пляжный отдых, бальнеологическое лечение	78
«Кувандыкские горы»	Активный горнолыжный отдых, научно-познавательные экскурсии	71
«Тюльганские леса»	Активный горнолыжный отдых, собирательный, научно-познавательный	70
«Бузулукский бор»	Активный отдых (пешие и лыжные прогулки), лечебно-оздоровительный, собирательный	127
«Степное море»	Купание, пляжный отдых, любительское рыболовство, катание на яхтах, катамаранах, водных лыжах, виндсерфинг	83
город Оренбург «Степная столица»	Познавательный, культурно-развлекательный, экскурсионный, туризм болельщиков	146
город Орск	Познавательный, культурно-развлекательный, экскурсионный, промышленный	109

Ириклинское водохранилище богато орнито- и ихтиофауной, различными видами пойменной растительности. Перспективы развития территории в качестве заповедной связаны с организацией природного парка кластерного типа (разделённых territori-

ально участков с природными и культурными достопримечательностями). Наиболее перспективным направлением туризма на Ириклинском водохранилище является организация водных экскурсионных маршрутов или/и их комбинирование с пешими

экскурсиями и рыбной ловлей с причалов туристических баз (домов отдыха). Водные экскурсионные маршруты могут быть разделены как по тематике, так и по протяженности, что позволит дифференцировать по интересам, возрасту и бюджету туристов. Эстетические экскурсионные маршруты вдоль берегов и вглубь заливов открывают живописные виды с богатым разнообразием геологических объектов, берега с развитием карстовых процессов и острова. Естественнонаучные экскурсии могут включать наблюдение за разнообразной орнитофауной берегов и островов. Историко-культурное наследие раскроется при посещении верховья Ириклинского водохранилища, окрестности села Уртазым, где располагалась одноименная крепость с сохранившейся церковью «Трёх святителей».

На современном этапе развития внутреннего туризма в регионе наиболее эффективно используется туристский потенциал ядер рекреационного каркаса: Бузулукский бор, Ириклинское водохранилище, Солёные озёра Соль-Илецка, Тюльганские леса и Кувандыкские горы. Они представляют собой с учётом природно-климатических факторов пять зон приоритетного развития туризма и рекреации Оренбуржья. Областной центр, благодаря своему центральному местоположению и развитой транспортной инфраструктуре, является узловым элементом регионального туристского каркаса. Развитие туристской легенды территорий Оренбургской области на базе вышеизложенных вербальных артефактов имеет большие перспективы при условии комплексного подхода, позволяющего выйти на новый качественный уровень развития туристско-рекреационного комплекса всего региона.

Статья подготовлена в рамках темы «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (№ ГР АААА-А17-117012610022-5) при финансовой поддержке РФФИ и администрации Оренбургской области в рамках научного проекта № 17-12-56005 «Интегральная оценка современного социально-экономического положения регионов трансграничного бассейна реки Урал на основе ГИС-анализа в связи с созданием Таможенного и Евразийского экономического союзов» по региональному конкурсу «Урал: история, экономика, культура» 2017 – Оренбургская область».

Список литературы

1. Зырянов А.И. Географическое поле туристского кластера // Географический вестник. – 2012. – № 1. – С. 96–98.
2. Каменских Э.А. Условия формирования кластеров туристско-рекреационных услуг в регионе // Научное обозрение. Экономические науки. – 2015. – № 1. – С. 189–190.
3. Чибилёв А.А. (мл.) Возобновляемые стратегические природные ресурсы устойчивого развития регионов степной зоны РФ // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3. – С. 214–219.
4. Чибилёв А.А. (мл.) Позиционирование природного и историко-культурного наследия охраняемых природных территорий Оренбургской области в рамках устойчивого социально-экономического развития региона // Вестник ОГУ. – 2007. – Спец выпуск (67). – С. 183–189.
5. Ширинкин П.С. Туристское легендирование как метод использования символических средств и ресурсов в развитии гуманитарного потенциала территории // Философские науки. – 2016. – № 4. – С. 103–112.
6. Ширинкин П.С. Новая дисциплина «Туристское легендирование» в учебном плане бакалавров по направлению туризм // Сервис в России и за рубежом. – 2016. – № 3(64). – С. 73–91.
7. Замятин Д.Н. Гуманитарная география: пространство, воображение и взаимодействие современных гуманитарных наук // Социологическое обозрение. – 2010. – № 3. – С. 26–50.
8. Туристические маршруты Оренбургской области: сводный путеводитель / Под ред. Чибилёва А.А. – Оренбург: ООО «Союз-Реклама», 2008. – 98 с.
9. Приказ Министерства природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области от 5 апреля 2016 г. № 427 «Об утверждении перечней особо охраняемых природных территорий областного и местного значения Оренбургской области» [Электронный ресурс]. – URL: <http://mpr.orb.ru/ecology/102/121/> (дата обращения: 13.11.2017).
10. Природное наследие Оренбургской области: особо охраняемые природные территории [Электронный ресурс]. – URL: <http://orenprirroda.ru/kadastprirroda> (дата обращения: 18.11.2017).

References

1. Zyrjanov A.I. Geograficheskoe pole turistskogo klastera // Geograficheskij vestnik. 2012. no. 1. pp. 96–98.
2. Kamenskikh E.A. Uslovija formirovaniya klasterov turistsko-rekreacionnyh uslug v regione // Nauchnoe obozrenie. Jekonomicheskie nauki. 2015. no. 1. pp. 189–190.
3. Chibiljov A.A. (ml.) Vozobnovljaemye strategicheskie prirodnye resursy ustojchivogo razvitiya regionov stepnoj zony RF // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. no. 3. pp. 214–219.
4. Chibiljov A.A. (ml.) Pozicionirovanie prirodnogo i istoriko-kulturnogo nasledija ohranjaemyh prirodnyh territorij Orenburgskoj oblasti v ramkah ustojchivogo socialno-jekonomicheskogo razvitiya regiona // Vestnik OGU. 2007. Spec vypusk (67). pp. 183–189.
5. Shirinkin P.S. Turistskoe legendirovanie kak metod ispolzovaniya simvolicheskikh sredstv i resursov v razvitii gumanitarnogo potenciala territorii // Filosofskie nauki. 2016. no. 4. pp. 103–112.
6. Shirinkin P.S. Novaja disciplina «Turistskoe legendirovanie» v uchebnom plane bakalavrov po napravleniju turizm // Servis v Rossii i za rubezhom. 2016. no. 3(64). pp. 73–91.
7. Zamjatin D.N. Gumanitarnaja geografija: prostranstvo, voobrazhenie i vzaimodejstvie sovremennyh gumanitarnykh nauk // Sociologicheskoe obozrenie. 2010. no. 3. pp. 26–50.
8. Turisticheskie marshruty Orenburgskoj oblasti: svodnyj putevoditel / Pod red. Chibiljova A.A. Orenburg: OOO «Sojuz-Reklama», 2008. 98 p.
9. Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov, jekologii i imushchestvennyh otnoshenij Orenburgskoj oblasti ot 5 aprelya 2016 g. no. 427 «Ob utverzhenii perechnoj osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij oblastnogo i mestnogo znachenija Orenburgskoj oblasti» [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://mpr.orb.ru/ecology/102/121/> (data obrashhenija: 13.11.2017).
10. Prirodnoe nasledie Orenburgskoj oblasti: osobo ohranjaemye prirodnye territorii [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://orenprirroda.ru/kadastprirroda> (data obrashhenija: 18.11.2017).

