
УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 3

2016

ISSN 1681-7494

Импакт-фактор
(пятилетний)
РИНЦ – 1,358

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

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
в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.

Свидетельство – ПИ № 77-11311.

Все публикации рецензируются. Доступ к журналу бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ (пятилетний) = 1,109 (по данным на 18.02.2015).

Импакт-фактор РИНЦ 2014 (двухлетний) = 1,275 (по данным на 18.02.2015).

Импакт-фактор РИНЦ 2013 (двухлетний) = 1,598.

Индекс Хирша (десятилетний) = 20 (по данным РИНЦ на 24.02.2015)
(79 место из 7647 представленных в РИНЦ журналов).

Число цитирований журнала за год (по данным РИНЦ на 24.02.2015) = **1685**
(85 место из 7647 представленных в РИНЦ журналов).

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель – ИД «Академия Естествознания»
Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»

Почтовый адрес –
105037, г. Москва, а/я 47,
АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,
редакция журнала «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

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

Подписано в печать – 01.04.2016

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

Техническая редакция и верстка
Кулакова Г.А.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.
Усл.п.л. 27,38
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/3-2016
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

СПЕКТР ПСИХОФАРМАКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ [4-ОКСОХИНАЗОЛИН-3(4Н)-ИЛ]УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ <i>Арчакова Ю.В., Глухова Е.Г., Шматова Е.Н., Солодунова Е.А., Тюренок И.Н., Новиков М.С., Озеров А.А.</i>	9
ЗАРОЖДЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ КРЕКИНГА В МИРОВОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ <i>Ахмадова Х.Х., Абдулмежидова З.А., Сыркин А.М.</i>	13
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОДНЫХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРИМЕСИ <i>Белоконова Н.А., Важенин В.А., Наронова Н.А., Божко Я.Г.</i>	19
ПРИМЕНЕНИЕ ХЕМОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ МЕТАЛЛОВ ПО КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В РЕАКЦИИ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА <i>Винокуров В.А., Берберов А.Б., Чудаков Я.А., Афонин Д.С., Гуцин П.А.</i>	24
АКТИВАЦИЯ СИНТЕЗА Н-ПЕНТИЛБУТАНОАТА МИКРОВОЛНОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ <i>Жаппарбергенов Р.У., Атабаев М.К., Доскеев Ж.М., Аппазов Н.О.</i>	29
О ДВУХ НАПРАВЛЕНИЯХ РОСТА ЦЕПЕЙ ПРИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА И СТИРОЛА В ПРИСУТСТВИИ МЕТАЛЛОЦЕНОВ <i>Колесов С.В., Сигаева Н.Н., Глухов Е.А., Насибуллин И.И., Фризен А.К.</i>	33
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ <i>Салова Т.Ю., Громова Н.Ю.</i>	39
СИНТЕЗ И ГЕРБИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ СОЛЕЙ ЗАМЕЩЕННЫХ 4-ДИНИТРОМЕТИЛ-1,2,3-ТРИАЗОЛОВ <i>Степкина Н.Н., Носачев С.Б., Тырков А.Г., Великородов А.В.</i>	44

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ РАСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА ДЕРЕВЬЕВ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИМ МЕТОДОМ <i>Вагизов М.Р.</i>	50
ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЯКУТСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ АН СССР В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ (1925–1926 ГГ.) <i>Габыева Л.П.</i>	59
ПЛАНТАЦИОННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ РЕДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ КАК ПУТЬ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ <i>Данилова Н.С., Семенова В.В.</i>	64
ВЛИЯНИЕ ПОЛНОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ, КРЕЗАЦИНА И КРЕМНИЕВЫХ АГРОРУД НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ И СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ МОСКОВСКАЯ 39 <i>Козлов А.В., Овезов В.Р., Тарасов И.А.</i>	70
ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ СОИ РАЗНОЙ СОРТОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ <i>Котлярова Е.Г., Грицина В.Г., Кузнецова Л.Н.</i>	74
НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДУБОВЫХ ЛЕСОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ <i>Кудинов А.И., Гладкова Г.А., Сибирина Л.А., Манько Ю.И., Жабыко Е.В., Бутовец Г.Н.</i>	79
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПО ВАРИАНТАМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ <i>Логвинов А.В., Логвинов В.А., Шевченко А.Г., Записоцкий Д.Н., Моисеев А.В., Моисеев В.В.</i>	85

СОСТОЯНИЕ СТЕПНОГО СОСНОВОГО БОРА В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ <i>Макаров В.П., Малых О.Ф.</i>	90
ВЛИЯНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ <i>Оказова З.П., Икоева В.А.</i>	94
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ РУБОК УХОДА В ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НА ТЕРРИТОРИЯХ САДОВО-ПАРКОВОГО НАСЛЕДИЯ ПОВОЛЖЬЯ <i>Сокольская О.Б., Проездов П.Н., Пивкина Г.Ю.</i>	98
ОЦЕНКА КИТАЙСКИХ ТРАДИЦИЙ И ПРИЁМОВ В ОБЪЕКТАХ ЛАНДШАФТНО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ТАТИЩЕВСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Фоменкова Е.Н., Сокольская О.Б.</i>	103
Науки о Земле (25.00.00)	
ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИИ НА ДЕМОГРАФИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ В РЕГИОНАХ СКФО <i>Абдулманапов П.Г.</i>	108
ЛИЧНЫЕ ПОДСОБНЫЕ ХОЗЯЙСТВА КАК ФОРМА РЕАЛИЗАЦИИ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН <i>Абдусаламова Р.М.</i>	113
ДИНАМИКА ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ В АГРОЛАНДШАФТАХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ РСО-АЛАНИЯ ЗА ПОСТБАЗОВЫЙ ПЕРИОД ВСЕМИРНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ (ВМО) 1991–2014 ГГ. <i>Айларов А.Е., Тебиева Д.И., Борадзева М.С., Мирошниченко Н.А.</i>	117
БУГРЫ ПУЧЕНИЯ В ДОЛИНЕ РЕКИ СЕНЦА, ОКИНСКОЕ ПЛОСКОГОРЬЕ, ВОСТОЧНЫЙ САЯН <i>Алексеев С.В., Алексеева Л.П., Васильчук Ю.К., Козырева Е.А., Светлаков А.А., Рыбченко А.А.</i>	121
БОЛОТНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЛЕСОСТЕПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА СТЫКЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ И ОКСКО-ДОНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Аничкина Н.В.</i>	127
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ МЕТОДОМ «РУЧНОГО» СКРИНИНГА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ <i>Бакин Д.А., Алиев М.М., Синцов И.А.</i>	132
ОПЫТ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЧАСТОТЫ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У НАСЕЛЕНИЯ УЛАН-БАТОРА <i>Батурин В.А., Ефимова Н.В., Будням С., Столбов А.Б., Малтугуева Н.С., Елфимова Т.А.</i>	136
К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ ИСПАРЕНИЯ <i>Данилов В.Ф., Шурыгин В.Ю.</i>	141
К МЕТОДИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИСХОДНЫХ СИГНАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗА МАКСИМАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. ИРКУТСКА) <i>Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Ескин А.Ю.</i>	146
СТЕПНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ВЫРОВНЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ОСТРОВА ОЛЬХОН (ОЗЕРО БАЙКАЛ) <i>Касьянова Л.Н., Азовский М.Г.</i>	153

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ «ПЛАСТ – СКВАЖИНА» <i>Коробов Г.Ю., Рогачев М.К.</i>	163
СОСТАВ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ПЕСЧАНИКОВ КАЙНОЗОЯ ЮГА ЗАПАДНО-САХАЛИНСКОГО ПРОГИБА <i>Малиновский А.И.</i>	171
ЭФФЕКТ СКОРОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЫЛЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА <i>Маслобоев В.А., Бакланов А.А., Амосов П.В.</i>	177
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ИНТЕРВАЛОВ ЗАМЕДЛЕНИЙ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕТКИ СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ВЗРЫВАНИЯ «DAVEUTRONIC» <i>Меньшиков П.В., Симицын В.А., Шеменов В.Г.</i>	183
ПРОИЗВОДСТВО ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ: ПОЗИЦИЙ СТРАН БРИКС В МЕНЯЮЩЕМСЯ МИРЕ <i>Родионова И.А., Слука Н.А., Кокуйцева Т.В.</i>	190
БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МАКРОФИТОВ РЕКИ УРАЛ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ВОДОТОКА ОТ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ <i>Соловых Г.Н., Винокурова Н.В., Тихомирова Г.М.</i>	198
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ <i>Трухина О.С., Синцов И.А.</i>	205
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Филонов А.В., Романенко В.О.</i>	210
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РФ <i>Чибилёв А.А.</i>	214

CONTENTS
Chemical sciences (02.00.00)

SPECTRUM OF PSYCHOPHARMACOLOGICAL PROPERTIES OF NOVEL [4-OXOQUINAZOLIN-3(4H)-YL]ACETIC ACID DERIVATIVES <i>Archakova Y.V., Glukhova E.G., Shmatova E.N., Solodunova E.A., Tyurenkov I.N., Novikov M.S., Ozerov A.A.</i>	9
ORIGIN OF INDUSTRIAL SYSTEMS OF CRACKING IN WORLD OIL PROCESSING <i>Akhmadova K.K., Abdulmezhidova Z.A., Syrkin A.M.</i>	13
INVESTIGATION OF AQUATIC SYSTEMS, CONTAINING NATURAL ORGANIC MATTER <i>Belokonova N.A., Vazhenin V.A., Naronova N.A., Bozhko Y.G.</i>	19
APPLICATION OF CHEMOMETRIC METHODS FOR CLASSIFICATION OF METALS BY THEIR CATALYTIC ACTIVITY IN THE REACTION OF CARBON MONOOXIDE HYDROGENATION <i>Vinokurov V.A., Berberov A.B., Chudakov Y.A., Afonin D.S., Guschin P.A.</i>	24
ACTIVATION OF SYNTHESIS OF N-PENTYL BUTANOATE MICROWAVE IRRADIATION <i>Zhapparbergenov R.U., Atabaev M.K., Doskeev Z.M., Appazov N.O.</i>	29
TWO DIRECTIONS OF CHAIN PROPAGATION IN METHYL METHACRYLATE AND STYRENE POLYMERIZATION IN THE PRESENCE OF METALLOCENES <i>Kolesov S.V., Sigaeva N.N., Glukhov E.A., Nasibullin I.I., Frizen A.K.</i>	33
THEORETICAL ASPECTS OF OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM PLANT AND ANIMAL MATERIALS <i>Salova T.Y., Gromova N.Y.</i>	39
SYNTHESIS AND HERBICIDAL ACTIVITY OF SUBSTITUTED 4-DINITROMETHYL-1,2,3-TRIAZOLES SALTS <i>Stepkina N.N., Nosachev S.B., Tyrkov A.G., Velikorodov A.V.</i>	44

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

USE THE INTERACTIVE MAP SERVICE TO CALCULATE THE NUMBER OF TREES PROGRAM AND TECHNICAL METHOD <i>Vagizov M.R.</i>	50
THE FORESTS RESEARCHES OF COMPLEX YAKUTIAN EXPEDITION OF ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR IN THE CENTRAL YAKUTIA (1925–1926) <i>Gabysheva L.P.</i>	59
PLANTATION CULTIVATION OF RARE MEDICINAL PLANTS AS A WAY OF BIODIVERSITY CONSERVATION <i>Danilova N.S., Semenova V.V.</i>	64
INFLUENCE OF FULL MINERAL FERTILIZER, KREZACIN AND SILICON AGRICULTURAL ORES ON THE BIOPRODUCTIVITY AND STRUCTURE OF THE HARVEST OF WINTER WHEAT MOSCOW 39 <i>Kozlov A.V., Ovezov V.R., Tarasov I.A.</i>	70
WEEDINESS OF SOYBEAN CROPS OF DIFFERENT VARIETIES DEPENDING ON THE FERTILIZER <i>Kotlyarova E.G., Gritsina V.G., Kuznetsova L.N.</i>	74
SOME RESULTS OF OAK FORESTS CONVERSION IN PRIMORSKIY KRAI <i>Kudinov A.I., Gladkova G.A., Sibirina L.A., Manko Y.I., Zhabyko E.V., Butovets G.N.</i>	79
ECONOMIC EFFICIENCY OF PRODUCTION OF SUGAR BEET BY OPTIONS OF THE MAIN PROCESSING OF THE SOIL <i>Logvinov A.V., Logvinov V.A., Shevchenko A.G., Zapisotskiy D.N., Moiseev A.V., Moiseev V.V.</i>	85

STATE OF STEPPE PINE FOREST IN THE CHITA REGION AFTER FOREST FIRES <i>Makarov V.P., Malykh O.F.</i>	90
INFLUENCE OF NUMBER OF WEEDS ON THE YIELD OF SUGAR SORGHUM IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA <i>Okazova Z.P., Ikoeva V.A.</i>	94
THE TECHNIQUES OF THINNING PLANTATIONS IN THE GREEN AREAS ON THE LANDSCAPE HERITAGE OF THE VOLGA REGION <i>Sokolskaya O.B., Proezdov P.N., Pivkina G.Y.</i>	98
EVALUATION OF CHINESE TRADITIONS AND METHODS IN OBJECTS OF LANDSCAPE-ARCHITECTURAL HERITAGE TATIŠEVSKIJ DISTRICT OF THE SARATOV REGION <i>Fomenkova E.N., Sokolskaya O.B.</i>	103
Earth sciences (25.00.00)	
THE INFLUENCE OF MIGRATION ON THE DEMOGRAPHIC STRUCTURE IN THE REGIONS OF THE NORTH CAUCASUS FEDERAL DISTRICT <i>Abdulmanapov P.G.</i>	108
SUBSIDIARY SMALL-HOLDINGS AS A FORM OF EMPLOYMENT POTENTIAL REALIZATION OF RURAL POPULATION IN DAGESTAN REPUBLIC <i>Abdusalomova R.M.</i>	113
THE DYNAMICS OF THERMAL RESOURCES IN AGRICULTURAL LANDSCAPES OF DRY STEPPE ZONE OF THE CENTRAL PRE-CAUCASIAN AREA OF THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA DURING THE POST BASE PERIOD OF THE WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) 1991–2014 <i>Aylarov A.E., Tebieva D.I., Boradzeva M.S., Miroshnichenko N.A.</i>	117
FROST MOUNDS IN THE SENTSA RIVER VALLEY, THE OKA PLATEAU, EAST SAYAN MTS <i>Alekseev S.V., Alekseeva L.P., Vasilchuk Y.K., Kozyreva E.A., Svetlakov A.A., Rybchenko A.A.</i>	121
WETLAND ECOSYSTEMS OF STEPPE TERRITORIES AT THE JUNCTION OF CENTRAL RUSSIAN UPLAND AND OKA-DON LOWLAND. <i>Anichkina N.V.</i>	127
CHOOSE AN OPTIMAL WAY TO STIMULATION METHOD BY MANUAL SCREENING FOR HEAVY OIL FIELD EXAMPLE <i>Bakin D.A., Aliev M.M., Sintsov I.A.</i>	132
EXPERIENCE OF MATHEMATICAL MODELING AIR POLLUTION AND THE FREQUENCY OF RESPIRATORY DISEASES OF THE ULAANBAATAR POPULATION <i>Baturin V.A., Efimova N.V., Budnyam S., Stolbov A.B., - Maltugueva N.S., Elfimova T.A.,</i>	136
TO THE QUESTION ABOUT WAYS TO SOLVE THE PROBLEM OF EVAPORATION LOSS OF OIL PRODUCTS <i>Danilov V.F., Shurygin V.Y.</i>	141
ON TECHNIQUE OF FORMATION OF INITIAL SIGNALS FOR PREDICTING MAXIMUM SEISMIC EFFECTS (BY THE EXAMPLE OF IRKUTSK CITY) <i>Dzhurik V.I., Serebrennikov S.P., Bryzhak E.V., Eskin A.Y.</i>	146
THE STEPPE VEGETATION OF ALIGNED SPACES ON THE OLKHON ISLAND (LAKE BAIKAL) <i>Kasyanova L.N., Azovsky M.G.</i>	153
THE PREVENTION OF FORMATION OF ASPHALTENE-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS IN THE SYSTEM «RESERVOIR-WELL» <i>Korobov G.Y., Rogachev M.K.</i>	163

COMPOSITION AND GEODYNAMIC NATURE OF THE CENOZOIC SANDSTONES IN THE SOUTH OF THE WEST SAKHALIN BASIN <i>Malinovskiy A.I.</i>	171
THE EFFECT OF WINDFLOW VELOCITY ON DUSTING INTENSITY OF TAILINGS <i>Masloboev V.A., Baklanov A.A., Amosov P.V.</i>	177
METHOD FOR DETERMINING ACTUAL RANGE OF DELAY INTERVALS FOR RATIONAL PARAMETERS OF BLAST HOLES GRID WITH THE USE OF ELECTRONIC BLASTING «DAVEYTRONIC» <i>Menshikov P.V., Sinitsyn V.A., Shemenev V.G.</i>	183
HIGH-TECH MANUFACTURING INDUSTRIES: POSITION OF THE BRICS COUNTRIES BRICS IN A CHANGING WORLD <i>Rodionova I.A., Sluka N.A., Kokuytseva T.V.</i>	190
BIOLOGICAL ROLE MACROPHYTES OF THE URAL RIVER IN THE CLEANING PROCESS WATERCOURSES FROM POLYCHLORINATED BIPHENYLS <i>Solovykh G.N., Vinokurova N.V., Tikhomirova G.M.</i>	198
EXPERIENCE OF CARBONE DIOXIDE USAGE FOR ENHANCED OIL RECOVERY <i>Trukhina O.S., Sintsov I.A.</i>	205
ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ENTERPRISES MINING INDUSTRY <i>Filonov A.V., Romanenko V.O.</i>	210
RENEWABLE STRATEGIC NATURAL RESOURCES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION <i>Chibiloev A.A.</i>	214

УДК 547.856.1:615.214

СПЕКТР ПСИХОФАРМАКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ [4-ОКСОХИНАЗОЛИН-3(4Н)-ИЛ]УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

¹Арчакова Ю.В., ²Глухова Е.Г., ²Шматова Е.Н., ²Солодунова Е.А.,
¹Тюренков И.Н., ²Новиков М.С., ²Озеров А.А.

¹Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, e-mail: post@volgmed.ru;

²Волгоградский медицинский научный центр, Волгоград, e-mail: prof_ozеров@yahoo.com

Осуществлена комплексная оценка психофармакологических свойств девяти новых производных хиनाзолин-4(3Н)-она, относящихся к функциональным рядам алифатических и ароматических кетонов, сложных эфиров и замещенных амидов 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты. На моделях «Условная реакция пассивного избегания» и «Экстраполяционное избавление» в дозе 10 мг/кг при однократном пероральном введении выявлена выраженная ноотропная активность у 3-(2-оксопропил) хиназолин-4(3Н)-она и бензилового эфира 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты. Ариламида 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты продемонстрировали отчетливую психостимулирующую и анксиолитическую активность в тестах «Открытое поле» и «Приподнятый крестообразный лабиринт». Психоседативные свойства обнаружены у гидразида 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты. Наибольший интерес для дальнейшей структурной модификации в положениях 2 и 6 гетероциклической хиназолиновой системы представляют собой алифатические кетоны, ариалифатические сложные эфиры и ариламида 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты, обладающие ценными психотропными свойствами.

Ключевые слова: хиназолин, психотропная активность, соотношение структура – активность

SPECTRUM OF PSYCHOPHARMACOLOGICAL PROPERTIES OF NOVEL [4-OXOQUINAZOLIN-3(4H)-YL]ACETIC ACID DERIVATIVES

¹Archakova Y.V., ²Glukhova E.G., ²Shmatova E.N., ²Solodunova E.A.,
¹Tyurenkov I.N., ²Novikov M.S., ²Ozerov A.A.

¹Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: post@volgmed.ru;

²Volgograd Medical Scientific Centre, Volgograd, e-mail: prof_ozеров@yahoo.com

The integrated evaluation of psychopharmacological properties of 9 new quinazolin-4(3H)-one derivative series relating to functional aliphatic and aromatic ketones, esters and substituted amides of 2-[4-oxoquinazolin-3(4H)-yl] acetic acid was carried out. On the models of «Passive avoidance» and «Extrapolatory deliverance» at a single dose of 10 mg/kg after oral administration the pronounced nootropic activity of 3-(2-oxopropyl)quinazolin-4(3H)-one and benzyl ester of 2-[4-oxoquinazolin-3(4H)-yl]acetic acid was revealed. Arylamides of 2-[4-oxoquinazolin-3(4H)-yl]acetic acid showed a clear anxiolytic and psychostimulant activity in the «Open field» and «Elevated crosswise labyrinth» tests. Psychosedative properties were detected in the hydrazide of 2-[4-oxoquinazolin-3(4H)-yl]acetic acid. The greatest interest for further structural modifications at position 2 and 6 of the quinazoline heterocyclic system represent the aliphatic ketones, arylaliphatic esters and arylamides of 2-[4-oxoquinazolin-3(4H)-yl]acetic acid derivatives that have valuable psychotropic properties.

Keywords: quinazoline, psychotropic activity, structure-activity relationship

Высокая реакционная способность хиназолин-4(3Н)-она в процессах N-алкилирования, селективно протекающих в положении N³ хиназолиновой системы, обеспечивает широкие возможности получения разнообразных функциональных производных с ценными фармакологическими свойствами. Недавно в ряду N³-замещенных производных хиназолин-4(3Н)-она были обнаружены вещества, обладающие выраженными антидепрессантными [3], ноотропными [4], иммуно-тропными [5] свойствами, а также высокой противосудорожной [6] и антибактериальной [7] активностью. Дополнительные возможности расширения ряда веществ хиназолиновой природы возникают при замещении в положения С² и С⁶ хиназолиновой системы, а также при введении

дополнительных функциональных групп в заместители при атоме азота N³. В связи с этим предварительная оценка целевых фармакологических, в частности психотропных, свойств базовых структур, не имеющих таких дополнительных заместителей, может послужить основой рационального синтеза новых высокоактивных веществ на основе хиназолин-4(3Н)-она.

Цель исследования. Синтез и экспериментальное изучение *in vivo* спектра психофармакологических свойств производных 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты, относящихся к различным функциональным производным – кетонам, сложным эфирам и амидам, с целью выявления наиболее перспективных рядов соединений для дальнейшей направленной структурной модификации.

Материалы и методы исследования

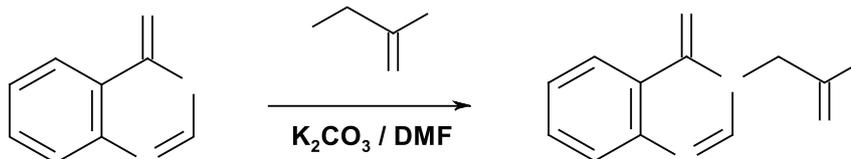
Синтез производных 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты был осуществлен путем N³-алкилирования хиनाзолин-4(3Н)-она α-галогенметилкетонами, эфирами и амидами галогенуксусных кислот в среде безводного диметилформамида в интервале температур 80–120 °С в присутствии избытка карбоната калия, как это описано нами ранее [1, 3–5].

При изучении спектра психофармакологических свойств были использованы стандартные тесты психофармакологического скрининга: тест «Открытое поле» (с регистрацией следующих наиболее значимых параметров поведения животных: КПК – количество пересеченных квадратов, КЗО – количество заглядываний в отверстия), тест «Приподнятый крестообразный лабиринт» (КВОР – количество выходов в открытые рукава, КППР – количество переходов между рукавами, ВНОР – время нахождения в открытых рукавах), тест «Условная реакция пассивного избегания» (ЛПЗТО – латентный период захода в темный отсек, КЗТО – количество заходов в темный отсек), тест «Экстраполяционное избегание» (ВИ – время иммобилизации, КП – количество прыжков, ЛПП – латентный период подныривания).

Все исследования были проведены на белых беспородных половозрелых крысах-самцах в соответствии с руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ [2]. Соединения вводились однократно перорально в виде суспензии в крахмальном геле в дозе 10 мг/кг за 1 ч до тестирования. Животные контрольных групп получали эквивалентный объем крахмального геля. Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью пакета программ Statistica 6,0 (StatSoft, Inc., США) с использованием метода рангового однофакторного анализа Крускала – Уоллиса, критерия Ньюмена – Кейлса для множественных сравнений. Статистически значимыми расценивали эффекты при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Ряд синтезированных и исследованных производных хиназолин-4(3Н)-она включал в себя алифатические (I) и ароматические (II–IV) кетоны, сложные эфиры (V) и замещенные амиды (VI–IX) 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты (табл. 1):



где X = Cl или Br; значения R представлены в табл. 1.

Таблица 1

Выход и физико-химические свойства новых производных 2-[4-оксохиназолин-3(4Н)-ил]уксусной кислоты

Соединение	R	Брутто-формула	Выход, %	T _{пл} , °С
I	CH ₃	C ₁₁ H ₁₀ N ₂ O ₂	62	166–168
II	C ₆ H ₅	C ₁₆ H ₁₂ N ₂ O ₂	83	156–158
III	1-C ₁₀ H ₇	C ₂₀ H ₁₄ N ₂ O ₂	58	174–175
IV	2-C ₁₀ H ₇	C ₂₀ H ₁₄ N ₂ O ₂	56	199–201
V	OCH ₂ C ₆ H ₅	C ₁₇ H ₁₄ N ₂ O ₃	82	116–117
VI	NH ₂	C ₁₀ H ₁₀ N ₄ O ₂	83	252–255
VII	NHC(NH)NH ₂	C ₁₁ H ₁₁ N ₅ O ₂	87	240–242
VIII	NHC ₆ H ₅	C ₁₆ H ₁₃ N ₃ O ₂	72	251–254
IX	NH(1-C ₁₀ H ₇)	C ₂₀ H ₁₅ N ₃ O ₂	66	319–322

В результате проведенных исследований установлено, что в тесте «Открытое поле» только сложный эфир **V** и ариламида **VIII** и **IX** повышают спонтанную двигательную активность животных, статистически значимо увеличивая количество пересеченных квадратов (табл. 2), но не влияют на ориентировочно-исследовательскую активность крыс.

В тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» ароматические кетоны **II** и **IV** достоверно снижают количество выходов в открытые рукава и количество переходов между открытыми и закрытыми рукавами, что в сочетании с отсутствием их влияния на спонтанную двигательную активность в тесте «Открытое поле» может быть интерпретировано как повышение тревожности животных под влиянием этих веществ. В противоположность этому ариламид **VIII** и в меньшей мере **IX** увеличивали количество выходов в открытые рукава, количество переходов между рукавами и время нахождения в открытых рукавах, что свидетельствует об их анксиолитических свойствах.

Соединения **I** и **V**, которые можно условно отнести соответственно к группе али-

фатических кетонов и сложных эфиров – производных 2-[4-оксохиназолин-3(4H)-ил]уксусной кислоты в тесте «Условная реакция пассивного избегания» достоверно увеличивали латентный период захода в темный отсек и уменьшали количество заходов в него при воспроизведении теста через 7 и 14 дней после обучения. В тесте «Экстраполяционное избавление» была подтверждена ноотропная активность соединений **I** и **V**, под их влиянием экспериментальные животные статистически значимо быстрее решали задачу избегания аверсивной среды (сокращение латентного периода подныривания), сокращали время иммобилизации, увеличивали количество прыжков и значительно уменьшали время решения поставленной задачи.

Практическое отсутствие каких-либо психотропных свойств у гуанидинового производного 2-[4-оксохиназолин-3(4H)-ил]уксусной кислоты **VII** может рассматриваться скорее как положительное свойство этого вещества в свете недавно полученных нами предварительных данных о его высокой нейро- и кардиопротекторной активности.

Таблица 2

Спектр психотропной активности новых производных 2-[4-оксохиназолин-3(4H)-ил]уксусной кислоты

Соединение	Психофармакологические тесты									
	Открытое поле		Приподнятый крестообразный лабиринт			Условная реакция пассивного избегания		Экстраполяционное избавление		
	КПК	КЗО	КВОР	КПМР	ВНОР	ЛПЗТО	КЗТО	ВИ	КП	ЛПП
I	0	–	0	0	+	↑	↓	↓	↑	↓
II	0	0	↓	↓	0	+	–	–	0	–
III	0	0	0	0	↑	0	0	↓	0	–
IV	0	–	↓	↓	–	+	↓	↓	0	↓
V	↑	0	–	–	+	↑	↓	↓	+	↓
VI	0	–	–	↓	↑	+	↓	–	0	–
VII	0	–	–	0	+	0	–	–	0	–
VIII	↑	+	↑	↑	↑	–	–	+	+	↓
IX	↑	–	↑	↑	–	↑	↓	–	–	↓

Примечание. «0» – отсутствие изменения; «+» или «–» – выраженное, превышающее по модулю 20%, но статистически недостоверное увеличение или уменьшение ($p > 0,05$); «↑» или «↓» – статистически достоверное увеличение или уменьшение показателя по сравнению с контролем ($p < 0,05$).

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что наибольший интерес для дальнейшего направленного поиска ноотропных лекарственных средств хиназолинового ряда представляют собой базовые структуры алифатических кетонов и ариллафатических сложных эфиров – производных 2-[4-оксохиназолин-3(4H)-ил]уксусной кислоты. На основе арилламидов этой кислоты целесообразен поиск соединений с выраженными анксиолитическими свойствами.

Список литературы

1. Глухова Е.Г. Синтез алифатических и ароматических кетонов хиназолинового ряда // Волгоградск. научно-мед. журн. – 2014. – № 1. – С. 23–25.
2. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под ред. Р.У. Хабриева. – М.: ОАО Изд-во «Медицина», 2005. – 832 с.
3. Тюренков И.Н. Синтез и анксиоседативные, антидепрессивные свойства анилидов α -[4-оксохиназолин-3(4H)-ил]карбоновых кислот // Хим.-фарм. журн. – 2013. – Т. 47. – № 5. – С. 7–10.
4. Тюренков И.Н. Ноотропная активность амидов хиназолинового ряда // Хим.-фарм. журн. – 2015. – Т. 49. – № 2. – С. 18–20.
5. Цибизова А.А. Оценка иммунотропных свойств нового производного пиримидина // Междунар. журн. прикл. фундамент. исслед. – 2013. – № 11. – С. 71–72.
6. Nerkar A.G. In silico design, synthesis and pharmacological screening of novel mono and di-bromoquinazolinone derivatives as NMDA receptor antagonists for anticonvulsant activity // Int. J. Pharm. Sci. – 2013. – Vol. 5. – № 1. – P. 331–335.
7. Shah D.R. Novel quinazolinone-thiazolidinone hybrid: design, synthesis and in vitro antimicrobial and antituberculosis studies // Ind. J. Chem. – 2014. – Vol. 53B. – P. 1169–1177.

УДК 665.63

ЗАРОЖДЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ КРЕКИНГА В МИРОВОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ

¹Ахмадова Х.Х., ¹Абдулмежидова З.А., ²Сыркин А.М.

¹ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет
им. акад. М.Д. Миллионщикова», Грозный, e-mail: Hava9550@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, e-mail: syrkinam@mail.ru

В статье приводятся результаты становления и внедрения процесса термкрекинга в 1920–1930-е годы в разных странах мира. Показано, что успешным развитием процессов термического крекинга нефтеперерабатывающая промышленность обязана почти исключительно США, где были построены первые промышленные установки крекинга различных систем. В анализируемый период в нефтеперерабатывающую промышленность страны было внедрено чрезвычайно большое количество систем парофазного и жидкофазного крекинга. Начавшаяся с примитивной установки Бартона промышленность термического крекинга США в 1930-е годы достигла значительного развития. Общее число работающих заводов составило 388, из них на долю крекинг-заводов приходилось более 54%. Особенно широкое внедрение процесса отмечалось в 1926–1930-е годы в странах Европы, Северной и Южной Америки. В Европе в основном наибольшее распространение имели системы термкрекинга Кросса и Даббса. В СССР процесс термкрекинга начал находить промышленное применение только в конце 1920-х годов и в своем развитии прошел через стадии строительства отечественных опытно-промышленных установок, промышленной установки «Советский крекинг» и зарубежных установок системы Виккерса, Дженкинса и Винклер – Коха, которые в 1930-е годы были взяты за основу при создании отечественной промышленной системы термкрекинга.

Ключевые слова: термкрекинг, системы крекинга, парофазный и жидкофазный крекинг, заводы, установки, нефтеперерабатывающая промышленность, страны, внедрение, развитие, строительство

ORIGIN OF INDUSTRIAL SYSTEMS OF CRACKING IN WORLD OIL PROCESSING

¹Akhmadova H.H., ¹Abdulmezhidova Z.A., ²Syrkin A.M.

¹Grozny State Oil Technical University of acad. M.D. Millionshchikova,
Grozny, e-mail: Hava9550@mail.ru;

²Ufa State Oil Technical University, Ufa, e-mail: syrkinam@mail.ru

The article presents the results of the formation and implementation of thermal cracking process in 1920–1930th years in the different countries of the world. It is shown that the successful development of a thermal cracking process refining industry owes almost exclusively by the United States, where the first industrial cracking unit of different systems have been built. In the period under review in the oil refining industry of the country it has been implemented extremely large number of systems, vapor and liquid phase cracking. Which began with a primitive setup Burton US industry thermal cracking in the 1930s has made considerable development. The total number of operating plants was –388, of which the share of the cracking plants accounted for more than 54%. Especially widespread introduction of process was noted in 1926–1930 years in the countries of Europe, North and South America. In Europe, mainly the most widespread type of system had a thermal cracking Cross and Dobbs. In the USSR the thermal cracking process in the late 1920 years was just beginning to find commercial application and its development has gone through the stage of construction of the domestic development of industrial plants, industrial plant «Soviet cracking» and foreign plants Vickers system, Jenkins and Winkler-Koch, who in 1930 years were taken as the basis for creating a domestic industrial thermal cracking system.

Keywords: thermal cracking, systems of cracking, vapor and liquid phase cracking, plants, installations, oil-processing industry, countries, introduction, development, construction

Термический крекинг, прочно внедрившийся в нефтепереработку более века назад и положивший начало химической переработки нефти, до сих пор не потерял своей актуальности. Именно благодаря этому процессу, мир обязан производством громадного количества бензина улучшенного качества из тяжелых продуктов и становлением нефтехимической промышленности. Этот процесс с начала своего зарождения и по настоящее время находится в постоянном развитии и совершенствовании.

Начав свою историю с примитивной технологии в цилиндрических кубах, далее применяя массивные трудно управляемые реакционные камеры и трубчатые печи различных конструкций, совершенствуя по мере своего развития реакционное, ректификационное, насосное и другое оборудование, процесс термкрекинга на протяжении своей более чем вековой истории достиг значительных достижений в технологии и в аппаратном оформлении. Современные технологии процесса термического

крекинга основаны на применении высокоэффективных печей со змеевиками двухстороннего облучения и высокоэффективных реакционных камер, снабженных рубашкой охлаждения с нисходящим потоком жидкой фазы и восходящим потоком термообработанного сырья, специального оборудования и методов регулирования давления в реакционной камере, исключая необходимость многоколонного разделения продуктов и т.д. Все это делает процесс термического крекинга в настоящее время экономически и технологически конкурентоспособным и привлекательным [3].

Крекинговое производство, зародившееся в Соединенных Штатах в 1912 г. с небольшой кубовой крекинг-установки Бартона, достигло здесь в конце 1920-х годов огромного развития в связи с возросшим спросом на бензин [5, 6, 18, 20].

За этот период в нефтеперерабатывающую промышленность страны было внедрено чрезвычайно большое количество систем как парофазного, так и жидкофазного крекинга. Наиболее распространенными представителями парофазного крекинга являлись процессы Гринстрита, Ритмана, Галля, Александра и Холла [4–7, 25].

Крекирование сырья при парофазном крекинге проводилось при высокой температуре и низком давлении или без давления:

- процесс Гринстрита при атмосферном давлении и температуре 650 °С;
- процесс Галля при давлении 5 атм и температуре 600 °С;
- процесс Ритмана при давлении 13–20 атм. и температуре 510 °С.

Процессы в парообразной фазе впервые были предложены в 1910-е годы: процесс Гринстрита в 1911 г., Ритмана – 1912–1916 гг., Александра и Галя – 1914 г., Жиро – 1915 г., Холла – 1917 г. и т.д. [7].

Из жидкофазной группы крекинг-процессов наиболее широко применяемыми были процессы Бартона, Даббса, Дженкинса, Кросса, Кост-Косдена, Синклера, Бентона, Флеминга, Холмса и Манли, Тюб энд Тэнк Стандарда и другие, которые были разработаны в разные годы: Бартона – 1912 г., Дженкинса – 1916 г., Даббса – 1919 г. и т.д. Процессы этой группы осуществлялись при следующих режимах:

- процесс Бартона – температура 380–420 °С и давление 5–6 атм;
- процесс Даббса – температура 440–450 °С и давление 8,4–11,2 атм;
- процесс Дженкинса – температура 400 °С и давление 10,5 атм;
- процесс Кросса – температура 460 °С и давление 42 атм;

– процесс Кост-Косдена – температура 400 °С и давление 5,6 атм;

– процесс Синклера – температура 400 °С и давление 7–7,75 атм;

– процесс Бентона при давлении 120 атм.

Так как на антидетонационные бензины парофазного крекинга в 1920-е годы на рынке еще не существовало спроса, а бензин жидкофазного крекинга более соответствовал существовавшим в то время условиям, в нефтепереработке все большее применение находили системы крекинга в жидкой фазе [22].

Количество строящихся крекинг-установок и применяемых систем крекинга в 1920-е годы в результате широко проводимых в Соединенных Штатах исследований крекинг-процесса с каждым годом быстро увеличивалось.

При обследовании в США в 1926 г. 150 заводов в эксплуатации оказались 33 различные системы крекинг-установок с суточной производительностью 981,2 тыс. барр в сутки. В 1927 г. число заводов с крекинг-установками составило 158 с суточной производительностью 1246 тыс. барр. В 1928 г. число таких заводов снизилось до 148, но объем крекирования на них увеличился до 1327 тыс. барр. в сутки. В начале 1930-х годов крекинговое производство в США насчитывало уже 207 заводов с мощными крекинг-установками и с более чем полусотнями модификаций крекинга производительностью 1829 тыс. барр. в сутки.

В этот период общее число работающих заводов в США составило 388, из которых доля крекинг-заводов составляла более 54 %.

Основной тенденцией развития нефтеперерабатывающей промышленности США в 1930-е годы являлось расширение применения процесса крекинга различных систем. На крекинг-процессы в стране в это время было выдано несколько тысяч патентов [19].

Данные по количеству заводов и крекинг-установок в США в начале 1930-х годов, применявших различные модификации крекинга, приведены в таблице.

По применению на первом месте стояла система Даббса (33 НПЗ), на втором – Кросса (20 НПЗ), на третьем система Бартона (17 НПЗ), далее системы Холмса – Манли (8 НПЗ), Дженкинса (6 НПЗ) и другие [4].

Самые крупные заводы производительностью на 80–117 тыс. барр., применяли системы Тюб энд Тэнк, Айсома и комбинированные системы, такие как Бартон – Кросс, Кросс – Дженкинс, Холмс – Манли – Кросс и т.д. Комбинированные крекинг-установки применялись на 24 НПЗ [4].

Системы крекинг-установок, применявшиеся на заводах США в начале 1930-х годов

№ п/п	Система крекинга	Число заводов	№ п/п	Система крекинга	Число заводов
1	Даббс	33	18	Люис – Кросс	2
2	Кросс	20	19	Гольф – Мак-Аффи	2
3	Бартон	17	20	Блэк	1
4	Холмс – Манли	8	21	Бартон – Холмс – Манли	1
5	Флеминг	7	22	Манхатгэн	1
6	Дженкинс	6	23	Кросс – Дженкинс	1
7	Снодграсс	6	24	Дженкинс – Даббс	1
8	Айсом	5	25	Лемонт – Даббс	1
9	Тюб-энд-Танк	5	26	Эллис – Флеминг – Кросс	1
10	Бартон – Тюб-энд-Танк	5	27	Эллис – Кросс	1
11	Дохерти	4	28	Охайо	1
12	Кросс – Даббс	3	29	Даббс – Кросс – Флеминг	1
13	Нэшионал	3	30	Мид – Континент (Козден)	1
14	Бартон – Кросс	3	31	Миллер	1
15	Слагтер	3	32	Флеминг – Даббс	1
16	Льюис	2	33	Ричи	1
17	Лемонт	2		ВСЕГО	150

По применению крекинг-установок на НПЗ по различным районам США на первом месте находился штат Техас, на втором Нью-Джерси, на третьем – Калифорния и далее Оклахома, Индиана, Канзас, Луизиана, Иллинойс, Вайоминг, Мериленд, Пенсильвания, Огайо, Южная Каролина и др. [4, 19].

В одном только Западном Техасе насчитывалось 9 новых заводов и 6 строящихся, в составе которых имелись крекинг-установки.

Вне США крекинг-процесс начал развиваться в основном с 1926 г. [7] и особенно широкое внедрение его отмечалось в 1926–1930-е годы в странах Европы, Северной и Южной Америки [4].

В Европе (в Англии, Румынии, Польше) только за полтора года в период 1926–1927 гг. число введенных в эксплуатацию крекинг-установок составило 15 [21].

В основном наибольшее распространение имели системы термокрекинга типа Кросса и Даббса, как наиболее эффективные.

В начале 1930-х годов в Англии, Канаде, Индии, Австралии, Тринидаде и Борнео, Японии и Румынии, на Кюрасао и на Яве насчитывалось до 30 установок системы Даббса, находящихся в эксплуатации или в стадии сооружения [4, 7, 20].

В 1920-е годы в Северной Америке по развитию нефтеперерабатывающей промышленности после США на втором месте находилась Канада, нефтепереработка которой была представлена 16 нефтеперерабатывающими заводами, работающими в основном на нефти импортируемой главным

образом из Соединенных Штатов, Мексики, Венесуэлы и Перу.

В 1925–1930 гг. в *Канаде* сформировался значительный автомобильный парк, который насчитывал к концу 1929 г. 1,168 млн автомобилей, для нормального функционирования которого был необходим бензин в больших объемах.

В 1927 г. производство крекинг-бензина, производимого на канадских заводах, составило 2,1 млн барр в год, в 1928 г. – 3,35 млн барр.

Наиболее крупные нефтеперерабатывающие заводы Канады с крекинг-установками располагались в провинциях Квебек и Онтарио.

В *Тринидаде* в 1928–1929 гг. были построены крекинг-установки на трех нефтеперерабатывающих заводах. На самом крупном из них – Pointe-a-Pierre, принадлежащем компании «Trinidad Leaseholds» и рассчитанном на переработку 16,0 тыс. барр в сутки, была построена крекинг-установка системы Даббса.

Нефтеперерабатывающая промышленность *Аргентины* в 1920-е годы была представлена 15 заводами, производительность которых в 1928 г. составила 29,83 тыс. барр в сутки. Завод в г. Ла-Плата, производительностью по нефти 13,0 тыс. барр в сутки, эксплуатировался с 1925 г. и в 1927–1929 гг. был дооборудован крекинг-установками производительностью 5,3 тыс. барр. Благодаря внедрению крекинг-процесса выработка бензина в Аргентине повысилась до 1,56 млн барр в год.

Другими центрами переработки нефти в Аргентине являлись города Комодоро и Кампан. Завод компании «Стандард» имел крекинг-установку производительностью 7 тыс. барр в г. Кампана. Завод Британской железнодорожной компании в этот период заканчивал строительство крекинг-отделения на производительность 5,7 тыс. барр. в дополнение к существующей установке производительностью на 3,9 тыс. барр в г. Комодоро.

Перу в 1928–1930 гг. выделялось из всех прочих стран Южной Америки (кроме островов Аруба и Кюрасао) наличием самого крупного и технически хорошо оборудованного завода, принадлежащего обществу «International Petroleum Co» (Стандард). Этот завод, расположенный в г. Талара, перерабатывал 15,0 тыс. барр нефти в сутки с получением всей серии разнообразных продуктов по новейшим технологиям, работавших в Соединенных Штатах. Тяжелые фракции нефти подвергались крекингу на четырех крекинг-установках системы Кросса.

В переработке венесуэльской нефти на *островах Голландской Вест-Индии* (острова Аруба и Кюрасао) в 1930-е годы были заинтересованы общество «Pan American» (Стандард), «Standard Oil of Indiana», группа «Шелл», общество «Standard of New Jersey» и общество «Gulf Refining Co». Группа «Шелл» в этот период имела основную базу на о. Кюрасао, где еще в 1917 г. был построен завод близ Виллемстада, переоборудованный по новейшей системе. Завод принадлежал филиалу группы «Шелл» – «Curacaosche Petroleum Industrie» и перерабатывал в 1928 г. по 100,0 тыс. барр в сутки, имея 14 крекинг-установок Даббса на 26,0 тыс. барр. В 1929 г. завод был расширен с расчетом на переработку 147,0 тыс. барр в день.

Самым крупным заводом на о. Аруба являлся завод общества «Pan American» на 100,0 тыс. барр в сутки в С. Николас. Этот завод отличался современным по тому времени оборудованием и мощной крекинг-установкой производительностью 85,0 тыс. барр, перерабатывающей весь остаток после отгонки 15% легких фракций.

Нефть доставлялась с промыслов общества «Lago» в Венесуэле. В 1929 г. общество «Standard of New Jerky» приступило к строительству завода на 2,0 тыс. барр в Амуай,

а общество «Gulf Refining» – к строительству такого же завода в Кабинас с выработкой бензина на крекинг-установках.

В США нефтепромышленные круги с некоторой тревогой следили за развитием этого центра переработки. Это было связано с тем, что венесуэльский бензин конкурировал с американским не только на внешних рынках, но и ввозился в Соединенные Штаты. Так в октябре 1929 г. было ввезено 33,0 тыс. барр бензина.

Из всех южноамериканских стран лишь *Эквадор* обладал тремя небольшими перерабатывающими заводами, которые были расположены в нефтеносном районе Санта-Елена. Общая перерабатывающая способность всех трех заводов не превышала в 1930-е годы и 220 барр в сутки, причем наиболее крупный из этих заводов в Лаллибертад обладал крекинг-установкой современного типа.

В *СССР* в это время имелся лишь опыт внедрения и непродолжительной работы опытно-промышленных установок, хотя к началу XX века крекинг-процесс в России был более изучен как с теоретической, так и с химико-технологической стороны и было даже разработано аппаратурное оформление процесса.

Особая роль в этом принадлежала академику В.Г. Шухову, который совместно с инженером С. Гавриловым в 1891 г. предложил к реализации проект первой в мире крекинг-установки. Таким образом, Россия уже в 1891 г. имела приоритет на процесс крекинга, опередив американцев в разработке технологии и схемы процесса более чем на 20 лет [7].

Однако экономические условия для промышленного воплощения этого проекта в России еще не созрели. Потребовалась еще четверть века, в течение которой зародились и получили широкое развитие автомобильная, а затем авиационная промышленности, определившие успех развития крекинг-процесса в России.

Прогрессу в создании отечественных промышленных технологий и систем термкрекинга в начале XX века в значительной степени способствовали научные разработки и технические идеи бакинских и грозненских ученых и инженеров.

Внедрение термического крекинга в российскую нефтепереработку начиналось со строительства первых опытно-промышленных установок термкрекинга в Баку.

Первой такой установкой была опытно-промышленная установка термического крекинга нефти по схеме бакинца С.К. Квитко, на которую автору был выдан патент «Способ добывания бензина и иных продуктов из нефти, нефтяных остатков и проч.» еще 30 июня 1912 г., несколько ранее патента Бартона [8, 9].

Строительство опытно-промышленной крекинг-установки системы Квитко в Баку в 1925 г. имело большое значение для развивающейся советской нефтепереработки и показало, что в СССР возможна организация строительства отечественных установок термокрекинга из отечественных материалов [3, 8, 24]. Эта установка явилась первой школой для советских специалистов по освоению технологии термического крекинг-процесса в промышленном масштабе, дала возможность выявить и учесть ряд недостатков в проекте, строительстве и эксплуатации процесса термокрекинга в опытно-промышленных условиях [22].

Вторая опытно-промышленная установка термокрекинга была построена в Баку в 1927 году [9, 12, 13].

Эта установка, разработанная К.В. Костриным, представляла собой непрерывно действующую трубчатую установку так называемого процесса «полукрекинга» [8, 13].

Третья опытно-промышленная установка термического крекинга системы Саханова – Тиличеева была построена в Грозном в 1928 г. [21].

Работа первых бакинских и грозненских опытно-промышленных установок термокрекинга способствовала становлению промышленности крекинга в СССР [3, 23, 16].

Начиная с середины 1920-х годов в развитии ставка отечественного крекинга была сделана на освоение опыта США и Западной Европы [1, 3, 23].

Преобладающей формой проведения крекинга в Советском Союзе были выбраны установки системы Вилкерса, Дженкинса и Винклера – Коха, которые в 1926–1931 гг. были закуплены в Америке и в Англии и построены в гг. Баку, Грозном, Туапсе и Батуми [3, 23]. Эти установки были приобретены советским руководством, несмотря на то, что они в своих странах не имели большого применения в нефтепереработке.

Все закупленные установки работали с большими перебоями и в процессе экс-

плуатации были усовершенствованы советскими специалистами, благодаря чему достигли показателей, особенно по выходу бензина, выше проектных [3, 23].

Несмотря на все свои недостатки, зарубежные установки сыграли весьма важную роль в создании отечественных установок термокрекинга.

Наряду со строительством крекинг-установок зарубежных систем в СССР продолжалась работа по созданию отечественных установок крекинга. Первая в СССР отечественная промышленная крекинг-установка по проекту академика В.Г. Шухова, инженеров М.А. Капелюшникова и Ф. Рустамбекова была построена в Баку в 1930 г. [2, 17]. Эта установка не только сыграла выдающуюся роль в отечественной нефтепереработке как первая советская промышленная крекинг-установка, но и внесла значительный вклад в исследование и становление различных отечественных процессов нефтепереработки и нефтехимии. На ней были исследованы парофазный и жидкофазные системы крекинга, впервые в мировой нефтепереработке – процесс риформинга, впервые газы термокрекинга использованы как сырье для получения амиловых спиртов [10, 14].

Опыт строительства и освоения первых отечественных опытно-промышленных и промышленных установок крекинга, а также опыт работы на зарубежных установках позволил советским специалистам в 1935–1936 гг. создать новые мощные отечественные установки термического крекинга – системы советский «Винклер – Кох», соляровые установки крекинга и двухпечные установки системы Нефтепроекта [3, 11, 23].

Список литературы

1. Абубакарова З.Ш. Становление промышленных процессов термического крекинга на Кавказе: дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2007. – 225 с.
2. Алексеев Н. Ответ Главнефти по поводу заметки «Как используется опыт завода «советский крекинг» системы Шухова и Капелюшникова в Баку» // Нефть. – 1934. – № 20. – С. 16-17.
3. Ахмадова Х.Х. Становление и развитие отечественных систем термического крекинга: дис. ... д-ра техн. наук. – Уфа, 2014. – 457 с.
4. Ахмадова Х.Х., Хадисова Ж.Т., Сыркин А.М. Развитие крекинг-процесса в 20–30-е годы в разных странах мира // Современные проблемы истории естествознания в области химии, химической технологии и нефтяного дела: материалы VII Международной научной конференции. – Т. 2. – Вып. 7. – Уфа: изд-во «Реактив», 2007. – С. 54–60.

5. Ахмадова Х.Х., Турлуев Р.А.-В., Сыркин А.М. Разновидности крекинг-процесса, существовавшие в 20-е годы XX века // История науки и техники. – 2007. – № 6. Спецвыпуск № 1. – С. 72–75.
6. Ахмадова Х.Х., Махмудова Л.Ш., Сыркин А.М. Начало становления промышленного крекинг-процесса в США // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2 (часть 2). – С. 211–215.
7. Ахмадова Х.Х., Сыркин А.М., Мовсумзаде Э.М. Предпосылки создания процесса термического крекинга // Социально-гуманитарные проблемы современности: человек, общество и культура: монография. Кн. 3 / отв. ред. Я.А. Максимов. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2011. – С. 58–104.
8. Ахмадова Х.Х., Идрисова Э.У. Создание первой отечественной опытно-промышленной установки термокрекинга С.К. Квитко // Современная российская наука глазами молодых исследователей. Сборник статей (по итогам II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Том. 1. – Красноярск: Научно-инновационный центр. – 2012. – С. 31–35.
9. Ахмадова Х.Х., Сыркин А.М., Идрисова Э.У. Первые отечественные опытно-промышленные установки термокрекинга // Динамиката на съвременната наука: материали за 9-а международна научна практическа конференция. – 2013. – Т. 5. История. Философия. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД – С. 42–46.
10. Ахмадова Х.Х., Сыркин А.М., Идрисова Э.У. Основни проблеми с творба от нови материали и технологии. Первый парофазный крекинг в Грозном // Научният потенциал на света: материали за 8-а международна научна практическа конференция. – 2012. – Т. 14. Биология, Химия и химически технологии. Екология. – София. «Бял ГРАД-БГ» ООД – С. 33–39.
11. Ахмадова Х.Х., Сыркин А.М., Абдулмежидова З.А. Основные системы крекинг-установок на советских НПЗ в период до 1940 г. // Научная дискуссия: вопросы социологии, политологии, философии, истории: материалы II Международной заочной научно-практической конференции (6 июня 2012 г.). – М.: Изд. «Международный центр науки и образования», 2012. – С. 67–76.
12. Кострин К.В. Перегонка нефти на трубчатых кубах // Предприятие. – 1925. – № 12. – С. 60.
13. Кострин К.В. Крекинг-процесс при низком давлении // Нефтяное хозяйство. – 1927. – № 1. – С. 39–45.
14. Кушелевский Б. Парофазный советский крекинг // Нефть. – 1932. – № 9–10. – С. 15–16.
15. Мовсумзаде Э.М., Абубакарова З.Ш., Сыркин А.М. Зарождение и становление промышленных процессов термического крекинга в Баку // История науки и техники. – 2005. – № 4.
16. Мовсумзаде Э.М. Зарождение перегонки ашперонской нефти и становление масляного производства. – Уфа: ГИНТИ «Реактив», 1997. – 295 с.
17. Мордовин, Оборотов, Степаняц Как используется опыт завода «Советский крекинг» системы В.В. Шухова и М.А. Капелюшников в Баку // Нефть. – 1934. – № 20. – С. 16.
18. Крэкирование нефтепродуктов по данным Зингера, Джонсона, Кросса и др. // Нефтяное Хозяйство. – 1926. – № 9. – С. 393–397.
19. Нефтяное хозяйство. – 1926. – № 7. – С. 138–139.
20. Сальников И. Крекинг в американской нефтепромышленности // Азербайджанское Нефтяное хозяйство. – 1926. – № 10. – С. 32–39.
21. Саханов А.Н., Тиличев М.Д. Крекинг в жидкой фазе // Труды Центральной химической лаборатории Грознефти. – М-Л., 1928. – 371 с.
22. Седых Н.Ф. Крекинг в паровой фазе // Нефтяное хозяйство. – 1928. – № 11–12. – С. 677–691.
23. Сыркин А.М., Абубакарова З.Ш., Ахмадова Х.Х. Становление промышленных процессов термического крекинга на Кавказе. – Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2012. – 200 с.
24. Трегубов А.М. Конструктивная сторона в установках крекинга по патенту инж. Квитко // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1926. – № 5. – С. 51–59.
25. Хроника. Соединенные Штаты. // Нефтяное хозяйство. – 1926. – № 8. – С. 302.

УДК 543.38

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОДНЫХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРИМЕСИ

¹Белоконова Н.А., ²Важенин В.А., ¹Наронова Н.А., ¹Божко Я.Г.

¹ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет»,
Екатеринбург, e-mail: 89221503087@mail.ru;

²НИИ физики и прикладной математики Уральского федерального университета, Екатеринбург

С использованием методов на основе ЭПР и спектрофотометрии (авторский метод) выполнена оценка способности органических примесей к комплексообразованию с ионами меди (II) в модельных системах, содержащих дистиллированную воду с органическими кислотами (лимонной, салициловой, глутаминовой), а также в питьевой воде города Екатеринбурга до и после доочистки на бытовых фильтрах. Выявлены возможности и особенности методов для исследования комплексообразования органических примесей с медью (II) при концентрациях последней ниже 3 мг/л в городской питьевой воде. Установлено, что природные органические примеси, содержащиеся в водопроводной воде города Екатеринбурга, имеют высокую комплексообразующую активность, которая в 1,9 раз превышает активность салициловой кислоты, однако удаление части органических примесей из воды в процессе фильтрации существенно изменяет активность оставшихся органических примесей по отношению к меди (II).

Ключевые слова: органические примеси, медь (II), комплексные соединения, питьевая вода

INVESTIGATION OF AQUATIC SYSTEMS, CONTAINING NATURAL ORGANIC MATTER

¹Belokonova N.A., ²Vazhenin V.A., ¹Naronova N.A., ¹Bozhko Y.G.

¹Ural State Medical University, Ekaterinburg, e-mail: 89221503087@mail.ru;

²Institute of Physics and Applied Mathematics of the Ural Federal University, Ekaterinburg

By using methods based on EPR and spectrophotometry (original method), the estimate of organic impurities to form complexes with ions of copper (II) in the model systems containing distilled water with organic acids (citric, salicylic, glutamic), as well as in drinking water of Yekaterinburg before and after the after-treatment on household filters. Features and characteristics are revealed to the research methods of organic impurities complexation with copper (II) at a final concentration of below 3 mg/liter in drinking water city. It is found that the natural organic impurities contained in the tap water of Ekaterinburg, have a high complexing activity which is 1,9 times higher than that of salicylic acid, but the removal of the organic impurities from the water in the filtering process, significantly alters the activity of the remaining organic impurities relative to the copper (II).

Keywords: organic impurities, copper (II), complex compounds, water

Органические примеси питьевых вод могут способствовать развитию йододефицитных состояний [9], стабилизации степени окисления железа (III) с последующим действием на процессы кроветворения [7].

Соединения меди (II) в водных системах биологических объектов находятся в форме смешанных комплексов с молекулами аминокислот, пептидов, входят в состав ферментов. Например, медьсодержащий белок плазмы крови – церулоплазмин [ЦПCu²⁺] катализирует окисление Fe²⁺ в Fe³⁺ и участвует в процессах кроветворения [2]:



Очевидно, что в медьсодержащих ферментах стабилизация меди (II) приведет к снижению процесса синтеза гемоглобина. На свойства меди (II) в биологических комплексах могут оказывать влияние органические соединения, присутствующие в питьевых водах [8]. Это обусловлено наличием

в структуре природных органических примесей питьевых вод эфирных, фенольных, карбоксильных и хиноидных групп, которые способны к комплексообразованию с ионами меди (II) и образованию сложных полилигандных комплексов [5]. В качестве эталона сравнения комплексообразующих свойств природных органических примесей в работе [6] предложено использовать салициловую кислоту.

В качестве модельных растворов были использованы растворы салициловой кислоты (Sal) (образцы № 4 и 9 с содержанием общего органического углерода (ООУ) 10 и 100 мг/л соответственно), лимонной кислоты (Citr) (образцы № 2 и 7 с содержанием ООУ 10 и 100 мг/л), глутаминовой (Глу) (образцы № 3 и 8 с содержанием ООУ 10 и 100 мг/л). Концентрация ионов меди (II) в растворах сравнения и модельных растворах с органическими веществами составляла 3 или 30 мг/л.

Кроме того, были исследованы образцы воды водопроводной города Екатеринбургa с содержанием общего органического углерода (ООУ) 5,5 мг/л и фильтрованная водопроводная вода с содержанием ООУ – 4,4 мг/л.

Для оценки комплексообразующей способности меди (II) в различных водных системах был использован метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Применения метода ЭПР в биологии и медицине разнообразны [3, 9], и одним из перспективных направлений его использования считается оценка состояния меди в биологических комплексах [1].

Спектры ЭПР (первая производная спектра поглощения) замороженных образцов растворов (объем 100 мкл) измерялись при 170 К на спектрометре трехсантиметрового диапазона EMX Plus фирмы Bruker (Германия) (микроволновая мощность 6 мВт, магнитная модуляция 0,5 мТ).

Дополнительно для оценки комплексообразующей способности меди (II) с органическими примесями водных систем использовали метод, разработанный авторами [8], сущность которого отражает следующая реакция:



где L – органический лиганд. Концентрация йода определялась с помощью построенной градуировочной зависимости между содержанием йода в системе и величиной опти-

ческой плотности, измеренной при длине волны 285 нм на УФ-спектрофотометре «Leki» (Финляндия).

Экспериментальные данные представлены на рис. 1–4. Как видно на рис. 1, при концентрациях в растворе ионов Cu^{2+} 3 мг/л (кривая 2) надежно регистрировать их резонанс затруднительно как из-за малого отношения сигнал/шум, так и влияния паразитных сигналов. Поэтому все ЭПР измерения проводились при концентрации 30 мг/л (кривая 1).

Интенсивный провал на рис. 1 с резонансным положением 324 мТ обусловлен комплексами Cu^{2+} с $g_{\perp} = 2.08$. Его большая интенсивность обусловлена как большим количеством комплексов с g_{\perp} , так и суммированием сигналов от различных комплексов с близкими значениями g_{\perp} . Низкополевая часть спектра демонстрирует сверхтонкую структуру по крайней мере трех комплексов с $g_{\parallel} = 2,37$ (доминирует по интенсивности), $g_{\parallel} = 2,33$, $g_{\parallel} = 2,4$ и практически одинаковым параметром сверхтонкого взаимодействия $A_{\parallel} \approx 13,5$ мТ.

На рис. 2 и 3 приводятся спектры, представляющие разность спектров образца и фона, обусловленного сигналами микроволнового резонатора, криостата и ампулы. На рис. 2 представлены спектры ЭПР образцов № 1–4 (содержание Cu^{2+} 30 мг/л, примесей органической природы 10 мг/л по ООУ), тогда как на рис. 3 приведены спектры ЭПР образцов № 1–4 (содержание Cu^{2+} 30 мг/л, примесей органической природы 100 мг/л по ООУ).

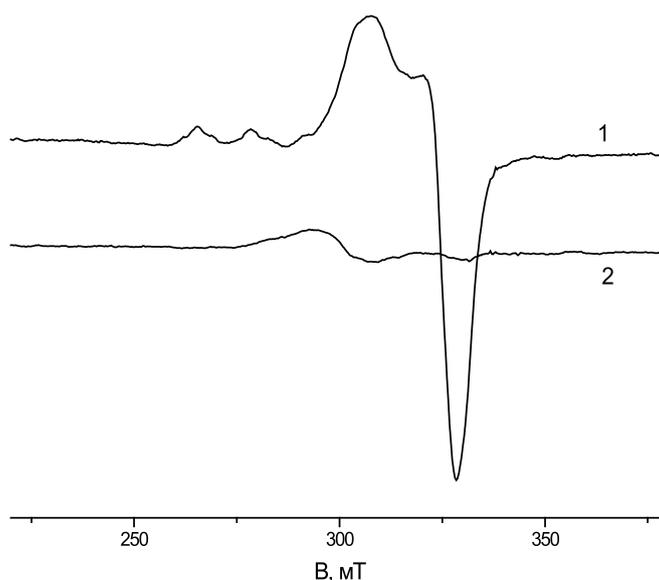


Рис. 1. ЭПР спектр (производная спектра поглощения) замороженного (170 К) раствора с ионами меди (II):

1 – концентрация меди 30 мг/л; 2 – 3 мг/л. В – индукция магнитного поля

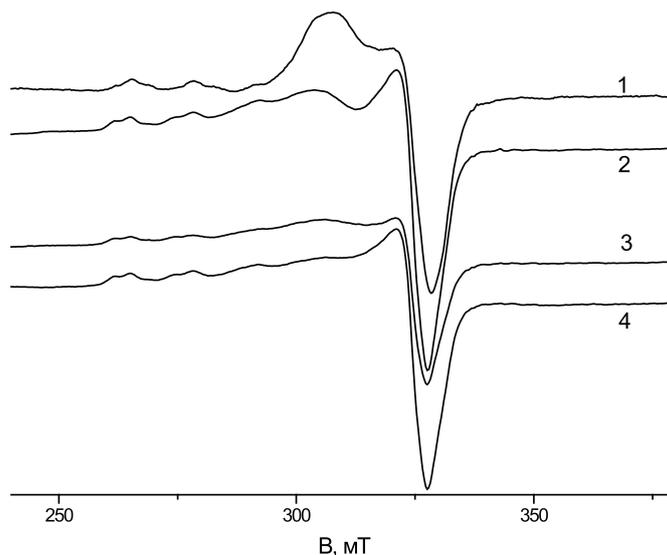


Рис. 2. ЭПР спектр замороженного (170 К) раствора с ионами Cu^{2+} , концентрация меди 30 мг/л: 1 – дистиллированная вода; 2 – лимонная кислота; 3 – глутаминовая; 4 – салициловая; концентрация кислот – 10 мг/л ООУ

На рис. 2 низкополевые части спектров образцов с органическими кислотами (ООУ 10 мг/л) практически не отличаются от спектра с дистиллированной водой, что, по-видимому, связано с низкой концентрацией ООУ в растворах.

На рис. 3 в спектре наблюдается увеличение ширины линии в районе g_{\perp} , что обусловлено изменением состава медных комплексов с увеличением их многообразия и, следовательно, разброса g_{\perp} . Важно отметить, что при одинаковой

концентрации органических соединений (100 мг/л) более устойчивые комплексные ионы с салициловой кислотой имеют большую ширину (рис. 3, кривая 4), то есть большее отклонение от характеристического спектра комплекса меди (II) [6]. Кроме того, наблюдается уменьшение интенсивности компонент с $g_{\parallel} = 2,4$ и $g_{\parallel} = 2,37$, доминирующих в воде без органических соединений, при этом сильно растут сигналы комплексов с меньшим g_{\parallel} .

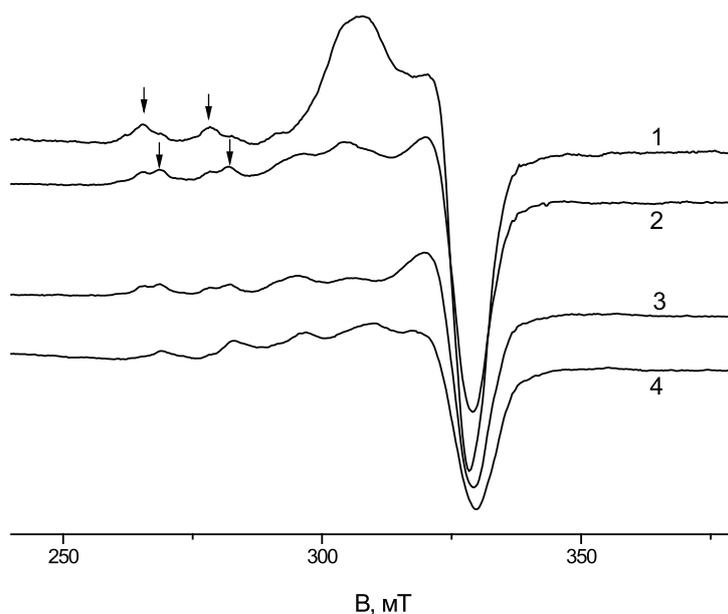


Рис. 3. ЭПР спектр замороженного (170 К) раствора с ионами Cu^{2+} , концентрация меди 30 мг/л: 1 – дистиллированная вода; 2 – лимонная кислота; 3 – глутаминовая; 4 – салициловая; концентрация кислот – 100 мг/л ООУ

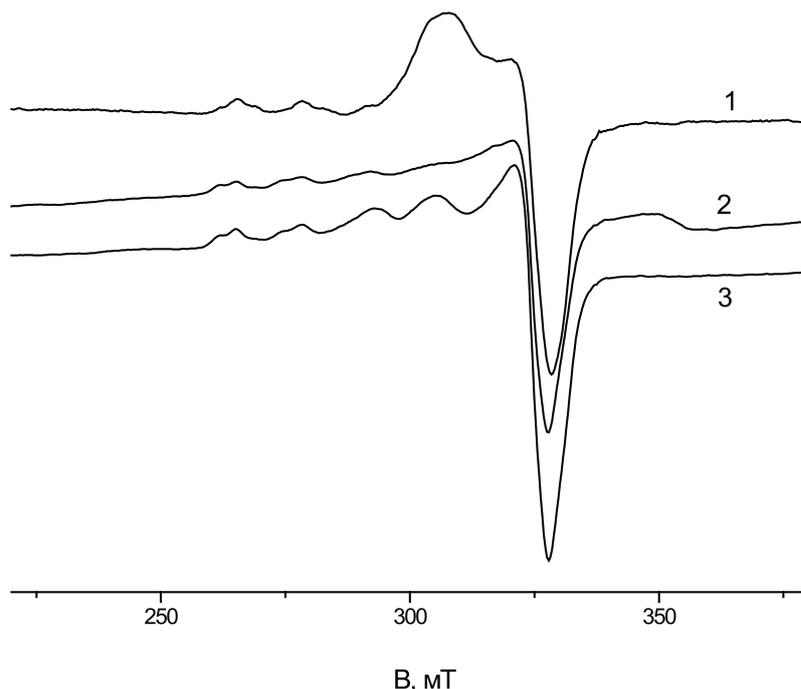


Рис. 4. ЭПР спектр замороженного (170 К) раствора с ионами меди (II), концентрация меди 30 мг/л:
1 – дистиллированная вода; 2 – водопроводная; 3 – фильтрованная

На рис. 4 представлены спектры ЭПР разных типов вод. Каждый из приготовленных растворов содержит ионы меди 30 мг/л. Анализ ЭПР спектров на рис. 4 показывает, что образец № 1 (ионы меди (II) в дистиллированной воде) содержит минимальное количество органических примесей, а интенсивность пика максимальна. В водопроводной воде (образец № 2) спектры менее выраженные в связи с ростом их многообразия, кроме того, наблюдается сигнал с $g = 1,91$. В фильтрованной воде (образец № 3) исчезает спектр с параметрами $A_{\parallel} = 14$ мТ, $g_{\parallel} = 2,33$ и растет количество комплексов с $g_{\parallel} = 2,4$.

Вода водопроводная фильтрованная (образец № 3) по составу, конечно же, отличается от воды водопроводной (образец № 2), в которой органические примеси преобладают, но их спектры в целом заметно отличаются от спектров дистиллированной воды с ионами меди. Также следует заметить, что природа органических примесей в водопроводной воде иная, чем в модельных растворах.

В таблице представлены данные, полученные авторским методом (измерение концентрации йода), которые позволяют оценить окислительные свойства соединений меди (II) при ее концентрации в растворе 3 мг/л в присутствии различных органических веществ.

Из данных, представленных в таблице, можно заключить, что процент снижения йода максимальный в системе, содержащей водопроводную воду, по сравнению с другими системами, в том числе и по сравнению с системой, содержащей салициловую кислоту.

Если принять активность единицы ООУ в составе салициловой кислоты за 2,8%, то активность единицы ООУ в составе глутаминовой и лимонной кислот составит 0,5%, то есть в 5 раз меньше. В водопроводной воде, наоборот, активность природных органических примесей (в пересчете на единицу ООУ) в 1,9 раза выше. Важно отметить, что снижение ООУ в фильтрованной воде всего лишь на 20% приводит к существенному снижению активности по отношению к меди (II).

Таким образом, природные органические примеси, содержащиеся в водопроводной воде г. Екатеринбурга, имеют высокую комплексообразующую активность, которая в 1,9 раз превышает активность салициловой кислоты. За счет удаления части органических примесей из воды в процессе фильтрации существенно изменяется активность оставшихся органических примесей по отношению к меди (II).

Состав водных растворов и содержание йода после взаимодействия с йодистым калием

Вещество, присутствующее в системе	ООУ, мг/л	С [Cu ²⁺], мг/л	С [I ₂], мг/л	Процент снижения йода	Процент снижения на единицу ООУ	K _{коп} относит. Sal
Дистиллированная вода	–	3	4,55	–	–	–
Модельная система Sal	10,0	3	3,26	28	2,8	1,00
Модельная система Глу	10,0	3	4,35	5	0,5	0,18
Модельная система Сitr	10,0	3	4,32	5	0,5	0,18
Водопроводная вода	5,5	3	3,23	29	5,27	1,88
Фильтрованная водопроводная вода	4,4	3	4,34	5	1,1	0,40

Примечание. * K_{коп} – коэффициент оценивания комплексообразующей активности органических примесей, K_{коп} = (процент снижения/ООУ×2,8).

Выводы

1. Применяемая нами аппаратура для измерения спектров ЭПР с типовой для современной ЭПР-техники чувствительностью не позволяет контролировать комплексообразование органических примесей водных систем с медью (II) при концентрациях последней ниже 3 мг/л из-за неудовлетворительного соотношения полезного сигнала от комплекса меди и шумов аппаратуры. В то же время при концентрациях меди 30 мг/л и более техника ЭПР надежно фиксирует особенности комплексообразования органических примесей водных систем с медью (II).

2. На основании результатов, полученных спектрофотометрическим методом, можно заключить, что природные органические примеси, содержащиеся в водопроводной воде г. Екатеринбурга, имеют высокую комплексообразующую активность, которая в 1,9 раз превышает активность салициловой кислоты. Несмотря на то, что процент снижения ООУ составляет 20%, за счет удаления части органических примесей из воды в процессе фильтрации, существенно изменяется активность оставшихся органических примесей по отношению к меди (II).

Список литературы

1. Адамян Л.В. Нарушение электронно-транспортной цепи как проявление оксидативного стресса при эдометриозе / Л.В. Адамян, Е.Н. Бугрова, В.Д. Микоян // Проблемы репродукции. – 2007. – № 5. – С. 103–107.
2. Биохимия: учебник / под ред. чл.-корр. РАН, проф. Северина. – 5 изд. испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 768 с.
3. Блюменфельд Л.А. Электронный парамагнитный резонанс / Л.А. Блюменфельд, А.Н. Тихонов // Соросовский Образовательный Журнал. – 1997. – № 9. – С. 91–99.
4. Гайтан Е.А. Зобогенные факторы окружающей среды. – М.: Медицина, 2000. – С. 359–377.
5. Маляренко В.В. Природа функциональных групп и сорбционное взаимодействие гуминовых веществ в водной среде // Химия и технология воды. – 1994. – Т. 16, № 6. – С. 595–606.
6. Моделирование равновесий в растворах фульвокислот природных вод / Г.М. Варшал и др. // Химия и технология воды. – 1990. – Т. 12, № 11. – С. 979–986.
7. Определение устойчивости и биологической активности органических соединений железа (II, III) в водных растворах / Н.А. Белоконова, И.И. Калиниченко, О.А. Антропова, Е.А. Пятов // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2010. – № 2. – С. 86–88.
8. Перспективы использования природных минеральных вод в качестве лечебно-профилактического средства для снижения повышенной концентрации меди в крови / Я.Г. Божко, Н.А. Белоконова, И.А. Плотникова, И.О. Петухова // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 9. – С. 109–110.
9. Тихонов А.Н. Электронный парамагнитный резонанс в биологии // Соросовский Образовательный Журнал. – 1997. – № 11. – С. 8–15.

УДК 541.9

ПРИМЕНЕНИЕ ХЕМОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ МЕТАЛЛОВ ПО КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В РЕАКЦИИ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

Винокуров В.А., Берберов А.Б., Чудаков Я.А., Афонин Д.С., Гущин П.А.

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», Москва, e-mail: ali-berberov@mail.ru

Впервые хемометрические методы применены для кластеризации и категоризации металлов на основе их потенциальной каталитической активности в реакции гидрогенизации монооксида углерода. Использованы следующие методы: рентгено-флуоресцентный анализ, метод главных компонент (МГК), метод независимых компонент (МНК). Совместное применение хемометрических методов и принципа «изоэлектронного строения» позволило предположить, что биметаллическая композиция молибдена и серебра (с молярным соотношением 3:2) может продемонстрировать повышенную каталитическую активность в реакции гидрогенизации монооксида углерода по сравнению с чистыми молибденом и серебром. Успешный синтез молибден-серебряных интерметаллидов и их тестирование в реакции гидрогенизации монооксида углерода может подтвердить применимость хемометрических методов, принципа «изоэлектронного строения», теории «кооперативного катализа» для разработки новых каталитических систем для различных процессов.

Ключевые слова: хемометрика, метод главных компонент, метод независимых компонент, гидрогенизация, каталитическая активность, монооксид углерода

APPLICATION OF CHEMOMETRIC METHODS FOR CLASSIFICATION OF METALS BY THEIR CATALYTIC ACTIVITY IN THE REACTION OF CARBON MONOOXIDE HYDROGENATION

Vinokurov V.A., Berberov A.B., Chudakov Y.A., Afonin D.S., Guschin P.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)», Moscow, e-mail: ali-berberov@mail.ru

For the first time chemometric approach is used for clusterization and categorization of metals based on their potential catalytic activity in Fischer-Tropsch synthesis. Following methods were used: X-ray fluorescence analysis, PCA, ICA. Using chemometric methods along with «isoelectronicity principle» prompts suggestion that bimetallic composition of Mo and Ag (with mole ratio 3:2) may demonstrate higher activity in Fischer-Tropsch synthesis in comparison with pure Mo and Ag. Successful synthesis of silver-molybdenum intermetallics and their testing in a Fischer-Tropsch process can prove the applicability of chemometric methods, principle of «isoelectronic structure», theory of «cooperative catalysis» for development of new catalytic systems for different processes.

Keywords: chemometrics, principal component analysis, independent component analysis, hydrogenation, catalytic activity, carbon monoxide

Хемометрика нашла многочисленные приложения в самых разных смежных и далеких от химии областях, например: в многомерном статистическом контроле процессов [5], в анализе изображений [3], в биологических приложениях [7]. Она применяется в физической химии для исследования кинетики [2], в органической химии для предсказания активности соединений по их структуре (QSAR – quantitative structure activity relationship) [4], в химии полимеров [6], в теоретической и квантовой химии [1].

В то же время нам не известны исследования по применению хемометрических методов для обнаружения новых полиметаллических составов, обладающих каталитической активностью, или для оптимизации состава существующих полиметаллических систем.

Нами поставлена цель найти новый подход к разработке биметаллических катализаторов на основе методов хемометрики. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать модельную гетерогенно-каталитическую реакцию;
- ранжировать металлы, применяемые в качестве катализаторов для этой реакции;
- кластеризовать металлы с применением хемометрических методов;
- проанализировать графики счетов в получившихся моделях с целью обнаружения скрытых зависимостей и новых перспективных комбинаций металлов.

При выборе модельной реакции руководствовались следующими соображениями:

- реакция должна быть простой в исполнении и представлять экономический интерес;

– металлы, используемые в качестве катализаторов, можно однозначно ранжировать по каталитической активности;

– по составу продуктовой смеси можно судить об активности катализатора.

Этим требованиям соответствует реакция гидрогенизации монооксида углерода. Экономический потенциал реакции подтверждается тем, что на ее основе функционирует процесс Фишера – Тропша, представленный крупными действующими производствами в Катаре (Shell), Малайзии (Shell), ЮАР (Sasol).

В качестве металлов, обладающих каталитической активностью в данной реакции, известны металлы VIIIb группы, причем средняя молекулярная масса продуктов уменьшается в ряду используемых металлов: Ru > Fe > Co > Rh > Ni > Ir > Pt > Pd [8].

Нами составлен перечень из 20 различных металлов, включающий как каталитически активные, так и неактивные металлы. Для каждого анализируемого металла из базы данных Национальной лаборатории Лоренса Беркли (Университет Калифорнии, США) загружен соответствующий рентгенофлуоресцентный спектр.

Отобранные спектры проанализированы традиционным методом главных компонент. Определение числа значимых компонент для PCA и ICA моделирования проведено с помощью метода «ICA-by-Blocks». В результате компьютерной реализации указанного метода получен график в координатах «взаимная корреляция – число значимых компонент» (рис. 1).

На основании графика (рис. 1) установлено, что число значимых компонент в системе равно числу металлов в анализируемом наборе (20). Для определения этого числа находили точку пересечения прямой, параллельной оси абсцисс, с ординатой 0,9, что соответствует 95% правильности идентификации значимой компоненты и согласуется с предложенными ранее в литературе рекомендациями.

С применением классического метода главных компонент построена плоскость в координатах ГК1-ГК2, на которой невозможно очертить кластеры металлов по их каталитической активности (рис. 2).

Для лучшей классификации образцов металлов использованы новые алгоритмы метода независимых компонент: MILCA и SNICA. Применение указанных алгоритмов способствовало существенному увеличению производительности кластеризации и улучшению ее качества. На рис. 3 и 4 представлены графики, полученные с помощью алгоритмов MILCA и SNICA соответственно.

На полученных графиках отчетливо видно кластерное распределение металлов по их каталитической активности в процессе гидрогенизации монооксида углерода:

– в пространстве вне кластеров локализованы неактивные металлы;

– кластер 1 содержит металлы, традиционно являющиеся катализаторами процесса и обладающие хорошей активностью;

– кластер 2 представляет наибольший интерес, т.к. в нем расположены металлы, которые потенциально могут выступать как катализаторы реакций процесса гидрогенизации монооксида углерода, но ранее не использовавшиеся в данном качестве.