УДК 913:666.1(282.247.32)

ЛАНДШАФТНАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ И ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГУТНОГО ПРОМЫСЛА В ВЕРХНЕМ ПОДНЕПРОВЬЕ

¹Чубур А.А., ¹Гурьянов В.Н., ²Курлович-Белявская П.С.

¹Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского,
Брянск, e-mail: fennecfox66@gmail.com;

²Институт истории Национальной академии наук Республики Беларусь,
Минск, e-mail: nominusster@gmail.com

Статья посвящена исторической географии становления и развития производства стекла на территории Подесенья и Верхнего Поднепровья (водосборы Днепра, Сожа, Ипути, Беседи, Снови, Судости, Десны, Сейма, Неруссы) в XVI–XIX веках. Необходимость наличия в достатке различных химических компонентов шихты (кварцевый песок, поташ, известь, различные добавки), воды в целях пожарной безопасности, топлива для стекловарных печей оказывала весьма жесткое влияние на распространение и ландшафтную приуроченность гутных мануфактур (центров кустарного производства стекла). Все гуты связаны с песчаными участками (кварцевый песок – основа шихты) и расположены рядом с водой (причины – пожаробезопасность и приготовление поташа). Южная граница распространения гут четко связана с северной границей лесостепной зоны Восточной Европы. В лесостепи облесенность приречных зон была невелика (до 12%), лесостепь не была способна обеспечить гуты необходимым количеством древесины (топлива и сырья для изготовления поташа). По мере вырубки лесов в удобных местах центры стекольного производства постепенно продвигались вглубь лесной зоны на север. Возможным ограничением такого продвижения представляется распространение выходов мела – необходимого компонента шихты. По мере становления промышленного производства стекла и стеклянных изделий, менее привязанного к местным ресурсам, кустарные центры его изготовления постепенно угасают. Исследование может быть практически полезно для организации туристических скансенов, реконструирующих древние производственные процессы.

Ключевые слова: производство стекла, состав шихты, природные сырьевые ресурсы, лесостепь, лес, Десна, Верхний Днепр

LANDSCAPE CONFINEMENT AND THE DYNAMICS OF THE DISTRIBUTION OF GUT GLASS PRODUCTION IN THE UPPER DNIEPER

¹Chubur A.A., ¹Guryanov V.N., ²Kurlovich-Belyavskaya P.S.

¹Bryansk State University named after academic I.G. Petrovskiy, Bryansk, e-mail: fennecfox66@gmail.com;

²Institute of History Belorussian National Academy of Science, Minsk, e-mail: nominusster@gmail.com

The article is devoted to the historical geography formation and development of glass production in the territory of the Desna and the Upper Dnieper (watershed of Dniepr, Sozh, Besed, Iput, Snov, Sudost, Desna, Seim, Nerussa) in XVI – XIX. The need for the availability of various chemical components in the mix (quartz sand, potash, lime, various additives), water for fire safety, fuel for glass-making furnaces had a very strong influence on the distribution and landscape confinement of guta manufactories (centers of handicraft production of glass). All gutas are connected with sandy sites (quartz sand – a furnace charge basis) and located near water (the reasons – fire safety and preparation of potash). The southern boundary of distribution is clearly connected with the northern boundary of the forest-steppe zone of Eastern Europe. In the forest-steppe, the afforested areas of the riverine areas were small (< 12%), the forest-steppe was not able to provide the necessary quantity of wood (fuel and raw materials for potash production). As deforestation in convenient places, the glass production centers gradually moved deeper into the forest zone to the north. A possible limitation of this advancement is the distribution of chalk outlets, the necessary component of the charge. As the industrial production of glass and glass products, less tied to local resources, the artisan production centers gradually fade. The research can be practically useful for the organization of tourist skansens, reconstructing ancient production processes.

Keywords: friction coefficient, rolling lubrication, bite angle, breakdown rate reduction practice, aluminum alloys

Источники по истории производства стеклянных изделий эпохи гутного стеклоделия представлены пятью группами. К первой принадлежат собственно сами стеклянные изделия. Информация о них дополняется информацией о контексте, из которого они происходят (вторая группа). Третья группа представлена письменными источниками XVI–XIX вв., освещающими вопросы распространения стекольного дела (здесь и описания самих конкретных гут, и разнообразные владельческие до-

кументы, и история сопутствующих гутам населенных пунктов и т.п.). Четвертая включает в себя иконографические источники Позднего Средневековья – Нового Времени. Если четыре первых группы типичны для историко-археологического исследования, то пятая группа представляет собой весьма специфическую совокупность источников, связанную именно с технологией: это разнообразные сведения о технологических аспектах стекольного производства: справочники, руководства,

квалификационные характеристики профессий, анализ и описания производств. К этой группе источников можно в прямой связи с технологическим процессом отнести и сведения о географическом положении и ландшафтной приуроченности предприятий гутного (стекловаренного и стеклоделательного) промысла. Именно об отражении особенностей технологии варки стекла на размещении гутных мануфактур в бассейне Верхнего Днепра (включая и бассейн р. Десны с её притоками) пойдет речь в данной статье.

Материалы и методы исследования

При анализе распространения сразу обращает на себя внимание тот факт, что известные из различных источников стекольные мануфактуры – гуты [1–3] – концентрируются в достаточно узкой полосе (рисунок). С юга она ограничена условной линией от Киева по левобережью Десны с включением нижнего течения Сейма (район Конотопа) и далее выходящей к Глухову и затем – вновь по левобережью Десны – к Суземке и в сторону Комаричей. Северная граница распространения основного массива кустарных гут проходит от балтийского побережья через Вильнюс, к северу от Минска через Оршу и Починок на Ельню. Несколько гут, в основном поздних (период угасания производства), размещенных севернее указанной линии (в Себежском районе Псковской обл., Ярцевском и Сафоновском районах Смоленской обл. и Лепельском районе Витебской обл.), скорее подчеркивают общую закономерность.

Объяснить эти географические особенности распространения гутного промысла на территории Восточной Европы, в частности в зоне концентрации стекольных мануфактур в Подесенье и Верхнем Поднепровье, позволяют особенности технологии кустарного изготовления стекла.

Результаты исследования и их обсуждение

Технология производства стеклянных изделий в XVI–XIX вв. была основана на их выдуве из расплавленной стеклянной массы. Производственный процесс состоял из четырех этапов: подготовка шихты, выплавка стекла, формирование изделий и их остывание [4, с. 14]. Обеспечить выполнение процесса было проще в сельской местности – ближе к источникам сырья. В городах из-за зависимости от поставок сырья и ограниченной производственной площади и, наконец, из-за высокой пожарной опасности стекольного производства определенные этапы (в первую очередь спекание шихты), как правило, отсутствовали.

Не случайно все известные нам в Верхнем Поднепровье и Подесенье гуты связаны с сельскими населенными пунктами или чаще всего располагаются вообще обо-

собленно. Вообще элементарные требования пожарной безопасности производства заставляли размещать гуты вблизи водоемов – рек или же крупных старичных озер.