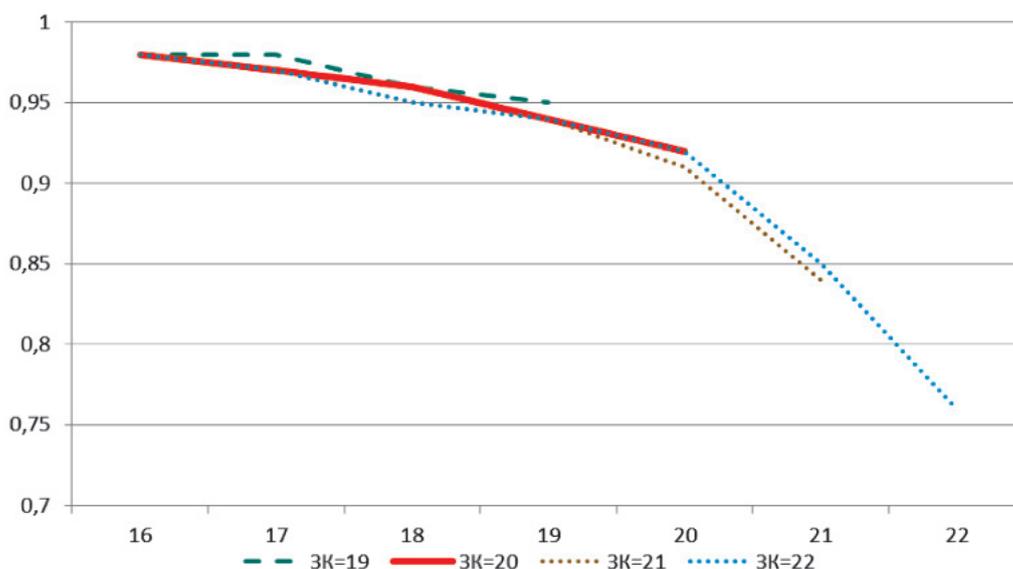


Рис. 1. Определение числа значимых компонент в системе

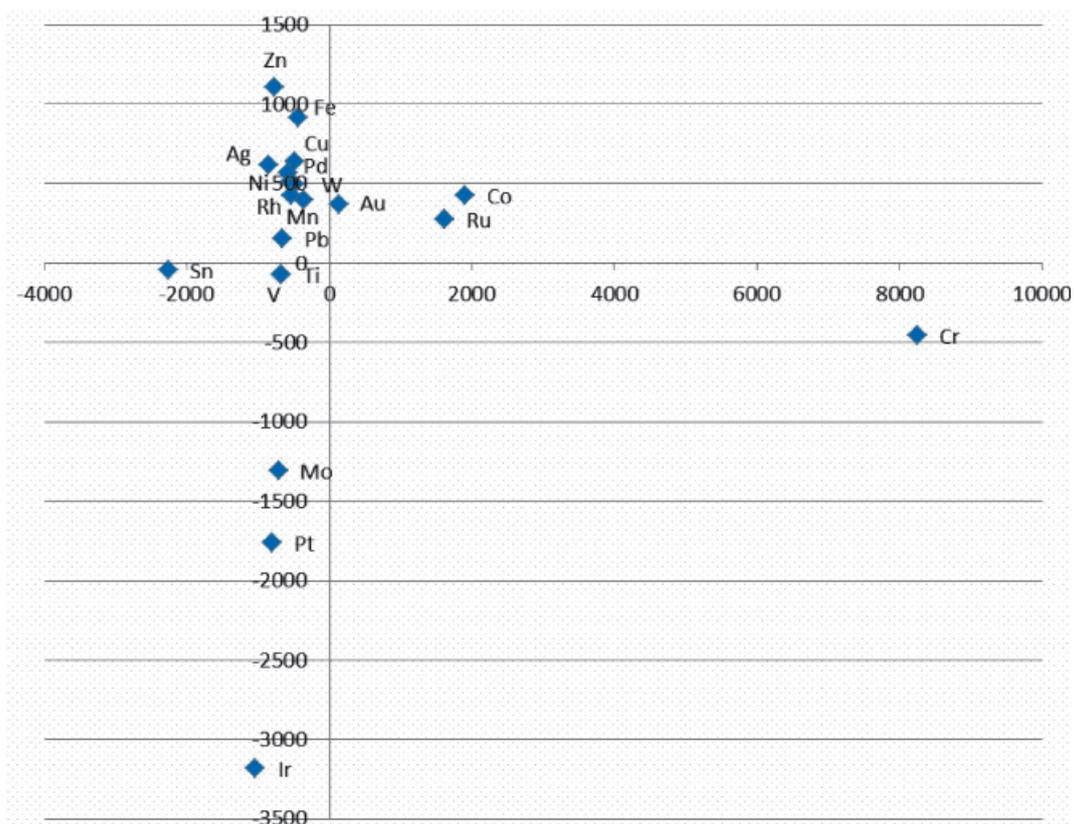


Рис. 2. График счетов PCA модели металлов

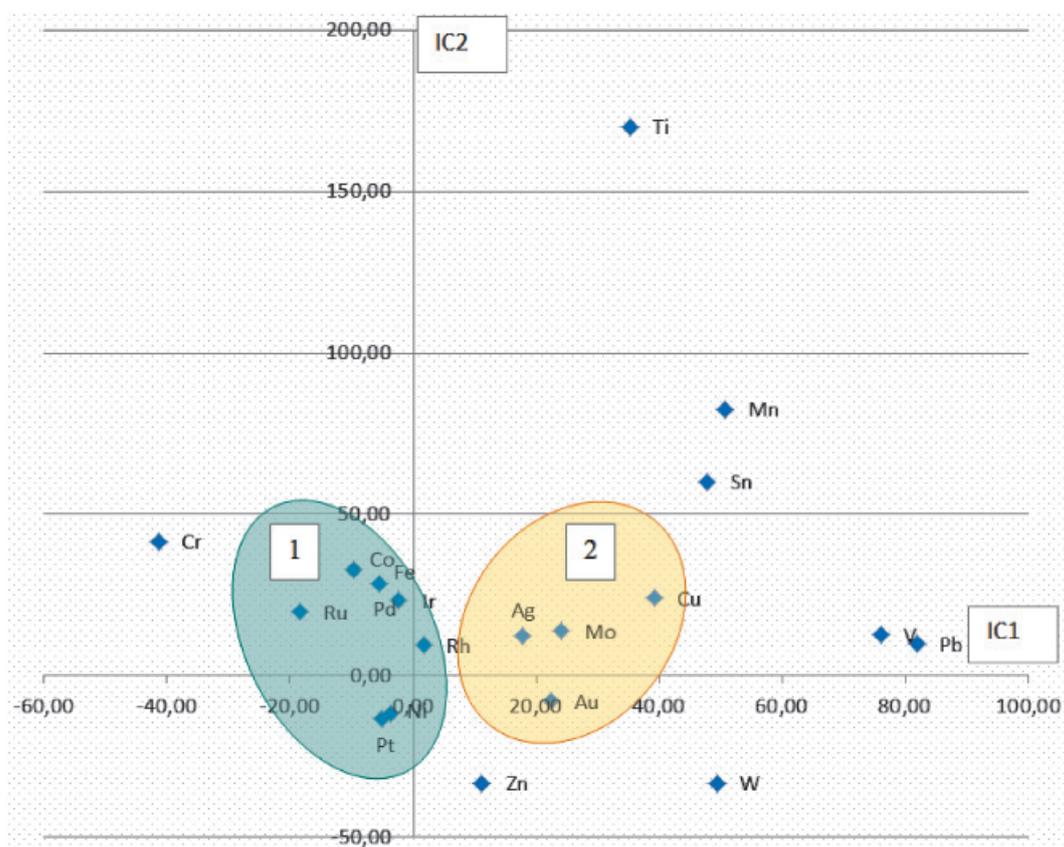


Рис. 3. Кластеры металлов, полученные с использованием алгоритма MILCA



Рис. 4. Кластеры металлов, полученные с использованием алгоритма SNICA

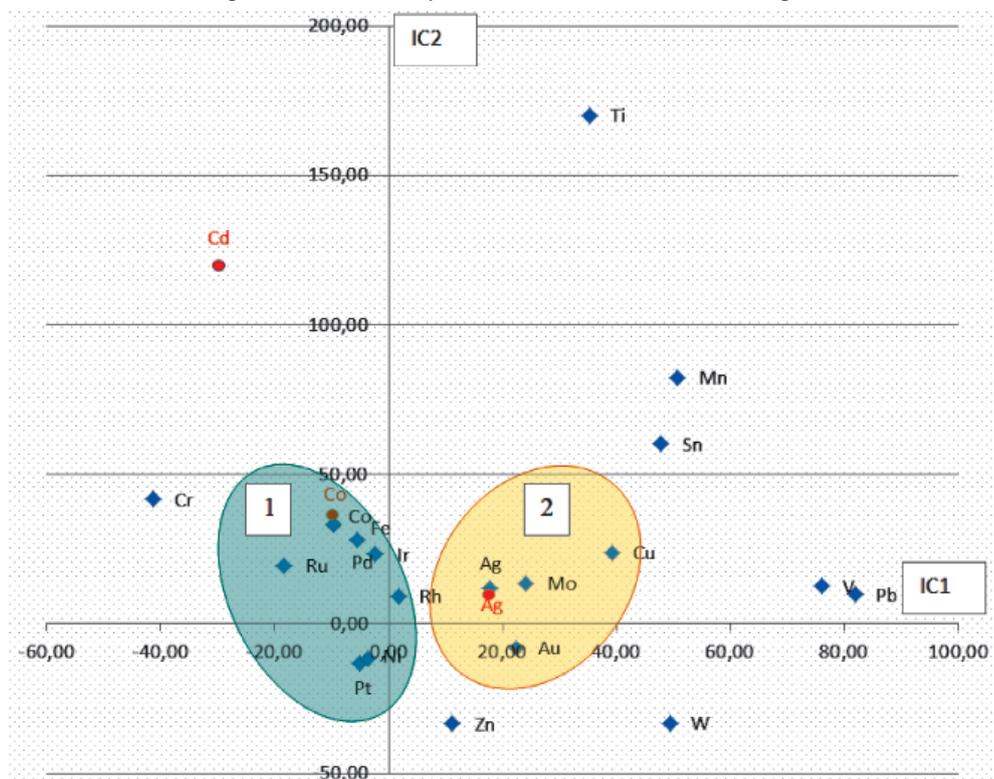


Рис. 5. Валидация ICA модели, полученной с использованием алгоритма MILCA

Лучшая модель получена с использованием алгоритма MILCA метода независимых компонент. Валидация полученной модели проведена с помощью включения в ее состав образцов реальных металлов. Для валидации модели из каждого кластера выбрано по одному металлу, для каждого из которых снят рентгенофлуоресцентный спектр. Локализация полученных спектров на графике счетов привела к попаданию каждого спектра в соответствующий кластер (рис. 5), что подтверждает надежность полученной ICA модели.

Как отмечено ранее, металлы из кластера 1 широко известны своей каталитической активностью в процессе гидрогенизации монооксида углерода, а для металлов из пространства вне кластеров маловероятно проявление каталитических свойств даже при их комбинировании. В связи с этим особый интерес для изучения возможной каталитической активности в реакции гидрогенизации монооксида углерода представляют металлы из кластера 2.

Для определения пары металлов из кластера 2, комбинация которых может продемонстрировать повышенные значения каталитической активности, был использован следующий принцип.

Сделано предположение, что каталитическая активность металла в реакции гидрогенизации монооксида углерода является функцией электронной структуры его наночастиц. В связи с этим поставлена задача нахождения такой комбинации металлов, которая при формировании смешанного нанокластера демонстрировала бы электронную структуру, схожую со структурой наночастиц рутения – металла, использование которого в качестве катализатора приводит к максимальной средней молекулярной массе продуктов.

Замечено, что такие металлы, как молибден и серебро, располагаются в периодической таблице Менделеева недалеко от рутения – обладающего максимальной каталитической активностью. Было принято решение объединить эти металлы (Mo и Ag) с целью получения структуры, обладающей изоэлектронным строением со структурой рутения. Молярное соотношение между металлами определяется на основании того, что атом молибдена имеет на 2 электрона меньше, чем атом рутения, а атом серебра – на 3 электрона больше. Таким образом, в комбинированной структуре количество вещества молибдена должно быть в 1,5 раза больше количества вещества серебра, что

обеспечит строение, изоэлектронное структуре рутения. Отметим, что аналогичный принцип проявляется в структуре кубического нитрида бора (BN). Атомы бора и азота имеют соответственно на 1 электрон меньше и больше, чем атом углерода, и общее количество электронов в системе B–N равно их количеству в структуре алмаза. По этой причине кубический нитрид бора BN является сверхтвердым веществом, близким по твердости к алмазу.

Таким образом, на основе хемометрической обработки спектров металлов и использования принципа изоэлектронного строения была определена перспективная комбинация металлов – 3 атома Mo + 2 атома Ag, что соответствует массовому соотношению 57,16% Mo + 42,84% Ag.

При успешном выполнении синтеза молибден-серебряных интерметаллидов и их тестировании в условиях процесса гидрогенизации монооксида углерода можно будет сделать вывод о применимости хемометрических методов, принципа «изоэлектронного строения», теории «кооперативного катализа» для разработки новых каталитических систем в будущем.

Исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках задания № 13.74.2014/К на выполнение научно-исследовательской работы в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Грибов Л. Математические методы и ЭВМ в аналитической химии. – М., 1989.
2. Родионова О.Е., Померанцев А.Л. Об одном методе решения обратной кинетической задачи по спектральным данным при неизвестных спектрах компонент // Кинетика и катализ. – 2004. – № 45. – P. 485–497.
3. Geladi P., Esbensen K. Regression on multivariate images: principal component regression for modeling, prediction and visual diagnostic tools // Journal of Chemometrics. – 1991. – № 5. – P. 97.
4. Koh H.L., Yau W.P., Ong P.S., Hegde A. Current trends in modern pharmaceutical analysis for drug discovery // Drug Discov. Today. – 2003. – № 8. – P. 889–897.
5. Nomikos P., MacGregor J.F. Monitoring batch processes using multiway principal component analysis // American Inst. Chem. Engin. J. – 1994. – № 40. – P. 1361.
6. Pomerantsev A.L., Rodionova I.E. Hard and soft methods for prediction of antioxidants' activity based on the DSC measurements // Chemom. Intell. Lab. Syst. – 2005. – № 79. – P. 73–83.
7. Schaeferling M., Schiller S., Paul H., Kruschina M., Pavlickova P., Meerkamp M., Giammasi C., Kambhampati D. Application of self-assembly techniques in the design of biocompatible protein microarray surfaces // Electrophoresis. – 2002. – № 23. – P. 3097.
8. Vannice M.A. The catalytic synthesis of hydrocarbons from H₂ – CO mixtures over the group VIII metals: II. The kinetics of the methanation reaction over supported metals // Journal of Catalysis. – 1975. – № 37. – P. 462–473.

УДК 54.057:547-326:54-732

АКТИВАЦИЯ СИНТЕЗА N-ПЕНТИЛБУТАНОАТА МИКРОВОЛНОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

¹Жаппарбергенов Р.У., ²Атабаев М.К., ²Доскеев Ж.М., ¹Аппазов Н.О.

¹Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Кызылорда,
e-mail: ulagat-91@mail.ru, nurasar.82@mail.ru;

²Назарбаев Интеллектуальная школа химико-биологического направления,
Кызылорда, e-mail: atamaken@mail.ru, chimic78@mail.ru

Показана возможность применения бытовой СВЧ-печи для синтеза амилового эфира бутановой кислоты в присутствии кислотного катализатора. Известно, что сверхвысокочастотная активация органических реакций позволяет сократить продолжительность реакций в несколько десятков, сотен, а в некоторых случаях тысяч раз. Нами найдены оптимальные условия проведения процесса: мощность микроволнового облучения, продолжительность процесса, соотношение катализатора от общей массы реагирующих веществ, соотношение реагирующих веществ. Установлено, что оптимальным условием проведения процесса является: мощность микроволнового облучения – 450 Вт, продолжительность процесса – 5 мин, молярное соотношение бутановой кислоты и 1-пентанола – 1:1,1, соотношение катализатора от общей массы реагирующих веществ – 1%. Выход целевого продукта при этих условиях составляет практически 100%. Предлагаемый нами способ получения амилового эфира бутановой кислоты по сравнению с известными методами позволяет повысить выход целевого продукта, сократить продолжительность процесса в сотни раз. Результаты могут найти применение для получения сложных эфиров низших и средних карбоновых кислот, которые находят широкое практическое применение в качестве растворителей, пищевых ароматизаторов, душистых веществ и т.д.

Ключевые слова: микроволновой синтез, n-пентилбутират, масляная кислота, серная кислота, сложные эфиры, мощность облучения, хромато-масс-спектрометрия

ACTIVATION OF SYNTHESIS OF N-PENTYL BUTANOATE MICROWAVE IRRADIATION

¹Zhapparbergenov R.U., ²Atabaev M.K., ²Doskeev Z.M., ¹Appazov N.O.

¹Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, e-mail: ulagat-91@mail.ru, nurasar.82@mail.ru;

²Nazarbaev Intellectual School of Chemistry and Biology in Kyzylorda,
Kyzylorda, e-mail: atamaken@mail.ru, chimic78@mail.ru

The possibility of using household microwave ovens for the synthesis of ethyl butanoate in the presence of an acid catalyst. It is known that the microwave activation reactions of organic reactions can reduce the duration of a few tens, hundreds, and in some cases thousands of times. We optimum process conditions are found: the power of microwave irradiation, the duration of the process, the ratio of the catalyst to the total weight of the reactants, the ratio of the reactants. Established that the optimum condition of the process is: the power of the microwave exposure – 450 W, the process time – 5 minutes, the molar ratio of butanoic acid and 1-pentanol – 1: 1.1, the ratio of the total weight of the catalyst reactants – 1%. Yield of the desired product under these conditions is almost 100%. Our proposed method of producing amyl butanoate compared to the known methods can improve the yield, reduce the process time to hundreds of times. The results can be applied to produce esters of lower carboxylic acids and medium, which find wide application as solvents, flavorings, aromatic substances, etc.

Keywords: microwave synthesis, n-pentyl butanoate, butanoic acid, sulfuric acid, esters, irradiation power, gas chromatography-mass spectrometry

В последние годы во многих развитых странах мира применяют методы воздействия акустических, электрических, магнитных полей на физико-химические процессы в органической химии. В последние 15–20 лет к числу новых перспективных направлений современной химии присоединилась и микроволновая химия.

Микроволновая химия возникла на стыке физики и химии. Она включает химические превращения с участием твёрдых диэлектриков и жидкостей, связанные с использованием энергии микроволнового поля или, как принято было говорить ранее, сверхвысокочастотного поля, то есть СВЧ-излучения [1].

Нами ранее было исследовано влияние микроволнового облучения на прямую этерификацию бутановой кислоты этанолом в условиях сверхвысокочастотного облучения в присутствии серной кислоты и установлено, что активация микроволнами позволяет в десятки раз сократить продолжительность реакции, а также повысить выход продукта [8, 9].

По сравнению с традиционными способами нагрева при использовании микроволнового облучения значительно уменьшается продолжительность процесса, увеличивается скорость реакции, при этом чистота целевого продукта выше и без побочных продуктов [2].

Сложные эфиры входят в состав эфирных масел, обуславливая их приятный запах, применяются в пищевой и парфюмерной промышленности. К сложным эфирам относятся многие биологически важные вещества – жиры, фосфатиды, а также лекарственные препараты – уретан, эфир салициловой и пара-аминобензойной кислот (анестезин, новокаин) и др. [4].

n-Пентилбуаноат имеет запах груш, а также служит растворителем в лаках для ногтей, так же как и другие сложные эфиры низших и средних карбоновых кислот, является составной частью эфирных масел многих растений, содержится в плодах пастиернака [3, 6, 7].

Физико-химические свойства n-пентилбуаноата: плотность – 0,8713 г/см³ при 15°C; температура кипения 186,4°C; теплота образования – 617,9 кДж/моль; теплота сгорания – 5099 кДж/моль; нерастворим в воде [5].

Цель исследования – найти оптимальные условия получения n-пентилбуаноата применением бытовой СВЧ-печи для синтеза и сравнить результаты с известными методами получения целевого продукта.

Материалы и методы исследования

Для проведения эксперимента использовали бутановую кислоту, амиловый спирт и серную кислоту (в качестве катализатора). Эксперименты проводили на бытовой СВЧ-печи SAMSUNG Smart Oven (модель MC32F604TCT).

Выход продукта определяли хроматографированием на хромато-масс-спектрометре Agilent 7890A/5975C (США).

Условия хроматографирования: подвижная фаза (газ-носитель) – гелий; температура испарителя 200°C, сброс потока (Split) 500:1; температура термостата колонки, начало 40°C (1 мин), подъем температуры 5°C в минуту, конец 210°C, при этой температуре удерживается 1 мин, общее время анализа 34 мин; режим ионизации масс-детектора методом электронного удара. Капиллярная хроматографическая колонка HP-FFAP, длина колонки 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, неподвижная фаза – нитротерефталевая кислота, модифицированная полиэтиленгликолем. Время удержания n-пентилбуаноата составляет 9,95 мин (рис. 1).

Результаты исследования и их обсуждение

Для получения и определения оптимальных условий синтеза n-пентилбуаноата была проведена серия экспериментов, т.е. влияние на выход продукта продолжительности процесса, воздействия мощности облучения на выход продукта, соотношения реагирующих веществ и катализатора от общей массы реагирующих веществ.

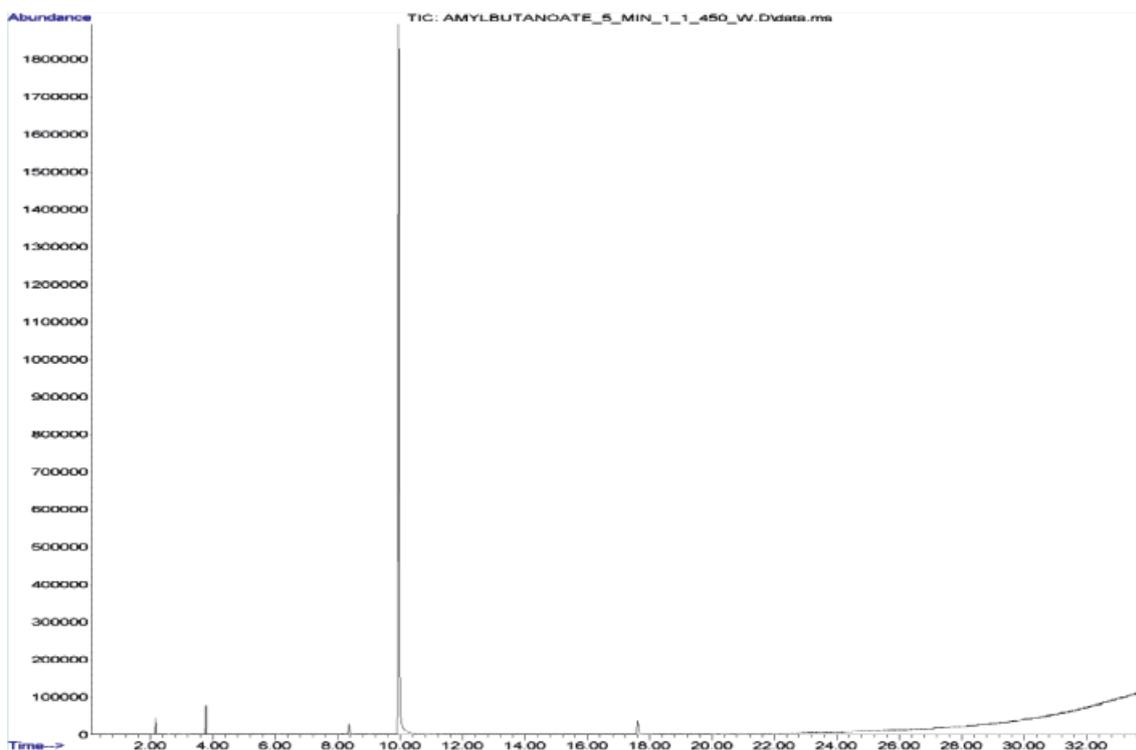


Рис. 1. Хроматограмма n-пентилбуаноата, полученного сверхвысокочастотным облучением

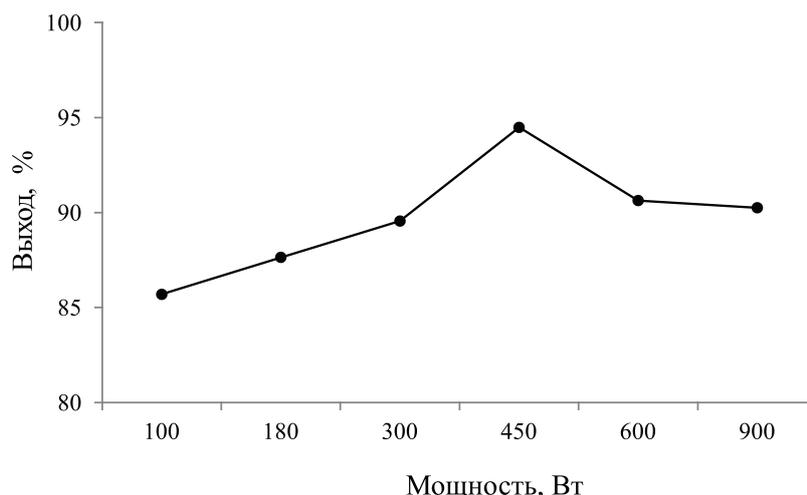


Рис. 2. Влияние мощности МВ-облучения на выход целевого продукта ([бутановая кислота]:[амиловый спирт] = 1:1, t = 4 мин)

В целях нахождения оптимального условия в стеклянную емкость в молярном соотношении 1:0,8–1,2 помещали бутановую кислоту и амиловый спирт соответственно, с добавлением концентрированной серной кислоты соотношением от общей массы реагирующих веществ 1%. Реакционную смесь облучали микроволнами мощностью 100–900 Вт в течение времени 1–7 мин.

Из сравнения экспериментов видно (рис. 2), что при мощности 450 Вт выход целевого продукта является высоким.

Дальнейшие эксперименты проводились в оптимальном значении мощности использованной нами СВЧ-печи (450 Вт) на влияние продолжительности реакции на выход целевого продукта.

Если сравнить результаты экспериментов, видно (рис. 3), что при продолжительности 5 мин выход целевого продукта выше, чем в остальных.

Чтобы определить влияние мольного соотношения исходных реагентов на выход целевого продукта в следующих экспериментах изменяли соотношение исходных реагентов ([бутановая кислота]:[амиловый спирт]).

Согласно представленным данным (рис. 4), при увеличении мольного соотношения амилового спирта к бутановой кислоте можно увидеть, что выход целевого продукта достигает практически 100%.

Чтобы найти эффективное условие получения н-пентилбутаноата, дальнейшие эксперименты проводили на влияние соотношения катализатора на выход целевого продукта.

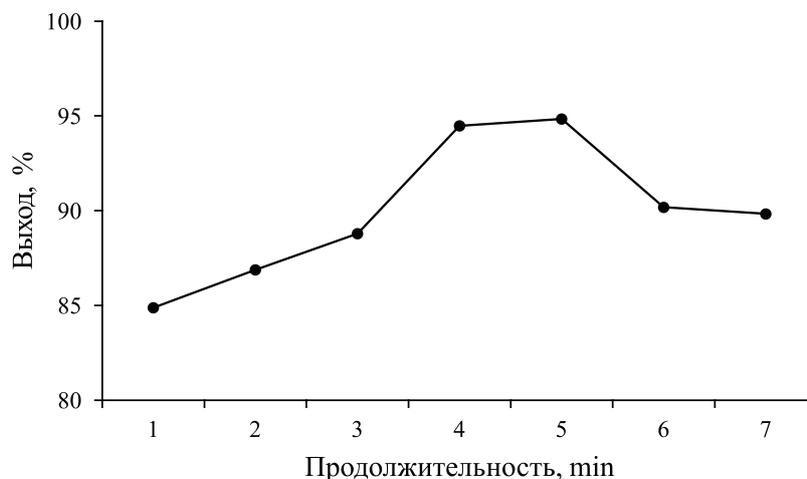


Рис. 3. Влияние продолжительности реакции на выход целевого продукта ([бутановая кислота]:[амиловый спирт] = 1:1, мощность облучения = 450 Вт)



Рис. 4. Влияние мольного соотношения исходных реагентов на выход целевого продукта (мощность облучения = 600 Вт, $t = 4$ мин, катализатор = 1% от общей массы реагирующих веществ)

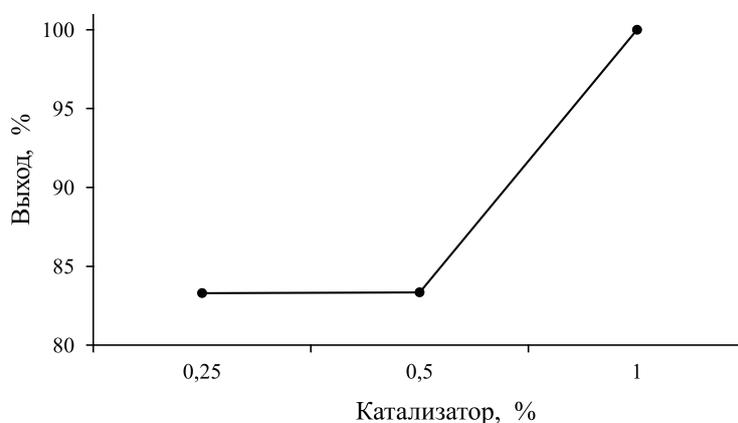


Рис. 5. Влияние соотношения катализатора на выход *n*-пентилбуаноата (мощность облучения = 600 Вт, $t = 4$ мин, [бутановая кислота]:[амиловый спирт] = 1:1,1)

Из экспериментов (рис. 5), видно что при мольном соотношении катализатора 0,25% и 0,5% от общей массы реагирующих веществ выход целевого продукта значительно уменьшается.

Заключение

Таким образом, нами был проведен синтез *n*-пентилбуаноата на бытовой СВЧ-печи прямой этерификацией бутановой кислоты амиловым спиртом в условиях сверхвысокочастотного облучения в присутствии серной кислоты. Полученный продукт идентифицирован с помощью газового хроматографа с масс-селективным детектором. Оптимальным условием проведения процесса являются: молярное соотношение реагирующих веществ [бутановая кислота]:[амиловый спирт] = 1:1,1, катализатор от общего соотношения реагирующих веществ 1%, мощность микроволнового облучения 450 Вт, продолжительность 5 мин. При этом максимальный выход продукта составляет практически 100%.

Предлагаемый нами способ получения *n*-пентилбуаноата по сравнению с известными способами позволяет существенно сократить продолжительность процесса.

Список литературы

1. Бердоносков, С.С. Микроволновая химия // Сорский образовательный журнал. – 2001. – Т.7, № 1. – С. 32–38.
2. Ванецев А.С. Микроволновый синтез индивидуальных и многокомпонентных оксидов / Ванецев А.С., Третьяков Ю.Д. // Успехи химии. – 2007. – Т. 76, № 5. – С. 435–452.
3. Каталог химических реактивов в высокочистых химических веществ. – М.: Химия, 1971. – 648 с.
4. Ким А.М. Органическая химия. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2002. – 972 с.
5. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. – М.: Химия, 1990. – 496 с.
6. Химический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 717 с.
7. Цитович И.К. Химия с сельскохозяйственным анализом. – М.: Колос, 1974. – 527 с.
8. Жаппарбергенов Р.У. Синтез этилбуаноата в условиях сверхвысокочастотного облучения / Жаппарбергенов Р.У., Аппазов Н.О. // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18, № 22. – С. 34–36.
9. Abilbek ZH.A. Synthesis of propyl acetate under microwave irradiation / Abilbek ZH.A., Muratkyzy L., Zhunissof A.T., Appazov N.O. // Химический журнал Казахстана. – 2015. – № 4. – С. 172–177.

УДК 541. 64. 057; 678. 6/7; 66. 095. 264. 3

О ДВУХ НАПРАВЛЕНИЯХ РОСТА ЦЕПЕЙ ПРИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА И СТИРОЛА В ПРИСУТСТВИИ МЕТАЛЛОЦЕНОВ

Колесов С.В., Сигаева Н.Н., Глухов Е.А., Насибуллин И.И., Фризен А.К.

ФГБУН «Уфимский институт химии» РАН, Уфа, e-mail: gip@anrb.ru

Исследован процесс радикально-координационной полимеризации метилметакрилата и стирола, инициированной пероксидом бензоила, либо динитрилом азозомаасляной кислоты в присутствии металлоценов Cp_2Fe , Cp_2ZrCl_2 , Cp_2TiCl_2 , $(C_5Me_5)_2Fe$, $(C_5Me_5)_2ZrCl_2$ и $(AcC_5H_4)(C_5H_5)Fe$. Показано, что радикально инициируемая полимеризация метилметакрилата и стирола в присутствии металлоценов (МЦ) характеризуется ростом цепи с участием двух типов активных центров – свободнорадикальных и координационных. Соотношение вклада каждого из этих типов активных центров в общий вид кинетических зависимостей реакции полимеризации зависит от природы металлоцена и условий проведения полимеризации (температуры, соотношения компонентов). Продукты такой полимеризации способны возбуждать полимеризацию мономеров в отсутствие инициатора. Каталитическая активность «металлоценовых» полимеров определяется предысторией их получения.

Ключевые слова: метилметакрилат, стирол, полимеризация, металлоцены, постэффект полимеризации

TWO DIRECTIONS OF CHAIN PROPAGATION IN METHYL METHACRYLATE AND STYRENE POLYMERIZATION IN THE PRESENCE OF METALLOCENES

Kolesov S.V., Sigaeva N.N., Glukhov E.A., Nasibullin I.I., Fritzen A.K.

Federal State Institute of Science Institute of Chemistry, Ufa, e-mail: gip@anrb.ru

The process of radical-coordination polymerization of methyl methacrylate and styrene, initiated by benzoyl peroxide or azobisisobutyronitrile in the presence of metallocenes Cp_2Fe , Cp_2ZrCl_2 , Cp_2TiCl_2 , $(C_5Me_5)_2Fe$, $(C_5Me_5)_2ZrCl_2$ and $(AcC_5H_4)(C_5H_5)Fe$ was investigated. It was shown, that radically initiated polymerization of methyl methacrylate and styrene in the presence of metallocenes is characterized by chain growth with participation of two kinds of active centers – free radical and coordination. Contribution correlation of each kind active centers in general view of kinetic dependences of polymerization reaction is dependent of metallocene nature and polymerization conditions (temperature, component ratio). Products of that polymerization are able to excite polymerization of monomers in the presence if initiator. Catalytic activity of «metallocene» polymers is determined by prehistory of their production.

Keywords: methyl methacrylate, styrene, polymerization, metallocenes, post-effect of polymerization

Радикально инициируемая полимеризация виниловых мономеров – метилметакрилата и стирола – в присутствии ряда металлоценов (МЦ) наряду с эффектом увеличения скорости процесса характеризуется рядом кинетических особенностей. Основные из них: конверсионное изменение ММ и ММР полимеров [2, 3, 8]; способность полимеров, полученных в присутствии МЦ, возбуждать безобрывную полимеризацию новых порций мономеров; длительный, вплоть до полного исчерпания мономера постэффект полимеризации после кратковременного УФ облучения полимеризационной системы [5]. Кроме того, отмечен повышенный выход стереорегулярного полиметилметакрилата (ПММА) по сравнению со свободнорадикальной полимеризацией мономера [4]. Обсуждение этих особенностей привело к заключению о том, что в процессе полимеризации проявляется сосуществование как минимум двух типов активных центров (АЦ) роста макромолекул. Наличие двух типов активных центров при полимеризации стирола в присутствии

ферроцена, титаноцендихлорида и цирконоцендихлорида было показано результатами решения обратной задачи ММР [6].

Материалы и методы исследования

ММА и стирол очищали от стабилизатора, сушили над $CaCl_2$ и дважды перегоняли в вакууме. ПБ многократно перекристаллизовывали из метанола и сушили при комнатной температуре в вакууме до постоянной массы; $T_{пл} = 381$ К. Металлоцены Cp_2Fe , Cp_2ZrCl_2 и Cp_2TiCl_2 фирмы «Aldrich» и соединения $(C_5Me_5)_2Fe$, $(C_5Me_5)_2ZrCl_2$ и $(AcC_5H_4)(C_5H_5)Fe$, синтезированные в Институте прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), использовали без дополнительной очистки.

Кинетику полимеризации ММА в массе изучали dilatометрическим методом в диапазоне температур 313–353 К при концентрации ПБ и металлоцена $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Реакционную смесь в dilatометре вакуумировали до остаточного давления ниже 1,33 Па [1].

Для полимеризации мономеров в присутствии макроинициаторов навеску ПММА или ПС растворяли в мономере (ММА, стирол) в количестве 3% от массы мономера. Полученные полимеры тщательно очищали от остатков непрореагировавших инициаторов и металлоценов путем трехкратного пересаживания из растворов в ацетоне 10–15-кратным избытком этанола. Очищенные полимеры сушили в вакууме до постоянной массы при 40°C. Характеристики полученных макроинициаторов приведены в таблице.

Характеристики макроинициаторов ПММА и ПС и условия их синтеза

Образец	Мономер	МЦ	Инициатор	Конверсия, %	$M_n \cdot 10^{-3}$	M_w/M_n
ПММА	ММА	Cp_2Fe	ПБ	60	400	3,5
ПММА	ММА	Cp_2Fe	ДАК	80	550	2,2
ПС	Стирол	Cp_2Fe	ПБ	60	500	2,8

Молекулярно-массовые характеристики полимеров определяли методом ГПХ на жидкостном хроматографе «Waters GPC 2000 System» (элюент – ТГФ, скорость потока 0,5 мл/мин), наполнитель – стиргель. Систему колонок калибровали по узкодисперсным ПС-стандартам.

Квантово-химические расчёты проводили с помощью программы «Природа-06» [7, 9]. Использован функционал плотности РВЕ [9] и трехэкспонентный базисный набор, состоящий из сжатых орбитальных наборов функций гауссова типа. Оптимизация геометрических параметров исследуемых структур выполнялась без ограничения на симметрию. Тип стационарной точки на поверхности потенциальной энергии определяли на основании расчета матрицы Гессе. Абсолютные энтальпии ($H_{абс}^{298}$) триплетных и возбужденных синглетных состояний комплексов металлоцен – ПБ рассчитывали для $T = 298$ К. Тепловые эффекты реакций оценивали по разности полных

энергий продуктов реакции и исходных компонентов при $T = 0$ К.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов квантово-химического моделирования возможных взаимодействий в системах мономер – металлоцен – радикальный инициатор – свободный радикал привел к выводу о том, что в обычном режиме радикальной полимеризации виниловых мономеров наряду со свободными радикалами могут формироваться АЦ координационной полимеризации, различающиеся по строению для случаев полимеризации неполярных (стирол) и полярных (метилметакрилат) мономеров (схемы).

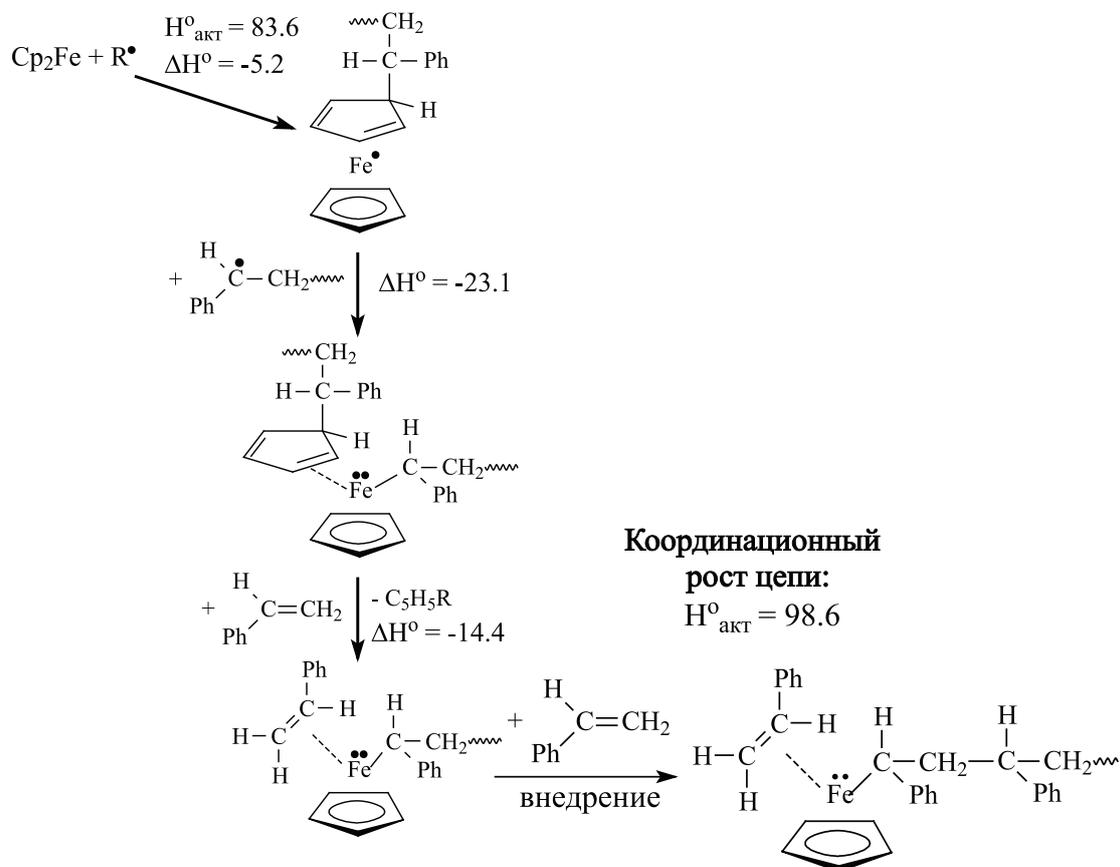


Схема формирования и функционирования координационного АЦ при полимеризации стирола в присутствии ферроцена

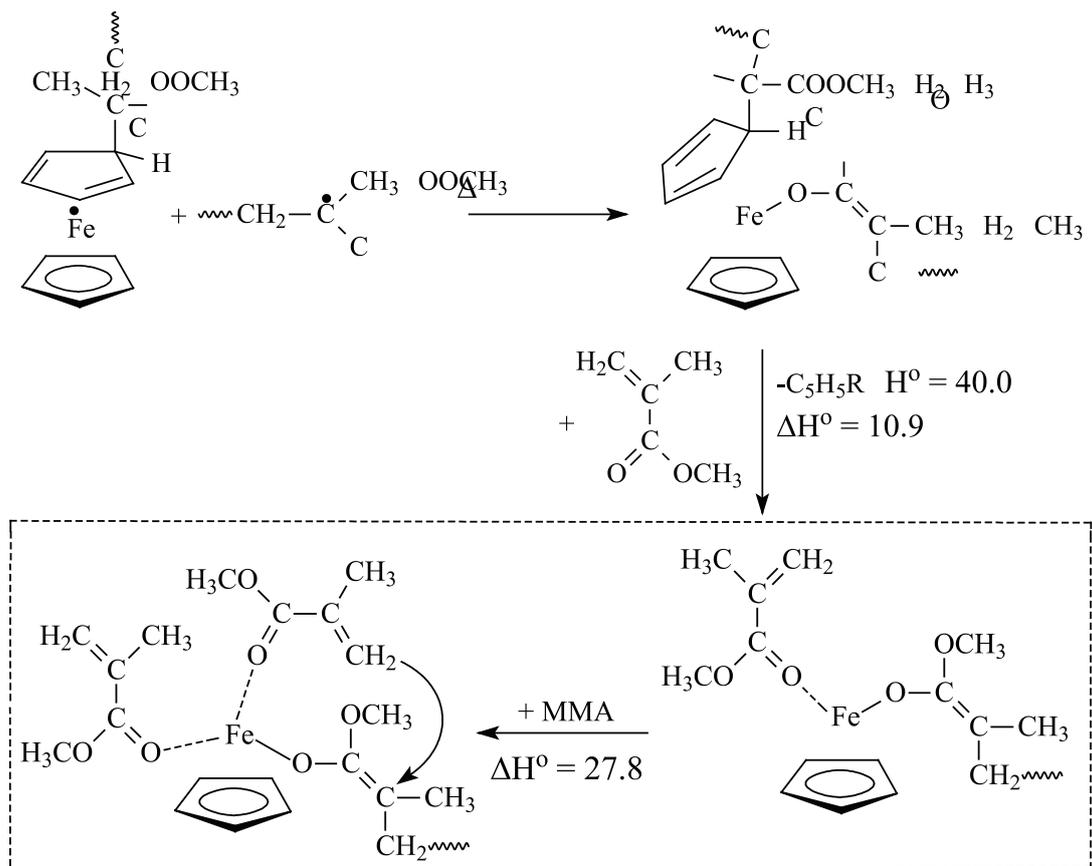


Схема образования и функционирования координационного АЦ полимеризации MMA в присутствии ферроцена

Именно существование координационных АЦ и рост цепи по координационному механизму обуславливает кинетическую безобрывность процесса и, соответственно, длительный пост-эффект полимеризации, конверсионное изменение средних молекулярных масс и ММР полимеров, а также эффект стереорегулирования роста цепей..

О наличии свободнорадикальной составляющей в общем процессе полимеризации свидетельствует характер кинетических кривых, на которых обнаруживается гель-эффект как следствие диффузионного торможения реакции квадратичной гибели участвующих в процессе свободных макрорадикалов. По степени выраженности гель-эффекта на кинетических кривых полимеризации мономеров в системах с МЦ и веществом-инициатором в зависимости от условий эксперимента можно судить о вкладе свободнорадикального канала процесса. Анализ кинетических данных показал, что в случае инициирования полимеризации пероксидом бензоила (ПБ) в интервале температур (40–80)°С на диф-

ференциальных кинетических кривых расходования мономеров в присутствии МЦ имеет место некоторое уменьшение степени выраженности гель-эффекта и смещение начала его проявления в область меньших времен, независимо от температуры. Для системы ФЦ–ПБ при температурах 40–50°С гель-эффект сглаживается, а при 55–60°С полностью вырождается (рис. 1). Однако при последующем повышении температуры он проявляется вновь.

Вырождение гель-эффекта в системах с ТЦ отмечалось и в работе [2]. В случае использования ДМеЦЦ и ТЦ вырождение гель-эффекта имеет место при температуре полимеризации 40°С (рис. 2). При дальнейшем повышении температуры гель-эффект вновь появляется и с ростом температуры его проявление усиливается.

Доля участвующих в процессе макро-радикалов определяется скоростью их образования в реакции инициирования и скоростями расходования за счет квадратичной гибели и перехода в координационные центры роста.

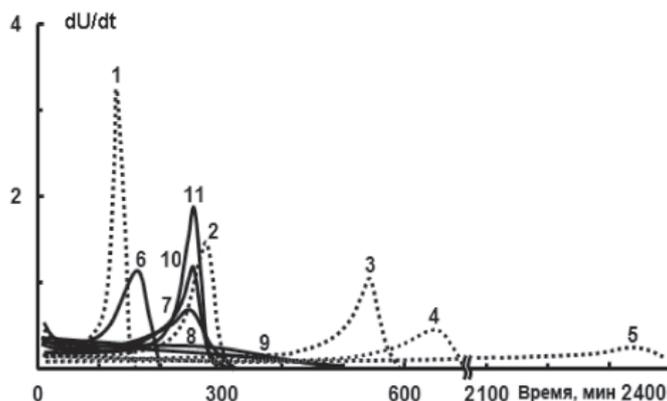


Рис. 1. Дифференциальные кинетические кривые полимеризации ММА в присутствии иницирующей системы ПБ (1–5) и ПБ – ФЦ (6–11). $[ПБ] = [ФЦ] = 1,0 \cdot 10^{-3}$ (моль/л); температура полимеризации, °С: 80 (1, 6), 70 (2, 7), 60 (3, 8), 55 (4, 9), 50 (10), 40 (5, 11)

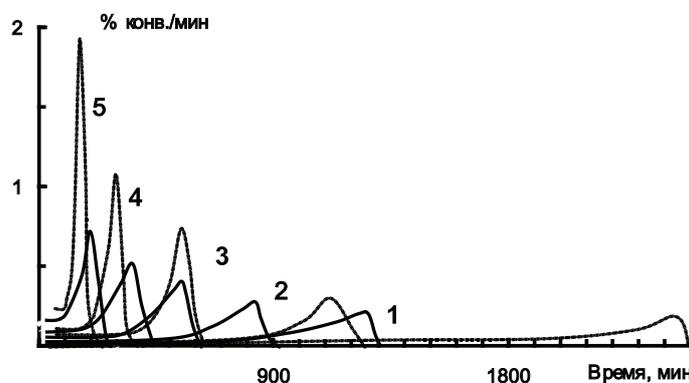


Рис. 2. Дифференциальные кинетические кривые полимеризации ММА в присутствии ДМеФЦ. $[ПБ] = [МЦ] = 1,0 \cdot 10^{-3}$ (моль/л); температура полимеризации, °С: 40 (1), 50 (2), 60 (3), 70 (4), 80 (5); пунктирные кривые – полимеризация, инициированная только ПБ

Полное вырождение гель-эффекта, очевидно, отражает столь значительное уменьшение доли макрорадикалов, участвующих в процессе, что на общих кинетических кривых их накопление за счет торможения квадратичного обрыва уже не обеспечивает видимого самоускорения процесса.

Изменение относительного вклада свободнорадикальной составляющей полимеризации зависит от мольного соотношения МЦ/ПБ. В случае ФЦ полное вырождение гель-эффекта наблюдается при эквимольном составе иницирующей системы. Увеличение мольного соотношения ФЦ/ПБ усиливает его проявление, вероятно вследствие каталитического влияния МЦ на распад инициатора. В случае ДМеФЦ проявление гель-эффекта смещается в сторону больших времен реакции при увеличении мольного отношения МЦ/ПБ до 2. Присутствие уже небольших количеств ацетилферроцена в составе иницирующей системы приводит к значительному ускорению процесса

полимеризации ММА, но при увеличении его концентрации до $(10-20) \cdot 10^{-3}$ моль/л проявление гель-эффекта уменьшается.

Полимеры, полученные в условиях радикального инициирования в присутствии металлоценов и тщательно очищенные от следов инициатора, способны возбуждать полимеризацию новой порции мономера, то есть выступать в роли «полимерных металлоценовых катализаторов». Сопоставление конверсионных зависимостей полимеризации ММА на таких ПММА-катализаторах показывает, что активность полимерного образца зависит от температуры, при которой он был получен. Так, образцы, синтезированные при температурах 50–70 °С (рис. 3), менее активно «катализируют» процесс, чем образцы, полученные при 60 °С. Эти результаты хорошо коррелируют с данными рис. 1, на котором видно, что именно при 60 °С и эквимольном соотношении ФЦ и ПБ на кинетической кривой полимеризации полностью вырождается

гель-эффект, т.е. имеет место преимущественное формирование координационных АЦ.

Для систем ММА – АИБН – МЦ также проявляется влияние вида металлоценов и условий процесса полимеризации на формирование активных центров. Когда полимеризация проводилась при температуре 40 °С, гель-эффект практически отсутствовал в случае использования

ДМеФЦ, ФЦ и ЦЦ (рис. 4). Незначительное проявление гель-эффекта имело место при температуре полимеризации 50 °С практически для всех исследованных в работе металлоценов. Кинетические кривые полимеризации, полученные при 60–70 °С, свидетельствуют о преимущественном вкладе в процесс свободнорадикальных активных центров.

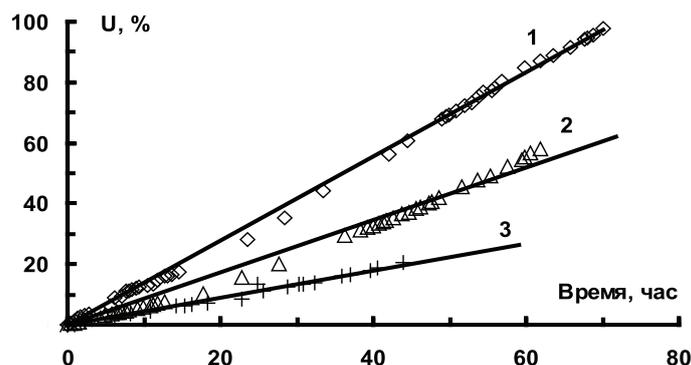


Рис. 3. Полимеризация ММА в присутствии ПММА-катализатора (3% от массы мономера), полученного на иницирующей системе Cr_2Fe – ПБ, при температурах, °С: 1 – 60; 2 – 70; 3 – 50. $T_{\text{нм}} = 60^\circ\text{C}$

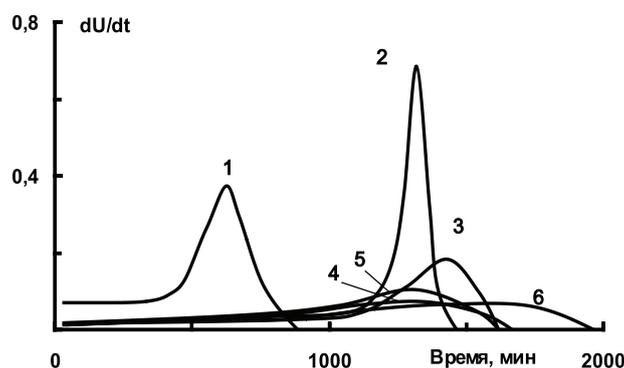


Рис. 4. Дифференциальные кривые полимеризации ММА при температуре 40 °С в присутствии $[\text{АИБН}] = [\text{МЦ}] = 1,0 \cdot 10^{-3}$ (моль/л). МЦ: ТЦ (1); АцФЦ (2); ДМеФЦ (4); ФЦ (5); ЦЦ (6); АИБН (3)

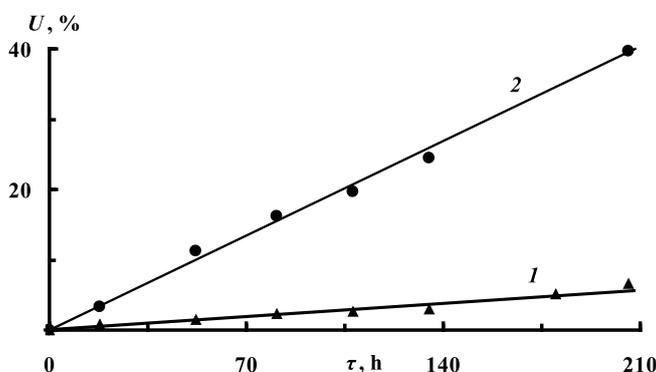


Рис. 5. Полимеризация ММА в присутствии ПММА-катализатора (3% от массы мономера), полученного при температуре 60 °С на иницирующей системе МЦ – АИБН. МЦ: ФЦ (1), АцФЦ (2). $T_{\text{нм}} = 20^\circ\text{C}$

Для систем МЦ – АИБН при температуре 60 °С гель-эффект начинает проявляться раньше, чем при 50 °С, и степень его выраженности значительно увеличивается. Тем не менее в этих условиях также происходит формирование координационных АЦ, о чем свидетельствует способность полученных полимеров выступать в качестве полимерных катализаторов (рис. 5).

Заключение

Обобщая, можно сказать, что при определенном соотношении условий радикально инициированной полимеризации ММА и стирола в присутствии МЦ канал координационного роста цепей развивается настолько, что полностью маскирует проявление признаков свободнорадикального роста.

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволяют заключить, что в радикально инициируемых системах полимеризации ММА и стирола металлоцены активно участвуют в формировании двух типов активных центров роста цепей – свободных радикалов и живущих координационных активных центров, и полимеризация, соответственно, протекает как радикально-координационная. Относительный вклад каждого типа центров в наблюдаемые кинетические закономерности полимеризации существенно зависит от вида металлоцена и условий процесса. В определенных условиях канал безобрывного (координационного) роста цепей развивается настолько, что

полностью маскирует проявление признаков свободнорадикального роста.

Список литературы

1. Гладышев Г.П., Гибов К.М. Полимеризация при глубоких степенях превращения и методы ее исследования. – Алма-Ата: Наука, 1968. – 142 с.
2. Гришин Д.Ф., Семеньева Л.Л., Телегина Е.В., Смирнов А.С., Неводчиков В.И. Дициклопентадиенильные комплексы титана, ниобия и вольфрама в контролируемом синтезе полиметилметакрилата // Изв. АН. Серия химическая. – 2003. – № 2. – С. 482.
3. Прокудина Е.М. Координационно-радикальная полимеризация метилметакрилата и стирола в присутствии металлоценов: дис. канд. хим. наук. – Уфа. 2004. – 114 с.
4. Пузин Ю.И., Прокудина Е.М., Юмагулова Р.Х., Муслухов Р.Р., Колесов С.В. О стереоспецифической радикальной полимеризации метилметакрилата в присутствии титаноцендихлорида // Доклады РАН. – 2002. – Т. 386. – № 1. – С. 69–71.
5. Сигаева Н.Н., Захарова Е.М., Гарифуллин Р.Н., Утяшева Г.В., Колесов С.В. Влияние металлоценов на фотоиницированную постполимеризацию виниловых мономеров // Высокомолек. соед. Сер. Б. – 2010. – Т. 52. – № 4. – С. 684.
6. Сигаева Н.Н., Колесов С.В., Абдулгалимова А.У., Гарифуллина Р.Н., Прокудина Е.М., Спивак С.И., Будтов В.П., Монаков Ю.Б. Кинетическая неоднородность в комплексо-радикальной полимеризации стирола в присутствии металлоценовых инициирующих систем // Высокомолек. соед. Сер. А. – 2004. – Т. 40. – № 8. – С. 1305.
7. Фризен А.К., Хурсан С.Л., Колесов С.В., Монаков Ю.Б. Квантово-химическое исследование механизма образования центров полимеризации стирола при инициировании системой «ферроцен – пероксид бензоила» // Химическая физика. – 2009. – Т. 28. – № 8. – С. 87.
8. Grognes E.L., Claverie J., Poli R. Radical Polymerization of styrene controlled by half-sandwich Mo(III)/Mo(IV) couples: all basic mechanisms are possible. // J. Am. Chem. Soc. – 2001. – Vol. 123. – P. 9513.
9. Monakov Yu.B., Frisen F.K., Kolesov S.V. A Quantum Chemical Study of Free Radical Polymerization of Methyl Methacrylate in the Presence of Zirconocene Dichloride // J. Characterisation Develop. Novel Mater. – 2011. – Vol. 2. – № 3–4. – P. 375.

УДК 57.013:57.044

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ¹Салова Т.Ю., ²Громова Н.Ю.¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Санкт-Петербург, e-mail: salova_tus@mail.ru;²ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, e-mail: gnug@mail.ru

Предложена методология получения биологически активных веществ из растительного и животного сырья, основанная на принципах исследования химического строения предшественника биологически активных веществ, физико-химических свойств растворов, теоретических основ экстракции (распределения веществ между двумя несмешивающимися растворителями), механизма биосинтеза и действия на живой организм, отсутствия в них токсичных примесей. Используя эту методологию, можно обосновать гипотезу механизма выделения инсулина указанным способом, который основан на денатурации в кислой среде белково-пептидной структуры гормона, деструкции белково-пептидной связи и повышении растворимости белка и липидов в полярном растворителе (спиртах). Оптимальный состав растворителя и высаливателя необходимо осуществлять с помощью изучения фазовых равновесий и изменению физико-химических свойств от состава.

Ключевые слова: биологически активные вещества, методология, экстракция, растительное и животное сырье

THEORETICAL ASPECTS OF OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM PLANT AND ANIMAL MATERIALS¹Salova T.Y., ²Gromova N.Y.¹St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, e-mail: salova_tus@mail.ru;²Tver State Technical University, Tver, e-mail: gnug@mail.ru

The methodology of production of biologically active substances from plant and animal raw materials, based on the principles of the study of the chemical structure of the precursor of the biologically active substances, physico-chemical properties of the solutions of the theoretical foundations of extraction (the distribution of substances between two immiscible solvents) biosynthesis and mechanism of action on the living organism, the absence of toxic contaminants. Using this methodology can justify the hypothesis of the mechanism of insulin release said method, which is based on the denaturation of the protein in an acidic environment, the peptide hormone structure, degradation of protein-peptide bond and increase protein solubility in lipids, and polar solvent (alcohols). The optimum composition of the solvent and the salting-out must be carried out with the study of phase equilibria and changes in physical and chemical properties of the composition.

Keywords: biologically active substances, methodology, extraction, vegetable and animal raw materials

Потребность в биологически активных веществах на современном этапе тесно связана с решением глобальных проблем интенсификации производства и экологическим оздоровлением окружающей среды, а именно: получение новых видов продуктов различного назначения и в первую очередь препаратов профилактического и терапевтического действия; утилизация отходов промышленности и сельского хозяйства; получение экологически безопасных средств защиты сельскохозяйственных растений от болезней, вредителей, сорных растений для повышения их биологической продуктивности. Разработка промышленной технологии производства биологически активных веществ из сырья природного происхождения позволяет осуществить комплексное использование биоресурсов. В настоящее время известен широкий спектр биологически активных веществ (БАВ) различного назначения, которые могут быть либо

получены из природных живых организмов, либо синтезированы с помощью различных химических превращений. Многие природные БАВ растительного и животного происхождения обладают лечебными свойствами и являются аналогами синтетических лекарственных препаратов. Наибольшее применение в промышленности получили экстракционные (новогалаеновые) *лекарственные препараты* (кардиотонические гликозиды), гормональные препараты (инсулин), ферментативные (антибиотики) лекарственные препараты, продуцируемые микроорганизмами. В Государственной фармакопее России большинство ($\approx 45\%$) медикаментов получены в промышленных условиях из *лекарственных растений*. Выделение и очистка биологически активных веществ (БАВ) из природного растительного и животного сырья в настоящее время остается сложной, трудоемкой и энергоемкой стадией промышленного производства.

При экстрагировании растительного или животного сырья водой или водно-спиртовыми растворами извлекаются кроме действующих веществ балластные вещества, которые не стабильны при хранении, снижают качество БАВ и требуют энергетических затрат на их очистку.

Целью исследований является разработка методологии получения биологически активных веществ из растительного и животного сырья.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели приведен теоретический обзор ключевых этапов разрабатываемой методологии получения БАВ: классификация природных БАВ, структура и их физико-химические свойства, теоретические аспекты биосинтеза, экстракции, физиологические особенности. В качестве объекта исследования было взято растительное сырье, трава Адонис весенний (*Adonis vernalis*), для получения кардиотонического гликозида Адонизид и животное сырье, щитовидные железы домашних животных (свиней и крупного рогатого скота), для получения гормона инсулина, являющегося аналогом инсулина человека. В качестве растворителей использовали воду, алифатические спирты (C_2-C_4) (этанол, пропанол, изопропанол), ацетон, хлороформ, высаливателей – водные растворы солей (KCl, NaCl, NH_4Cl), ионообменные смолы (Вофатит R или ЭДЭ 10,11), оксид алюминия. Извлечение гликозида и инсулина осуществляли стандартными методами экстракции.

Результаты исследования и их обсуждение

Теоретические основы экстракции связаны с закономерностями распределения веществ между двумя гетерогенными жидкостями, фазовых равновесий бинарных и тройных систем, эффектом гомогенизации (всаливание), преобладающим взаимодействием гомогенизатор – растворитель [4]. Эффективность экстракции определяется коэффициентом распределения гомогенизатора между сосуществующими (сопряженными) фазами по формуле:

$$K = \frac{C_1^A}{C_2^A} = \text{const},$$

где C_1^A – насыщенный раствор гомогенизатора (А) в растворителе¹ (фаза 1); C_2^A – насыщенный раствор гомогенизатора (А) в растворителе² (фаза 2); К – коэффициент распределения (экстракции). Однако, выбор растворителя (экстрагента) осуществляется чаще всего эмпирически. Основными факторами, влияющими на процесс экстракции БАВ, являются: дисперсность растительного и животного сырья, температура, объем, природа и состав растворителя, поверх-

ность раздела фаз, время экстракции, вязкость раствора, температура, коэффициент экстракции. В связи с тем, что большинство природных БАВ являются биополимерами, аналогами лекарственных веществ [4, 11], необходимо иметь сведения о происхождении природных БАВ, их химическом строении, наличии и характере распределения полярных функциональных групп (гидрофильно-гидрофобном балансе) в макромолекулах полимера, которые увеличивают (всаливание) или уменьшают (высаливание) растворимость полимеров в низкомолекулярных жидкостях [1, 9]. Вместе с тем необходимы также знания о факторах, регулирующих биосинтез (*in vivo*) в живых организмах (растениях, животных, микроорганизмах), механизме физиологического воздействия на живые организмы. В свою очередь, тонкий органический синтез природных БАВ открывает пути к выяснению механизма действия химического соединения (лекарственного вещества) в клетке.

Биологически активные вещества (БАВ) – химические вещества, необходимые для поддержания жизнедеятельности живых организмов, обладающие высокой физиологической активностью при небольших концентрациях по отношению к определенным группам живых организмов или их клеткам (злокачественным опухолям), избирательно задерживая (или ускоряя) их рост или полностью подавляя их развитие. За единицу биологической активности химического вещества принимают минимальное количество этого вещества, способное подавлять развитие или задерживать рост определенного числа клеток, тканей стандартного штамма (биотеста) в единице питательной среды. Природные БАВ образуются в процессе жизнедеятельности живых организмов. Они могут образовываться в процессе обмена веществ, выделяясь в окружающую среду (экзогенные) или накапливаться внутри организма (эндогенные). Эффективность БАВ зависит от физиологических особенностей живых организмов, в растениях регулируется экологическими факторами (климат, погода, тип почвы и других) [9].

Многие БАВ впервые были получены из природного растительного и животного сырья и использовались для лечения болезней растений, животных, человека, борьбы с вредителями культурных растений (пестициды). Многие природные БАВ обладают токсикологическим действием, вызывая заболевания растений, животных, человека.

К ним относятся микотоксины, продуцируемые грибами (*Fusarium* или *Aspergillus*), вызывают заболевания высших растений (злаковых), устойчивы при хранении, термической обработке растительного сырья. В организме человека микотоксины ингибируют биосинтез белка, поражают сердечно-сосудистую систему, клетки костного мозга, лимфатических узлов, обладают канцерогенными свойствами.

Кардиотонические гликозиды увеличивают силу и уменьшают частоту сердечных сокращений, улучшают тканевой обмен сердечной мышцы, являются стероидами – производными циклопентанпергидрофенантрена, имеющими C_{17} – ненасыщенное лактонное кольцо: пятичленное бутенолидное (карденолиды) или шестичленное (кумалиновое) кольцо (буфаденолиды), содержатся в клеточном соке различных органов растений: семенах (строфанты), листьях (наперстянка, ландыш), цветках (ландыш), подземных органах (кендырь коноплевый). Экстракты природных душистых веществ, представляющие сложные смеси эфирных масел, используют для получения косметических, парфюмерных композиций, ароматерапии. Природные экзогенные БАВ, продуцируемые живыми организмами, способны ингибировать физиологические процессы других организмов (аллелопатия). Колины – органические соединения, выделяемые высшими растениями I через корневую систему, вызывающие угнетение высших растений II. Фитонциды – летучие органические соединения, выделяемые высшими растениями в атмосферный воздух, вызывают гибель патогенных микроорганизмов. Антибиотики – продукты жизнедеятельности микроорганизмов, угнетающие микроорганизмы II [2, 4]. Маразмизмы вызывают угнетение высших растений.

Эндогенные БАВ (белки, жиры, углеводы, витамины, ферменты, гормоны) представляют собой природные полимеры. Высокой интенсивностью биосинтеза белков отличаются многие микроорганизмы. Белки играют ключевую роль в образовании клеток, тканей организма, составляют основу биомембран. Поддерживают жизненно важные функции живых организмов.

Биологическая активность белков тесно связана с аминокислотным составом (протеины, протеиды). Растения и большинство микроорганизмов способны синтезировать все входящие в их состав аминокислоты из простых веществ – углекислоты, воды и минеральных солей. В организмах живот-

ных и человека некоторые аминокислоты (незаменимые) не могут синтезироваться и должны поступать в готовом виде как компоненты пищи. Длительное отсутствие в организме хотя бы одной незаменимой аминокислоты приводит к тяжелым заболеваниям человека и животных. Дефицит аминокислот компенсируют добавлением лекарственных препаратов. Гормоны «сигнальные химические вещества, вырабатываемые клетками тела и влияющие на клетки других частей тела» живого организма.

Свойства гормонов зависят от химического строения. Фитогормоны (ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота, этилен, брассиностероиды) взаимосвязаны в фитогормональной системе. Изменение уровня одного гормона приводит к изменению всей системы (биосинтез, деструкция и транспорт). Гормональные эффекты реализуются путем изменения конформации (пространственной структуры) макромолекул белков за счет образования активного комплекса (гормоно-рецепторного), выполняя роль преобразователя сигнала, между рецептором и определенной ферментативной системой [9, 11].

Предшественником большинства фитогормонов являются органические кислоты (аминокислоты). Биологические особенности транспортировки фитогормонов заключаются в том, что, образовавшись в одном органе (например, в апикальной меристеме стебля), они регулируют рост клеток в другом органе (корне). Ауксины, образуясь из аминокислоты триптофана, регулируют растяжение, деление и дифференцирование различных органов растений (тропизм), формирование проводящих флоэмных и ксилемных элементов в каллусной ткани. Цитокинины (зеатин) регулируют формирование хлоропластов на ранних стадиях развития листа, задерживают старение листьев, транспирацию листьев, повышая устойчивость клеток растения к различным неблагоприятным экологическим факторам (температуре, недостатку воды, повышенной засоленности, воздействию фитонцидов, рентгеновскому излучению). Гиббереллины, продуцируемые патогенным грибом *Gibberella fujicuro*, в растениях стимулируют растяжение клеток за счет повышения митотической активности меристемы, усиливают синтез клеточной стенки, переход к формированию генеративных органов к цветению, представляют собой терпеноиды, производные гибберелловой кислоты (ГК₃). Предшественником биосинтеза

(*in vivo*) гиббереловой кислоты является мевалоновая кислота. Дефицит гиббереллинов может привести к карликовости растений.

Этилен – экзогенный газообразный фитогормон, стимулирует опадание листьев, цветков, завязей и плодов, вызывает изменение ориентации микрофибрилл целлюлозы, выделяется при хранении яблок. Предшественником этилена в биосинтезе является аминокислота метионин. Биосинтез этилена усиливается при стрессе растений (травмах). Под действием этилена подавляется митотическая активность, блокируется транспорт ауксина, стимулируется биосинтез абсцизовой кислоты, ингибитора ауксина, цитокининов, гиббереллинов. Брассиностероиды относятся к малоизученным фитогормонам.

Методы экстракции являются и в настоящее время приоритетными в промышленности при производстве лекарственных препаратов из растительного и животного сырья. Экстракция БАВ представляет собой сложный последовательный процесс растворения, сорбции, десорбции, диализа, диффузии. Скорость экстракции определяется лимитирующей стадией (диффузией). Интерес к экстракционным новогаленовым препаратам обусловлен комплексным лечебным действием. Особое внимание уделяется в медицине кардиотоническим лекарственным препаратам для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, которые представляют смертельную угрозу для человека после онкологических заболеваний. Экстракцию кардиотонического гликозида (Адонизид) из растения осуществляют этанолом. Очистку от балластных веществ (хлорофиллов и смол) проводят высаливанием хлороформом с последующей адсорбцией на оксиде алюминия (толщиной 1...1,5 см). Использование инновационных методов экстракции (ультразвук низкой частоты, сжиженных газов) позволит снизить время лимитирующей стадии экстракции БАВ из растительного сырья в 10...1000 раз [5], что позволит минимизировать содержание балластных веществ, энергетические затраты при извлечении действующего вещества, гарантировать качество лекарственного препарата. Физический механизм действия ультразвука сводится к интенсивному перемешиванию внутри клетки, снижению гидростатического сопротивления движения, ускоряет теплообмен и массоперенос молекул растворителя и растворенных веществ через макропоры (0,1–0,2 мкм) клеточной мембраны в межклеточное про-

странство, диспергирование при экстракции. Новогаленовый препарат Адонизид, полученный с помощью ультразвуковой экстракции, отвечает всем требованиям Государственной фармакопеи [12].

Среди эндогенных БАВ в промышленности нашли применение в качестве лекарственных препаратов гормоны белково-пептидной группы (поджелудочной и паращитовидной железы), отвечающие за обменные процессы в организме человека, проникновение через мембрану клетки в ее ядро. Наибольший интерес для медицины представляет гормон инсулин (*insula*), который используют для лечения заболевания сахарного диабета за счет снижения концентрации глюкозы в крови, стимулирования образования в печени и мышцах из глюкозы гликогена, усиления синтеза липидов и белков. Стероидная группа гормонов синтезируется преимущественно в половых железах, а также надпочечниках (эстроген, прогестерон) и контролирует физическое развитие человека и процесс размножения, связываются с рецепторами на поверхности структурного элемента, запуская биосинтез молекул-посредников. Гидрофильные гормоны переносятся с током крови, а липофильные связываются с белками крови и транспортируются вместе с ней. Молекула инсулина образована двумя полипептидными цепями (А и В), которые соединяются двумя сульфидными (–S–S–) мостиками через остатки цистеина. А-цепь состоит из 21 аминокислотного остатка, В-цепь образована 30 аминокислотными остатками.

Биосинтез инсулина протекает на рибосомах шероховатой эндоплазматической сети с образованием неактивной формы предшественника гормона пептида препроинсулина, представляющего собой полипептидную цепь (110 аминокислотных остатков), построенную из последовательно расположенных пептидов: L-пептид, В-пептид, С-пептид и А-пептид. Затем от молекулы предшественника отщепляется сигнальный (L) пептид и образуется проинсулин, который транспортируется в комплекс Гольджи, где происходит созревание инсулина (лимитирующая стадия). При созревании молекула проинсулина разделяется на инсулин и биологически инертный пептидный остаток.

Промышленный способ получения инсулина в качестве лекарственного препарата основан на экстракции поджелудочной железы этанолом в кислой среде, фильтрации,

высаливании, многократной кристаллизации для очистки от примесей других гормонов, содержащихся в поджелудочной железе. Наибольшие энергетические затраты приходятся на стадии очистки инсулина [3, 6].

Проведенные авторами [7] исследования позволили обосновать способ получения инсулина экстракцией поджелудочной железы домашних животных (свиней, коров) алифатическими спиртами (C_3 – C_4) пропанол, изопропанол в присутствии кислот ($pH = 1,5 \dots 3,5$), высаливание водными растворами солей KCl , $NaCl$, NH_4Cl ($5 \dots 25\%$), с последующим осаждением ацетоном для удаления липидов. Очистку инсулина проводили на ионообменных смолах (Вофатит R или ЭДЭ 10,11), используя в качестве элюента, водные растворы оснований ($LiOH$, NH_4OH , $NaOH$) ($pH = 7,5 \dots 9,5$).

Заключение

Предложена методология получения биологически активных веществ из растительного и животного сырья, основанная на принципах исследования химического строения предшественника БАВ, физико-химических свойств растворов, теоретических основ экстракции (распределения веществ между двумя несмешивающимися растворителями) [12], механизма биосинтеза и действия на живой организм, отсутствию в них токсичных примесей. Используя эту методологию, можно обосновать гипотезу механизма выделения инсулина указанным способом, который основан на денатурации в кислой среде белково-пептидной структуры гормона, деструкции белково-пептидной связи и повышении растворимости белка и липидов в полярном растворителе (спиртах). При введении в экстракт водных растворов солей происходит расслоение системы (высаливание), в результате которого липидная фракция переходит в спиртовой слой, а белковая фракция инсулина – в во-

дный слой. Оптимальный состав растворителя и высаливателя необходимо осуществлять с помощью изучения фазовых равновесий и изменения физико-химических свойств от состава. Предполагаемый механизм действия БАВ, обладающего лечебными свойствами, в живом организме – сложная последовательная реакция: транспорт к месту расположения мишени; распознавание мишени, биохимическое взаимодействие с ней по принципу сродства (аффинности); активизация мишени в результате образования активированного комплекса (Мишень БАВ).

Список литературы

1. Громова Н.Ю. Разработка методов стабилизации свойств водоразбавляемых олигомерных лакокрасочных материалов: дис. ... канд. техн. наук. – Тверь. 1991. – С. 47–71.
2. Громова Н.Ю., Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Технология синтеза и биосинтеза биологически активных веществ. – Тверь: ТГТУ, 2006. 82 с.
3. Громова Н.Ю., Кронов Д.М. Стандартизация новогаленовых препаратов как способ регулирования энергетических затрат производства // Вестник студенческого научного общества. – СПб., 2015. – Ч. 1. – С. 380–381.
4. Евстигнеева Р.П. Тонкий органический синтез. – М.: Химия, 1991. – 184 с.
5. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.
6. Пассет Б.А. Технология химико-фармацевтических препаратов и антибиотиков / Б.А. Пассет, В.Я. Воробьева. – М.: Медицина, 1977. – 430 с.
7. Покрышкин В.И., Тихонова Ю.В. Препараты моноинсулина в лечении сахарного диабета // Новые лекарственные препараты. – 1984. – № 9. – С. 8–15.
8. Способ получения инсулина / Т.Ю. Салова, Е.И. Милародова, Л.Л. Осипова, В.А. Зубцов // Бюллетень изобретений и полезных моделей, М 29, Пат. РФ № 4906513/14. 1993.
9. Способ получения пленкообразующего вещества / В.Ю. Григорьев, Н.Ю. Громова // Пат. РФ № 1754755. 1992.
10. Теппермен Дж., Теппермен Х. Физиология обмена веществ и эндокринной системы / Дж. Теппермен, Х. Теппермен. – М.: Мир, 1989. – 656 с.
11. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: ДРОФА, 2005. – 542 с.
12. Хмелев В.Н., Леонов Г.В., Барсуков Р.В. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве. – Барнаул, 2007. – 399 с.

УДК 632.934 + 547.7

СИНТЕЗ И ГЕРБИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ СОЛЕЙ ЗАМЕЩЕННЫХ 4-ДИНИТРОМЕТИЛ-1,2,3-ТРИАЗОЛОВ

Степкина Н.Н., Носачев С.Б., Тырков А.Г., Великородов А.В.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань, e-mail: org@asu.edu.ru

Большое количество проблем, которые связаны с защитой растений, в настоящее время может быть решено при помощи химических веществ, если их цена представляется разумной для фермера и садовода. Гербициды представляют собой цитотоксические химические вещества, которые используются для уничтожения различных сорняков или ингибирования их роста и имеют различную степень специфичности. Целью исследования являлась разработка способа получения на основе 4-динитрометил-1,2,3-триазолов солей калия и гидразиния, являющихся перспективными гербицидами. В процессе работы осуществлен синтез исходных соединений, получены соли 4-динитрометил-1,2,3-триазолов и изучены их физико-химические параметры и биологическая активность. Полученные с высокими выходами соли представляют собой белые или слегка желтоватые кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде, фото- и термоустойчивые. Выявлено наличие высокой гербицидной активности у гидразиниевой соли 2-метил-4-динитрометил-1,2,3-триазола по отношению к сорнякам ячменя, редиса и гороха.

Ключевые слова: гербициды, гербицидная активность, 1,2,3-триазолы, органический синтез, биологическая активность

SYNTHESIS AND HERBICIDAL ACTIVITY OF SUBSTITUTED 4-DINITROMETHYL-1,2,3-TRIAZOLES SALTS

Stepkina N.N., Nosachev S.B., Tyrkov A.G., Velikorodov A.V.

Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: org@asu.edu.ru

Most crop protection problems can now be solved using chemicals, at a reasonable price to the farmer and grower. Herbicides are phytotoxic chemicals used for destroying various weeds or inhibiting their growth and they have variable degrees of specificity. The aim of the research is a technology development of 4-dinitromethyl-1,2,3-triazole potassium and hydrazinium salts to produce effective herbicides for agriculture. The synthesis of the starting compounds, their physical and chemical properties determination, synthesis of 4-dinitromethyl-1,2,3-triazoles salts and the study of their physical and chemical properties and biological activity were carried out in the process. Obtained salts are white, with a slight yellowish tinge, crystalline substances, which are produced with high yields, readily soluble in water, photo- and heat-resistant. Herbicidal activity of hydrazinium salt 2-methyl-4-dinitromethyl-1,2,3-triazole towards weeds of barley, radish and peas was found out in our research work.

Keywords: herbicides, herbicidal activity, 1,2,3-triazoles, organic synthesis, biological activity

В настоящее время почти повсеместно наблюдается увеличение засоренности посевов сельскохозяйственных культур, причем 50–70% посевных площадей засорено в сильной или очень сильной степени. Это связано в первую очередь с сокращением объема использования гербицидных препаратов и нарушением в комплексе противосорняковых мероприятий из-за экономических трудностей страны. Подсчитано, что потенциальные потери урожая в земледелии нашей страны от сорных растений за последние годы составили от 15,5 до 26,6% для основных возделываемых культур. Общие потенциальные потери от сорняков составляют в пересчете на зерно ежегодно около 40 млн т. Каждый год на засоренных землях сорными растениями отчуждается около 12 млн т питательных веществ, что намного больше объема удобрений, которые вносятся на поля страны [2, 3]. В начале 2000-х гербицидами в Российской Федерации обрабатывалось около 15 млн га, что

в 3,5 раза меньше по сравнению с применением гербицидов в последней пятилетке 1980-х. Однако в мире производство, применение и ассортимент пестицидов, в том числе и гербицидов, с каждым годом увеличивается [9, 12, 13, 15]. Потери урожая в России от сорняков весьма значительны и в последние годы составляют 15–18% от урожая зерновых хлебов, а потери пропашных культур достигают 50% и более [3, 11]. Снижение урожая на засоренных полях происходит из-за того, что сорняки отнимают у культурных растений свет, воду, питательные вещества. От затенения сорняками культурные растения особенно страдают в раннем возрасте, когда бурно развивающиеся сорняки опережают развитие культуры. Сорняки потребляют значительное количество воды и питательных веществ. Кроме непосредственно прямого уменьшения урожая вред сорняков также проявляется в снижении качества урожая, увеличении затрат на обработку почвы, очистку семян

от семян и плодов сорняков, снижении выхода и качества продукции животноводства вследствие ухудшения качества засоренных пастбищ и сена и др. [3]. Методы борьбы с сорняками обычно принято подразделять на агротехнические, химические и биологические. Хотя такое деление не совсем корректно, так как и химические, и биологические методы борьбы также являются приемами агротехники. Эффективность применения гербицидов как одного из важнейших методов борьбы с сорняками подтверждена практикой отечественного земледелия, а их использование – необходимый агротехнический прием для получения высоких урожаев [8]. В настоящее время известно большое количество синтезированных гетероциклических систем с ярко выраженной гербицидной активностью, среди которых важное место занимают гетероциклические соединения с тремя и более гетероатомами в цикле. К ним относятся производные триазинонов (карфентразон-этил), триазинонов (метрибузин), триазинов (атразин, прометрин), тиadiaзинов (бентазон) и др. Также известно, что замещенные 1,2,3-триазолы до сих пор не нашли практического применения. Однако в этом ряду ведутся интенсивные поиски соединений с пестицидной активностью [3, 9]. В этой связи получение солей замещенных 1,2,3-триазолов как перспективных высокоактивных и малотоксичных гербицидных препаратов является актуальной задачей современной химии и гербологии.

Цель исследования – получение гидразиниевых и калиевых солей замещенных 4-динитрометил-1,2,3-триазолов и скрининговое изучение их биологической (гербицидной) активности.

Материалы и методы исследования

Спектры ИК снимали на спектрофотометре ИКС-29 в области частот 700–4000 см⁻¹ в табл. КВг. Спектры ЯМР ¹H получали на спектрометре Bruker 400 (400 МГц) в растворе ДМСО-*d*₆ относительно внутреннего стандарта – ТМС. Электронные спектры получены на спектрофотометре СФ-8 с автоматическим регистратором при комнатной температуре в водных растворах, концентрация веществ 0,4 мг/мл, толщина кюветы 0,0208 см. Масс-спектроскопические исследования проводили на хромато-масс-спектрометре Finnigan SSQ-7000 в режиме прямого ввода, энергия ионизирующих электронов 70 эВ, при температуре испарения образцов 90–150 °С.

Полученные в ходе реакции соединения выделяли и очищали методом адсорбционной хроматографии. В качестве адсорбента использовали силикагель марки Silicagel 100/400 м. Хроматографическое разделение реакционной смеси проводили на нисходящей стеклянной колонке цилиндрической формы,

заполненной «мокрым» способом при соотношении очищаемого вещества к сорбенту примерно 1:30. Размер хроматографической колонки при количестве вещества до 1,5 г : *d* = 10 мм, *l* = 250 мм; свыше 1,5 г : *d* = 10 мм, *l* = 500 мм. Продукты реакции после удаления растворителя переносили эфиром на небольшое количество силикагеля, обеспечивающее образование однородной сухой массы после удаления эфира. Силикагель с нанесенным веществом перемешивали с гексаном для удаления пузырьков воздуха и помещали в колонку поверх основного слоя чистого силикагеля. Для элюирования продуктов использовали элюотропный ряд по Траппе в следующей последовательности: четыреххлористый углерод, бензол, хлороформ, диэтиловый эфир, ацетон. Наблюдение за ходом разделения смеси проводили путем измерения показателя преломления, изменяющегося в ходе процесса. Индивидуальность полученных соединений подтверждали тонкослойной хроматографией (ТСХ) на пластинах Silufol UV-254 в системе растворителей ацетон: гексан 2:3, проявление парами йода.

Синтез 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолов (2-метил-4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазол (3), 1-метил-4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазол (4)). Смешивали 4,5 г цианодинитроэтоксикарбонилметана (1) с избытком эфирного раствора диазометана (2). При хроматографировании реакционной смеси из фракции бензола получали 2,1 г (36%) 2-метил-4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазола, *n*_D²⁰ 1,4800. Найдено %: С 32,50; 32,51; Н 3,51; 3,52; N 26,88; 26,89. С₇H₉N₅O₆. Вычислено %: С 32,43; Н 3,48; N 27,02. Из фракции эфира получали 1,1 г (19%) 1-метил-4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазола, *T*_{пл} 75 °С (CCl₄). Найдено %: С 32,53; 32,54; Н 3,52; 3,53; N 26,90; 26,91. С₇H₉N₅O₆. Вычислено %: С 32,43; Н 3,48; N 27,02.

Получение солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов.

Калиевая соль 1-метил-4-динитрометил-1,2,3-триазола (5). К 0,9 г 1-метил-4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазола (4) прибавляли спиртовой раствор гидроксида калия. Осадок отфильтровывали, получали 0,7 г (80%) калиевой соли 1-метил-4-динитрометил-1,2,3-триазола, *T*_{пл} 182 °С (этанол).