Кремнеземсодержащее сырье, количество которого в большинстве видов стекольной шихты. Главным стеклообразователем в ней служил кварцевый песок, состоявший в основном из оксида кремния (SiO_2) [5]. Наиболее доступным источником песка мог служить в большинстве случаев речной аллювий (часто песками различного состава и качества сложена первая «боровая» надпойменная терраса рек), а также пески флювиогляциальных отложений. Такие участки вблизи воды можно встретить на левых пологих берегах рек, а на правобережье – в зонах озеровидных расширений долин. С массовыми выходами (месторождениями) высококачественных стекольных кварцевых песков связаны районы концентрации гутных мануфактур, такие, например, как сильно облесенный участок течения р. Ипуть между современным г. Новозыбков и г. Ветка. В результате переплавки этих веществ в плавильных печах и получалась стекломасса из которой затем изготавливали разнообразные стеклянные изделия. Преобладание стекла различных оттенков зеленого – от желтовато-зеленого до зелено-голубого цвета указывает, вероятно, на то, что приходилось использовать пески, в той или иной степени обогащенные окислами и солями железа.

Ввиду необходимости поддержания высоких температур в печах стеклоделие всегда было очень энергоемким производством. Единственным широкодоступным видом топлива, не требовавшим сложного процесса добычи и транспортировки, в большей части Восточной Европы служила древесина или же получаемый из нее путем пиролиза древесный уголь, дававший большой жар.

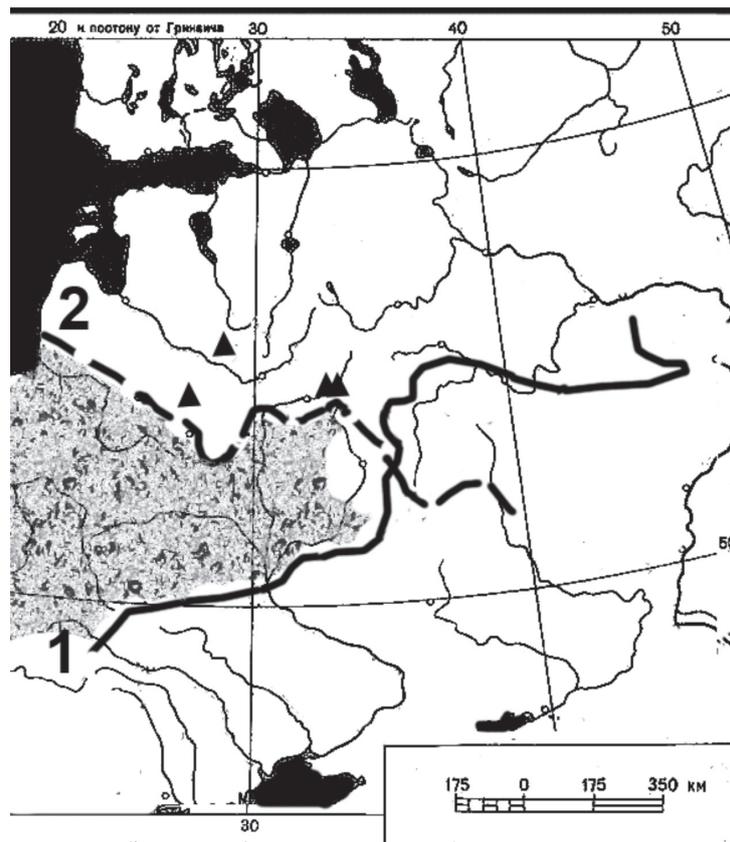
Большие объемы древесины расходовались, помимо топлива, на получение такого важного компонента стекольной шихты, как поташ (K_2CO_3). С помощью поташа в состав стекломассы вводили щелочной модификатор – оксид калия (K_2O): он повышал вязкость стекла и коэффициент термического расширения, способствовал улучшению колера, придавал готовому изделию лучший блеск, хороший товарный вид. [5].

Слово «поташ» происходит от германских *pott* – горшок и *ashe* – зола, означая «горшечная зола». Действительно, изна-

чально источником поташа была древесная (как хвойная, так и «белая» – из лиственных пород) или травяная, соломенная зола, содержащая много карбоната калия. Поташ получали выщелачиванием золы горячей водой и последующим выпариванием щелока и прокаливанием остатка в горшках (отсюда название) в кирпичном очаге либо специальных печах [6]. Для получения 10–30 кг золы требовалось израсходовать тонну древесины (самые продуктивные были твердые породы дерева, например дуб, сосна занимала среднее положение, меньше поташа получалось из осиновой и березовой золы). Выход поташа из золы составлял не более 14%. В шихту поташ добавлялся из расчета от 2–5% до 15% массы в зависимости от типа изготавливаемого стекла [5]. Для получения поташа вырубали и затем сжигали не менее значительные участки леса, чем требовалось для производства топлива, так же превращая их в пустоши, луга, поля. Таким образом,

мы видим первостепенную значимость обширных лесных массивов (причем желательны из лиственных пород с плотной древесиной – дуб, клен, липа, или хотя бы сосновых боров) для развития кустарного стеклодельного производства.

В степной зоне крупные лесные массивы отсутствуют, островные леса лесостепной зоны (средняя лесистость 12,5% [7]) тоже не были способны должным образом обеспечить древесиной стекловарное производство. Именно этим обусловлена, на наш взгляд, южная граница распространения гутного промысла на территории Поднепровья (да и Восточной Европы в целом), практически совпадающая с границей природных зон широколиственных лесов и лесостепи. Это, кстати, попутно косвенно подтверждает мнение, что как минимум в последние четыре столетия не наблюдалось существенных подвижек этой природной границы даже в результате активного антропогенного воздействия.



Распространение гут (стекольных мануфактур) в Восточной Европе. 1 – граница лесостепи и зоны широколиственных лесов [7, 8]; 2 – северная граница распространения выходов пихчего мела [9]. Пятнистая заливка – зона массового распространения гутного производства. Треугольники – гуты вне основной зоны (каталогизация и картирование гут осуществлено авторами)

Зона широколиственных лесов Восточной Европы тянется в широтном направлении клином длиной почти 2000 км и шириной от 350 км на западе у Карпатских предгорий до 80 км на востоке на Окско-Донской низменности и далее в Поволжье [7; 8, с. 168]. Можно было бы говорить о зональной приуроченности кустарного производства стекла. Однако не на всей этой полосе оно имело место: зона массового распространения гут словно упирается в западные отроги Среднерусской возвышенности.

Что же сдерживало распространение гутного производства к востоку и особенно к северу, где лесные ресурсы, пусть и хвойные, были поистине огромны? Конечно, некоторое влияние могла оказывать меньшая плотность населения и, соответственно, меньшая освоенность этих территорий. Однако не это, на наш взгляд, было решающим фактором.