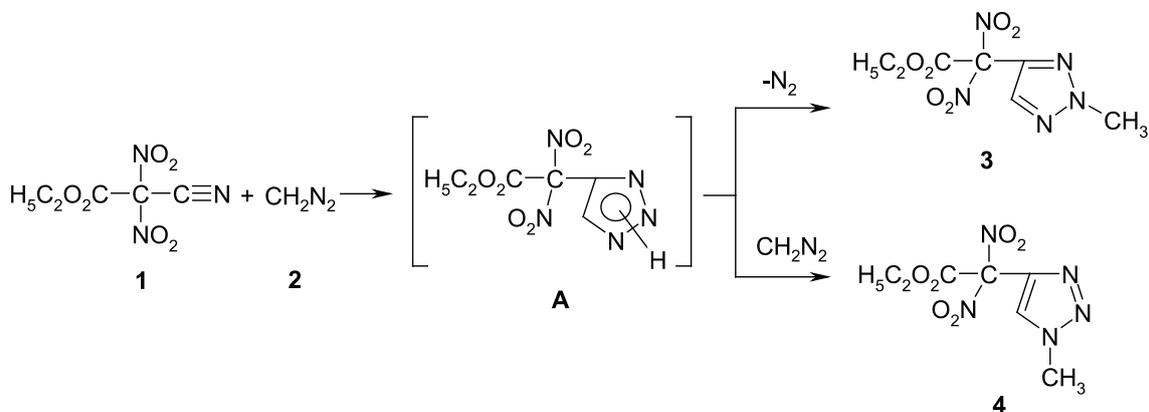
Калиевая соль 2-метил-4-динитрометил-1,2,3-триазола (6). К 0,9 г 2-метил-4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазола (3) прибавляли спиртовой раствор гидроксида калия. Осадок отфильтровывали, получали 0,6 г (70%) калиевой соли 2-метил-4-динитрометил-1,2,3-триазола, *T*_{пл} 198 °С (этанол).

Гидразиниевая соль 2-метил-4-динитрометил-1,2,3-триазола (7). К 0,9 г 2-метил-4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазола (3) прибавляли по каплям при перемешивании спиртовой раствор гидразин-гидрата. Осадок отфильтровывали и подвергали хроматографированию, *T*_{пл} 142 °С.

Результаты исследования и их обсуждение

Получению солей замещенных 4-динитрометил-1,2,3-триазолов (5, 6, 7) предшествует синтез исходных соединений – алкилированных 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолов (3, 4) – продуктов 1,3-диполярного циклоприсоединения цианодинитроэтоксикарбонилметана (1) к диазометану (2).

В этой реакции цианодинитроэтоксикарбонилметан выступает как активированный динитроэтоксикарбометильной группой диполярнофил, а диазоалкан как 1,3-диполь. Вероятно, эта реакция протекает по схеме:



Обладая основными свойствами, молекула диазометана реагирует с протоном таутомерной, промежуточно образующейся смеси 1,2,3-триазолов (А) и возникающие при этом анионы триазола алкилируются катионом диазония, приводя к конечным продуктам реакции. Выделение изомерных соединений (3, 4) свидетельствует об амбидентности анионов 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолов. Преобладание среди синтезированных соединений изомера N² (2) говорит о большей нуклеофильности этого атома азота и большей стабильности 2*H*-таутомера, что согласуется с литературными данными [1,10], табл. 1.

Структура и изомерная принадлежность соединений (3, 4) установлена комплексным использованием методов ИК, ЯМР ¹H и ¹³C спектроскопии, масс-спектрометрии, химическими превращениями. ИК спектры

соединений содержат интенсивные полосы валентных колебаний гем.-динитрогруппы 1580–1590 см⁻¹ (антисимметричные) и 1300–1310 см⁻¹ (симметричные), табл. 2.

Таблица 1

Физико-химические характеристики 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолов

Номер соединения	Выход, %	n_D^{20}	$T_{пл}$, °C
3	36	1,4800	–
4	19	–	75

Таблица 2

Спектры ЯМР ¹H и ИК 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолов

Номер соединения	ИК, ν , см ⁻¹ , CHCl ₃			Спектр ЯМР ¹ H
	NO ₂		CO ₂ C ₂ H ₅	
	асим.	сим.		δ , м.д. (CD ₃) ₂ CO
3	1590 1580	1300	1765 1750	8,14 с (1H, CH) 4,55 к (2H, CH ₂) 4,23 с (3H, CH ₃) 1,32 т (3H, CH ₃)
4	1590 1580	1310	1770 1760	8,21 с (1H, CH) 4,46 к (2H, CH ₂) 4,11 с (3H, CH ₃) 1,29 т (3H, CH ₃)

Разность частот антисимметричного и симметричного валентных колебаний нитрогруппы ($\Delta\nu$) равна 280–290 см^{-1} . Она приближена к $\Delta\nu$ тринитрометильной группы, характерной для 4-тринитрометил-1,2,3-триазолов ($\Delta\nu = 300 \text{ см}^{-1}$), что, очевидно, связано с присутствием электроноакцепторной этоксикарбонильной группы. Поглощение в области 1770–1750 см^{-1} отнесено к валентным колебаниям сложноэфирной группы.

В спектрах ЯМР ^1H соединений (3, 4) (табл. 2) присутствуют сигналы соответствующих групп протонов. Важно было установить положение метильных заместителей в 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолах, т.е. идентифицировать изомеры. В спектрах ЯМР ^1H этих соединений аналитическим признаком служат сигналы протона у атома углерода C^5 триазольного цикла. Различия в химических сдвигах протона у атома углерода C^5 очень мало зависят от характера заместителя в триазольном цикле и составляют всего несколько десятых миллионной доли [4]. Из литературы для

целого ряда изомерных 1,2,3-триазолов известно, что протон изомера, содержащий заместитель у атома N^1 , проявляется в более слабом поле по сравнению с изомером N^2 [6, 14]. Этот факт позволил сделать отнесение соединений (3, 4) к N^1 и N^2 изомерам соответственно. Другим свидетельством в пользу принятого строения служит более слабopольное смещение сигнала протонов группы $\text{CH}_3\text{-N}$ для изомера N^2 , чем для изомера N^1 , что соответствует литературным сведениям [5].

Спектры ЯМР ^{13}C также подтверждают структуру синтезированных соединений (табл. 3).

Анализ масс-спектров не противоречит произведенному отнесению изомеров. Как и в масс-спектрах других полинитрометанов, основным направлением распада молекулярных ионов этих соединений является отрыв одной из нитрогрупп с образованием ионов с m/z 213. Этот процесс протекает тем более легко, что образующийся ион хорошо стабилизирован за счет сопряжения карбокатионного центра с π -электронной системой триазольного цикла:

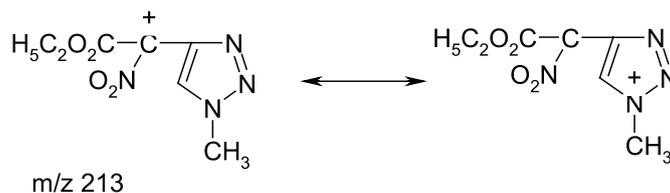
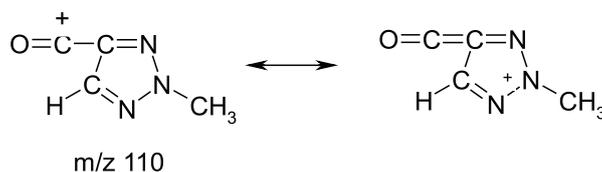


Таблица 3

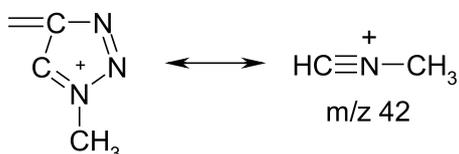
Спектры ЯМР ^{13}C 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолов

Номер соединения	Спектры ЯМР ^{13}C , δ , м.д. $(\text{CD}_3)_2\text{CO}$						
	C_4	C_5	C_6	$\text{CH}_3\text{-N}$	$\text{C}=\text{O}$	CH_3	CH_2
3	136,4	137,9	115,4	43,4	158,5	13,4	67,5
4	135,5	131,0	116,0	37,9	158,9	14,2	67,6

Пики молекулярных ионов в масс-спектре обоих соединений отсутствуют, но молекулярную массу можно легко установить по достаточно интенсивным пикам ионов с m/z 213. Пиков, соответствующих ионам $[\text{M}-\text{OC}_2\text{H}_5]^+$, характерных для этиловых эфиров карбоновых кислот, в масс-спектрах не наблюдается. Дальнейшая фрагментация приводит в случае соединения (4) к иону с m/z 155 (это либо $[\text{M}-\text{NO}_2-\text{NO}-\text{CO}]^+$, либо $[\text{M}-\text{NO}_2-\text{NO}-\text{C}_2\text{H}_4]^+$), пик которого весьма интенсивен (67%). В масс-спектре соединения (3) пик этого иона отсутствует, но вместо него имеется интенсивный (97%) пик иона с m/z 110. Он образуется путем отрыва от иона $[\text{M}-\text{NO}_2]^+$ молекулы NO и этоксикарбонильной группы и также хорошо стабилизирован сопряжением карбокатионного центра с триазольным фрагментом:

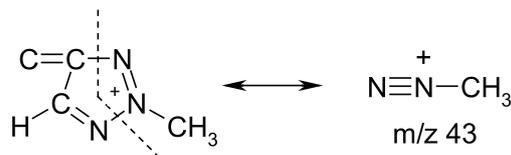


В масс-спектрах обоих соединений присутствуют также интенсивные пики иона с m/z 30 (NO), характерные для нитросоединений. Положение метильной группы в триазольном цикле можно установить, сравнивая относительные интенсивности пиков ионов с m/z 42 и 43 в спектрах соединений (3, 4). В масс-спектре соединения (4) пик иона с m/z 43 имеет интенсивность всего 6,7%, тогда как пик иона с m/z 42 максимален (100%). Ион с m/z 42 образуется в результате фрагментации триазольного цикла. Наиболее вероятный его предшественник – ион $[M-NO_2]^+$, хотя не исключено образование иона с m/z 43 и из других ионов, например из иона с m/z 155.



В масс-спектре соединения (3) пик иона с m/z 42 маловероятен (1,5%),

а интенсивность пика с m/z 43 составляет 27%.



Таким образом, масс-спектры этих соединений весьма характеристичны и позволяют установить как молекулярную массу, так и положение метильной группы в триазольном цикле.

С целью создания в ряду азгетероциклических соединений новых соединений, обладающих гербицидной активностью, нами были получены калиевые и гидразиниевые соли 4-динитрометил-1,2,3-триазолов (5–7), что также дополнительно доказывает изомерную принадлежность триазолов. Алкилированные 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолы (3, 4) при действии на них гидроксида калия или гидразин-гидрата отщепляют сложноеэфирную группу и превращаются в соответствующие соли 4-динитрометил-1,2,3-триазолов (5–7).

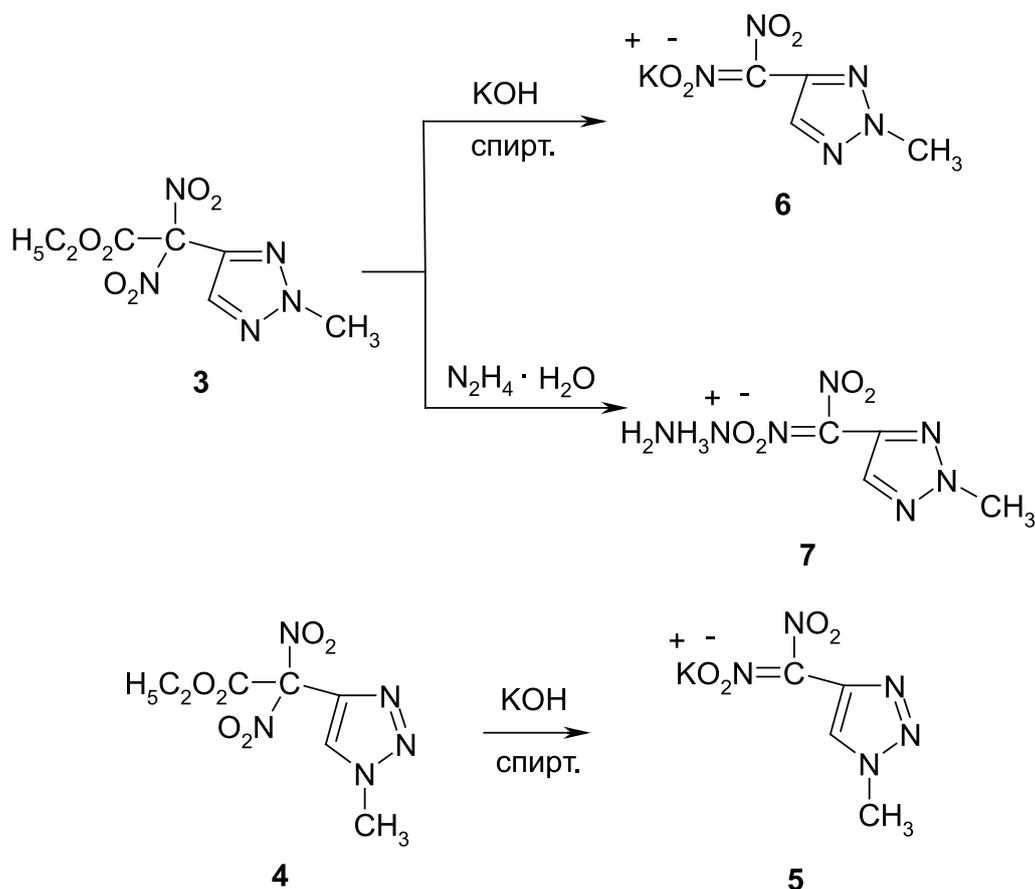


Таблица 4

Физико-химические характеристики солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов

Номер соединения	Выход, %	$T_{пл}$, °C (р-ль для перекрист.)	УФ спектр, H ₂ O	
			λ_{max} , нм	lg ϵ
5	80	182 (метанол)	232 365	3,73 3,97
6	70	198 (метанол)	232 365	3,76 3,93
7	79	142 (метанол)	232 365	3,77 3,94

Физико-химические характеристики представлены в табл. 4.

С целью изучения гербицидной активности полученные соединения прошли скрининговые испытания в ФГУП «Центр по химии лекарственных средств». В результате испытаний установлено, что гидразиниевая соль (7) в концентрации 20 мг/л обладает высокой гербицидной активностью (% подавления – 100) по отношению к сорнякам ячменя, гороха и редиса. Гербицидная активность обеспечивается за счет присутствия в соединении (7) 1,2,3-триазольного кольца, являющегося антагонистом имидазольного цикла в триазольных аналогах аденина и гуанина. Выявлено, что наличие общей системы сопряжения 1,2,3-триазольного кольца с двойной связью, нитро, карбонильной или карбоксильной группами обеспечивает проявление более высокой гербицидной активности.

Выводы

Осуществлен синтез изомерных 4-динитроэтоксикарбометил-1,2,3-триазолов. Установлено, что среди синтезированных соединений преобладает изомер N². Изучены реакции солеобразования замещенных 4-динитрометил-1,2,3-триазолов на примере их взаимодействия со спиртовым раствором гидроксида калия и гидразингидратом, которые привели к получению соответствующих солей. Выявлено наличие гербицидной активности у гидразиниевой соли 2-метил-4-динитрометил-1,2,3-триазола по отношению к сорнякам ячменя, редиса и гороха.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (г. Москва) по программе «У.М.Н.И.К.» (договор № 7291 ГУ2/2015 от 03.08.2015 г.).

Список литературы

1. Алтухов К.В., Рацено Е.В., Перекалин В.В. Реакция галогеннитрометанов с алкенами // ЖОрХ. – 1973. – т. 9. – Вып. 2. – С. 269–273.
2. Захаренко В.А. Состояние и задачи научного обеспечения гербологии в XXI веке // Сборник «Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия». Второе Международное научно-производственное совещание, Голицино, ВНИИФ, 17–20 июля, 2000 г. – С. 300–321.
3. Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения: учебное пособие. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 152 с.
4. Ладыжникова Т.Д. Реакция цианотринитрометана с диазометаном / Т.Д. Ладыжникова, А.Н. Мельников, Н.А. Соловьев, И.В. Целинский, К.В. Алтухов // ЖОрХ. – 1987. – т. 23. – Вып. 12. – С. 2624–2625.
5. Ладыжникова Т.Д. Реакция цианотринитрометана с алифатическими диазосоединениями / Т.Д. Ладыжникова, Н.А. Соловьев, К.В. Алтухов, В.В. Перекалин // ЖОрХ. – 1988. – т. 24. – Вып. 3. – С. 644–650.
6. Максикова А.В. Синтез эфиров триазола и тетразола / А.В. Максикова, Г.П. Суханов, Л.И. Верещагин, Г.А. Гареев // Изв. вузов, хим. и хим. технология. – 1984. – т. 27. – Вып. 12. – С. 172–177.
7. Носачев С.Б., Тырков А.Г. Реакции солеобразования замещенных 5-нитрометил-1,2,4-оксадиазолов и 4-динитрометил-1,2,3-триазолов // Химия и химическая технология. – 2009. – т. 52. – Вып. 11. – С. 23–25.
8. Рекомендации по применению имидазолиновых гербицидов на посевах зернобобовых культур в России / Научно-техническая информация ВНИИФ. ЗАО БАСФ, Россия. – 2003. – 95 с.
9. Солдатенков А.Т. Пестициды и регуляторы роста: прикладная органическая химия / А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, А. Ле Туан. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 223 с.: ил. – (Библиотека классического университета).
10. Соловьев Н.А. Реакция цианотринитрометана с алифатическими диазосоединениями: дис. ... канд. хим. наук. – Л., 1990. – 139 с.
11. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. – Голицино, РАСХН-ВНИИФ, 2004. – 243 с.
12. Agrow K. Global agrochemical market fl at in 2005. – 2006. – Issue 490. – P. 15.
13. Grossmann K. What it takes to get a herbicide's mode of action. Physiomics, a classical approach in a new complexion // Pest Management Science 61. – P. 423–431.
14. Khan M.A., Lynch B.M. Syntheses of N-(2,4-Dinitrophenyl)nitroazoles // J. Heterocyclic. Chem. – 1970. – Vol. 17. – P. 1237–1239.
15. Santilio A., Stefanelli P., Dommarco R. Fast determination of phenoxy acid herbicides in carrots and apples using liquid chromatography coupled triple quadrupole mass spectrometry // Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes 44. – P. 584–590.

УДК 630*583

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ РАСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА ДЕРЕВЬЕВ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Вагизов М.Р.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург, e-mail: bars-tatarin@yandex.ru

В статье рассмотрены способы и механизмы использования специального программного комплекса для целей лесного хозяйства. Показана необходимость использования разработанного картографического сервиса. Показаны преимущества использования разнородных картографических материалов, расположенных в сети интернет в открытом доступе в системе интерактивного картографического сервиса. Обосновано применение и дальнейшая разработка сервиса для лесной отрасли. Предложены методы визуализации границ лесничеств программно-техническим подходом. Определены основные задачи разработки подходов и механизмов определения количественной оценки лесов методом распознавания образов с использованием объектно-ориентированного языка Java. Выявлены преимущества разработанного интерфейса в сервисе и специального механизма распределенного окна в режиме работы с картографическими материалами. В концепции информатизации лесного хозяйства Российской Федерации одним из направлений развития лесной отрасли является разработка специальных программ, предоставляющих новые способы количественной и качественной оценки лесов. Дистанционные материалы на основе спутниковой и аэрофотосъемки являются материалами, на основе которых возможно проводить измерения характеристик лесов дешифровочным способом. На сегодняшний день отмечено отсутствие единого стандартного программного комплекса с применением средств визуализации и анализа в лесном хозяйстве. Большинство программ требуют длительной подготовки в изучении инструментов и использовании функционала для обработки дистанционных материалов. Разработка новых архитектурных принципов и системы готовых запросов в разработанном картографическом сервисе, значительно сокращает навигацию и поиск исследуемой территории. Учитывая спецификацию лесохозяйственной области, в данной статье предлагаются технологические подходы визуализации, анализа и мониторинга лесных земель в разработанном картографическом сервисе.

Ключевые слова: лесные карты, картографические сервисы, специализированное программное обеспечение, распознавание образов, спутниковые изображения

USE THE INTERACTIVE MAP SERVICE TO CALCULATE THE NUMBER OF TREES PROGRAM AND TECHNICAL METHOD

Vagizov M.R.

St. Petersburg State Forest Technical University,
St. Petersburg, e-mail: bars-tatarin@yandex.ru

The article considers the methods and mechanisms the use of special software for forestry objectives. The necessity of using the developed map service. The advantages of the use of diverse cartographic materials located on the Internet in open access in the interactive map service. Proved the application and further development of the service for the forest industry. The proposed methods for the visualization of the boundaries of forest areas of software and hardware approach. The main task of developing approaches and mechanisms for determining the quantitative assessment of forests, the method of pattern recognition using an object-oriented language Java. Advantages of the developed interface in the service and a special mechanism of the distributed window mode to work with cartographic materials. In the concept of Informatisation in forestry of the Russian Federation one of the directions of forest industry development is the development of special programs provides new ways quantitative and qualitative assessments of forests. Remote sensing materials on the basis of satellite and aerial photography are the materials on which it is possible to measure the characteristics of forest mensuration by interpretation method. Today, the lack of uniform standard software complex with use of visualization tools and analysis in forestry. Most programs require extensive training in learning tools and the use of the functionality for processing remote materials. Development of new architecture principles and systems are ready developed to query the map service, significantly reduces navigation and search of the studied territories. Consider the specification of the forest since, this article offers technological approaches visualization, analyses and monitoring of forest land to developed map service.

Keywords: forest maps, map services, specialized software, recognition of images, satellite images

В связи с введением в действие Лесного кодекса с 01.01.2007 года идет интенсивный процесс информатизации лесного хозяйства, наиболее широко стали применяться дистанционные методы получения информации о состоянии лесных ресурсов страны.

В условиях информатизации лесного хозяйства в Российской Федерации

и внедрения технологических элементов в отрасль для оперативного решения задач управления лесами и лесопользованием требуется разработка инновационного продукта, с помощью которого можно эффективно планировать ведение всего лесного хозяйства на региональном и субрегиональном уровне. Наиболее важным

компонентом для качественного и эффективного планирования, изучения лесного сектора является визуальный мониторинг лесов на основе дистанционных данных.

Количество открытых картографических сервисов в сети интернет с 2005 года начало увеличиваться, вследствие этого в глобальной сети появляется разнородность картографических материалов, которая зависит от количества располагаемых изображений на сервере. Каждый из веб-картографических сервисов обладает периодом обновления спутниковых изображений, что предусматривает наполнение географической информации для анализа в динамике. Лес как элемент географического ландшафта является объектом исследований, который можно изучать с помощью спутниковых изображений и материалов дистанционной съёмки Земли. Благодаря большому количеству разнородных картографических материалов, которыми обладают современные веб-картографические сервисы, их можно применять в качестве инструмента для исследования земель лесного фонда.

Виртуальные картографические сервисы, имеющие наибольшее количество обработанных спутниковых снимков и аэрофотоматериалов с открытым доступом в сети интернет:

- Bing.Maps.
- Google.Maps.
- Wikimapia.
- Яндекс.Карты.
- Map.Quest.

Основные задачи общедоступных картографических сервисов справочно-аналитические, они позволяют визуально оценивать некоторые характеристики лесных земель. По спутниковым снимкам, размещённым в сети интернет на общедоступных картографических сервисах, можно проводить мониторинг выбранной территории и сравнивать изображения, используя специальные геоинформационные программы (рис. 1). Принимая во внимание увеличение количества специальных программ, которые предоставляют доступ к тем или иным изображениям спутниковой съёмки, был разработан специальный программный продукт, который позволяет изучать изменения на выбранной местности в единой информационной системе. Интерактивный картографический сервис «GISFOREST», разработанный на кафедре лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем СПбГЛТУ, прошёл освидетельствование в федеральном органе интеллектуальной собственности, где получил регистрационный номер № 2015616354 для программ ЭВМ. В концепции сервиса заложен принцип, объединяющий открытые данные различных картографических программ при помощи разработанного пользовательского интерфейса. Интерфейс картографического сервиса состоит из трёх окон в одном окне браузера и предоставляет выбор для просмотра любого из доступных сервисов. Необходимость разработки данного продукта была обусловлена следующим:



Рис. 1. Данные открытого интернет картографического сервиса Bing.Maps

1) отсутствием на сегодняшний день единой картографической системы с сопровождением данных государственного лесного реестра и его визуализации;

2) отсутствием электронного атласа в сопровождении справочной информации о состоянии лесничеств и особо охраняемых природных территорий;

3) получением статистических данных о целевом использовании лесов в сопровождении картографической информации;

4) визуализацией границ лесничеств;

5) выявлением наиболее актуальной съёмки дистанционных данных среди открытых картографических сервисов;

6) применением разработанного интерактивного картографического сервиса в решении лесохозяйственных задач.

Цели исследования – разработка механизма определения количества деревьев программно-техническим подходом для специалистов лесного хозяйства, используя программный комплекс «Интерактивный картографический сервис GISFOREST», на основе данных открытых картографических сервисов. Разработка технологии визуализации границ лесничеств в разработанном сервисе.

На сегодняшний день в лесном хозяйстве России до настоящего времени не принят к производству современный стандартный единый программный продукт – различные лесоустроительные предприятия и институты разработали и используют целый спектр программных продуктов [3]. Поэтому разработка принципов применения специального программного комплекса для отрасли лес-

ного хозяйства, использующего данные открытых картографических материалов, является перспективным направлением в концепции общей информатизации и создания программно-технических подходов в лесной отрасли.

В основные функции сервиса включены два режима работы с сервисом. Режим просмотра карт заключается в отображении разнородных картографических материалов в одном окне браузера в виде трёх карт, преимущество такого подхода заключается в выборе картографических материалов из предоставляемых, пользователь сам выбирает анализируемую местность и ресурсы, откуда будут загружаться данные, поставщиками данных в сервисе будут выступать открытые материалы веб-картографических сервисов (Bing.maps, Яндекс.Карты, Wikimapia). Второй режим: распределённое окно карт – механизм в составе интерактивного картографического сервиса, он позволяет выбрать дистанционные материалы зондирования Земли из дополнительных источников, с целью увеличения информации об исследуемом участке (рис. 2). На основании режимов функционирования сервиса на передовой план технологических решений выходит применение разработанного сервиса для определения количества деревьев на выбранной площади. Для этого необходимо составить механизм распознавания числа деревьев на основе данных открытых картографических сервисов и способ визуализации границ лесничеств для определения исследуемой площади.

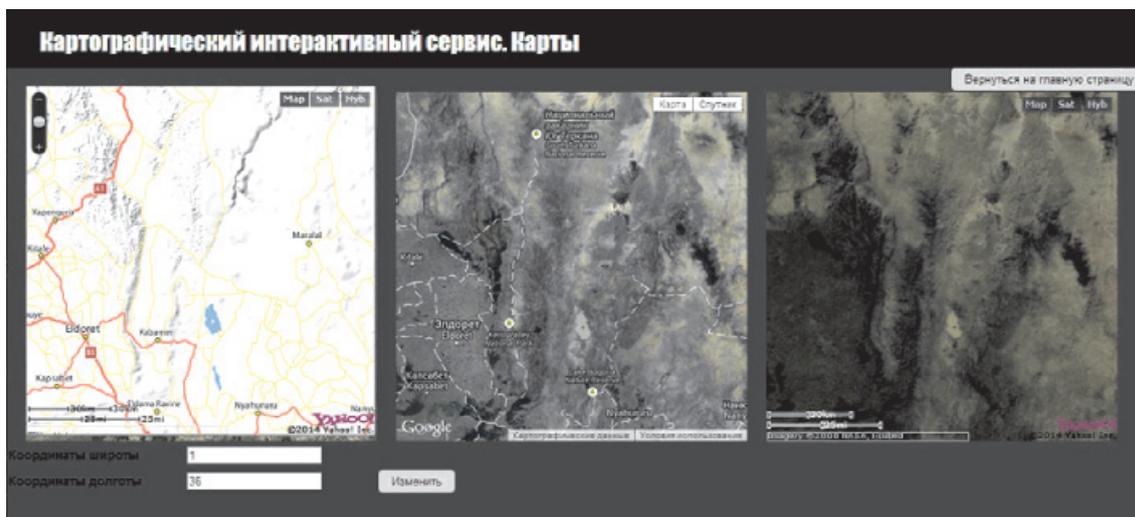


Рис. 2. Визуализация данных в интерактивном картографическом сервисе

Для внедрения интерактивного картографического сервиса и его использования в лесной отрасли необходима постановка задач развития сервиса и его применения в лесохозяйственных задачах. В основе системы сервиса лежит модульная структура взаимодействия механизмов, это позволяет интегрировать в сервис дополнительные инструменты, расширяющие его возможности.

Постановка задач:

- 1) внедрение в интерактивный картографический сервис механизмов визуализации границ лесничеств;
- 2) оценка лесных земель по материалам открытых картографических сервисов;
- 3) определение числа деревьев исследуемой области алгоритмами распознавания;
- 4) использование интерактивного картографического сервиса в качестве инструмента мониторинга лесных земель.

Решение задач

Для повышения оперативности доступа специалистам лесного хозяйства, использующим картографические материалы на уровне лесничеств, требуется способ навигации по электронным картографическим материалам. Реализовать данную задачу возможно следующим способом. Составить базу данных координат лесничеств на примере одного субъекта Российской Федерации, создать графический слой границ лесничеств, связанный с разработанной базой данных, и вывести наименование лесничества, участкового лесничества в виде ссылки, при переходе на которую будет реализован запрос отображения. Данная структура представлена в виде схемы (рис. 3).

Для того чтобы площадь выбранного лесничества отображалась с границами, необходимо добавить в интерактивный картографический сервис функцию визуализации границ лесничеств по запросу пользователя. На сегодняшний день одним из распространённых способов добавления объектов (слоёв) на общедоступные интернет картографические сервисы является использование API интерфейса. API – (Application Programming Interface) – это интерфейс прикладного программирования, позволяющий различным программным компонентам взаимодействовать друг с другом [1]. Данная функция прописывается с помощью набора команд на языке программирования JavaScript. В картографическом сервисе Wikimapia, запущенном ещё в 2006 году, используется API интерфейс для добавления на карты географических объектов (рис. 4). Основной принцип сервиса Wikimapia заключается в том, что любой зарегистрированный пользователь может добавить объект на общую карту. Но такой подход сразу ставит под сомнение достоверность некоторых территорий. Поэтому добавление способа визуализации границ лесничеств должно осуществляться квалифицированными специалистами в сопровождении картографических материалов, зарегистрированных в Росреестре. Для этого могут использоваться данные публичной кадастровой карты Росреестра. В интерактивном картографическом сервисе используется комбинаторный подход визуализации границ лесничеств, данные получены на основе многоисточникового подхода



Рис. 3. Схема алгоритмов работы и механизмов реализации

определения контуров лесничеств на карте. Использовались данные открытого картографического сервиса Wikimaria и данные открытой кадастровой карты Росреестра. Программно-техническая реализация данного подхода заключается в следующем: для каждой карты в скрипте прописывается функция инициализации в теле страницы – вызов функций, затем средствами открытого API-интерфейса на карте обозначаются контуры границ лесничеств, после чего данные сохраняются в базе данных сервера картографического сервиса.

алам открытых картографических сервисов (Bing.Maps, Яндекс.Карты, MapQuest). Для этого в сервисе используется распределённое окно карт, которое позволяет выбрать разнородные материалы и сделать первичный анализ на основании отличий и сходств выбранной территории. Каждая из компаний, предоставляющих дистанционные материалы в сети, получает их от поставщиков дистанционных данных (Navteq, Scanex), после того как произошла фотофиксация с аппаратных средств. Так, компания Bing.Maps получает данные

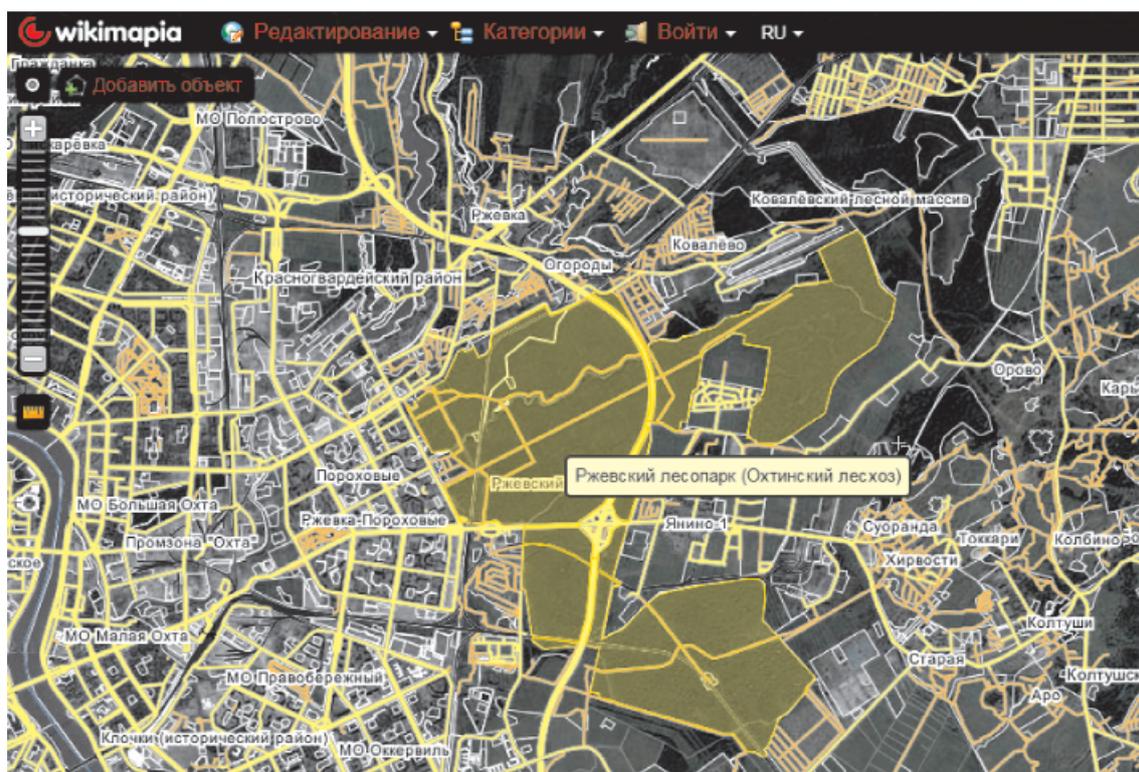


Рис. 4. Визуализация границ Охтинского учебно-опытного лесничества средствами API в картографическом сервисе Wikimaria

Технологическое преимущество просмотра лесничеств в интерактивном картографическом сервисе – заготовленная база с координатами и ссылками на лесничества. После выбора исследуемого лесничества можно загрузить векторный слой для навигации по самому лесничеству, в сервисе при этом должны содержаться слои данных предоставляемых лесничеств в формате KML – (Keyhole Markup Language).

Второй важной задачей в применении интерактивного картографического сервиса в рамках решения лесохозяйственных задач является оценка лесных земель по матери-

от компании Digital Globe, съёмка произведена спутниками WorldView-2 и WorldView-3. Интерфейс в разработанном сервисе на основании спутниковых материалов позволяет сделать оценку следующих параметров:

1. Просмотр изменения естественных границ лесных участков за выбранный период времени.
2. Расчёт площади рубок.
3. Выявление территорий, подвергшихся лесным пожарам.
4. Выявление наиболее актуальных дистанционных материалов съёмки, с календарной даты загрузки их на сервер.

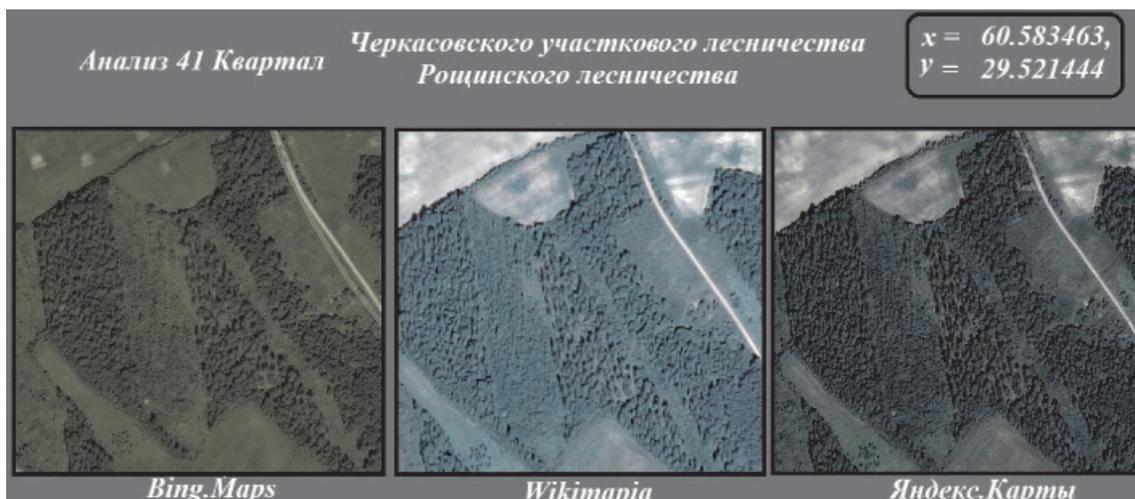


Рис. 5. Анализ территорий лесничества в интерактивном картографическом сервисе

В качестве примера выбрана территория Черкасского участкового лесничества после запуска режима просмотра территории, в интерактивном картографическом сервисе, используя данные трёх открытых картографических интернет-сервисов (рис. 5). В сервисе при помощи встраиваемых инструментов, возможно, рассчитать исследуемую площадь, а также площадь вырубленных территорий.

Для выполнения количественной оценки лесов выбранной местности требуется специальный механизм растровой обработки изображений, интегрированной в сервис. При этом необходимо учитывать, что сам процесс обработки изображения должен представлять набор заранее подготовленных процедур в сервисе. Функция автоматического дешифрирования местности должна быть реализована в сервисе в виде конечного исполняемого запроса, выводимого в окне интерфейса сервиса. Специалистам лесного хозяйства, использующим заготовленную базу запросов с расчётом количественной оценки лесов, при данном подходе нет необходимости расходовать большое количество времени на ручное дешифрирование, используя при этом сложные геоинформационные программы и инструменты обработки изображений.

Компьютерные технологии обработки снимков по специальному алгоритмам и программам (с обучением и без). Дают точность 70–85%. Задача компьютерного дешифрирования снимков сводится к классификации – последовательной сортировке всех пикселей цифрового снимка на несколько групп [2]. Необходимо учитывать тот факт, что автоматическая обработка спутниковых

материалов, основанная на построении алгоритмов распознавания, является сложным технологическим процессом и требует знания нескольких языков программирования и использования профессионального графического программного обеспечения. Совершенствование данных механизмов распознавания увеличит эффективность и точность оценки территории исследования. Процедура определения числа деревьев в сервисе заключается в выполнении пользователем следующего алгоритма:

- 1) исполнитель выбирает необходимую территорию для анализа;
- 2) запускает специальный фильтр (функцию) обработки изображения;
- 3) посылает запрос на выполнение процедуры распознавания;
- 4) сохраняет отчёт результатов количественной оценки лесов.

Операции распознавания на изображениях определенных объектов, как правило, предваряются обработкой изображений для создания условий, повышающих эффективность и качество выделения и распознавания искомым или изучаемых объектов [4]. Механизм распознавания составлен на языке программирования Java, для этого использовался прикладной пакет работы с изображениями *com.sun.image*, исполняемый код реализован в виде скрипта, также была заготовлена база эталонов для точечного сравнения цветовых пикселей. После выделения территории для анализа внутренняя процедура распознавания заключается в следующем: для заготовленной базы эталонов устанавливаются допустимые значения цветовых пикселей,

при обработке которых происходит сравнение выбранной местности с базой эталонов, после этого интерпретатор сопоставляет значения цветовых пикселей эталонов и выбранных местностей. Если совпадение с эталоном более 60%, то данное значение является элементом «Лес». После выполнения данной процедуры в выбранной области отмечаются точки распознанных объектов, в базу данных заносится количество точек всего изображения (рис. 6).

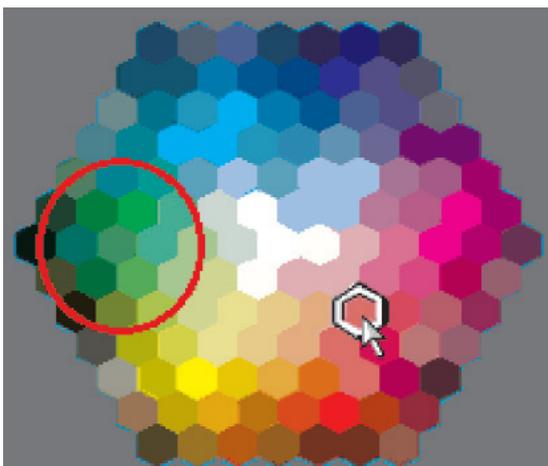


Рис. 6. Выбранная область цвета эталонов для сравнения изображений в системе RGB

Точность определения числа деревьев можно повысить методом расширения базы эталонов, так у механизма сравнения увеличивается вероятность более точного соотношения эталона с обрабатываемой местностью. Часть программного кода скрипта выглядит следующим образом:

```
public static void main(String[] args)
throws IOException {
    BufferedImage img =
    getBufferedImage («D:/taxation/test_Image_
    Spgltu.jpg»);
    System.out.println («Pixel 27,35 red = « +
    new Color(img.getRGB(13, 25)).getRed());
}
```

После обработки файла в интерактивном картографическом сервисе в окне интерфейса программы отображается результат обработки, указывается количество деревьев успешно соотнесенных с базой эталонов. В выбранной территории, в тестовом варианте, представленном на рис. 7, интерпретатор определил 87 деревьев, точность результата 70% в сравнении с ручной визуальной обработкой дешифрирования. В данном примере при подходе автоматического

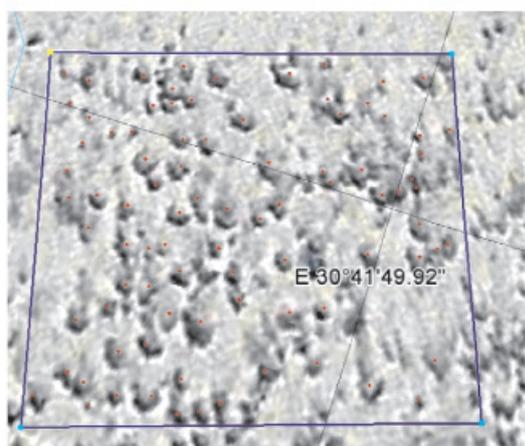
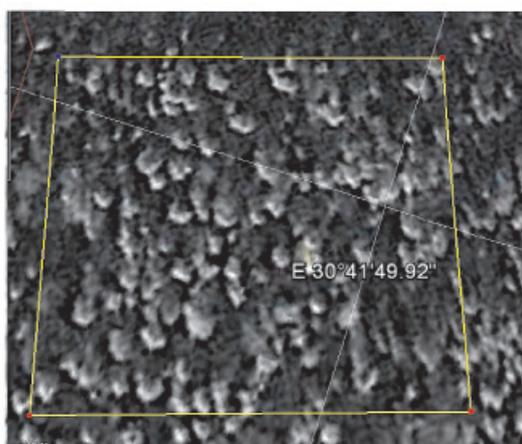


Рис. 7. Выбранная область до обработки и после

Результат распознавания зависит от многих факторов. Основные факторы:

- пространственное разрешение;
- выбранная площадь исследования;
- количество заготовленной базы эталонов;
- количество пикселей на дюйм;
- предварительная обработка фильтром изображения.