Оксид кальция CaO , добавленный в шихту в качестве модификатора, ускоряет реакции варки стекла, облегчает её, а одновременно улучшает свойства стекломассы и способствует осветлению. Оксид кальция вводят в шихту через карбонат кальция CaCO_3 , содержащий 56% CaO [5]. В качестве источника карбоната кальция можно использовать различные карбонатные горные породы и минералы – например известняк, мел, доломит, известковый шпат и даже мрамор (кстати, отличающийся высокой чистотой). Однако в силу уровня развития технологий во времена существования гутных мануфактур оптимальной карбонатной добавкой для того времени следует признать мел. Среди перечисленных вариантов он наиболее мягок, рассыпчат, слабосцементирован: его легко добывать, легко измельчить до зерен необходимого для шихты размера.

Северная граница распространения толщ писчего мела, связанных с отложениями туронского и коньякского ярусов меловой системы, проходит приблизительно по линии Брянск – Рославль – Могилёв – Бобруйск – Минск – Вильнюс [9]. Севернее этой линии идет зона выходов каменноугольных и девонских известняков – намного более прочных, плотных, порой кремнистых, используемых даже в качестве строительного камня (например, в сельской местности в Липецкой области РФ). Как карбонатные породы они, в принципе, тоже могут быть использованы при производстве стекла, но добыть и, главное, качественно и однородно измельчить их намного затруд-

нительней, чем мел. Современные технологии позволили бы это сделать с легкостью, но в XVII или XVIII вв. трудозатраты оказались бы несопоставимыми с результатом. Видимо этот «известняковый барьер» и тормозил продвижение гутного производства дальше на север.

Обращает на себя динамика распространения стекловарения и стеклоделия: наиболее ранние гуты создаются на границе леса и лесостепи в Черниговском Подесенье и Поднепровье. Затем наблюдается постепенное расширение территориально-сырьевой базы – освоение приречных лесных массивов, располагающихся к северу на притоках Десны и Днепра. Такое расширение производства было связано как с ростом производства, так и с обусловленным применяемыми технологиями значительным сведением лесов в южной полосе. Не случайно в изначально осваивавшемся стекловарами Черниговском полесье лесистость (18%) ненамного превышает таковую в лесостепи (12,5%) [7].

Самые поздние гуты, построенные в конце XVIII – начале XIX столетия, располагаются в северной и западной полосе зоны распространения гутного производства. Это мануфактуры в окрестностях поселка Суземка (ныне территория биосферного заповедника «Брянский лес») [10], ряд гут в центральной Беларуси и к югу от Смоленска. К концу XVIII в. появляются первые крупные стекольные заводы с производством промышленного масштаба (Стекланная Радица, Ивот, Дятьково у Брянска) [3]. Постепенно это приводит к свертыванию деятельности мануфактур по производству стекла.

Интерес к технологии выработки гутного стекла и ее географическому распространению проявляют не только специалисты историки, археологи, экологи, но и любительское движение исторической реконструкции, приобретающее все большую популярность в самых разных странах, включая Российскую Федерацию и Республику Беларусь. Теперь оно касается не только батальных эпизодов, как это было изначально. Реконструкторы, по сути, становятся участниками разработки нового научного направления – экспериментальной истории и археологии – они стараются восстановить не только ход исторических сражений, облик вещей, быт и образ жизни, но и возродить забытые или давно ставшие невостребованными технологии – кузнечное дело, выплавку сыродутного железа, литье

из бронзы. Это позволяет понять технологии предков на современном научном уровне, выявить их утраченные или оставшиеся незамеченными нюансы. Главное же то, что возрождение технологий прошлого остро необходимо для развития одного из самых современных и востребованных направлений мировой экономики – туристического бизнеса.

Туристы, погружаясь в историческую среду и участвуя в технологических процессах (гончарство, кузнечное дело, чеканка монет и т.п.) во время своих путешествий, требуют полной аутентичности. Именно за это они готовы платить деньги. Ярким примером развития этого направления в России является Центр исторического моделирования «Древний мир» в Самарской области, который ежегодно посещают несколько тысяч гостей [11]. Уже имеют место попытки реконструкции на научно-практической основе некоторых аутентичных деталей гутной технологии: 23–24 сентября 2017 г. в «Парке ремесел» на ВДНХ в Москве на «Фестивале стекла» прошло шоу «Древнее стеклоделие» с воссозданием старой техники изготовления стеклянных украшений в реконструированной ремесленной мастерской [12]. Перспективной целью может стать научно обоснованное возведение стеклоплавильных печей в одном из музеев-скансенов или археопарков. Логично в таком случае было бы грамотное размещение скансена с ориентацией его на местное сырьё.

Выводы

Установлена осязаемая связь ареала распространения гутных мануфактур в Восточной Европе с природно-географическим фактором в связи с распространением необходимого для организации производства сырья (лес, преимущественно из лиственных пород и сосны; выходы из черного мела).

На ландшафтную приуроченность в пределах обозначенного ареала влияли также сырьевой и технологический фактор: для размещения гут выбирались низменные участки речных долин вблизи источников воды и сложенные песками, пригодными для изготовления шихты.

Исследование распространения и ландшафтных связей технологий гутного стеклоделия может оказаться практически полезным при создании историко-туристических музейных объектов, реконструирующих древние производства.

Публикация подготовлена в рамках под-держанного международного научного

проекта РГНФ-БРФФИ 17–21–01008а(м) / Г17Р-052 «Ильянская гута – магнатская мануфактура второй половины XVIII – начала XIX вв. (комплексное изучение источников).

Список литературы

1. Жучкевич В.А. Происхождение географических названий (топонимика) Белоруссии. – Минск, 1961. – 79 с.
2. Модзалевский В.Л. Гуты на Черниговщине (на украинском языке) – К.: Укр. акад. наук, 1926. – 181 с.
3. Населённые пункты Брянского края. Энциклопедический словарь. – Изд. 2-е, доп. и испр. – Брянск: Десяточка, 2012. – 468 с.
4. Шапова Ю.Л. Мир древнего стекла: проблемы и перспективы // Стекло Восточной Европы с древности до начала XX века. – СПб.: Нестор-История, 2015. – 400 с.
5. Власова С.Г. Основы химической технологии стекла. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 108 с.
6. Лукьянов П.М. История химических промыслов и химической промышленности России до конца XIX века. – Т. 2. – М. – Л.: Академия наук СССР, 1949. – 732 с.
7. Географическая энциклопедия Украины : в 3 т. / редколлегия: О.М. Маринич (отв. ред.) и др. (на украинском языке). – К., 1989–1991 / Т.2: З-О. – К.: 1990. – 480 с.
8. Кривцов В.А., Водорезов А.В. Физическая география и ландшафты России / учебн. пособие / Ряз. гос. ун-т имени С.А. Есенина. – Рязань, 2016. – 417 с.
9. Государственная геологическая карта России (ГТК-1000, ГТК-200). – СПб.: ВСЕГЕИ, 2011–2016.
10. Евстигнеев О.И. Неруссо-Деснянское полевье: история природопользования. – Брянск: Десяточка, 2009. – 139 с.
11. Центр исторического моделирования «Древний мир». 2004–2017 [Электронный ресурс]. – URL: <http://drevnyimir.ru/about/> (дата обращения: 18.10.2017).
12. Историческая реконструкция и мастер-классы: на ВДНХ пройдет фестиваль стекла (пресс-релиз) // Официальный портал Мэра и Правительства Москвы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mos.ru/news/item/29531073/> (дата обращения: 18.10.2017).

References

1. Zhuchkevich V.A. Proishozhdenie geograficheskikh nazvanij (toponimika) Belorussii. Minsk, 1961. 79 p.
2. Modzalevskij V.L. Guty na Chernigovshhine (na ukrainском языке) K.: Ukr. akad. nauk, 1926. 181 p.
3. Naseljonnye punkty Brjanskogo kraja. Jenciklopedicheskij slovar. Izd. 2-e, dop. i ispr. Brjansk: Desjatochka, 2012. 468 p.
4. Shhapova Ju.L. Mir drevnego stekla: problemy i perspektivy // Steklo Vostochnoj Evropy s drevnosti do nachala HH veka. SPb.: Nestor-Istorija, 2015. 400 p.
5. Vlasova S.G. Osnovy himicheskoy tehnologii stekla. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2013. 108 p.
6. Lukjanov P.M. Istorija himicheskikh promyslov i himicheskoy promyshlennosti Rossii do konca XIX veka. T. 2. M. L.: Akademija nauk SSSR, 1949. 732 p.
7. Geograficheskaja jenciklopedija Ukrainy : v 3 t. / redkollegija: O.M. Marinich (otv. red.) i dr. (na ukrainском языке). K., 1989–1991 / T.2: Z-O. K.: 1990. 480 p.
8. Krivcov V.A., Vodorezov A.V. Fizicheskaja geografija i landshafty Rossii / uchebn. posobie / Rjaz. gos. un-t imeni S.A. Esenina. Rjazan, 2016. 417 p.
9. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossii (GGK-1000, GGK-200). SPb.: VSEGEI, 2011–2016.
10. Evstigneev O.I. Nerusso-Desnjanskoe polese: istorija prirodopolzovanija. Brjansk: Desjatochka, 2009. 139 p.
11. Centr istoricheskogo modelirovanija «Drevnij mir». 2004–2017 [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://drevnyimir.ru/about/> (data obrashhenija: 18.10.2017).
12. Istoricheskaja rekonstrukcija i master-klassy: na VDNH projdet festival stekla (press-reliz) // Oficialnyj portal Mjera i Pravitelstva Moskvj [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://www.mos.ru/news/item/29531073/> (data obrashhenija: 18.10.2017).

УДК 622.276

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

¹Ямалетдинова К.Ш., ²Халадов А.Ш., ³Дудников Ю.В., ⁴Ямалетдинова А.А.,
⁴Габдуллин А.Р.

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: clara-yk@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», Грозный;

³Управление Росприроднадзора по Республике Башкортостан, Уфа;

⁴ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной университет», Уфа

Законтурное заводнение является основным методом поддержания пластового давления в продуктивных пластах верхнего мела месторождений Северного Кавказа. Строение трещиноватых коллекторов позволяет осуществить заводнение ограниченным количеством нагнетательных скважин. Нагнетание воды производится одновременно по затрубному пространству и насосно-компрессорным трубам. Применяемые репрессии на пласт достигают 30 МПа, а приемистость скважин – 10–15 $\text{dm}^3/\text{с}$. В этих условиях большое значение имеет поддержание стабильной приемистости скважин. Поэтому для заводнения верхнемеловых залежей месторождений Брагуны и Эльдарово используются технические пресные воды, отличающиеся минимальным содержанием механических примесей и нефтепродуктов. Результаты внедрения динатрий-фосфата (ДНФ) показывают, что в итоге скорость коррозии оборудования снижается на 85%, коэффициент приемистости увеличивается в 2–3 раза, давление нагнетания снижается в 2–5 раз и в ряде случаев отпадает необходимость использования технологии солянокислотной обработки (СКО).

Ключевые слова: скважина, призабойная зона, продуктивный пласт, залежь, закачка, обработка, кислотные растворы, заводнение, приемистость, нефтепродукты

ESTIMATING EFFICIENCY OF INJECTION WELLS ACID TREATMENT

¹Yamaletdinova K.Sh., ²Khaladov A.Sh., ³Dudnikov Yu.V., ⁴Yamaletdinova A.A.,
⁴Gabdullin A.R.

¹Bashkir State University, Ufa, e-mail: clara-yk@yandex.ru;

²Millionshikov Grozny State Oil Technical University, Grozny;

³Federal Agency of Natural Resources Management, Ufa branch, Ufa;

⁴Ufa State Petroleum Technological University, Ufa

Peripheral waterflooding is the one of the main methods of formation pressure maintenance for the Upper Cretaceous productive strata of North Caucasus. Fractured reservoirs allow injecting water with the limited number of injection wells. Moreover, water could be simultaneously injected via tubing and annulus. As a result, pressure drop comes up to 30MPa, injectivity 10–15 dm^3/s . Under these circumstances, the injection rate maintenance is a primary concern. Therefore, waterflooding of the Upper Cretaceous productive strata of Braguna and Eldarovo fields use fresh feed water, characterized by low concentration of mechanical impurities and oil products. The results of the introduction of the DNF show that, as a result, the rate of corrosion of equipment is reduced by 85%, the acceleration factor is increased by 2–3 times, the injection pressure is reduced by 2–5 times, and in some cases there is no need for the use of the MSE technology.

Keywords: a well, a bottom hole zone, a productive stratum, a deposit, injection, treatment, acid solution, drilling mud, acid treatment, clay mud

Поддержание стабильной приемистости скважин – весьма актуальная задача при законтурном заводнении, которое, в свою очередь, является основным методом поддержания пластового давления в продуктивных пластах верхнего мела месторождений Северного Кавказа. При этом для закачки в пласты используются пресные воды плотностью 1,002 $\text{г}/\text{см}^3$ и минерализацией 0,5–0,9 $\text{г}/\text{л}$, отличающиеся минимальным содержанием механических примесей (1–2 $\text{мг}/\text{л}$) и нефтепродуктов (0–0,5 $\text{мг}/\text{л}$).

Несмотря на относительно высокое качество воды, при заводнении залежей отме-

чается постоянное снижение приемистости нагнетательных скважин. Характер снижения приемистости указывает на загрязнение пласта твердыми частицами. В отдельных случаях (скважины № 50, 51 Эльдарово, № 70, 178 Брагуны) отмечено накопление частиц в стволе скважины, вплоть до полного перекрытия интервала перфорации.

Химический анализ шлама, отобранного при промывках скважин, показал, что основной причиной загрязнения пласта является накопление в призабойной зоне окислов железа. Так, например, образцы, полученные из нагнетательных скважин

№ 70, 73, 78, 81 и 178 Брагуны, содержали от 80 до 96 % окислов железа и лишь незначительное количество карбонатов и алюмосиликатов. Поднятые с забоев скважин частицы окислов представлены различными фракциями – от 0,1 до 10 мм, способными проникать глубоко в пласт и образовывать плотные перегородки.

Для оценки интенсивности загрязнения пласта окислами железа в различных уровнях систем поддержания пластового давления (водоводы и устье скважин) месторождений Эльдарово и Брагуны установили стальные образцы и гравиметрическим методом определили скорость коррозии и образования окислов железа, которые колеблются в пределах от 4 до 10 г/м²·сут. Последующие расчеты показали, что в призабойную зону каждой скважины ежедневно закачивается от 14 до 48 кг окислов железа, причем большая часть их образуется в высоконапорных водоводах и в стволе скважины.