расознавания необходимо учитывать тот факт, что в качестве тестового изображения был выбран спутниковый снимок низкого пространственного разрешения, находящийся в открытом доступе в сети открытого картографического сервиса. Более профессиональные изображения, полученные с помощью аэрофотосъемки

или беспилотных летательных аппаратов, значительно повышают точность распознавания. Для того чтобы механизм определения количества деревьев стал составным элементом интерактивного картографического сервиса, необходимо интегрировать данную функцию в сервис. Реализовать данную задачу можно благодаря модульной системе сервиса, где каждая функция представляет собой отдельный модуль, который можно добавить в общую архитектуру всего программного комплекса. Программы разбиваются на модули для того, чтобы: упростить их разработку и реализацию; облегчить чтение программы; упростить их настройку и модификацию; облегчить работу с данными, имеющими сложную структуру; избежать чрезмерной детализации алгоритмов; обеспечить более выгодное размещение программ в памяти ЭВМ [5]. Процедура распознавания состоит из следующего алгоритма последовательных действий: выделение, фильтрация, фрагментация, пикселизация, компарирование, вывод. Связь процедуры распознавания с системой сервиса можно представить в виде блок-схемы (рис. 8).

Использование интерактивного картографического сервиса в качестве мониторинга лесных земель. Механизм распре-

делённого окна карт позволяет проводить оценку труднодоступных территорий, фиксировать точки очагов возгорания лесных пожаров и сохранять результаты карт на сервере. Учитывая особенность интерфейса сервиса, можно проводить оценку до произошедших изменений на территории и после. Стоит также принять во внимание, что периодичность обновления информации на картографических сервисах не регулярна и зависит только от компаний предоставляющих такие данные. Исходя из этого, выбор картографических материалов позволяет выявить наиболее актуальную съёмку выбранной территории для исследования лесов.

Заключение

Данные открытых картографических сервисов на сегодняшний день недооценены, считается, что качество спутниковых изображений, которыми располагают открытые картографические интернет-сервисы, не соответствует специальным требованиям, отмечается плохое разрешение и скудность покрытия качественной съёмкой. Здесь необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на размещение в сети интернет открытых спутниковых данных, которые ранее находились в строгой секретности. Каче-

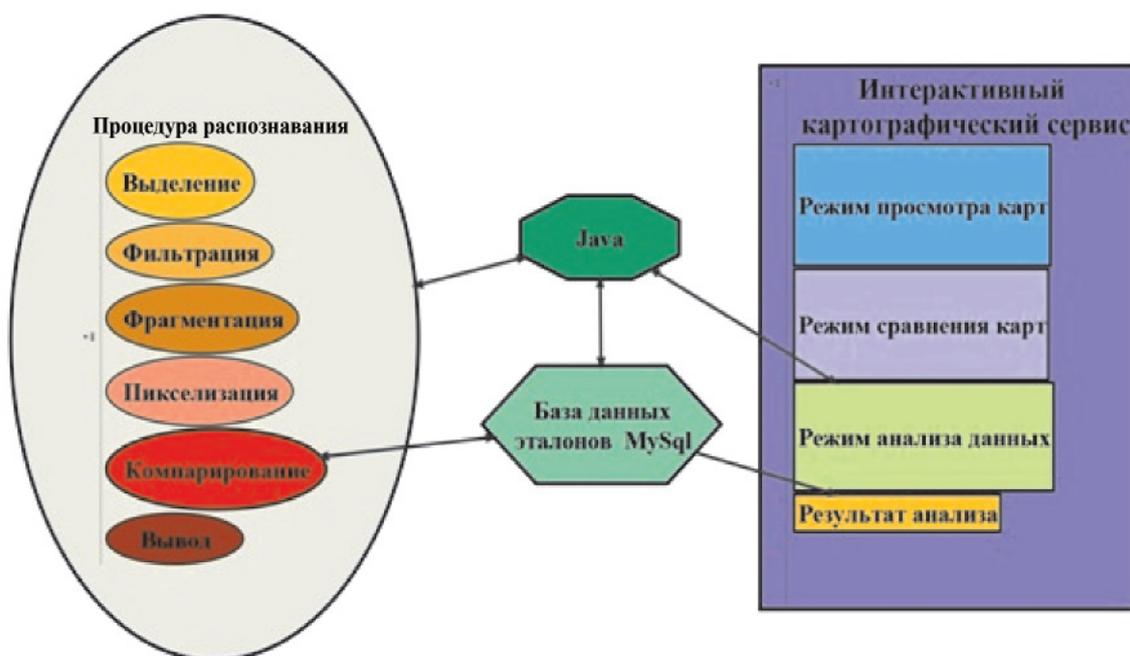


Рис. 8. Схема способа подключения процедуры в интерактивный картографический сервис

ство материалов действительно имеет такую особенность, что не все территории имеют беспрецедентное высокое пространственное разрешение, но разнородность картографических материалов в сети устраняет эту проблему. С повсеместным развитием сети интернет развиваются он-лайн ресурсы и картографические сервисы для сбора, систематизации и анализа данных об окружающей среде и землях лесного фонда. Так в концепции интерактивного картографического сервиса используются материалы сразу нескольких компаний, предоставляющих бесплатный доступ к материалам дистанционного зондирования. Поэтому применение интерактивного картографического сервиса в качестве инструмента для исследования земель лесного фонда является не только возможным, но и новым способом изучения лесов как элемента географического ландшафта. В результате проведенных исследований была раз-

работана технология определения количества деревьев программным способом, интегрированная в интерактивный картографический сервис, что делает возможным применение данной технологии специалистами лесной отрасли.

Список литературы

1. Е-курс для подготовки к экзамену по квалификации специалиста информационной технологии; 2.1.3 Интерфейс прикладного программирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (http://www.e-uni.ee/ekursused/eucip/haldus_vk/213_.html).
2. Константиновская Л.В. Дешифрирование материалов съемок [Электронный ресурс]. – Режим доступа (<http://www.astronom2000.info/different/11-g/>).
3. Кузнецов В.И. Математическое моделирование эволюции леса для целей управления лесным хозяйством: В.И. Кузнецов, Н.И. Козлов, П.М. Хомяков. – М.: Ленанд, 2005. 232 с.
4. Распознавание объектов изображений: цифровая обработка сигналов: лекция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (<http://www.studmed.ru/docs/document1605/content>).
5. Технология разработки программного обеспечения: модульное программирование: лекция [Электронный ресурс]. – Режим доступа (<http://allrefs.net/c52/465v5/p24/>).

УДК 630*2

**ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОМПЛЕКСНОЙ ЯКУТСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ АН СССР
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ (1925–1926 ГГ.)**

Габышева Л.П.

*ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны» СО РАН,
Якутск, e-mail: llp77@yandex.ru;*

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск

В статье приведен исторический обзор лесоводственных исследований Центральной Якутии. Лесоведческое изучение территории Якутии начато в XX веке. Первые специализированные лесоводственные исследования были проведены в 1925–1926 гг. Комплексной Якутской экспедицией АН СССР, созданной Комиссией по изучению ЯАССР, которые внесли большой вклад в изучение лесного покрова Лено-Алданского, Вилюйского регионов Якутии, а также предгорных и горных районов Верхоянского хребта. Впервые специалистами-лесоводами были обследованы и оценены возможности лесных ресурсов Центральной Якутии. В результате исследований были выявлены основные особенности формирования и развития лесного покрова региона, дана подробная таксационная характеристика состава и структуры лесных насаждений основных древесных пород. Была сделана попытка экономической оценки лесных ресурсов и лесного фонда региона, которая впоследствии была использована при лесохозяйственном районировании и развитии лесного хозяйства республики.

Ключевые слова: Центральная Якутия, Ленско-Алданское плато, Комплексная Якутская экспедиция, лесо-экономический подотряд, ботанический подотряд, таксационная характеристика, лесные ресурсы

**THE FORESTS RESEARCHES OF COMPLEX YAKUTIAN EXPEDITION
OF ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
IN THE CENTRAL YAKUTIA (1925–1926)**

Gabyшева L.P.

*Institute for biological problems of cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: llp77@yandex.ru;
North-Eastern Federal University, Yakutsk*

The article gives a historical overview of forestry research in Central Yakutia. The forestry study in Yakutia started from the beginning of the twentieth century. The first specialized forestry research were conducted in 1925–1926 years Yakut Complex Expedition of the USSR Academy of Sciences, established by the Commission for the Study of YASSR. The Expedition made a great contribution to the study of forest cover Leno-Aldan and Viluy region of Yakutia, as well as the foothills and mountainous areas of the Verkhoyansk Range. Foresters were examined and evaluated for the first time the forest resources of Central Yakutia. As a result, studies have identified the main features of the formation and development of forest cover in the region, gave a detailed description of the taxation structure and the structure of forest stands main tree species. An attempt was made an economic assessment of forest resources and forest fund of the region, which was later used in the forestry regionalization and development of forestry of the Republic of Sakha (Yakutia).

Keywords: Central Yakutia, Lena-Aldan plateau, Yakutian Complex Expedition, forest-economic suborder, botanical suborder, taxation characteristics, forest resources

Научный интерес к лесной растительности Центральной Якутии был положен еще в XVIII и XIX столетиях, но исследования имели более натуралистический характер – исследователи занимались одновременно ботаникой, географией, зоологией, этнографией и другими науками. Первые сведения о лесах и древесной растительности этого региона имеются в работах И.Г. Гмелина, А.Ф. Миддендорфа [9], Р.К. Маака [8], А.Л. Чекановского [16] и В.Л. Серошевского [15].

История лесоведческого изучения территории Центральной Якутии, как и всей Якутии, началась в XX веке с исследований финского ученого-лесоведа А.К. Каая-

дера [19–20], посетившего в 1901 г. долину р. Лены на всем ее протяжении. Его работы содержат геоботанические описания лесного покрова, а также первые основы типологии лесов Якутии. В 1912–1914 гг. лесная растительность была изучена известными ботаниками Р.И. Аболиным, В.П. Дробовым и почвоведом Г.И. Доленко в составе экспедиции Переселенческого управления, которое создавалось правительством Российской империи с целью изучения и заселения малообжитых территорий. Царское правительство было заинтересовано в переселении в Сибирь безземельных крестьян из Европейской части

России. Комплексные маршрутные почвенно-геоботанические исследования были проведены на Лено-Вилуйском междуречье [1], Лено-Алданском плато [7], в долинах среднего течения рек Лены и Вилюя [4–5, 7]. Работа Р.И. Аболина, проведенная в 1912 г. в пределах восточной части Лено-Вилуйской равнины и опубликованная лишь в 1929 г., является первой основной в лесном и геоботаническом отношении научной работой об этом регионе, здесь дана более полная характеристика лесной и кустарниковой растительности, типология лесов, проанализированы взаимоотношения растений и среды.

В 1925 г. по предложению председателя Совнаркома ЯАССР М.К. Аммосова к Академии наук СССР была создана комиссия по изучению Якутской АССР. Для изучения природных ресурсов Якутской АССР были созданы специализированные отряды по регионам, отряды подразделялись на подотряды: аэрологический, лесо-экономический, агрономический, геоморфологический, гидрологический и др. В Лено-Алданском плато Центральной Якутии работал Алданский комплексный отряд, руководимый профессором Ленинградского университета А.А. Григорьевым. В состав отряда вошли несколько подотрядов. Геоморфологическим подотрядом руководил сам профессор А.А. Григорьев, почвенным – профессор Ленинградского лесного института А.А. Красюк, ботаническим – профессор Ташкентского университета В.П. Дробов и лесо-экономическим отрядом – заведующий Лесным музеем КЕПС С.Н. Недригайлов. В этой статье остановимся на работе лесо-экономического и ботанического подотрядов 1925 и 1926 гг., их вкладе в лесную науку Якутии.

Маршрут лесо-экономического подотряда

В состав лесо-экономического отряда входили, кроме его начальника и помощника руководителя Алданского отряда С.Н. Недригайлова, научный сотрудник лесовод Г.А. Голубев, лесной техник Д.А. Хмелев и топограф, студент географического института Я.Я. Гаккель, обслуживавший одновременно лесо-экономический и геоморфологический подотряды, работавшие совместно. В задачи лесо-экономического подотряда входило выявление лесных производительных сил исследуемой территории, характеристика лесных ресурсов этих районов и выяснение их народнохозяйственного значения. Основной задачей подотряда было изучение «...несколько

однообразной территории Ленско-Алданского плато» [14], дополнительной – обследование еще не изученного Заалданско-Верхоянского горного района. Чтобы успеть охватить большой маршрут столь широкого района Ленско-Алданского плато, подотряд был разделен на 2 группы: первая группа во главе с Г.А. Голубевым с одним рабочим совместно с почвенным подотрядом обследовали южную часть плато – Ленско-Амгинский район и прошли путь протяженностью около 800 км. Вторая основная группа совместно с геоморфологическим подотрядом обследовала северную часть Ленско-Алданского озерного плато и северный склон Заалданско-Верхоянского горного района на маршруте протяженностью около 1200 км. Такое организационное распределение сил позволило отряду обследовать район общей площадью 200 000 га и пройти маршрут протяженностью около 2000 км за достаточно короткое время.

Маршрут основной группы лесо-экономического подотряда во главе с С.А. Недригайловым, работавшей совместно с геоморфологическим подотрядом, пролегал по северо-западной части Ленско-Алданского плато. 23 июня 1925 г. подотряд начал свой маршрут на лодке вниз по р. Лене до с. Улахан-Алас на правом берегу в 42 км от г. Якутска. Далее маршрут шел по Ленско-Алданскому плато до р. Алдан. Экспедиционный караван с 6 верховыми и 3 вьючными лошадьми, сильно перегруженными экспедиционным имуществом, быстро (30 июня) достиг Дыгдальского берега Алдана. Две недели безрезультатно прошли в ожидании и поисках катера, который к 30 июня уже должен был прибыть к Дыгдальскому берегу с Якутска и доставить еду и снаряжение для дальнейшей экспедиции в Верхоянье, а также транспортировать подотряд вверх по реке Алдан на его правый берег. Но, к сожалению, как удалось узнать после долгого ожидания и поисков, катер попал в аварию и затонул, а маршрут предстояло пройти дальше. Взяв в кредит провизию у торгового парохода во главе с К.К. Байкаловым и И.Я. Стродом, 18 июля экспедиция переместилась на правый берег Алдана и продолжила маршрут по старому Верхоянско-Тукуланскому тракту в сторону Верхоянского хребта на 6 верховых и 11 вьючных лошадях при трех проводниках, не имея достаточного количества продовольствия, теплой одежды и специального снаряжения. Трудный путь по горным хребтам, условия погоды и недостаточность провизии и обмундирования не позволили продолжить подотряду маршрут. Пришлось свернуть обратно со среднего

течения р. Нельгесе (Няльбяхя), расположенной на высоте 1303 м над у.м., чуть дальше р. Сартанг. Обратный путь по Ленско-Алданскому плато совпал с маршрутом ботанического отряда под руководством В.П. Дробова по Старому Верхоянскому тракту. 23 августа подотряд достиг берега Ярмонского берега Бестяха на р. Лена.

Леса южной части Ленско-Амгинского плато исследовал лесовод, выпускник Ленинградского лесного института Г.А. Голубев с одним рабочим совместно с почвенным подотрядом под руководством профессора А.А. Красюка. 21 июня 1925 г. подотряд начал свой маршрут на лодке в южном направлении через с. Бестях до с. Качикатцы по Ленско-Амгинскому водоразделу. Маршрут пролегал затем на лошадях по Ленско-Амгинскому водоразделу (р. Мыла – р. Менда – Ломонхо Хомото), далее по р. Амга до с. Амгинской слободы на плоту по реке. Но из-за постоянных стояний на мели пришлось оставить плот и пройти до с. Сулгаччи по долине на четырех лошадиных подводах и далее по водоразделу р. Амга и Тагта до с. Чурапча. По состоянию здоровья Г.А. Голубеву (заболел тяжелой формой малярии) пришлось вернуться в Якутск по Охотскому тракту, изучая лишь ближайшие к тракту окрестности, не заходя вглубь района.

Работа лесо-экономического подотряда 1925 года является началом плановых лесоводственно-ресурсоведческих исследований лесов Якутии и одной из первых научных лесоводственных работ в лесах Лено-Амгинского междуречья, а также первой лесоводственно-геоботанической работой на территории Верхоянского горного хребта. За время экспедиции подотрядом произведено выборочное обследование лесных ресурсов Ленско-Алданского плато, Ленско-Амгинского водораздела и Верхоянского горного района (ныне – территория Лено-Амгинского междуречья и южные отроги Верхоянского хребта). Подотряд выяснил характер лесной растительности, изучил типы лесов, выполнил таксационную характеристику насаждений, характеристику основных древесных пород. Была сделана попытка анализа лесных площадей по категориям, производительности и запасу древостоев, товарности и фауности; проведены работы по ходу роста деревьев с целью определения возраста спелости древостоев. В лесоводственном отношении работа очень добротная, в заложенных 30 пробных площадях в типичных лесных насаждениях дается подробная таксационная характеристика насаждений, состава и структуры, хода роста 30 древесных стволов, таксация

200 модельных деревьев, выполнены схемы кривых диаметра и высоты ствола.

Итогом экспедиции стала монографическая работа С.Н. Недригайлова «Лесные ресурсы Ленско-Алданского плато и Заалданско-Верхоянского горного района» [14]. К сожалению, обилие собранного материала, трудность окончательной обработки полученных данных не позволили включить весь материал экспедиции в книгу, куда включены материалы по лесным ресурсам северной части Ленско-Алданского плато и Заалданского предгорного и Верхоянского горного района. Книга содержит 31 рисунок, 55 чертежей, 3 профиля, 3 карты и резюме на английском языке. К маршруту прилагается схематический профиль с указанием высоты рельефа над уровнем моря и бонитета деревьев. В книге имеется карта лесных районов вдоль маршрута лесо-экономического подотряда масштаба 1:600000, составленная Я.Я. Гаккелем и С.Н. Недригайловым, показывающая распределение основных типов леса, выделено 14 лесных районов с краткой характеристикой в легенде карты. Материалы экспедиции, включая лесные ресурсы Ленско-Амгинского водораздела, приведены в других работах С.Н. Недригайлова [10–11, 13].

В 1927 г. к десятилетию Октябрьской революции был издан сборник статей «Якутия», в котором по материалам Якутской экспедиции [13] опубликованы работы о природе, хозяйстве, истории и культуре Якутии. В сборнике есть статья С.Н. Недригайлова «Лесные ресурсы и лесная хозяйственная деятельность Якутии», обобщающая итоги лесных исследований Якутии того времени. Работа имеет описательный характер, содержит таксационные характеристики основных формаций леса всей территории Якутии. Попытка автора экономической оценки лесных ресурсов и лесного фонда региона является первой для Якутии оценкой лесных сырьевых ресурсов. В своей книге, анализируя другую работу С.Н. Недригайлова [13], И.П. Щербаков [17] пишет, что «попытка подсчета лесных сырьевых ресурсов по шести комплексам районов республики, выполненная настолько серьезно, что, несмотря на давность работы и необходимость некоторых уточнений, она и в настоящее время представляет большой интерес». С.Н. Недригайлов также затрагивает вопросы лесопользования, заготовки древесины, потребности в древесине, организации лесозаготовки для нужд населения, роли якутского леса в бюджете Республики. Он призывает местные власти уделить внимание регулированию вопроса лесопользования

и охраны лесов от хищнического и небрежного пользования местным населением и «золотодобытчиками». В конце автор пишет заключение, что «несмотря на огромность территории, занятой лесными массивами, особого значения ни с фискальной стороны, ни со стороны развития народного хозяйства – леса в Якутии не имеют», что «потребление леса ограничивается лишь слабо развитым внутренним рынком» и что «лесное хозяйство может получить свое развитие лишь при выходе на внешний рынок или при соединении Якутии железной дорогой» [13]. Зная его специализацию по экономической географии леса, стоит лишь согласиться с высказыванием автора, а с лесоведческой и экологической точек зрения его заключение в настоящее время выглядит спорным. В другой его работе [2, 12] впервые была сделана попытка лесохозяйственного районирования территории Якутии по шести комплексам лесных районов ЯАССР: Северо-Восточный край, Северо-Западный край, Западный край, Центральная часть ЯАССР, Юго-Западный или Ленский край, Южная часть ЯАССР. На основе этого районирования лишь в 1961 г. И.П. Щербаков [18] предложил лесохозяйственное районирование лесного фонда ЯАССР, отличающееся уточненными границами районов, дополнительными сведениями о лесном фонде и выделением еще одного – лесотундрового района.

Во время экспедиции и во всех работах С.Н. Недригайлова можно отметить его отношение к воздействию человека на леса, к сложившемуся состоянию в лесах: «Лесные пожары, бессистемные рубки и ничем и ничем не регулируемое пользование нарушили здесь устойчивость не только надземной живой растительной среды, но и подлесной почвенной обстановки» [14]. Он писал: «...Лиственничная тайга этого района почти повсеместно носит на себе отчетливые и ясные следы постигавших ее, по-видимому, не раз пожарных бедствий. Трудно найти негоревшее когда-либо место, и вся картина развития новых насаждений, взамен истребленных или нарушенных в своей девственной целостности, проходит постепенно пред глазами». Основной и главной причиной пожаров он считал «...хозяйственное воздействие на леса местного человека, сравнительно часто посещавшего окрестную тайгу с целями лесных пользований» [14], в особенности палы.

Маршрут ботанического подотряда

В этом же 1925 году Лено-Алданское плато изучал ботанический подотряд Ал-

данского отряда, состоящий из трех научных работников и трех рабочих. Начальник подотряда В.П. Дробов вел описание растительных ассоциаций и почвенных разрезов, старший научный сотрудник, миколог К.А. Бенуа проводил микологические сборы, младший научный сотрудник, сотрудник Якутского музея А.Я. Тарабукин производил сбор и сушку растений. Перебравшись на правый берег р. Лены напротив г. Якутска, 26 июня подотряд начал экспедицию. Общая длина маршрута равна 1086 км, из них 692 км сухопутных и 394 км по воде. Маршрут пролегал по Охотскому тракту (Якутск – Тюнгиюлю – Чурапча – Черкех – Амгинский перевоз) – р. Амга (Чычымах – Чимнай – Усть-Амга) – р. Алдан (Крест-Халдьжай – устье р. Татты – Алданский перевоз) – Верхоянский тракт (Усть-Танда – р. Танда – оз. Мюрю – оз. Атахан – Ярмонка). За период работ собрано 1690 видов сосудистых растений, 50 культурных, 152 – мхов, 53 – лишайников, банки с водорослями, грибы. Работа подотряда имела чисто геоботанический характер, лесные формации описывались как элемент растительности, где особый упор сделан на напочвенный покров. Исследователь обращает внимание на зависимость основных типов растительности от определенных почвенно-грунтовых условий. Исследованную территорию В.П. Дробов разделил на семь отдельных районов, различных по почвенно-грунтовым условиям и растительности. Для каждого района дал подробную характеристику рельефа, геологических и почвенных условий, растительности и на их основе сделал заключение об экономическом значении района, как можно использовать луга, леса, какую отрасль можно развить в данном районе. Например, он пишет: «Экономическое значение третьего района велико (занимает наиболее высокую часть Ленско-Алданского плато, относится к Тюнгилюнской террасе – от авт.). Обилие луговых пространств по долинам рек и аласных котловин дает возможность развитию здесь скотоводства. Земледелие надо развить за счет расчистки лесной площади, занятой расстроенными насаждениями лиственничного леса. Расчистки из-под леса могут быть использованы не только под пашни, но также и как кормовые площади для выгонов и покосов...» [6]. Основной причиной нарушений лесной растительности, таких как пожары и опустошительные рубки, приводящих к задернению почвы и невозобновлению лиственницы; возникновение в долинах рек эрников на месте гарей и других процессов, В.П. Дробов, как и С.Н. Недригайлов,

считает воздействие человека, не зависящее от местных физико-географических условий, что с сегодняшних позиций не вполне верно.

Маршрут Вилюйского отряда

Лесные исследования в Вилюйском округе Центральной Якутии в 1926 г. проводил лесовод Г.А. Голубев в составе Вилюйского комплексного подотряда [3, 13]. Были обследованы леса к северу от р. Вилюя до Полярного круга. Маршрут пролегал от левого бережья р. Вилюя к северу в общем направлении, совпадающем с направлением р. Тюнг, на обратном пути был обследован водораздел рр. Тюнг и Тюкян. Исследователь изученное пространство, в зависимости от лесорастительных условий, разделил на ряд районов: Вилюйский левобережный район, район развееванных песков, район лиственничных и сосновых лесов и приполярный район, полярный район, прибрежный район р. Тюнга, водораздельный район рр. Тюнга, Вилюя и Тюкяни. С.Н. Недригайлов при описании лесных ресурсов Якутии по лесным районам пишет, что обследованное Г.А. Голубевым «громадное пространство» изученного района охарактеризовано «особенно кратко и дает лишь некоторое самое общее суждение об этом районе [13], имеет меньшее значение для познания лесного покрова Вилюйского края» [11].

Заключение

В целом, экспедиции лесо-экономического и ботанического подотрядов 1925–1926 гг. внесли значительный вклад в изучение лесного покрова Центральной части Якутии, а также предгорных и горных районов Верхоянского хребта. Впервые специалистами-лесоводами были обследованы и оценены возможности лесных ресурсов Центральной Якутии. В результате исследований были выявлены основные особенности формирования и развития лесного покрова региона, дана подробная таксационная характеристика состава и структуры лесных насаждений, основных древесных пород. Была сделана попытка анализа лесных площадей по категориям, производительности и запасу древостоев, товарности и фауности; была составлена карта лесных районов по маршруту исследования. Ими была сделана попытка экономической оценки лесных ресурсов и лесного фонда региона, которая впоследствии была использована при лесохозяйственном районировании и развитии лесного хозяйства республики и представляет до настоящего времени большой интерес для лесного хозяйства.

Работа выполнена в рамках проекта № 0376-2014-0003 Тема 52.2.8. «Лесные

экосистемы криолитозоны Якутии в условиях глобального изменения климата и антропогенного воздействия: состав, структура, продуктивность, прогноз динамики».

Список литературы

1. Аболин Р.И. Геоботаническое и почвенное описание Лено-Вилюйской равнины // Тр. Комис. по изучению ЯАССР. – Л.: Изд-во АН СССР, 1929. – Т. 10. – 378 с.
2. Биркенгоф А.Л., Недригайлов С.Н. Опыт лабораторного исчисления площадей лесов и общих запасов в них древесины по комплексам лесных районов таежной зоны различных провинций ЯАССР // Лесные ресурсы Якутии. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1932. – С. 155–174.
3. Голубев Г.А. К вопросу о составе и распределении лесов Центральной Якутии. // Тр. Геогр. Отд. КЕПС. Вып. II. – Л.: Изд-во АН СССР, 1930. – С. 205–222.
4. Доленко Г.И. Долина р. Лены близ Якутска // Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1912 г. – СПб., 1913. – С. 221–224.
5. Доленко Г.И. Части Лено-Вилюйского водораздела Якутской области // Предварительный отчет об организации и использовании работ по исследованию почв Азиатской России в 1914 г. – СПб., 1916. – С. 53–62.
6. Дробов В.П. Краткий очерк растительности Лено-Алданского плато // Материалы комиссии по изучению ЯАССР. – Л., 1927. – Вып. 8. – 85 с.
7. Дробов В.П. Растительность в районе Якутско-Усть-Майского тракта Якутской области и округа // Тр. почв.-бот. экспедиций по исследованию колонизационных ресурсов Азиатской России. Бот. исследования 1912 г. – Петроград, 1914. – Ч. 2, Вып. 1. – 251 с.
8. Маак Р.К. Вилюйский округ Якутской области. Ч. II. – СПб.: Типография и хромолитография А. Траншеля, 1886. – 504 с.
9. Миддендорф А.Ф. Путешествие на север и восток Сибири // Север и восток Сибири в естественно-историческом отношении. – СПб.: Типография Императорской Академии наук, 1867. – Ч. 1. Отд. 4. – 192 с.
10. Недригайлов С.Н. Северная лесо-экономическая экспедиция Академии наук // Карело-Мурман. край. – 1926. – № 21.
11. Недригайлов С.Н. Лесной покров и лесные ресурсы комплекса лесных районов центральной части ЯАССР // Лесные ресурсы Якутии. –Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1932. – С. 73–93.
12. Недригайлов С.Н. Лесной покров и лесные ресурсы комплекса лесных районов лесного края ЯАССР // Лесные ресурсы Якутии. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1932. – С. 95–102.
13. Недригайлов С.Н. Лесные ресурсы и лесная хозяйственная деятельность Якутии // Якутия: сб. статей. – Л.: Изд-во Академии наук, 2012 (1927). – С. 517–574.
14. Недригайлов С.Н. Лесные ресурсы Ленско-Алданского плато и Заалданско-Верхоянского горного района: Материалы комиссии по изучению ЯАССР. Вып. 12. – Л.: Академия наук СССР, 1928. – 465 с.
15. Серошевский В.Л. Якуты. Опыт этнографического исследования. Т. I. – СПб.: Изд-во Русск. Геогр. об-ва, 1896. – 746 с.
16. Чекановский А.Л. Дневник экспедиции по рекам Нижней Тунгуске, Оленеку и Лене в 1873–1875 гг. / Записки Русск. Геогр. Общества. Т. XX. Вып. I. – М.: Типография императорской академии наук, 1896. – 323 с.
17. Щербаков И.П. Лесной покров Северо-Востока СССР. – Новосибирск: Наука, 1975. – 344 с.
18. Щербаков И.П., Уртаев Г.Т. Леса и лесная промышленность Якутии. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1961. – 108 с.
19. Cajander A. K. Beiträge zur Kenntniss der Vegetation der Alluvionen des nordlichen Eurasiens. I. Die Alluvionen des unteren Lena-Thales. // Acta Soc. Sci. Fennical. – 1903. – Vol. 32, № 1. – P. 1–182.
20. Cajander A.K. Studien über die Vegetation des Urwaldes am Lena-Fluss // Acta Soc. Sci. Fennical. – Helsingfors, 1904. – Vol. 32. № 3.

УДК 633.881:635-154:502.7(571.56)

ПЛАНТАЦИОННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ РЕДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ КАК ПУТЬ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ**Данилова Н.С., Семенова В.В.***ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны» СО РАН,
Якутск, e-mail: vvsemenova-8@yandex.ru*

Среди лекарственных растений флоры Якутии особую группу составляют редкие виды, не подлежащие заготовке в природе. Эксплуатация их возможна только на интродукционной основе. Согласно Красной книге Республики Саха (Якутия) из 17 испытанных в культуре видов 9 относятся к категории 2 – растений, сокращающих численность популяции; сокращение обусловлено не биологией видов, а чрезмерной эксплуатацией растений в качестве сырья. Интродукционная оценка редких лекарственных растений, проведенная по пяти показателям (интенсивность плодоношения, мощность растений в культуре, способность интродуцентов к самовозобновлению, длительность выращивания растений в культуре, устойчивость к болезням и вредителям), позволила выделить среди них 14 высокоустойчивых в культуре видов, 1 устойчивый, 2 слабоустойчивых вида. Виды, входящие в две первые группы, хорошо размножаются семенным или вегетативным путем, нетребовательны к агротехнике и могут быть рекомендованы для плантационного выращивания. Плантационное выращивание редких лекарственных видов может существенно снизить антропогенную нагрузку на природные популяции.

Ключевые слова: Якутия, редкие лекарственные растения, интродукция, выращивание, семенное размножение, вегетативное размножение

PLANTATION CULTIVATION OF RARE MEDICINAL PLANTS AS A WAY OF BIODIVERSITY CONSERVATION**Danilova N.S., Semenova V.V.***Institute of biological problems of cryolithozone Siberian Branch
of the Russian Academy of Science, Yakutsk, e-mail: vvsemenova-8@yandex.ru*

Among the medicinal plants of the flora of Yakutia special group are a rare species that can not be blank in nature. Operating them is possible only on the basis of introduction. According to the Red Book of the Republic of Sakha (Yakutia), of the 17 species tested in culture 9 belong to category 2 – the species, reduces the size of the population; reduction is not due to the biology of species, and over-exploitation of plants as raw materials. Introduction assessment of rare medicinal plants held on 5 indicators (intensity of fruiting, plant capacity in the culture, the capacity for self-multiplication, the length of growing in culture, disease and pest resistance) allowed to distinguish among them 14 highly stable in culture species, 1 stable, 2 weak-stable type. Species included in the first two groups are well propagated by seeds or by vegetative means, undemanding to farming practices and can be recommended for plantation cultivation. Plantation cultivation of rare medicinal species can significantly reduce the human pressure on natural populations.

Keywords: Yakutia, rare medicinal plants, introduction, cultivation, seed propagation, vegetative propagation

Суровые природно-климатические условия Севера откладывают свой отпечаток на функциональное развитие местной флоры. В течение короткого лета растения успевают пройти полный цикл развития побегов, сформировать семена, способные к прорастанию. Все это обеспечивается в течение сжатого вегетационного периода активацией обменных процессов в растениях. В свою очередь, активация обусловлена выработкой биологически активных веществ, стимулирующих метаболические процессы в растениях. На повышенный синтез биологически активных веществ и перспективность флоры Якутии в качестве источника лекарственных растений указывал еще в конце прошлого века А.А. Макаров [6].

В последние десятилетия резко возрастает число людей, не переносящих синте-

тические лекарственные средства и антибиотики, и медицина вынуждена обратить свое внимание на растительные препараты. Лекарственные растения более близки природе человека, действуют более мягко, могут применяться длительное время и не дают нежелательных побочных явлений. Разумное сочетание сильнодействующих синтетических препаратов с фитопрепаратами часто приводит к успешному лечению заболеваний.

В освоении природных ресурсов лекарственных растений определяющим моментом является их общая сырьевая продуктивность, определяемая прежде всего ареалом и природными запасами. Особое внимание здесь должно быть уделено охраняемым или редким лекарственным растениям.

В связи с этим целью исследования является изучение на основе интродукционной устойчивости редких лекарственных растений возможностей их выращивания и размножения и тем самым снижения антропогенной нагрузки на их природные популяции.

Район, объекты и методика проведения работ

Интродукционные работы проводились в Якутском ботаническом саду ИБПК СО РАН на базе коллекции растений природной флоры. Коллекция и прилегающий к ней питомник размножения расположены на 2 надпойменной террасе р. Лены, на мерзлотных лугово-черноземных супесчаных почвах

Объекты исследования – редкие лекарственные растения Якутии, при составлении списка видов руководствовались Атласом лекарственных растений Якутии [1, 2] и Красной книгой РС(Я) [5]. Интродукционная устойчивость растений оценивалась по разработанной нами шкале [4]. Оценке подвергались виды, выращиваемые в коллекции не менее 5 лет.

Результаты работы

А.А. Макаровым [6] среди официальных лекарственных растений Якутии выделены четыре ресурсные группы. Согласно этому делению к первой и второй группам относятся виды, располагающие определенными запасами природного сырья, третью группу составляют растения с ограниченным ареалом в пределах Якутии и с небольшими запасами сырья. Сбор последних в природе автор допускал с теми или иными ограничениями, такими как строго контролируемый сбор растений в природе, учет их ресурсных и биологических возможностей. Растения четвертой группы – редкие и исчезающие виды, не подлежащие заготовке в природе. Эксплуатацию их автор видел только на интродукционной основе.

В целом это деление не утратило своей актуальности и в наше время. Но современная экологическая обстановка, особенно в центральных и южных районах республики – нарушение естественных мест обитания лекарственных растений и, как следствие, снижение биоразнообразия, сокращение растительных ресурсов – вносит свои коррективы. Крайне необходимо проведение планомерных ресурсоведческих исследований лекарственных растений, независимо от их принадлежности к какой-либо из ресурсных групп, их биологии (размножения, темпов возобновления

и т.п.), биохимии. По мнению авторов целесообразно объединить растения третьей и четвертой групп и рекомендовать использование их только на основе плантационного выращивания. Тем более что некоторые виды, которые в схеме А.А. Макарова входят в третью группу, в настоящее время являются охраняемыми [5]. На основе выращивания в культуре могут использоваться также и растения 1 и 2 групп, тем более что питомники лекарственных растений имеют несомненные преимущества перед сбором лекарственного сырья в природе. Заготовка дикорастущих лекарственных растений в природных местообитаниях сопряжена со многими трудностями. Они связаны как с техническими сложностями (географическая удаленность местообитаний растений и отсутствие дорог и др.), так и эколого-биологическими особенностями лекарственных растений (рассеянность произрастания некоторых видов, соблюдение регламента сбора и др.). В то же время выращивание в питомниках на основе знаний об эколого-биологических особенностях лекарственных растений дает возможность в соответствии с условиями года легко регулировать сроки сбора сырья, точно прогнозировать сроки его воспроизводства. Кроме того, уход за посадками гарантирует сбор лекарственных трав без ненужных примесей и загрязнений.

Если эколого-биологические особенности лекарственных растений Якутии в условиях интродукции исследовались в течение многих лет, то влияние культуры на содержание биологически активных веществ в них почти не изучено, имеются лишь отрывочные данные. Наиболее известной из них является публикация А.А. Макарова [7], в которой он приводит факты о повышении суммарного содержания действующих веществ (алкалоидов и эфирных масел) в органах лекарственных растений в первые четыре года после пересадки из природных местообитаний в питомник. Эти данные свидетельствуют о потенциальных возможностях повышения содержания действующих веществ растений при интродукции в Якутии и о возможности их плантационного выращивания.

Список редких лекарственных видов составляет 19 видов. Из этого разнообразия 9 видов относятся к категории 2 – сокращающих численность популяции. Это сокращение обусловлено не биологическими особенностями растений, а чрезмерной эксплуатацией их в качестве ресурсных

видов. Поэтому вполне понятно, что адаптационные, а в нашем случае интродукционные возможности видов достаточно высоки. Интродукционная оценка редких лекарственных растений, которая проводилась по пяти показателям (интенсивность плодоношения, мощность растений в культуре, способность к самовозобновлению, длительность выращивания в культуре, устойчивость к болезням и вредителям), позволила выделить среди них 14 высокоустойчивых в культуре видов, 1 устойчивый, 2 слабоустойчивых. Кроме того, 2 вида находятся в интродукционном испытании всего 2–3 года и оценке не подвергались.

Виды, входящие в две первые группы, можно рекомендовать для широкого разведения, агротехника их не составляет трудностей.

Adonis sibirica Patr. ex Ledeb. – Стародубка сибирская. Сокращает численность популяций, категория 2 [5]. Применяют при сравнительно легких формах хронической недостаточности кровообращения, а также в качестве средства, успокаивающего центральную нервную систему. Растение давно известно в народной медицине Сибири как средство от сердечных, желудочных, и нервных болезней. Отвар травы применяют при лечении водянки [6, 9]. Размножают семенами, предпочтителен осенний посев. При необходимости можно размножать вегетативно, деление лучше проводить ранней весной до отрастания. Хорошо растет на открытых, хорошо освещаемых участках, предпочитает легкие почвы, умеренный полив. В отдельные годы поражается мучнистой росой.

Aquilegia sibirica Lam. – Водосбор сибирский. Сокращает численность популяций, категория 2 [5]. В народной медицине настой травы используют при лечении пневмонии, катаральной желтухи и гастроэнтерита [3]. Хорошо размножается семенами. Оптимальный срок посева – май. При выращивании не требует особых условий, отзывчив на регулярный, обильный полив. Неустойчив к мучнистой росе.

Delphinium grandiflorum L. – Живокость крупноцветковая. Сокращает численность популяций, категория 2 [5]. В народной медицине Сибири настой травы применяли при дизентерии, судорогах, параличах, эпилепсии, водянке [10].

Выращивание и размножение *D. grandiflorum* не представляет трудностей. Вид хорошо размножается семенами, лабораторная всхожесть их высока и в отдельные

годы достигает 100%. Рекомендуются как весенний, так и подзимний посев. Хорошо растет на небогатых, но хорошо увлажняемых почвах. Устойчив к вредителям и болезням.

Paeonia anomala L. – Пион марьян корень. Сокращает численность популяций, категория 2 [5]. Препараты из пиона марьяна корня применяют при лечении язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гастритов. Также они обладают сильными протистоцидными и бактерицидными свойствами. Применяют также препараты марьяна корня как седативное средство при неврастении, бессоннице, вегетативно-сосудистых нарушениях [9]. Семена пиона прорастают с трудом и поэтому для вывода их из состояния покоя требуется стратификация при температуре 1–2°C в течение трех месяцев. При весеннем посеве стратифицированными семенами всходы появляются через 30–40 дней. До появления всходов и после не следует допускать пересушивания почвы и зарастания сорняками. Начиная с третьего года жизни требуется двухразовая пикировка. Допускается вегетативное размножение делением куста. К почвенным условиям нетребователен, необходим умеренный полив, предпочитает открытые, хорошо освещенные солнцем места.

Rhodiola rosea L. – Родиола розовая, золотой корень. Сокращает численность популяций, категория 2 [5]. Жидкий экстракт родиолы применяют в качестве стимулирующего средства при астенических и неврастенических состояниях, повышенной утомляемости, вегетативно-сосудистой дистонии. Рекомендуются больным, перенесшим соматические или инфекционные заболевания, больным с функциональными нарушениями нервной системы, а также здоровым людям при пониженной работоспособности, вызванной переутомлением или стрессовыми ситуациями. Особую ценность золотой корень представляет для жителей северных регионов [9].