Изучение характера изменения приемистости скважин свидетельствует о постепенном уплотнении твердых частиц в призабойной зоне пласта в течение нескольких суток.

Для стабилизации приемистости нагнетательных скважин использовались обработки соляной кислотой и нефтекислотной эмульсией (НКЭ). Однако продолжительность эффекта от этих обработок, как правило, не превышала 3–4 месяцев.

Исследования показали, что концентрированные кислоты в некоторой степени экстрагируют из нефти высокомолекулярные органические соединения, особенно при высоких температурах. Наряду с этим интенсифицируются процессы их коагуляции и конденсации с образованием еще более труднорастворимых соединений, способных вызвать закупорку призабойной зоны пласта. Именно из этих соображений для приготовления эмульсий рекомендовано использовать нефти с содержанием асфальтенов и смол не более 6%. Однако в условиях низкопроницаемых глубокозалегающих коллекторов даже такое содержание смол и асфальтенов может служить причиной осложнений при вызове притока флюида из пласта. Поэтому применение нефти в качестве дисперсионной среды эмульсий не всегда оправдано.

Одним из недостатков применяемых в настоящее время эмульсий является то, что период их стабильности не зависит от характера насыщения пласта. При об-

работках частично обводненных пластов целесообразно, чтобы период стабильности той части эмульсии, которая попадает в обводненные пропластки, была как можно короче периода стабильности эмульсии в нефтенасыщенных интервалах. Это даст возможность сократить радиус обработки пласта в водонасыщенной части разреза по сравнению с нефтенасыщенной его частью и тем самым предотвратить увеличение поступления в скважины пластовых вод при одновременном повышении производительности скважин по нефти.

Одним из путей устранения отмеченных недостатков применяемых кислотных эмульсий является введение в их состав компонентов, обеспечивающих растворение и удаление из пласта органических отложений. В качестве растворителя органических отложений исследованы и рекомендованы к внедрению ароматические углеводороды. Однако влияние их на стабильность гидрофобных кислотных эмульсий, а тем более использование в качестве дисперсионной среды до сих пор не изучались. В этой связи были проведены опыты по приготовлению эмульсий на ароматической основе и определению их стабильности. Эмульсии приготавливали путем смешения кислоты и углеводородов в присутствии ПАВ на приборе РТ-2 в течение 3 минут при скорости вращения 3000 об/мин. Стабильность эмульсий при температуре 90 °С оценивали по скорости выделения из них кислотной фазы в отстойниках. При высоких температурах о стабильности эмульсий судили косвенными методами по скорости растворения извешника.

Эмульсии готовили на основе соляной кислоты различной концентрации и бутилбензольной фракции (ББФр) в присутствии первичных аминов С10–С16. В результате первой серии опытов установлена принципиальная возможность использования ароматических углеводородов в качестве дисперсионной среды эмульсий. Устойчивые (при температуре 90 °С) эмульсии образуются при содержании стабилизатора более 0,25 % вес.

Эмульсии на основе ББФр и 15%-ной соляной кислоты по стабильности примерно одинаковы с эмульсиями на нефтяной основе. Так же как обычные эмульсии, эмульсии на основе ББФр из концентрированных растворов кислоты менее стабильны. Такие эмульсии образуются только при содержании стабилизатора более 0,5 % вес. Аналогичные опыты, проведенные со

стальными образцами, показывают, что и в коррозионном отношении эмульсии на основе ароматических углеводов почти не отличаются от керосиновых. Все это свидетельствует о возможности использования их на практике для повышения производительности скважин.

Ароматические углеводороды эффективно растворяют высокомолекулярные соединения. В то же время асфальтены и смолы практически не растворимы в алифатических углеводородах (нефть, керосин и т.п.). Поэтому при фильтрации эмульсий на ароматической основе в пласте АСВ неизбежно будут включаться в их состав. Несмотря на то, что асфальтены и смолы обладают низкой поверхностной активностью, они могут образовывать на границе раздела фаз защитные слои, способствующие повышению устойчивости кислотных эмульсий.

Многочисленные кислотные обработки приводят к значительному увеличению раскрытости трещин в приствольной части скважины. Данные лабораторных и промышленных исследований указывают на образование в пласте отдельных каналов сечением до 5–8 мм [1–6]. Усреднение раскрытости трещин легко объясняется на основании кинетики кислотного растворения. Масса породы, растворяющейся со стенок трещины, определяется известной зависимостью

$$\Delta m = K C v S \tau, \quad (1)$$

где Δm – количество растворенной породы; K – константа скорости реакции в пластовых условиях;

C – концентрация кислоты;

v – линейная скорость потока кислоты;

S – поверхность трещин;

τ – время контакта кислоты с породой.

Подставляя вместо v и S их значения, выраженные через геометрические размеры трещин, получаем

$$\Delta m = \frac{2 K C \tau Q}{b}, \quad (2)$$

где Q – объемный расход кислоты;

b – раскрытость трещины.

Согласно формуле (2) участки трещин с малой раскрытостью растворяются быстрее, что значительно уменьшает гидравлические сопротивления. Поэтому образующиеся каналы обладают очень большой гидропроводностью. Если знать среднюю раскрытость каналов фильтрации, то по объему растворенной породы можно оценить дополнительное увеличение поверхности

фильтрации за счет кислотных обработок. Расчеты показывают, что эта величина достигает сотен и тысяч квадратных метров, однако коэффициенты приемистости скважин увеличиваются незначительно.

Анализ кислотных обработок нагнетательных скважин не обнаружил значимой связи между увеличением коэффициентов приемистости, вскрытой мощностью пласта и удельным расходом кислоты (эмульсии). Стабильное повышение приемистости отмечалось, как правило, после закачки 50–60 м³ 15%-ной соляной кислоты.

В этих условиях эффективными могут оказаться поинтервальные обработки нагнетательных скважин. Значительное увеличение, например, приемистости в скважине № 74 Эльдарово было достигнуто после двух поинтервальных обработок НКЭ с применением в качестве временно-изолирующего материала полиэтилена низкого давления [7]. Термометрические исследования скважины после обработок зарегистрировали появление нового интервала поглощения, что обеспечило стабильную приемистость скважины в течение последующих 2 лет.

Представляло интерес опробовать для поинтервальной обработки пласта органические кислотные растворы, например оксидат (побочный продукт химпроизводства). При взаимодействии концентрированных растворов оксидата с известняком происходит временное снижение проницаемости за счет образования осадков ацетата кальция. Этот процесс можно использовать для обеспечения поинтервального эффекта, т.е. отклонения потока кислоты в низкопроницаемые зоны пласта. При последующей закачке воды ацетат кальция растворяется, и приемистость скважины повышается.

Так, например, при освоении нагнетательной скважины № 70 Брагуны (пробурена на верхнемеловые отложения) провели обработку НКЭ (7 м³), и скважина была переведена в нагнетание с приемистостью 10,4 дм³/с при давлении на устье 20 МПа. Через 20 суток приемистость упала до нуля. Промывка забоя скважины с допуском насосно-компрессорных труб не дала результата. Проведенные 4 обработки скважины НКЭ объемом до 36 м³ также дали кратковременный эффект, который проявлялся лишь в течение нескольких суток. Более длительный эффект получен после закачки в пласт 12 м³ 24%-ной соляной кислоты, в результате чего приемистость скважины стабилизировалась на уровне 2,9–3,2 дм³/с

при давлении на устье 20 МПа. После этого скважина была обработана 12 м³ оксидата и сразу же запущена в нагнетание с приемистостью 9,26 дм³/с при давлении на устье 13,5 МПа. В течение 8 часов после обработки при неизменном расходе воды давление на устье снизилось до нуля, что свидетельствует о продолжении реакции в пласте. Дальнейшее увеличение расхода воды привело к некоторому снижению приемистости, которая стабилизировалась на уровне 6,2–6,5 дм³/с при устьевом давлении 19 МПа.

Оптимизация технологии кислотных обработок в ряде случаев позволила улучшить приемистость скважин, однако характер изменения приемистости после обработки свидетельствует о том, что полностью устранить загрязнение пласта не удалось. Причина заключается в том, что окислы железа медленно растворяются в кислотах даже при высоких температурах [8, 9]. Предпочтительнее ликвидировать сам источник загрязнения пласта. Для этого проведены специальные исследования по изучению влияния добавок химреагентов в нагнетаемую воду для предотвращения образования гидроокисей железа.

В работах [10, 11] показано, что выпадение в осадок окислов железа обусловлено повышением щелочности (рН) воды. Поэтому задача экспериментов состояла в изыскании реагентов, которые не только замедляют образование окислов (процесс коррозии), но и снижают рН, а также диспергируют уже образовавшиеся частицы, что способствует их удалению из призабойной зоны пласта.

Проводили исследование влияния добавок фосфорной кислоты и ее солей на скорость коррозии стали и рН технической воды.

Скорость коррозии стали ст3сп определяли гравиметрическим методом после экспозиции образцов в пропеллерной мешалке при нормальных условиях; линейная скорость вращения образцов составляла 2 м/сек. Изменение скорости коррозии оценивали по величине защитного эффекта, используя известную зависимость:

$$Z = \frac{q_0 - q}{q_0} \cdot 100, \quad (3)$$

где Z – защитный эффект, %;

q_0 – скорость коррозии стали в воде без добавок;

q – скорость коррозии стали в воде с добавкой фосфата.

Измерение рН проводили на лабораторном приборе рН-673.

Опыты показали, что фосфорная кислота и ее соли эффективно замедляют коррозию стали в технической воде. Установлено, что наибольший эффект достигнут при введении 50–100 мг/л H_3PO_4 , NaH_2PO_4 или Na_2HPO_4 . Достаточно узкий интервал концентраций обоснован тем, что при увеличении дозировки происходит резкое снижение рН и стимулирование коррозии.

Кроме того, для транспортировки и хранения фосфорной кислоты требуются емкости из нержавеющей стали. Поэтому для промысловых испытаний был выбран динатрийфосфат, который производится химической промышленностью. Реагент представляет собой твердое кристаллическое вещество, не обладающее токсичностью и пожароопасностью. Динатрийфосфат (ДНФ) хорошо растворяется в воде, способствуя снижению рН при малых дозировках. Добавление ДНФ к технической пресной воде снижает ее поверхностное натяжение на границе с керосином и воздухом. Это обстоятельство может оказаться весьма полезным в начальный период заводнения залежи, поскольку снижение поверхностного натяжения способствует уменьшению межфазных потерь напора при фильтрации воды в пласте совместно с нефтью или газом, т.е. интенсифицирует заводнение пласта.

Промысловые испытания ДНФ проведены на Эльдаровском месторождении. Узел дозировки ДНФ оборудован на высоконапорной насосной станции БКНС-2. Дозировочный узел состоит из двух емкостей для приготовления и хранения раствора ДНФ, центробежного насоса для перемешивания и дозировочного насоса типа РПН-1/30. 10%-ный водный раствор ДНФ подают на прием центробежных насосов БКНС-2. Для ускорения очистки внутренней поверхности водоводов и образования на ней фосфатной пленки в первые сутки дозировку ДНФ установили равной 500 мг/л, а затем постепенно снижали до 50 мг/л. Кроме того, на устье и на переводнике насосно-компрессорных труб на глубине 2915 м скважины № 66 Эльдарово установили образцы-свидетели. Выявили, что защитное действие ДНФ постепенно увеличивается во времени. Скорость коррозии контрольных образцов снизилась с 0,24 до 0,036 г/м²час, почти в 7 раз. Следует отметить, что в присутствии ДНФ продуктами коррозии стали являются тонкодисперсные фосфаты железа, которые легко диспергируются в воде и не вызывают загрязнения пласта. Оптимальная технология

закачки ДНФ заключается в подаче ударной дозы (150–200 мг/л) в течение 10–15 суток с последующим снижением дозировки до 50 мг/л. Увеличение ударной дозы до 500 мг/л не обеспечивает дополнительного антикоррозионного эффекта, но улучшает качество очистки внутренней поверхности трубопроводов и снижает гидравлические потери напора в водоводах. После закачки ударной дозы ДНФ на Эльдаровском месторождении уже на вторые сутки отмечено снижение давления нагнетания на 1,5–3,0 МПа при неизменном расходе воды. При последующих исследовательских работах в скважине № 66 обнаружено увеличение проходного сечения труб на 5–8 мм. Осмотр внутренней поверхности отдельных узлов водовода также подтвердил наличие тонкой пленки фосфатов железа.

Обработка воды ДНФ в течение 2,5 лет привела к значительному увеличению коэффициентов приемистости скважин Эльдаровского месторождения, в результате чего полностью отпала необходимость в проведении кислотных обработок. Из-за недостатка воды объем закачки увеличился незначительно. Эффект от внедрения ДНФ проявился в снижении давления нагнетания. Так, например, увеличение коэффициента приемистости скважины № 66 Эльдарово в 2,1 раза позволило подключить ее к низконапорному водоводу и получить значительную экономию энергии. Гидродинамические исследования этой скважины показали, что пласт в радиусе до 310 м имеет примерно одинаковую проницаемость: $(3,8–6,7) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$, которая ниже среднего значения для данной залежи. На наш взгляд этот факт объясняется диспергированием и перемещением вглубь пласта твердых частиц, ранее накопившихся в призабойной зоне. Благодаря обработке воды ДНФ удалось значительно (в 1,52 раза) увеличить объемы закачки воды в скважины № 74 и 113 Эльдарово при практически неизменном давлении нагнетания, в среднем, на 36,8%.

Результаты внедрения ДНФ показывают, что в итоге скорость коррозии оборудования снижается на 85%, коэффициент приемистости увеличивается в 2–3 раза, давление нагнетания снижается в 2–5 раз и в ряде случаев отпадает необходимость использования технологии СКО.

Таким образом, как видно из вышеизложенного, повышение эффективности обработок нагнетательных скважин и увеличение их коэффициента приемистости требует

комплексного подхода, а именно использование как различных технологических схем кислотного воздействия (в зависимости от конкретных условий), так и обработок закачиваемой воды реагентами на основе фосфорной кислоты.