Родиолу можно размножать семенами и вегетативно. В условиях культуры на агротехническом фоне у родиолы розовой резко усиливается побегообразовательная способность. Каждые 2–3 года растения можно размножать путем деления корневища. Оптимальные сроки для деления – первая половина мая или сентябрь. Приживаемость деленок 100%-ная. Участок под выращивание родиолы выбирают на открытых, хорошо освещаемых местах, почвы должны быть дренированы и хорошо увлажнены. При недостаточном уходе поражается тлей.

Thermopsis lanceolata subsp. *jacutica* (Czeft.) Schreter. – Термописис якутский. Эндемичный подвид Центральной Якутии. Сокращает численность популяций, категория 2 [5]. Используется как отхаркивающее и успокаивающее кашель при хронических бронхитах, остаточных пневмониях, различных лёгочных заболеваниях [8].

Длиннокорневищное растение, за счет интенсивного вегетативного разрастания семенное размножение у термописиса подавлено. Размножение возможно только вегетативным путем, делением корневища. Сроки деления – ранняя весна до отрастания или осень, перед уходом растения в зиму. Глубокое, до 10 см, залегание в почве почек возобновления требует осторожного выкапывания растения с глубоким комом земли. Корневища с поврежденной корневой системой погибают. К почвам нетребователен, засухоустойчив, хорошо растет на открытых сухих солнечных местах.

Scutellaria baicalensis Georgi – Шлемник байкальский. Согласно Красной книге РС(Я) [5] неопределенный, требующий проверки вид, категория 4, включен в список на основе литературных данных. В 2006 г. найден в окр. пос. Верхняя Амга, коллекции с 2007 г. Препараты шлемника малотоксичны. Применяют как гипотензивное при гипертонии и успокаивающее при сердечно-сосудистых неврозах [10].

Хорошо размножается семенами. Оптимальные сроки посева – весенний (май) и подзимний (конец сентября). К условиям выращивания нетребователен.

Centaurea scabiosa L. – Василек скабиозовый. Неопределенный, требующий проверки вид, категория 4 [5]. В народной медицине настой травы пьют от грыжи, надсады, при лихорадке, головной боли, припадках, гонорее, параличе [3]. Ванны и примочки из отвара травы рекомендуют при диатезах [10].

Размножают семенами, сроки посева – май. Первое цветение отмечается на втором году жизни. Предпочитает рыхлые, увлажненные и богатые гумусом почвы. Хорошо растет на открытых солнечных местах. При надлежащем уходе образует мощные, сильно ветвистые кусты с многочисленными одновременно цветущими корзинками

Leucanthemum vulgare Lam. – Нивяник обыкновенный. Редкий только в Якутии, категория 3 г [5]. Наружно в виде мази используют при чесотке и некоторых кожных заболеваниях [10].

Размножение семенное. Посев проводят под зиму свежесобранными семенами или ранней весной. Семена обладают высокой всхожестью. Полный жизненный цикл нивяника – 4–5 лет. Предпочитает открытые, солнечные места. Почва должна быть рыхлой, удобренной, с хорошим доступом влаги и воздуха.

Hemerocallis minor Miller. – Красоднев малый [5]. Редкий только в Якутии (категория 3 г). В народной медицине отвар цветков используют в качестве сердечного средства, настой стеблей и листьев принимают при желтухе, а всю надземную часть с цветками – в виде настоя от ревматизма [10].

Размножают семенами и вегетативно. Семена отличаются высокой всхожестью, не требуют стратификации; посев можно проводить и весной и осенью. Первое цветение отмечается на третий год жизни, на пятый год жизни образуются мощные кусты, которые можно делить. Оптимальные сроки деления куста – ранняя весна, до весеннего отрастания. Деленки хорошо приживаются, выпадов почти не наблюдается. Предпочитает умеренно влажные места, рыхлые перегнойные почвы. Светолюбив.

Trollius asiaticus L. – купальница азиатская. Сокращает численность популяций, категория 2 [5]. В народной медицине настой цветков применяют как мочегонное, противовоспалительное, противогинготное средство [10].

Размножают семенами, оптимальные сроки посева – под зиму. Всходы немногочисленны, весьма неустойчивы – чтобы уберечь их необходимо затенение и постоянное увлажнение. Первое цветение наблюдается на третьем году жизни. Плохо переносит частые пересадки, может расти более 10 лет на одном месте. Предпочитает влажные, богатые перегноем почвы, лучше растет на открытых солнцу местах. В засушливые годы поражается мучнистой росой.

Polygonatum odoratum (Mill.) – Купена душистая. Редкий только в Якутии, категория 3 г [5]. В народной медицине корневища купены используют в качестве обволакивающего и смягчительного средства, а также при простуде, грыже, опухолях [10].

В условиях культуры ежегодно цветет, но почти не образует семян – семенное размножение подавляется и компенсируется интенсивным вегетативным. Деление корневища проводят ранней весной, в мае. К почвенным условиям нетребователен,

но мульчирование перегноем не отторгает. Не переносит пересыхания почвы; предпочитает затенение, но неплохо растет и на открытых местах.

Bergenia crassifolia (L.) Fritsch. – Бадан толстолистный в Красной книге РС(Я) [5] позиционирован как неопределенный, требующий проверки, категория 4. Корни и корневища бадана толстолистного обладают антимикробным, противовоспалительным и вяжущим действием. В медицинской практике препараты бадана назначают внутрь при инфекционных колитах и энтероколитах и наружно – для полосканий при заболеваниях полости рта; в гинекологии в виде спринцеваний применяют при лечении эрозии шейки матки. Водный настой корневищ рекомендован при острой бациллярной дизентерии [1].

Размножение семенами в условиях культуры несколько затруднено. В первые годы жизни сеянцы развиваются медленно. Поэтому предпочтительней вегетативное размножение. Каждые 3–4 года можно проводить деление куста. При этом выход продукции с одного растения – 5–7 делёнок. Деление растения лучше производить ранней весной или в августе. В Якутском ботаническом саду начаты работы по размножению бадана *in vitro*.

Предпочитает хорошо дренированные легкие и средние суглинистые почвы, на богатых почвах усиливается побегообразование, разрастается вегетативная сфера. Хорошо растет на свету и в тени. Не переносит засуху, а также застойное переувлажнение. Устойчив к болезням и вредителям.

Phlojodicarpus sibiricus (Fisch. ex Spreng.) K.-Pol. – Вздуплодник сибирский. Сокращает численность популяций, категория 2 [5]. В медицине используются корни растения, из которых получают препараты, применяемые как спазмолитические средства, оказывающие сосудорасширяющее действие на некоторые венечные сосуды, а также снимающие спазмы кишечника [9]. В якутской народной медицине отвар корней применяют при туберкулезе легких, желудочно-кишечных, сердечно-сосудистых болезнях, при зубной боли [6].

Легко размножается семенами. Сроки посева – май, сентябрь. К почвенным условиям нетребователен; хорошо восстанавливается после пересушивания, но лучше

растет на умеренно увлажненных почвах; предпочитает открытые солнечные места. Культуру вздутоплодника часто осложняют вредители. При недостаточном уходе – нерегулярном поливе и голодании – создаются благоприятные условия для развития на них тли. Мясистые корни привлекают мышей полевков.

Rhodiola quadrifida (Pall.) Fisch. et Mey. – Родиола четырехчленная. Редкий, категория 3 в [5]. В народной медицине известно как тонизирующее и стимулирующее средство [10].

В условиях Центральной Якутии вегетация родиолы северной непродолжительна, в конце июля растения уходят в покой. Семена не завязываются, но в условиях питомника отмечается интенсивное вегетативное разрастание. Размножение вегетативное, оптимальные сроки для деления – ранняя весна до отрастания. Приживаемость делёнок высокая. Предпочитает освещенные места, проточное увлажнение, но плохо переносит летнюю жару.

К слабоустойчивым в культуре относятся 2 редких лекарственных вида. Неустойчивых видов не отмечено.

Aconitum volubile Pall. ex Koelle. – Аконит вьющийся. Редкий только в Якутии, категория 3 г [5]. С 1966 г. в коллекции испытывались несколько образцов, собранных из разных районов Якутии. Трудно размножаемый вид, образует небольшое количество семян.

Polygala sibirica L. – Истод сибирский. Редкий только в Якутии, категория 3 г [5]. Неоднократно привлекался в коллекцию, через 1–2 года выпадает из состава коллекции. Интродукция и размножение этих видов требует дальнейшего изучения.

Также в изучении находятся 2 вида, недавно привлеченные в культуру *Prunella vulgaris* L. – черноголовка обыкновенная (2012 г., окр. г. Нерюнгри, Южная Якутия) и *Tussilago farfara* L. – мать-и-мачеха обыкновенная (2013 г., Ресурсный резерват «Пилка», юго-запад Якутии). Предварительные результаты показали, что интродукция этих видов, перенесенных из южных районов Якутии с более мягкой зимой, затруднена. *Prunella vulgaris* ежегодно в течение 3 лет вымерзает, восстановление вида в коллекции идет за счет ежегодных посевов. *Tussilago farfara* уязвим во время весенних заморозков.

Выводы

1. Из 17 испытанных в культуре видов 9 относятся к категории 2 – сокращающих численность популяции; сокращение обусловлено не биологией видов, а чрезмерной эксплуатацией растений в качестве сырья.

2. В условиях интродукции 14 видов проявили себя как высокоустойчивые, 1 – устойчивый. В культуре эти виды хорошо размножаются семенным или вегетативным путем, нетребовательны к агротехнике и могут быть рекомендованы для плантационного выращивания.

3. Плантационное выращивание редких лекарственных видов может существенно снизить нагрузку на природные популяции.

Работа выполнена в рамках НИР VI.52.1.11. «Разнообразие растительного мира таежной зоны Якутии: структура, динамика, сохранение» (№ госрегистрации 01201282190.

Список литературы

1. Атлас лекарственных растений Якутии. Т.1: Лекарственные растения, используемые в научной медицине. – Якутск: ЯФ Изд. СО РАН, 2003. – 194 с.
2. Атлас лекарственных растений Якутии. Т.2: Лекарственные растения, используемые в народной медицине. – Якутск: Изд. ЯНЦ СО РАН, 2005. – 224 с.
3. Верещагин В.И., Соболевская К.А., Якубова А.И. Полезные растения Западной Сибири. – М.-Л.: Наука, 1959. – 350 с.
4. Данилова Н.С. Основные закономерности интродукции травянистых растений местной флоры в Центральной Якутии // Бюл. Гл. ботан. сада. – 2000. – Вып. 179. – С. 3–8.
5. Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / МОП РС (Я), Департамент биологических ресурсов. – Якутск: НИПК «Сахаполиграфиздат». – 2000. – 256 с.
6. Макаров А.А. Биологически активные вещества в растениях Якутии. – Якутск: ЯНЦ, 1989а. – 155 с.
7. Макаров А.А. Влияние начального периода интродукции на содержание действующих веществ в некоторых местных лекарственных растениях // Биологические проблемы Севера. VI симпозиум. – Вып. 4. Тезисы докладов. – Якутск: Изд. ЯФ СО АН СССР, 1974. – С. 51–55.
8. Макаров А.А. Лекарственные растения Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1989б. – 192 с.
9. Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. – Новосибирск: Наука, 1991. – 431 с.
10. Телятьев В.В. Целебные клады. – Иркутск: Восточно-Сибирское кн. изд-во, 1991. – 400 с.

УДК 631.811.94 : 631.559.2

ВЛИЯНИЕ ПОЛНОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ, КРЕЗАЦИНА И КРЕМНИЕВЫХ АГРОРУД НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ И СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ МОСКОВСКАЯ 39

Козлов А.В., Овезов В.Р., Тарасов И.А.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru

В работе рассмотрены результаты изменения биологической продуктивности озимой пшеницы сорта *Московская 39* и структуры ее урожая, полученные в микрополевоом опыте, в котором изучали совместное действие синтетического стимулятора роста Крезацин и различных доз высококремнистых пород – диатомита, цеолита и бентонитовой глины, внесенных в почву совместно с полным минеральным удобрением. Установлено, что в условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Борского района Нижегородской области на фоне НРК и обработки растений Крезацином наиболее эффективной дозой является двойная и тройная доза (6 и 12 т/га) по диатомиту и бентонитовой глине и двойная доза (6 т/га) по цеолиту. Наибольшие прибавки здесь достигают 24% по диатомиту и 20% по бентониту в отношении общей биомассы озимой пшеницы, а также – 16% и 32% соответственно в отношении зерна культуры.

Ключевые слова: озимая пшеница, биопроductивность культуры, структура урожая, диатомит, цеолит, бентонитовая глина, Азофоска-15, Крезацин

INFLUENCE OF FULL MINERAL FERTILIZER, KREZACIN AND SILICON AGRICULTURAL ORES ON THE BIOPRODUCTIVITY AND STRUCTURE OF THE HARVEST OF WINTER WHEAT MOSCOW 39

Kozlov A.V., Ovezov V.R., Tarasov I.A.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru

In work results of change of biological efficiency of winter wheat of a grade *Moscow 39* and the structures of her harvest, received in a microfield experiment, in which studied joint action of a synthetic growth factor Krezacin and various doses of high-siliceous breeds – diatomite, zeolite and the bentonite clay, brought in the soil together with full mineral fertilizer are considered. It is established that in the conditions of cespitose and podsolc sandy loamy soils of Borsky district of the Nizhny Novgorod area against NPK and processing of plants by Krezacin the most effective dose is the double and threefold dose (6 and 12 t/hectare) on diatomite and bentonite clay, and a double dose (6 t/hectare) on zeolite. The greatest increases reach 24% on diatomite and 20% on bentonite concerning the general biomass of winter wheat here, and also – 16 and 32% respectively concerning culture grain.

Keywords: winter wheat, culture bioproductivity, structure of a harvest, diatomite, zeolite, bentonite clay, Azofoska-15, Krezacin

В настоящее время одной из наиболее актуальных задач прикладной агроэкологии является поиск экологически и экономически приемлемых способов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур за счет применения нетрадиционных источников их минерального питания. К таковым, как правило, относят вещества, не являющиеся туками промышленного производства, но активно применяющиеся в качестве сыромолотых пород или обработанных удобрительных веществ в местном земледелии.

Возрастающий интерес к агрономическому изучению силикатных руд, несмотря на всеобщую признанность значимости кремния и его соединений в жизни растений и животных [1], зачастую наталкивается на научный стереотип о биохимической инертности кремниевых соединений. Это приводит к недостаточной информированности сельхозтоваропроизводителя о воз-

можности улучшения агрономических свойств почв [4] и повышения продуктивности культурных растений [5] при внесении в почву таких природных веществ, как диатомиты, цеолиты и бентонитовые глины.

Вместе с тем данные вещества, по сути являющиеся алюмосиликатными породами органогенного, осадочного и вулканогенно-осадочного генезиса, содержат до 80% SiO₂, наполовину представленного аморфной формой, которая, в свою очередь, наиболее подвержена внутрпочвенному разложению и высвобождению кремния в виде силикат-аниона в почвенный раствор. Такие подвижные кремниевые соединения способны оказывать действие на кислотность почвы, ее микробное состояние, подвижность почвенных фосфатов, а также на продуктивность сельскохозяйственных культур и их устойчивость к неблагоприятным факторам вегетационного периода [6, 7, 8, 9].

Цель исследования. Ранее [3] в строго контролируемых условиях вегетационных опытов было установлено, что диатомит в различных дозах способен оказывать положительное воздействие на биопродуктивность злаковых культур, повышая при этом содержание клейковины в зерне и клетчатки в соломе. В рамках настоящих исследований была поставлена цель изучить в условиях микрополевого опыта изменение биопродуктивности озимой пшеницы и структуры ее урожая, подверженных комплексному влиянию диатомита, цеолита и бентонитовой глины, различные дозы которых использовали по фону полного минерального удобрения и обработки растений синтетическим стимулятором роста Крезацином.

лятор роста, в физиологическом смысле являющийся адаптогеном широкого спектра действия растений и животных. Данный препарат повышает устойчивость организма к длительному воздействию неблагоприятных факторов: пониженной и повышенной температуры, пониженному содержанию элементов питания в почве, засухи и многих других.

В растениях препарат способствует усилению биосинтеза белков и нуклеиновых кислот, повышает активность ферментов. Крезацин способствует активизации устойчивости организмов к болезням, что проявляется в увеличении естественной продуктивности, повышению урожайности и качества продукции.

Изучаемый диатомит Инзенского месторождения (Ульяновская область), цеолит Хотынецкого месторождения (Орловская область) и бентонитовая глина Зырянского месторождения (Курганская область) содержат элементы питания растений, количество которых представлено в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемых высококремнистых пород

Порода	Элемент в оксидной форме (процент на абс.-сух. вещество)					
	SiO ₂ (общ.)	SiO ₂ (аморф.)	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	MgO
Диатомит	83,1	42,1	1,25	0,05	0,52	0,48
Цеолит	56,6	26,7	1,25	0,23	13,3	1,90
Бентонит	52,3	33,4	0,92	0,12	5,49	3,03

Материалы и методы исследования

В сезон 2014 г. на базе картофелеводческого предприятия ООО «Элитхоз» Борского района Нижегородской области был заложен микрополевым опытом с озимой пшеницей сорта *Московская 39*, на которой испытывали совместное действие Крезацина, полного минерального удобрения и различных доз кремнийсодержащих агроруд – диатомита, цеолита и бентонитовой глины.

Схема опыта предусматривала вариант с использованием Крезацина и НРК, учитываемых в качестве фона (вар. 1), а также по три варианта с совместным внесением в почву минеральных удобрений, трех доз диатомита (вар. 2, 3 и 4), цеолита (вар. 5, 6 и 7), бентонитовой глины (вар. 8, 9 и 10), на каждую из которых накладывалась обработка растений стимулятором Крезацином. Агроруды вносили однократно в летний период 2014 г. в пахотный слой почвы при закладке опытов в дозах из расчета по 3, 6 и 12 т/га каждой руды. Полное минеральное удобрение культуры проводили путем внесения в почву Азофоски-15 совместно с кремниевыми агрорудами из расчета N₈₀P₈₀K₈₀ кг/га действующего вещества. Дозы Крезацина для обработки озимой пшеницы были взяты в соответствии с рекомендациями производителя. Обработку препаратом проводили трехкратно: обработка семян пшеницы путем их замачивания в растворе препарата перед посевом; обработка культуры весной 2015 г. в начале роста (фаза кущения), а также обработка в летний период 2015 г. во время активной вегетации (в фазе начала цветения).

Крезацин (действующее вещество – трис(2-гидроксиэтил)аммоний *o*-толилокси-ацетат) – регу-

лятор роста, сложенном дерново-подзолистой легкосуглинистой почвой, которая характеризуется низким содержанием гумуса, среднекислой реакцией среды, а также средней обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия. Озимую пшеницу убирали в фазу полной спелости зерна (август 2015 г.). Площадь делянки – 1 м², расположение делянок рандомизированное, биологическая повторность в опыте – четырехкратная.

Математическая обработка результатов исследований выполнена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [2] с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

Результаты исследования и их обсуждение

В опыте определяли степень влияния доз кремниевых агроруд, наложенного на действие полного минерального удобрения и стимулятора роста Крезацина, на биологическую продуктивность озимой пшеницы и структуру ее урожая. Общую биомассу, урожайность зерна и соломы измеряли весовым методом, затем рассчитывали их соотношение.

Так, в опыте установлено положительное влияние исследуемых пород на общую биопродуктивность озимой пшеницы (табл. 2).

Таблица 2

Влияние кремнийсодержащих агроруд, NPK и Крезацина (КЦ) на общую продуктивность озимой пшеницы

№ п/п	Вариант	Общая биомасса, г/делянка			Соотношение зерно:солома
		среднее	± к фону		
			г/делянка	%	
1	NPK + КЦ (фон)	526	–	–	1:1,19
2	NPK + КЦ + Диатомит ₁	580	54	10	1: 1,30
3	NPK + КЦ + Диатомит ₂	651	125	24	1:1,34
4	NPK + КЦ + Диатомит ₃	640	114	22	1:1,37
5	NPK + КЦ + Цеолит ₁	553	27	5	1:1,24
6	NPK + КЦ + Цеолит ₂	605	79	15	1:1,29
7	NPK + КЦ + Цеолит ₃	597	71	13	1:1,28
8	NPK + КЦ + Бентонит ₁	603	77	15	1:1,21
9	NPK + КЦ + Бентонит ₂	630	104	20	1:1,19
10	NPK + КЦ + Бентонит ₃	691	165	31	1:1,18
НСР₀₅			79	13	–

На вариантах с совместным применением Крезацина (КЦ) и минимальных доз кремнийсодержащих агроруд, внесенных в почву совместно с полным NPK, наблюдалась тенденция к увеличению общей биомассы озимой культуры. Минимальная прибавка здесь была отмечена на варианте с цеолитом (5%), максимальная – на варианте с бентонитовой глиной (15%).

На вариантах с двойной и тройной дозами диатомита (вар. 3 и 4) и бентонита (вар. 9 и 10) было отмечено достоверное повышение общей продуктивности культуры. Однако при исследовании доз диатомита и цеолита максимальное повышение общей биомассы пшеницы отмечалось только при двойной дозе (на 24% на варианте с диатомитом и на 15% на варианте с цеолитом).

На вариантах с совместным применением Крезацина и бентонитовой глины была установлена максимальная прибавка при тройной дозе породы – на 31%. Также здесь отмечалась 15% достоверная прибавка за счет четырехкратного увеличения дозы бентонита.

В части соотношения зерна и соломы в общей биомассе озимой пшеницы нужно отметить, что на всех вариантах совместного применения Крезацина, NPK и кремнийсодержащих агроруд доля соломы в общей массе урожая всегда была увеличена. Только на варианте 10, при применении стимулятора роста и наибольшей дозы бентонитовой глины, доля зерна была выше, чем на фоне.

При увеличении дозы кремнистых пород доля соломы увеличивалась: на вариан-

тах с диатомитом – до тройной дозы, на вариантах с цеолитом – до двойной дозы. На вариантах с бентонитом доля соломы части урожая стабильно снижалась.

В табл. 3 показаны изменения в массе зерна и соломы озимой пшеницы, происходящие на исследуемых вариантах.

В отношении зерна озимой пшеницы следует указать, что на вариантах с минимальными дозами кремнийсодержащих пород, вносимых по фону NPK и Крезацина, были отмечены прибавки в массе: минимальная – по цеолиту (3%), средняя – по диатомиту (5%) и наибольшая – по бентонитовой глине (14%), которая к тому же оказалась статистически достоверной.

На вариантах с применением диатомита и цеолита наибольшее количество зерна было отмечено при двойных их дозах. Однако только при внесении в почву двойной дозы диатомита данная 16%-ная прибавка была существенной. В отношении вариантов с цеолитом здесь отмечалась только тенденция.

На всех вариантах применения бентонитовой глины совместно с NPK и Крезацином были установлены достоверные прибавки в урожае зерна пшеницы относительно фона, наибольшая из которых – 32% отмечалась при тройной дозе агроруды. Также необходимо указать, что на данном варианте отмечалась достоверная прибавка за счет четырехкратного увеличения дозы бентонита, которая составила 16% по отношению к варианту с однократной дозой.

Таблица 3

Влияние кремнийсодержащих агроруд, NPK и Крезацина (КЦ)
на урожайность зерна и соломы озимой пшеницы

№ п/п	Вариант	Зерно, г/делянка			Солома, г/делянка		
		среднее	± к фону		среднее	± к фону	
			г/дел.	%		г/дел.	%
1	NPK + КЦ (фон)	240	–	–	286	–	–
2	NPK + КЦ + Диатомит ₁	252	12	5	328	42	15
3	NPK + КЦ + Диатомит ₂	278	38	16	373	87	30
4	NPK + КЦ + Диатомит ₃	270	30	13	370	84	29
5	NPK + КЦ + Цеолит ₁	247	7	3	306	20	7
6	NPK + КЦ + Цеолит ₂	264	24	10	341	55	19
7	NPK + КЦ + Цеолит ₃	262	22	9	335	49	17
8	NPK + КЦ + Бентонит ₁	273	33	14	330	44	15
9	NPK + КЦ + Бентонит ₂	288	48	20	342	56	20
10	NPK + КЦ + Бентонит ₃	317	77	32	374	88	31
НСР₀₅			27	10		41	12

Продуктивность солоистой части урожая озимой культуры также была положительной при совместном применении Крезацина, полного NPK кремнийсодержащих агроруд по отношению к фону. Здесь установлена наибольшая прибавка в массе на вариантах с двойной дозой диатомита (на 30%) и цеолита (на 19%). В отношении вариантов с бентонитовой глиной наибольший выход соломы отмечался при его тройной дозе – 31%.

При двукратном повышении дозы диатомита была установлена 14%-ная прибавка массы соломы по отношению к ее массе, полученной на варианте с однократной дозой. При этом при четырехкратном повышении дозы диатомита и бентонитовой глины также отмечались равноценные прибавки в 13% относительно ее массы, полученной на вариантах с однократными дозами кремнистых пород.

Выводы

Результатами микрополевого опыта показано совместное влияние кремнийсодержащих пород, полного минерального удобрения культуры и синтетического стимулятора роста Крезацина на биологическую продуктивность озимой пшеницы и структуру ее урожая. Установлено, что в условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Борского района Нижегородской области на фоне Крезацина и NPK наиболее эффективной дозой является двой-

ная и тройная доза (6 и 12 т/га) по диатомиту и бентонитовой глине, и двойная доза (6 т/га) по цеолиту. Наибольшие прибавки здесь достигают 24% по диатомиту и 20% по бентониту в отношении общей биомассы озимой культуры, а также – 16 и 32% соответственно в отношении зерна пшеницы.

Список литературы

1. Вернадский В.И. Биосфера (Избранные труды по биогеохимии). – М.: Мысль, 1967. – 374 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
3. Козлов А.В. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, Е.А. Яшин // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 23.
4. Козлов А.В. Экологическая оценка влияния диатомита на фитоценоз и состояние почвенно-биотического комплекса светло-серой лесной легкосуглинистой почвы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2013. – 24 с.
5. Куликова А.Х. Влияние высококремнистых пород как удобрений сельскохозяйственных культур на урожайность и качество продукции // Агрехимия. – 2010. – № 7. – С. 18-25.
6. Куликова А.Х. Влияние диатомита и минеральных удобрений на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, Е.В. Данилова, И.А. Юдина, О.С. Дронина, С.А. Никифорова // Агрехимия. – 2007. – № 6. – С. 27-31.
7. Куликова А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур. – Ульяновск: Изд-во Ульяновской ГСХА им. П.А. Столыпина, 2013. – 176 с.
8. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и в системе почва-растение: автореф. дисс. докт. биол. наук. – Пушино, 2008. – 34 с.
9. Пашкевич Е.Б. Роль кремния в питании растений и в защите сельскохозяйственных культур от фитопатогенов / Е.Б. Пашкевич, Е.П. Кирюшин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 2. – С. 52-57.

УДК 633.34:632.51:631.8

ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ СОИ РАЗНОЙ СОРТОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Котлярова Е.Г., Грицина В.Г., Кузнецова Л.Н.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина»,
Белгород, e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

В связи с бурным развитием отрасли животноводства в Белгородской области в течение последнего десятилетия площади посевов сои возросли более чем в 30 раз. Повышение урожайности сои основано на использовании факторов интенсификации технологии ее возделывания, наиболее эффективными из которых являются удобрение и сорт. Соя очень чувствительна к присутствию в посевах сорняков, снижая урожайность до 20–50%. В связи с этим целью исследований было влияние различных видов удобрений (помет (20 т/га), аммиачная селитра (30 кг д.в./га), Азосол 36 Экстра (2 раза по 2 л/га)) и их сочетаний на засоренность посевов сортов сои разных групп спелости (раннеспелый – Ланцетная и среднеспелый – Белгородская 48) как мощных факторов регулирования процессов, происходящих в агроценозе. Засоренность посевов сои зависела как от сортовой их принадлежности, так и от варианта применения удобрений. В целом перед обработкой гербицидами засоренность малолетними сорняками увеличивалась на 15–47% по мере насыщения фона питания. К уборке сои количество малолетних сорняков уменьшилось в среднем в 9 раз. Однако применение удобрений на сорте Белгородская 48 способствовало снижению засоренности посевов по сравнению с контролем, тогда как на посевах сорта сои Ланцетная, наоборот, – приводило к ухудшению фитосанитарной ситуации. Применение удобрений на основе аммиачной селитры, как правило, приводило к увеличению воздушно-сухой массы сорняков в посевах сои и количества многолетних сорняков.

Ключевые слова: соя, сорт, органические и минеральные удобрения, засоренность, Белгородская область

WEEDINESS OF SOYBEAN CROPS OF DIFFERENT VARIETIES DEPENDING ON THE FERTILIZER

Kotlyarova E.G., Gritsina V.G., Kuznetsova L.N.

Belgorod State Agricultural University named V.Ya. Gorin, Belgorod, e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

Due to the rapid development of the livestock industry in the Belgorod region in the last decade, the area under soybeans has been increased more than in 30 times. Increasing soybean yields based on the use of intensification factors, the most effective of which are fertilizer and variety. Soybean is very sensitive to the presence in crops of weeds, reducing yields by 20–50%. In this regard, the aim of the research was the influence of various kinds of fertilizers (manure (20 t/ha, ammonium nitrate (30 kg N/ha), Azosol 36 Extra (2 l/ha in 2 times)) and their combinations on the weediness of soybean crops of varieties of different ripening groups (early-season – Lancetnaya and mid-season – Belgorodskaya 48) as potent factors in the regulation of processes occurring in agrocenosis. Weediness of soybean crops depended on both variety and options of fertilizers application. As a whole, before treatment with herbicides the weediness of juvenile weeds increased by 15–47% in progress of saturation of a nutrient background. To harvesting of soybeans the number of annual and biennial weeds decreased in 9 times on average. However, the application of fertilizer on variety Belgorodskaya 48 helped reduce the weediness of its crops compared with control (without fertilizers), whereas on the varieties of soybean Lancetnaya, conversely, led to the deterioration of the phytosanitary situation. Application of fertilizers based on ammonium nitrate, generally resulted in increasing air-dry mass of weeds in crops of soybean and the number of perennial weeds.

Keywords: soybean, variety, organic and mineral fertilizers, weediness, the Belgorod region

В связи с бурным развитием отрасли животноводства в Белгородской области в течение последнего десятилетия площади посевов сои возросли более чем в 30 раз, достигнув 190 тысяч гектаров [2]. Повышение урожайности сои основано на использовании факторов интенсификации технологии ее возделывания, учитывающих экологическое разнообразие районов соевосаждения и направленных на наиболее полное использование биоклиматического потенциала и удовлетворение биологических потребностей сортов этой культуры [6]. Удобрения являются одним из наиболее эффективных приемов регулирования биопродукционно-го процесса не только культурных растений,

но и сорных [3, 5]. Соя очень чувствительна к присутствию в посевах сорняков. При несвоевременном их уничтожении урожайность культуры снижается на 20–50% [1, 4]. В связи с этим значительный интерес представляет влияние различных видов удобрений на засоренность посевов сортов сои разных групп спелости как мощных факторов регулирования процессов, происходящих в агроценозе. В этом и заключается цель исследования.

Материалы и методы исследования

Полевые исследования проводились на базе УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина в 2014–2015 гг. в зерновом севообороте: соя – озимая пшеница – гречиха – просо. Почва

опытного участка – чернозем типичный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса – 5,1%; $pH_{\text{сол.}} = 6,0$; содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) соответственно 125–167 и 128–133 мг/кг почвы. Схема опыта представлена в табл. 1. Помет (20 т/га) вносили осенью под основную обработку дисковой бороной БДТ-5,4 на глубину 10–12 см. Аммиачную селитру в дозе 30 кг д.в./га вносили весной под предпосевную культивацию. Обработка микроудобрением Азосол 36 Экстра в дозе 2 л/га проводилась 2 раза по вегетации в фазы третьего тройчатого листа и бутонизации. Оригинатором исследуемых сортов сои: раннеспелый – Ланцетная и среднеспелый – Белгородская 48 – является Белгородский ГАУ. Уход за посевами включал: первая химическая обработка в фазу образования первого тройчатого листа препаратами: Квикстеп 0,8 л/га + Хармони 6 г/га + Тренд 90 + Вантекс 60 мл/га; вторая химическая обработка проводилась в фазу 3–4 тройчатого листа препаратом Фюзилат Форте 1 л/га. Учёт засоренности посевов культуры проводился на постоянных учётных площадках перед обработкой посевов гербицидами и перед уборкой.

Результаты исследования и их обсуждение

Засоренность посевов сои зависела как от сортовой их принадлежности, так и от варианта применения удобрений. Малолетняя сорная растительность была пред-

ставлена следующими видами: марь белая (*Chenopodium album* L.), просо куриное (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv), щирица обыкновенная (*Amaranthus vulgaris* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.), горец почечуйный (*Polygonum convolvulus* L.), горчица полевая (*Sinapis arvensis* L.) и др.

Результаты учета малолетних сорняков перед обработкой гербицидами в посевах сортов сои разных групп спелости выявил сходный уровень засоренности в среднем за два исследуемых года – 54,3–55,0 и 54,9–57,1 шт./м² соответственно в посевах сортов Ланцетная и Белгородская 48 (табл. 1). Однако в зависимости от уровня удобренности засоренности посевов различной сортовой принадлежности была неодинаковой. Достоверно выше засоренность сои сорта Белгородская 48 малолетними сорняками была на контрольном варианте, а также при применении помета, полного трехкомпонентного удобрения и на варианте «аммиачная селитра + Азосол» как в 2014 году, так и в среднем за 2 года.

Таблица 1

Засоренность посевов сортов сои малолетними сорняками, шт./м²

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)					
	Ланцетная			Белгородская 48		
	2014	2015	среднее	2014	2015	среднее
Перед обработкой гербицидом						
Без удобрений (контроль)	41,2	42,7	42,0	46,1	46,1	46,1
Помёт	52,3	52,1	52,2	58,7	52,8	55,8
Аммиачная селитра	55,1	53,3	54,2	56,2	54,2	55,2
Азосол	64,8	58,9	61,9	52,9	52,7	52,8
Помёт + аммиачная селитра	56,9	57,2	57,1	58,8	58,8	58,8
Помёт + Азосол	61,7	59,7	60,7	57,8	58,9	58,4
Аммиачная селитра + Азосол	57,3	58,2	57,8	61,3	60,7	61,0
Помёт + аммиачная селитра + Азосол	50,8	52,6	51,7	64,7	54,6	59,7
НСР ₀₅ А	2,7	2,5				
НСР ₀₅ В и АВ	3,8	3,7				
Перед уборкой культуры						
Без удобрений (контроль)	4,3	3,8	4,1	6,9	7,2	7,1
Помёт	5,1	5,2	5,2	6,1	6,3	6,2
Аммиачная селитра	4,8	5,1	5,0	5,2	4,9	5,1
Азосол	5,8	6,2	6,0	4,7	5,2	5,0
Помёт + аммиачная селитра	7,1	7,1	7,1	5,8	6,1	6,0
Помёт + Азосол	5,8	6,3	6,1	6,2	5,8	6,0
Аммиачная селитра + Азосол	4,7	4,7	4,7	8,1	8,4	8,3
Помёт + аммиачная селитра + Азосол	7,2	6,6	6,9	7,2	6,7	7,0
НСР ₀₅ А	0,2	0,3				
НСР ₀₅ В и АВ	0,7	1,2				

Использование на посевах только внекорневой подкормки Азосолом, наоборот, приводило к существенно большему засорению посевов сорта Ланцетная, в среднем за два года на 9,1 шт./м². При применении Азосола на фоне помета разница между сортами сглаживалась и была достоверной только в 2014 году – 3,9 шт./м². Следует отметить, что в 2015 году влияние сорта на засоренность посевов помимо контрольного варианта проявилось только на одном варианте удобрений – «Азосол».

Применение удобрений приводило к существенному увеличению засоренности посевов малолетними сорняками: сорта Ланцетная – на 23–47%, сорта Белгородская 48 – на 15–32% в зависимости от уровня удобренности. Обращает на себя внимание разделение вариантов удобрений на две группы, значительно отличающиеся между собой по влиянию на изучаемый показатель в посевах сои Белгородская 48. В первую группу объединяются варианты самостоятельного использования трех видов удобрений (52,8–55,8 шт./м² сорных растений), во вторую – совместное двух- и трехкомпонентное их применение (58,4–61,0 шт./м²). В посевах сорта Ланцетная отмечается сходная тенденция, за исключением вариантов «Азосол» (с максимальной засоренностью – 61,9 шт./м²) и полного 3-компонентного удобрения «помет + аммиачная селитра + Азосол», на котором количество сорняков составило 51,7 шт./м², что привело к смене ими выделенных групп влияния удобрений на засоренность малолетними сорняками.

К уборке сои количество малолетних сорняков уменьшилось в среднем в 9 раз. Однако различное сочетание изучаемых в опыте факторов имело неодинаковый эффект на засоренность малолетними сорняками. Отрицательное влияние удобрений на засоренность посевов сои сорта Ланцетная проявилось и к уборке культуры, за исключением варианта применения аммиачной селитры совместно с Азосолом, а без него только в 2014 году. На посевах сои сорта Белгородская 48 влияние удобрений прямо противоположное. Единственный вариант, на котором засоренность посевов была достоверно выше по сравнению с контролем, – это применение аммиачной селитры и Азосола совместно. Все остальные фоны удобренности способствовали снижению засоренности в той или иной степени.

Многолетние виды сорных растений были представлены в основном осотом полевым (*Sonchus arvensis* L.), бодяком полевым

(*Cirsium arvense* (L.) Scop.) и пыреем ползучим (*Elitrigia repens* L. Nevski). Количество многолетних сорняков перед обработкой гербицидами в среднем за два года варьировалось от 4,3 до 8,1 шт./м² в посевах сои сорта Ланцетная и от 2,9 до 8,9 шт./м² в посевах сои сорта Белгородская 48 в зависимости от вариантов удобренности (табл. 2). Минимальной засоренность была на контрольных вариантах, максимальной – на варианте «помет + аммиачная селитра + Азосол» вне зависимости от сорта.

В 2014 году сортовые особенности проявились только на варианте применения аммиачной селитры, которая приводила к достоверному (в 1,4 раза) увеличению засоренности сои сорта Ланцетная. Тогда как в 2015 году существенно выше засоренность многолетними сорняками была в посевах сорта Ланцетная при применении отдельно аммиачной селитры и Азосола (в 1,2 раза), а также без удобрений (в 1,7 раз), в посевах сорта Белгородская 48 – при применении двух- и трехкомпонентных удобрений с Азосолом (на 10% в среднем).

Количество многолетних сорняков существенно увеличивается относительно контроля на фоне аммиачной селитры и полного трехкомпонентного удобрения на обоих сортах. Кроме того, в случае сорта Белгородская 48 отрицательное влияние на фитосанитарное состояние посевов оказали двухкомпонентные удобрения на основе помета.

Ко времени уборки засоренность многолетними сорняками в среднем сократилась в 2,7 раза. Следует отметить, что в этот период на уровень засоренности оказали влияние как сортовая принадлежность посевов сои, так и фон питания. И в 2014 и в 2015 году засоренность посевов сои сорта Ланцетная была достоверно выше на следующих вариантах применения удобрений: «аммиачная селитра», «помет + Азосол», «аммиачная селитра + Азосол», а также «контроль». Существенно выше засоренность посевов сорта Белгородская 48 была на оставшихся вариантах и только в 2015 году. В 2014 году значимое отличие имел только вариант совместного применения помета, аммиачной селитры и Азосола.

Сравнительный анализ фонов питания показал, что всегда в течение 2 лет достоверно увеличивалась засоренность многолетними сорняками на вариантах: «аммиачная селитра», «помет + аммиачная селитра» и «помет + Азосол». На сорте Белгородская 48 существенно ухудшали фитосанитарную обстановку также варианты «помет» и «помет + аммиачная селитра + Азосол».

Таблица 2
Засоренность посевов сортов сои многолетними сорняками, шт./ м²

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)					
	Ланцетная			Белгородская 48		
	2014	2015	среднее	2014	2015	среднее
Перед обработкой гербицидом						
Без удобрений (контроль)	4,4	4,2	4,3	3,2	2,5	2,9
Помёт	5,3	5,4	5,4	5,1	5,2	5,2
Аммиачная селитра	7,7	7,7	7,7	5,7	6,3	6,0
Азосол	6,1	5,6	5,9	4,8	4,8	4,8
Помёт + аммиачная селитра	6,5	7,1	6,8	7,4	7,2	7,3
Помёт + Азосол	5,2	5,2	5,2	6,2	5,6	5,9
Аммиачная селитра + Азосол	5,4	4,8	5,1	4,5	5,1	4,8
Помёт + аммиачная селитра + Азосол	8,1	8,1	8,1	8,9	8,9	8,9
НСР ₀₅ А	1,5	0,3				
НСР ₀₅ В и АВ	2,3	3,2				
Перед уборкой культуры						
Без удобрений (контроль)	2,2	2,1	2,2	1,1	1,3	1,2
Помёт	2,3	1,8	2,1	2,3	2,2	2,3
Аммиачная селитра	2,7	3,2	3,0	2,2	1,8	2,0
Азосол	1,2	1,1	1,2	1,2	1,4	1,3
Помёт + аммиачная селитра	2,7	2,9	2,8	2,8	3,3	3,1
Помёт + Азосол	3,0	2,7	2,9	2,1	2,2	2,2
Аммиачная селитра + Азосол	1,9	2,6	2,3	1,0	1,4	1,2
Помёт + аммиачная селитра + Азосол	1,8	1,7	1,8	2,9	3,4	3,2
НСР ₀₅ А	0,5	0,1				
НСР ₀₅ В и АВ	0,2	0,5				

Учет воздушно-сухой массы сорняков показал, что на контрольном варианте без применения удобрений она была наименьшей вне зависимости от сорта (табл. 3). Применение удобрений несколько увеличивало данный показатель, однако достовер-

ное отличие сортов отмечалось только при применении Азосола и в варианте «аммиачная селитра + Азосол». В первом случае фитосанитарная ситуация ухудшалась в посевах сои сорта Ланцетная, во втором случае – сорта Белгородская 48.