Список литературы

1. Анализ возможности применения методов увеличения нефтеотдачи на залежах высоковязкой нефти Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины / В.Е. Андреев [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2013. – № 1(91). – С. 22–31.
2. Халадов А.Ш. Геолого-промысловая характеристика и нефтеотдача мезозойских залежей нефти ЧР / А.Ш. Халадов [и др.] // Материалы международной молодежной научной конференции «Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса» РИЦ БашГУ. – Уфа, 2016. – С. 324.
3. Абызбаев И.И. Прогнозирование применения новых методов увеличения нефтеотдачи при освоении трудноизвлекаемых запасов нефти / И.И. Абызбаев, В.Е. Андреев. – Уфа: ООО «Монография», 2007. – С. 204.
4. Андреев В.Е. Дизайн и реализация технологии воздействия на карбонатный коллектор с использованием «замедлителя» кислоты // В.Е. Андреев, Г.С. Дубинский, К.М. Фёдоров, А.В. Андреев // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2014. – № 2 (96). – С. 5–14.
5. Филиппов А.Г. Применение на Астраханском газоконденсатном месторождении технологии интенсификации добычи газа с элементами водоизоляции на основе кислотных составов алюмосиликатов / А.Г. Филиппов [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – Уфа: Изд. ГУП «ИПТЭР», 2009. – № 2 (76). – С. 10–15.
6. Халадов А.Ш. Технология освоения скважин мезозойских залежей с трещинным типом коллектора / А.Ш. Халадов [и др.] // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: материалы Международной молодежной научной конференции. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. – С. 83–84.
7. Андреев В.Е. Моделирование кислотного воздействия на карбонатные коллекторы с использованием композиционных составов, регулирующих профили отдачи и приемистости скважин / В.Е. Андреев, Г.С. Дубинский, К.М. Фёдоров, А.В. Андреев // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения. Сборник научных трудов. – Уфа: ООО «Монография», 2014. – № 3(8). – С. 216–223.
8. Дубинский Г.С. Геолого-технологическое обоснование адресных методов увеличения нефтеотдачи и ограничения водопритока в залежах высоковязких нефтей / Г.С. Дубинский [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2013. – № 2 (92). – С. 5–15.
9. Андреев В.Е. Математическое моделирование и результаты обработки карбонатного пласта замедленным кислотным составом на месторождениях Кожасай и Алибекмола / В.Е. Андреев, Г.С. Дубинский, А.В. Андреев, З.А. Куангалиев // Математическое моделирование в научно-технологических и экологических проблемах нефтегазовой отрасли: Сборник трудов VIII Казахстанско-Российской международной научно-практической конференции (20–21 июня 2014 г.). – Атырау: Атырауский институт нефти и газа МОН РК, 2014. – С. 17–23.
10. Янгуразова З.А. Освоение месторождений природных битумов: монография / З.А. Янгуразова, Зем.А. Янгуразова, К.Ш. Ямалетдинова, Э.Н. Гайнуллина. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. – С. 298.
11. Котенев Ю.А. Микробиологический метод увеличения нефтеотдачи пластов на основе активного ила био-

логических очистных сооружений / Ю.А. Котенев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 48–50.

References

1. Analiz vozmozhnosti primeneniya metodov uvelicheniya nefteotdachi na zalezah vysokovjazkoj nefi Juzhno-Tatarskogo svoda i Melekesskoj vpadiny / V.E. Andreev [i dr.] // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2013. no. 1(91). pp. 22–31.

2. Haladov A.Sh. Geologo-promyslovaja karakteristika i nefteotdacha mezozojskix zalezhej nefi ChR / A.Sh. Haladov [i dr.] // Materialy mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii «Naukoemkie tehnologii v reshenii problem neftegazovogo kompleksa» RIC BashGU. Ufa, 2016. 324 p.

3. Abyzbaev I.I. Prognozirovaniye primeneniya novyx metodov uvelicheniya nefteotdachi pri osvoenii trudnoizvlekaemyx zapasov nefi / I.I. Abyzbaev, V.E. Andreev. Ufa: OOO «Monografija», 2007. 204 p.

4. Andreev V.E. Dizajn i realizacija tehnologii vozdejstvija na karbonatnyj kollektor s ispolzovaniem «zamedlitelja» kisloty // V.E. Andreev, G.S. Dubinskij, K.M. Fjodorov, A.V. Andreev // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2014. no. 2 (96). pp. 5–14.

5. Filippov A.G. Primenenie na Astrahanskom gazokon-densatnom mestorozhdenii tehnologii intensivnizacii dobychi gaza s jelementami vodoizoljacii na osnove kislotnyx sostavov aljmosilikatov / A.G. Filippov [i dr.] // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. Ufa: Izd. GUP «IPTJeR», 2009. no. 2 (76). pp. 10–15.

6. Haladov A.Sh. Tehnologija osvoenija skvazhin mezozojskix zalezhej s treshhinnyim tipom kollektora / A.Sh. Haladov [i

dr.] // Naukoemkie tehnologii v reshenii problem neftegazovogo kompleksa: materialy Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. Ufa: RIC BashGU, 2016. pp. 83–84.

7. Andreev V.E. Modelirovaniye kislotnogo vozdejstvija na karbonatnye kollektory s ispolzovaniem kompozicionnyx sostavov, regulirujushhih profili otдачи i priemistosti skvazhin / V.E. Andreev, G.S. Dubinskij, K.M. Fjodorov, A.V. Andreev // Neftegazovye tehnologii i novye materialy. Problemy i reshenija. Sbornik nauchnyx trudov. Ufa: OOO «Monografija», 2014. no. 3(8). pp. 216–223.

8. Dubinskij G.S. Geologo-tehnologicheskoe obosnovaniye adresnyx metodov uvelicheniya nefteotdachi i ogranichenija vodopritoka v zalezah vysokovjazkix neftej / G.S. Dubinskij [i dr.] // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2013. no. 2 (92). pp. 5–15.

9. Andreev V.E. Matematicheskoe modelirovaniye i rezultaty obrabotki karbonatnogo plasta zamedlennym kislotnym sostavom na mestorozhdenijah Kozhasaj i Alibekmola / V.E. Andreev, G.S. Dubinskij, A.V. Andreev, Z.A. Kuangaliev // Matematicheskoe modelirovaniye v nauchno-tehnologicheskix i jeologicheskix problemah neftegazovoj otrasli: Sbornik trudov VIII Kazhstansko-Rossijskoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii (20–21 ijunya 2014 g.). Atyrau: Atyrauskij institut nefi i gaza MON RK, 2014. pp. 17–23.

10. Jangurazova Z.A. Osvoenie mestorozhdenij prirodnyx bitumov: monografija / Z.A. Jangurazova, Zem.A. Jangurazova, K.Sh. Jamaletdinova, Je.N. Gajnullina. Ufa: RIC BashGU, 2012. 298 p.

11. Kotenев Ju.A. Mikrobiologicheskij metod uvelichenija nefteotdachi plastov na osnove aktivnogo ila biologicheskix oчитных сооружений / Ju.A. Kotenев [i dr.] // Нефтяное хозяйство. 2004. no. 4. pp. 48–50.