Таблица 3
Сухая масса сорняков в посевах сои сортов двух групп спелости перед обработкой гербицидом, г/м²

Удобрение (фактор В)	Сорт (фактор А)					
	Ланцетная			Белгородская 48		
	2014	2015	среднее	2014	2015	среднее
Без удобрений (контроль)	13,7	13,5	13,6	13,2	13,2	13,2
Помёт	15,8	14,2	15,0	14,8	14,8	14,8
Аммиачная селитра	16,1	16,5	16,3	17,5	17,5	17,5
Азосол	18,6	17,3	18,0	15,6	15,6	15,6
Помёт + аммиачная селитра	16,4	16,8	16,6	16,2	16,2	16,2
Помёт + Азосол	15,6	14,3	15,0	14,9	14,9	14,9
Аммиачная селитра + Азосол	15,2	15,7	15,5	18,7	18,7	18,7
Помёт + аммиачная селитра + Азосол	19,2	18,3	18,8	18,3	18,3	18,3
НСР ₀₅ А	1,6	1,5				
НСР ₀₅ В и АВ	2,5	2,4				

Применение аммиачной селитры самостоятельно или в сочетании с пометом и Азосолом в двух- и трехкомпонентных удобрениях, как правило, приводило к увеличению воздушно-сухой массы сорняков в посевах сои Белгородская 48. А в посевах сои сорта Ланцетная отрицательное влияние оказывал еще и Азосол, если использовался как единственное удобрение, а в сочетании с аммиачной селитрой его действие нейтрализовалось. В среднем за два года максимальный отрицательный эффект на сорте Ланцетная проявил Азосол в чистом виде и совместно с пометом и аммиачной селитрой (18,0–18,8 г/м²). В посевах сои Белгородская 48 наибольшая воздушно-сухая масса сорняков была в вариантах совместного применения Азосола с аммиачной селитрой и в полном трехкомпонентном удобрении.

Таким образом, на количество малолетних сорняков в посевах сои оказывали влияние применяемые органические и минеральные удобрения, а степень этого влияния определялась используемым сортом. Перед обработкой гербицидами на контрольном варианте (без удобрений) существенно большее количество малолетних сорняков было в посевах сои Белгородская 48, засоренность которых увеличивалась по мере насыщения фона питания от однокомпонентных удобрений к двух- и трехкомпонентным.

В посевах сорта Ланцетная отмечается сходная тенденция, за исключением вариантов «Азосол» (с максимальной засоренностью – 61,9 шт./м²) и полного трехкомпонентного удобрения «помет + аммиачная селитра + Азосол» (51,7 шт./м²), на которых реакция сорта была противоположной. К уборке количество малолетних сорняков заметно уменьшилось до 4,1–8,3 шт./м² в среднем по сортам. Тем не менее без удобрений по-прежнему засоренность выше на сое Белгородская 48. Тогда как применение удобрений в целом способствовало снижению засоренности этого сорта в той или

иной степени, кроме варианта «аммиачная селитра + Азосол». И наоборот, именно этот вариант удобрения на посевах сои сорта Ланцетная имел положительное влияние на фитосанитарное состояние посевов, в отличие от остальных вариантов удобрений, ухудшавших его. Количество многолетних сорняков существенно увеличивается относительно контроля на фоне аммиачной селитры и полного трехкомпонентного удобрения на обоих сортах. Кроме того, в случае сорта Белгородская 48 отрицательное влияние на фитосанитарное состояние посевов оказали двухкомпонентные удобрения на основе помета. Ко времени уборки засоренность многолетними сорняками в среднем сократилась в 2,7 раза, однако тенденции влияния фонов питания, установленные до обработки гербицидами, сохранялись. Применение аммиачной селитры самостоятельно или в сочетании с пометом и Азосолом в двух- и трехкомпонентных удобрениях, как правило, приводило к увеличению воздушно-сухой массы сорняков в посевах сои.

Список литературы

1. Бочкарев Д.В. Теоретическое обоснование и эффективность защиты сельскохозяйственных культур от сорных растений в земледелии юга Нечерноземной зоны: дис. ... д-ра сельск. наук. – Саратов, 2015. – 45 с.
2. В области: Белгородская соя лидирует на черноземном рынке Информационное агентство Бел.ру, 31.08.15. URL: <http://www.bel.ru/news/region/2015/08/31/909286.html> (дата обращения 17.02.16).
3. Гармашов В.М. Засоренность посевов гороха в зависимости от способа обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов / В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная, С.А. Гаврилова, А.В. Беспалова, В.Н. Говоров // Защита и карантин растений. – 2015. – № 10. – С. 22–24.
4. Захаренко В.А. Фитосанитарное состояние агроэкосистем и потенциальные потери в условиях многоукладной экономики России // Докл. РАСХН. – 2004. – № 3. – С. 11–15.
5. Котлярова Е.Г. Влияние способа обработки почвы и фона питания на засоренность посевов гороха / Е.Г. Котлярова, С.М. Лубенцов, С.А. Линков // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 23–25.
6. Кузин В.Ф. О сортовом размещении сои в Амурской области / В.Ф. Кузин, Л.К. Малыш // Научные труды ВАСХ-НИИ: Сб. науч. тр. 1977. – С. 48–54.

УДК 630.235.6 (571.63)

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДУБОВЫХ ЛЕСОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Кудинов А.И., Гладкова Г.А., Сибирина Л.А., Манько Ю.И.,
Жабыко Е.В., Бутовец Г.Н.

ФАНО ФГБУН «Биолого-почвенный институт ДВО РАН»,
Владивосток, e-mail: gladkova@ibss.dvo.ru

Естественное восстановление *Pinus koraiensis* и *Abies holophylla* в малоценных вторичных лесах из *Quercus mongolica*, сформировавшихся под влиянием пожаров и бессистемных рубок на месте ценных хвойно-широколиственных лесов, практически невозможно без вмешательства человека. В Баневуровском участковом лесничестве в 1967–1974 гг. провели улучшение качественного состояния вторичных порослевых дубовых лесов методом реконструкции путем посадки вручную сеянцев кедра и дичков пихты. Прослежена динамика роста кедра и пихты за 39–46 лет с учетом опасных природных явлений. Сохранность культур составила: кедр 38–53 %, пихта – 68 %. Результаты реконструкции дубовых насаждений путем введения хвойных пород и лесоводственных мер можно признать положительными, несмотря на повреждения хвойных пород катастрофическим снегопадом.

Ключевые слова: дубовые леса, реконструкция, хвойно-широколиственные леса, *Pinus koraiensis*, *Abies holophylla*, *Quercus mongolica*

SOME RESULTS OF OAK FORESTS CONVERSION IN PRIMORSKIY KRAI

Kudinov A.I., Gladkova G.A., Sibirina L.A., Manko Y.I., Zhabyko E.V., Butovets G.N.

Institute of Biology & Soil Science Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, e-mail: gladkova@ibss.dvo.ru

Natural regeneration of *Pinus koraiensis* and *Abies holophylla* in *Quercus mongolica* secondary forests of little value, formed under the influence of fire and gopher felling in place of rich coniferous-broadleaved forests, is practically impossible without human intervention. The quality improving of secondary coppice oak forests by conversion method through manually planting of *P. koraiensis* seedlings and *A. holophylla* wildings was made in 1967–1974 in south-eastern part of Primorskiy Krai (Banevurovskoe forest district). We have attempted to monitor the growth dynamics of *P. koraiensis* and *A. holophylla* for 39–46 years, taking into account natural hazards. Capacity for survival of cultures: *P. koraiensis* 38–53 %, *A. holophylla* – 68 %. The results of oak stands conversion through the introduction of conifer species and silvicultural measures can be regarded as positive, despite the damage to coniferous catastrophic snowfall.

Keywords: oak forests, reconstruction, mixed-broadleaved Korean pine forests, *Pinus koraiensis*, *Abies holophylla*, *Quercus mongolica*

Леса из дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.), занимают в Приморском крае 1 982,9 тыс. га [7], большая часть их сформировалась под влиянием пожаров и бессистемных рубок на месте ценных хвойно-широколиственных лесов. Естественное восстановление в этих лесах кедр корейского и пихты цельнолистной практически невозможно без вмешательства человека в результате отсутствия семенных деревьев и частого повреждения вторичных дубняков палами.

Кедр корейский (сосна кедровая – *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) и пихта цельнолистая (*Abies holophylla* Maxim.) являются основными лесообразователями в зоне хвойно-широколиственных лесов Южного Приморья. Они внесены в Красный список угрожаемых видов МСОП [10, 11], *Abies holophylla* находится в состоянии, близкому к угрожающему (NT), а *Pinus koraiensis* –

вызывает наименьшие опасения (LC), внесен в Приложение III СИТЕС (CITES Appendix III).

Улучшение качественного состояния вторичных порослевых дубовых лесов за счет введения под их полог кедр и пихты (метод реконструкции) необходимо для восстановления ценных дубово-кедровых и дубово-кедрово-чернопихтовых лесов. Данные по реконструкции малоценных насаждений и оценки состояния подпологовых культур кедр корейского и пихты цельнолистной многочисленны и чаще всего охватывают небольшой период наблюдений [4, 8, 3, 2 и др.]. Отсутствие многолетних наблюдений за ходом роста культур кедр и пихты, введенных под полог вторичных лесов, не позволяет судить об эффективности этого мероприятия и последующих мер ухода.

Цель данной работы – мониторинг состояния и развития подпологовых культур

кедра корейского и пихты цельнолистной, созданных в порядке реконструкции на территории бывшего Учебно-опытного лесхоза (УОЛ) Приморского сельскохозяйственного института (ПСХИ), а ныне Уссурийского филиала КГУ «Приморское лесничество».

Материалы и методы исследования

Баневуровское участковое лесничество Уссурийского филиала расположено в юго-восточной части Приморского края в 30 км от г. Уссурийска. Лесные культуры на этой территории создавались начиная с 1963 года только в порядке реконструкции вторичных дубовых лесов. При производстве культур применялись три способа реконструкции: биогруппами, коридорами и рядами [8]. На территории лесничества в 1972–1974 гг. были заложены постоянные пробные площади (ППП) в дубняках, подлежащих реконструкции, или в древостоях с уже высаженными культурами; их характеристика приведена в табл. 1.

Реконструкция проводилась путем посадки семян кедра и дичков пихты во вторичных малоценных дубовых лесах, которые сформировались на месте кедрово-широколиственных и кедрово-чернопихтово-широколиственных лесов после рубок и пожаров.

Площадки размером 0,5×0,5 м в количестве 400–500 шт./га готовили простым сгребанием подстилки непосредственно перед посадкой кедра и пихты. На каждой площадке размещали по 4–5 хвойных растений. Уход в первые два года заключался в удалении нависающих трав и кустарни-

ков, а в дальнейшем в вырубке деревьев. Приживаемость культур в первый год была 80–95 %, а во второй – 75–95 %. Всего в УОЛ ПСХИ площадками реконструировано 355 га насаждений.

При коридорном способе устраивали коридоры шириной 3–4 м с помощью бензопил или бульдозеров по мерзлому грунту. Сеянцы высаживали в 1 или 2 ряда (расстояние между растениями в ряду – 0,7–1, между рядами – до 1,8 м). Межкоридорные пространства (кулисы) не превышали 8 м. Количество посадочных мест – 2–5 тыс. шт./га. Поросль и кустарники в коридорах удаляли по мере необходимости. Приживаемость культур мало отличалась от приживаемости на площадках. Всего в УОЛ ПСХИ коридорами реконструировано 316 га насаждений.

Обследованные культуры на площадках и в коридорах были созданы путем посадки вручную 3-летних сеянцев кедра высотой до 25 см, и 5–7-летних дичков пихты высотой до 45 см. Эколого-фитоценотическая обстановка на обследованных участках регулировалась рубками ухода умеренной интенсивности в древостое и очень сильной интенсивности – в крупном подросте лиственных пород [4]. Характеристика культур приведена в табл. 2.

При закладке ППП использовали общепринятые методики. Пересчет древостоя осуществляли со ступени толщины 6 см, все деревья нумеровались, описывалось качественное состояние каждого дерева (здоровое, больное, сухое и валежник). Ревизии ППП (в 1988 и 2013 гг.) проводили теми же способами, что и первичный учет, это обеспечивает достоверность сравнительных оценок.

Таблица 1

Характеристика постоянных пробных площадей

Наименование	Постоянные пробные площади		
	12-1972	14-1974	16-1973
Местонахождение, площадь выдела, га	Квартал 30 25,2	Квартал 38 15,8	Квартал 36 10,0
Координаты	43°39.047' с.ш., 132°09.975' в.д.	43°38.821' с.ш., 132°13.281' в.д.	43°38.521' с.ш., 132°11.468' в.д.
Рельеф, экспозиция, высота над уровнем моря, площадь, га	Средняя часть северного склона, 10–14°, 150–170 м, 0,2	Нижняя треть южного склона, 3–5°, 150 м, 0,2 (2 секции по 0,1)	Нижняя треть южного склона крутизной 3–5°, 140 м, 0,2
Тип леса	Свежий кустарниково-разнотравный дубняк	Свежий кустарниково-разнотравный дубняк	Свежий лещино-разнотравный дубняк
Происхождение древостоя	Порослевое, 90 % Семенное, 10 %	Порослевое, 80–90 % Семенное, 10–20 %	Порослевое, 80–90 % Семенное, 10–20 %
Возраст дуба, лет	45–55	40–50	50–60
Бонитет древостоя	IV	IV	IV
Подлесок	Многовидовой, средней густоты	Многовидовой, средней густоты	Многовидовой, средней густоты
Травяной покров	Проективное покрытие до 80 %	Проективное покрытие до 60 %	Проективное покрытие 70–80 %
Почва	Бурозем темногумусовый	Бурозем темный глееватый	Бурозем темный глееватый

Таблица 2

Характеристика лесных культур на момент посадки

Порода	Способ посадки	Количество площадок	Количество, шт.	Размещение	Год посадки	Рубки ухода, год
ППП 12-1972						
Кедр Пихта	Биогруппы	81/405	354/1770 кедр – 179/895 пихта – 175/875	0,5×0,5 м	1972	1972, 1982
ППП 14-1974, секция 1						
Кедр	Биогруппы	45/450	81/810	0,5×0,5 м	1967	1967, 1974, 1981
ППП 14-1974, секция 2						
Кедр	Биогруппы	52/520	91/910	0,5×0,5 м	1967	Не было
ППП 16-1973						
Кедр	Рядовая	Коридор (ширина 3 м)	342/1710	0,7 м	1974	1974, 1975

Примечание. Под / – данные на 1 га.

Результаты исследования и их обсуждение

На ранних этапах онтогенеза кедр корейский отличается теневыносливостью, а его молодые деревья нуждаются в более сильном солнечном освещении. Взаимоотношение кедр с другими породами в естественных насаждениях контролируется лесорастительными условиями, которые определяют участие видов с различной экологией и длительностью жизненного цикла. Пихта цельнолистная более светолюбива по сравнению с кедром, но в молодом возрасте способна произрастать под сомкнутым древесным пологом и переносить угнетение до 50–70 лет и более [6].

Реконструируемые дубовые леса простые по составу и структуре (табл. 3). На всех участках преобладал дуб преимущественно порослевого происхождения в возрасте 40–60 лет. Результаты долговременных наблюдений над формированием кедрово-дубовых и кедрово-чернопихтово-дубовых с широколиственными породами древостоев на конкретных ППП приведены в табл. 3.

К 1988 г. кедр достигал биологического возраста 24 (14–1974), 19 (12–1972) и 17 лет – 16–1973, а пихта на ППП 12-1972 была в возрасте 30–32 года. Сохранность культур кедр на ППП 14-1974, 12-1972, 16-1973 соответственно достигала – 97–98%; 55%; 71%, а пихты на ППП 12-1972 – 70%. К 1988 году на южных склонах высота культур кедр была от 2,0 до 2,6 м, а на северном склоне – кедр достигал высоты 1,9, а пихта – 1,8 м. Средний диаметр кедр варьировал от 1,2 до 2,3 см, а пихты – 1,3 см [4].

Ранний (19–20 октября 2007 г.) очень сильный снегопад с большим отложением мокрого снега привел к катастрофическим последствиям. Суточное количество выпавших осадков в близлежащем к обследованной территории с. Каменушка составило 122 мм, что перекрыло исторический максимум для Приморского края в 1,5 раза и впервые отмечалось за весь ряд наблюдений [1]. На южных склонах (ППП 14-1974, 16-1973) стихия уничтожила более 50% стволов высаженного кедр, а часть кедр была повреждена в результате снеголома и снеговала.

Очередная ревизия в 2013 г. показала, что на пробных площадях произошли существенные изменения (табл. 4).

На ППП 12-1972 осталось 57 вросших в древостой кедров (285 шт./га) – из них 47 здоровых и 10 больных, и 59 пихт (295 шт./га) – 44 здоровых и 15 больных. Состояние поврежденных деревьев не подает надежды в плане вхождения их в полог древостоя в будущем. На результаты реконструкции отрицательно повлиял осенний снеговал со снеголомом 2007 г. Количество вывалов, сломов и усохших от поврежденных кедров и пихт на пробной площади достигло 14 штук; 21 экз. хвойных пород имел наклон 20–80°, дальнейшее выживание некоторых особей вызывает сомнение.

Через 41 год после посадки сохранность культур составила 60% (кедр – 53%, пихта – 68%). К этому году средняя высота кедр была 6,2 м, а пихты – 5,9 м. Средний диаметр кедр в древесном пологе достигал 8,7 см, пихты – 9,2 см; часть кедр и пихты еще не вошла в древостой и имела средний

диаметр соответственно 4,4 и 3,8 см. Основное поколение дуба достигло возраста 90 лет и находится в стадии приспевания. Его доминирование в древостое было абсолютным. Хвойные породы в возрасте

44 года были 6,1–14 см толщины и 4,5–12 м высоты. Через 40 лет они пополнили древостой; их запас составил 16,3 м³ (табл. 4). Древостой пополнился липой и кленом моноестественного происхождения.

Таблица 3

Таксационная характеристика древостоев, данные на 1 га

Год учета	Состав древостоя по запасу, %	N, шт.	G, м ²	M, м ³	D, см	H, м	P
ППП 12-1972							
1972, до рубки	100Д	1085	16,97	107,8	14,2	11,7	0,71
1972, после рубки	100Д	840	13,65	81,2	14,5	11,9	0,56
1988	99,6 Д 0,3 Лп 0,1 Км	720	29,3	168,7	20,7	14,3	1,11
2013	92,4 Д 3,9 Пц 3,0 К 0,4 Лп 0,3 Км	1180	33,24	238,0	26,5	15,8	1,19
ППП 14-1974, секция 1							
1974, до рубки	68,0 Д 27,7 Лп 3,0 Я 1,0 Ма 0,3 Яб	1310	19,47	124,6	13,0	12,0	0,83
1974, после рубки	59,9 Д 35,9 Лп 3,0 Я 1,2 Ма	970	14,6	97,2	11,7	11,5	0,63
1988	71,8 Д 23,5 Лп 3,7 Я 1,0 Ма	720	20,63	108,8	18,8	13,5	0,82
2013	82,5 Д 11,8 Лп 4,3 К 1,4 Я	660	23,92	172,6	24,8	15,0	0,90
ППП 14-1974, секция 2							
1974	70,7 Д 24,9 Лп 2,5 Я 1,4 И 0,5 Ма	1030	20,7	118,6	14,5	12,5	0,86
1988	74,1 Д 21,8 Лп 2,0 Я 1,6 И 0,5 Ма	850	28,02	149,5	19,3	13,5	1,12
2013	91,5 Д 3,9 К 3,2 Лп 1,4 И	820	30,28	220,4	25,7	15,2	1,12
ППП 16-1973							
1973, до рубки	95,1 Д 4,8 Бд 0,1 И	1745	19,50	147,4	11,9	14,5	0,75
1973, после рубки	93,3 Д 6,5 Бд 0,2 И	1115	13,62	108,1	12,3	14,9	0,52
1988	92,6 Д 7,3 Бд 0,1 И	1060	16,16	135,5	13,8	15,7	0,61
2013	91,9 Д 4,8 Бд 3,2 К 0,1 И	875	21,69	191,0	20,7	18,2	0,69

Примечание. N – число стволов, D – средний диаметр на высоте 1,3 м, H – средняя высота, G – сумма площадей сечения, M – запас ствольной древесины, P – относительная полнота древостоя; Д – дуб монгольский, К – кедр корейский, П – пихта цельнолистная, Лп – липа амурская (*Tilia amurensis* Rupr.), Км – клен моно (*Acer mono* Maxim.), Ма – маакия амурская (*Maackia amurensis* Rupr. et Maxim.), Бд – береза даурская (*Betula davurica* Pall.), И – ильм японский (*Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg.), Я – ясень носолистный (*Fraxinus rhynchophylla* Hance), Яб – яблоня маньчжурская (*Malus mandshurica* (Maxim.) Kom.).

Таблица 4

Состояние основных древесных пород на пробных площадях в 2013 г.

Порода	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Возраст, лет	Густота, шт./га*	Запас, м ³ /га
ППП 12-1972					
Кедр	8,7	6,2	44	475	6,6
Пихта	9,2	5,9	47	595	9,7
Дуб	26,5	15,3	90	530	220,2
ППП 14-1974, секция 1					
Кедр	9,8	6,8	49	310	7,3
Дуб	24,8	15,0	85	400	149,9
ППП 14-1974, секция 2					
Кедр	9,6	6,7	49	360	8,5
Дуб	25,7	15,2	85	520	201,7
ППП 16-1973					
Кедр	8,2	6,2	42	270	5,9
Дуб	20,7	18,2	95	580	175,4

Примечание. Густота включала деревья и крупный подрост.

За время наблюдения произошли заметные изменения в структуре и составе подлеска: он стал более редким, размещение кустарников – рассеянное. В 2013 г. в подлеске отмечены *Corylus mandshurica* Maxim., *Viburnum sargentii* Koehne, *Lespedeza bicolor* Turcz., *Rubus crataegifolius* Bunge, *Lonicera praeflorens* Batal., *Vitis amurensis* Rupr.

Общее покрытие травяного покрова за 41 год снизилось с 80 до 30%. В его составе отмечено 44 вида; преобладают *Carex campylorhina* V. Krecz., *C. siderosticta* Hance, *C. sordida* Heurck et Muell. Arg., *C. reverta* V. Krecz., *Vincetoxicum acuminatum* Desne., *Plagiorhegma dubia* Maxim. и др.

На ППП 14-1974 (секция 1) осталось 23 кедр в древесном пологе (230 шт./га) и в крупном подросте 8 (80 шт./га) угнетённых кедров. Результаты могли бы быть гораздо лучше, не случись снеговал и снеголом в 2007 г., который уничтожил 11 деревьев (110 шт./га) в ступени толщины 8 см и 18 шт. (180 шт./га) особей, еще не входивших в древостой, и, помимо этого, обломал вершины, боковые ветви, а также нанёс другие повреждения. Через 46 лет после посадки сохранность культур составила 38%. Средняя высота кедр была 6,8 м, средний диаметр в древесном пологе достигал 9,8 см, а запас кедр составил 7,3 м³ (табл. 4).

На секции 2 выжило 36 кедров (360 шт./га) – сохранность 34,6%, из них вросло в древостой 27 (270 шт./га), осталось на положении подроста – 9 (90 шт./га). Причиной гибели абсолютного большинства особей явился осенний снеговал и снеголом 2007 г. Через 46 лет после посадки сохранность культур составила 39%. К 2013 году средняя высота кедр была 6,7 м, средний диаметр в древесном пологе достигал 9,6 см; а запас кедр составил 8,5 м³ (табл. 4).

Основное поколение дуба на обеих секциях достигло возраста 85 лет и находится в стадии приспевания. Через 46 лет кедр в составе древесного полога занял третью позицию на секции 1 и вторую на секции 2 (табл. 3).

Изменения в подлеске за период наблюдения незначительны. В 2013 г. в подлеске встречались единичные особи *Corylus mandshurica*, *Euonymus pauciflora* Maxim., *E. macroptera* Rupr., *E. sacrosancta* Koidz., *Crataegus pinnatifida* Bunge, *Viburnum sargentii*, *V. burejaticum* Regel et Herd., *Eleutherococcus sessiliflorus* (Rupr. et Maxim.) S.Y. Hu.

Общее покрытие травяного покрова за 46 лет снизилось с 60 до 15%. Фон создает крупнотравье и мелкотравье – *Aruncus dioicus* (Malt.) Fern., *Vincetoxicum acuminatum*, *Plagiorhegma dubia*, *Filipendula palmata* (Pall.) Maxim., *Artemisia stolonifera* (Maxim.) Kom., *Lathyrus humilis* (Ser.) Spreng, *Vicia amurensis* Oett., *Carex dispalata* Boott и др. Всего отмечено более 40 видов.

На ППП 16-1973 через 39 лет после посадки осталось 129 кедров (645 шт./га); из них 54 в древостое. Сохранность кедр составила 38%. В 2013 г. средняя высота кедр была 6,2 м, средний диаметр его в древесном пологе достигал 8,2 см (табл. 4).

На результат реконструкции, как и на других участках, отрицательно повлиял осенний снеговал 2007 г. Количество вывалов, сломов и усохших от повреждённых кедров на пробной площади достигло 7 штук (35 шт./га).

Основное поколение дуба достигло возраста 95 лет и находится в стадии приспевания. Дуб господствует в составе древостоя. Через 39 лет кедр в составе древесного полога занял третью позицию (табл. 3); его запас – 5,9 м³ (табл. 4).

Изменения в подлеске за период наблюдения незначительны. В 2013 г. в негустом подлеске встречались *Corylus mandshurica*, *Crataegus pinnatifida*, *Acer barbinerve* Maxim., *Viburnum sargentii*, *Euonymus pauciflora*, *E. sacrosancta*, *Crataegus maximowiczii* C.K. Schneid., *Lespedeza bicolor*, *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill., *Vitis amurensis*.

Общее покрытие травяного покрова за 39 лет снизилось с 70–80 до 40–50%. Если первоначально фон создавали осоки, то теперь участвуют представители разнотравья и крупнотравья – *Angelica cincta* Boissieu, *Veratrum dahuricum* (Turcz.) Loes. Fil., *Vincetoxicum acuminatum*, *Serratula manshurica* Kitag., *Dictamnus dasycarpus* Turcz., *Artemisia stolonifera*, *Atractyloides ovata* (Thunb.) DC, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Pyrola japonica* Klenze ex Alef., *Potentilla fragarioides* L. и др.); всего 63 вида.

Задача лесоводов при реконструкции вторичных малоценных дубовых лесов состоит в создании оптимального эколого-фитоценотического режима для кедр и дуба с целью получения сходных с эталонными лесами таксационных показателей в более раннем возрасте (для кедр желательно снизить возраст на один класс возраста).

Заключение

Результаты реконструкции вторичных порослевых дубовых насаждений, произрастающих в свежих лесорастительных условиях, путем введения хвойных пород и лесоводственных мер можно признать положительными, невзирая на повреждение хвойных пород (прежде всего кедра) во время снегопада.

В то же время опытные работы показали, что выращивание ценных дубово-кедровых и дубово-чернопихтово-кедровых лесов методом реконструкции малоценных древостоев процесс длительный. Он предусматривает систему лесокультурных и лесохозяйственных мероприятий. Успех его во многом зависит от сохранности посадок, числа посадочных мест на 1 га, их размещения по площади, влияния уходов на формирование древостоя, а также опасных природных явлений.

Очень сильный снегопад с большим отложением мокрого снега в октябре 2007 г. привел к катастрофическим последствиям. Стихия уничтожила более 50% стволов высаженного кедра на южных склонах, а часть культур кедра повредила.

Принимая во внимание работы по моделированию динамики восстановления кедрово-широколиственных лесов в Северо-Восточном Китае, которые показали, что кедр корейский, введенный под полог дубового леса, через 90–100 лет обгонит дуб монгольский и начнет доминировать [9], мы можем предположить, что через 50 лет на месте малоценных дубняков восстановятся дубово-кедровые и дубово-кедрово-чернопихтовые леса. Мерами ухода можно сформировать оптимальное соотношение между главными породами.

В качестве эталонных дубово-кедровых лесов, произрастающих в свежих лесорастительных условиях, можно ориентироваться на участки леса в рядом расположенном заповеднике «Уссурийский». В этих древостоях при примерно равном соотношении деревьев в основном пологе: дуба в возрасте 170–190 лет

и кедра в возрасте 150–180 лет – общий запас стволовой древесины превышает 500 м³ [5, 6].

В Приморском крае в доперестроечный период было создано много подполюговых культур кедра в широколиственных лесах вторичного происхождения. Однако результаты этой работы не обобщены. Задача восстановления кедрово- и чернопихтово-широколиственных лесов, утративших хвойный компонент в результате рубок и пожаров, настоятельно требует обобщения накопленного опыта.

Список литературы

1. Влага и холод сопровождали вторую декаду октября [Электронный ресурс]. – URL: http://primogoda.ru/.../vлага_i_holod_soprovozhdali_vtoruyu_dekadu_oktyabrya (дата обращения 29. 01.2010).
2. Гриднев А.Н., Гуков Г.В., Гриднева Н.В. Рост пихты цельнолистной в лесокультурных фитоценозах Приморского края // *Леса России в XXI веке. Материалы седьмой международной научн.-техн. интернет-конф.* Июль 2011 г. – СПб., 2011. – С. 32–37.
3. Козин Е.К., Сибирина Л.А. Рационализация рубок ухода за лесными культурами кедра в Приморском крае // *Лесное хозяйство.* – 2008. – № 5. – С. 19–20.
4. Кудинов А.И. Реконструкция дубовых лесов на юге Приморского края // *Лесн. хоз-во.* – 1991. – № 1. – С. 20–22.
5. Кудинов А.И. Динамика производных фитоценозов на юге Приморского края. – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 140 с.
6. Леса заповедника «Уссурийский» (мониторинг динамики) / Ю.И. Манько, А.И. Кудинов, Г.А. Гладкова, Е.В. Жабько, Г.Н. Бутовец, Т.П. Орехова. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 224 с.
7. Лесной фонд Дальневосточного экономического района России на рубеже XX–XXI веков (статистический справочник). – Хабаровск: Изд-во ФГУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», 2004. – 140 с.
8. Павленко И.А. Реконструктивные культуры кедра корейского в Учебно-опытном лесхозе Приморского СХИ // *Охрана, учет и восстановление лесов Дальнего Востока.* Сб. научн. трудов. – Уссурийск, 1991. – С. 59–62.
9. Chen X., Li B-L., Lin Z-S. The acceleration of succession for the restoration of the mixed-broadleaved Korean pine forests in Northeast China // *Forest Ecology and Management.* – 2003. – № 177. – P. 503–514.
10. Katsuki T., Zhang D., Rushforth K. 2013. *Abies holophylla.* The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T42287A2969916. – URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42287A2969916.en>. (дата обращения 03. 2. 2016).
11. Thomas P. & Farjon, A. 2013. *Pinus koraiensis.* The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T42373A2975987. – URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42373A2975987.en>. (дата обращения 03. 2. 2016).

УДК 633.63:631.51:153.8

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПО ВАРИАНТАМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

¹Логвинов А.В., ¹Логвинов В.А., ¹Шевченко А.Г., ¹Записоцкий Д.Н.,
²Моисеев А.В., ²Моисеев В.В.

¹ФГБНУ «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы»,
Гулькевичи, e-mail: Imaybest@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»,
Краснодар, e-mail: moiseew_w@rambler.ru

Целью данной работы является рассмотрение влияния способов основной обработки почвы на сохранение влаги в почве, агрофизических и агрохимических свойств почвы и продуктивность сахарной свеклы в трех- и четырехпольных зерносвекловичных севооборотах. В результате исследования определена экономическая эффективность влияния способов основной обработки почвы на ресурс- и влагосбережение и уровень продуктивности сахарной свеклы. В условиях производственных опытов изучались три системы основной обработки почвы: вспашка с оборотом пласта на 30 см, мелкая обработка на глубину 5 см с чизелеванием на глубину 35 см и мелкая обработка на глубину 5 см (без чизелевания). Научная новизна исследования заключается в том, что в отсутствие, научной информации впервые установлено существенное влияние способов основной обработки почвы на формирование продуктивности сахарной свеклы. Полученные данные являются исходными материалами для принятия оперативных организационно-агрономических и агротехнических решений с целью разработки новых и совершенствования существующих технологий в плане их почвозащитных функций и повышения урожайности сахарной свеклы и расчета экономической эффективности производства сахарной свеклы.

Ключевые слова: сахарная свекла, система обработки почвы, вспашка, поверхностная обработка почвы с чизелеванием, поверхностная обработка, экономическая эффективность, варианты обработки, гибриды

ECONOMIC EFFICIENCY OF PRODUCTION OF SUGAR BEET BY OPTIONS OF THE MAIN PROCESSING OF THE SOIL

¹Logvinov A.V., ¹Logvinov V.A., ¹Shevchenko A.G., ¹Zapisotskiy D.N.,
²Moiseev A.V., ²Moiseev V.V.

¹*Pervomayskaya Selection Experimental Station of sugar beet, Gulkevichi, e-mail: Imaybest@mail.ru;*

²*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: moiseew_w@rambler.ru*

The purpose of this work is consideration of influence of ways of the main processing of the soil on preservation of moisture in the soil, agrophysical and agrochemical properties of the soil and efficiency of sugar beet in the 3rd and 4th the polykh the zernosveklovichnykh crop rotations. As a result of research economic efficiency of influence of ways of the main processing of the soil on resource-both moisture saving and level of efficiency of sugar beet is defined. In the conditions of know-how three systems of the main processing of the soil were studied: plowing with turnover of layer on 30 cm, small processing on depth of 5 cm with a chizelevaniye on depth of 35 cm and small processing on depth of 5 cm (without chizelevaniye). Scientific novelty of research is that in lack of scientific information significant influence of ways of the main processing of the soil on formation of efficiency of sugar beet is for the first time established. The obtained data are initial materials for acceptance quick organizational and agrotechnical decisions for the purpose of development new and improvement of the existing technologies in respect of their soil-protective functions and increase of productivity of sugar beet and calculation of economic efficiency of production of sugar beet.

Keywords: sugar beet, system of processing of the soil, plowing, surface treatment of the soil with a chizelevaniye, a surface treatment, economic efficiency, processing options, hybrids

Сельскохозяйственные культуры оказывают различное влияние на питательный и водный режим почвы, ее физические свойства, усиливающиеся применяемыми агротехническими приемами [4]. Севооборот – важнейшее средство восстановления и повышения плодородия почвы [1]. Он регулирует процессы накопления и разложения органического вещества, образования и минерализации гумуса, а также повышает ресурсы за счет эффективного использо-

вания влияния последствия одного вида культуры на последующие [6].

Включение сахарной свеклы в севооборот имеет большое агротехническое значение, так как она способствует повышению культуры земледелия и урожайности последующих культур благодаря глубокой обработке почвы, внесению больших норм удобрений, борьбе с сорняками и вредителями на ее посевах.

Корнеплодная сахарная свекла появилась в 18 веке результатом отбора из

естественных гибридов листовой свеклы (мангольд) и низкосахаристой корнеплодной свеклы кормового типа. Дикая свекла встречается на побережье Средиземного, Каспийского и Черного морей, в Закавказье и Малой Азии.

В современных системах земледелия обработка почвы должна решать общие задачи по созданию благоприятного ее строения для возделывания сельскохозяйственных культур [3]. Одним из факторов повышения рентабельности производства сахарной свеклы является совершенствование способов основной обработки почвы как важнейшего звена интенсификации севооборотов [13].

От системы и качества обработки почвы зависит уровень ее агрономических свойств, которые прямо или косвенно влияют на развитие растений, пораженность болезнями, заселенность вредителями, а также на засоренность, влажность, уплотнение, развитие эрозийных процессов и в конечном итоге на плодородие и урожайность [2]. Основная обработка почвы в севообороте должна применяться не шаблонно, а дифференцированно, с учетом сложившейся ситуации в разрезе каждого поля, севооборота и в конкретной агроландшафтной зоне в целом [15].

Согласно методическим рекомендациям, под фабричную сахарную свеклу в качестве основной обработки почвы следует проводить вспашку на глубину 30 и более см с оборотом пласта или мелкую обработку почвы на 12–16 см с глубоким (на 40–45 см) осенним чизелеванием и выравниванием почвы [14].

Отвальная обработка почвы, по сравнению с безотвальной, заметно снижала засоренность посевов и несколько улучшала водно-физические свойства почвы, что обеспечивало повышение урожайности на 47 ц/га или 11 %, независимо от уровня плодородия почвы и нормы удобрений [10]. Глубокое рыхление почвы не приводило к достоверному изменению величины урожая [7].

Способ основной обработки почвы не оказывал существенного влияния на содержание сахара в корнеплодах [8], независимо от уровня плодородия почвы и условий погоды, складывающихся в течение вегетации культуры [9].

В 2013–2015 году в ФГБНУ «Первомайская СОС» проводились исследования по изучению и разработке научно обоснованных приемов сохранения и повышения плодородия почвы при переходе на ресурсо- и энергосберегающие биологизированные технологии возделывания сахарной свеклы в трех- и четырехпольных севооборотах

[9]. В результате определена экономическая эффективность и получены экспериментальные данные по агрофизическим и агрохимическим свойствам почвы и продуктивности сахарной свеклы в зависимости от способов основной обработки почвы [12].

Новизной исследования является заключение о том, что в отсутствии научной информации впервые установлено существенное влияние способов основной обработки почвы на формирование продуктивности сахарной свеклы. Полученные данные являются исходными материалами для принятия оперативных организационно-агрономических и агротехнических решений с целью разработки новых и совершенствования существующих технологий в плане их почвозащитных функций и повышения урожайности сахарной свеклы и расчета экономической эффективности производства сахарной свеклы.

Исследование в 2013–2015 гг. проводилось в лабораторных и полевых условиях согласно методике полевого опыта и методических рекомендаций на экспериментальной базе ФГБНУ «Первомайская СОС» [11].

Согласно программе исследования изучались три системы основной обработки почвы:

- вариант В.1 – вспашка с оборотом пласта на глубину 30 см;
- вариант В.2 – поверхностная обработка на глубину 5 см с чизелеванием на глубину 35 см;
- вариант В.3 – поверхностная обработка на глубину 5 см (без чизелевания).

Площадь делянок производственного испытания по 1,2 га. Посев проводили семенами гибрида кубанской селекции – Кубанский МС 95. Норма высева 151 тыс. семян на 1 га. Расстояние между рядами 45 см, между растениями – 14,7 см. Форма рельефа поля – ровная. Предшественник – озимая пшеница [5].

Перечень агротехнических мероприятий, выполненных в опыте, приведен в табл. 1.

Все агротехнические приемы по посеву и уходу за растениями были одинаковыми и выполнялись в вариантах опыта одними агрегатами в одни и те же сроки согласно технологической схеме, предусмотренной на ФГБНУ «Первомайская СОС». Внесение удобрений и фунгицидов в опыте не предусмотрено.

Биологический урожай учитывался путем ручной копки на участках с площади 2,7 кв. м в четырехкратной повторности в три срока. При механизированной уборке учет проводился со всей площади опытного участка (1,2 га).

Таблица 1

Перечень основных агротехнических мероприятий возделывания сахарной свеклы.
Предшественник – озимая пшеница

Наименование технологической операции	Состав агрегата	Срок выполнения
Вариант В.1 – Вспашка		
1. Дискование стерни 5 см	Челенджер МТ585В + Дискатор	01.07.2014
2. Вспашка 28–30 см	МТЗ-82 + ПЛН-3-35	04.11.2014
3. Боронование (выравнивание пахоты)	МТЗ-82 + англ. борона	19.03.2015
4. Культивация предпосевная 3–4 см	МТЗ-82 + УСМК-5.4	26.03.2015
5. Посев КМС-95 (1,85 пос. ед.)	РТ-М-160 + ТС-М 8000А	26.03.2015
6. Культивация междурядий на глубину 3–5 см	ЛТЗ-155 + КРН-5.4	19.05.2015
7. Культивация междурядий на глубину 3–5 см	МТЗ-80 + УСМК-5.4	28.05.2015
8. Уборка	Комбайн MOREAU	30.09.2015
Вариант В.2 – Чизелевание		
1. Дискование стерни 5см	Челенджер МТ585В + Дискатор	01.07.2014
2. Культивация 5 см	МТЗ-80 + КПС-4	10.11.2014
3. Чизелевание 35 см	Челенджер МТ585В + Чизель	13.11.2014
4. Боронование (выравнивание)	МТЗ-82 + англ. борона	19.03.2015
5. Культивация предпосевная 3–4 см	МТЗ-82 + УСМК-5.4	26.03.2015
6. Посев КМС-95 (1,85 пос. ед.)	РТ-М-160 + ТС-М 8000А	26.03.2015
7. Культивация междурядий на глубину 3–5 см	ЛТЗ-155 + КРН-5.4	19.05.2015
8. Культивация междурядий на глубину 3–5 см	МТЗ-80 + УСМК-5.4	28.05.2015
9. Уборка	Комбайн MOREAU	30.09.2015
Вариант В.3 – поверхностная		
1. Дискование стерни 5 см	Челенджер МТ585В + Дискатор	01.07.2014
2. Культивация 5 см	МТЗ-80 + КПС-4	10.11.2014
3. Культивация предпосевная 3–4 см	МТЗ-82 + УСМК-5.4	26.03.2015
4. Посев КМС-95 (1,85 пос. ед.)	РТ-М-160 + ТС-М 8000А	26.03.2015
5. Культивация междурядий на глубину 3–5 см	ЛТЗ-155 + КРН-5.4	19.05.2015
6. Культивация междурядий на глубину 3–5 см	МТЗ-80 + УСМК-5.4	28.05.2015
7. Уборка	Комбайн MOREAU	30.09.2015

Таблица 2

Экономическая эффективность производства сахарной свеклы по вариантам основной обработки почвы в 2013 году

Вариант опыта	Прямые затраты + Общехозяйственные затраты и услуги сторонних организаций, руб./га	Урожайность, т/га	Себестоимость, руб. на 1 т	Выручка от реализации, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
Вспашка – В.1	57240	51,5	1111,46	83172,5	25933	45,3
Чизелевание – В.2	57319	51,7	1108,68	83495,5	26177	45,7
Поверхностная – В.3	56940	40,5	1405,94	65407,5	8467	14,9

Экономическая эффективность производства сахарной свеклы в 2013–2015 гг. представлены в табл. 2–4.

По данным табл. 4 себестоимость 1 т корнеплодов сахарной свеклы в отчетном году составила в вариантах с вспашкой 1176, с чизелеванием 1059 и поверхностной обработкой 1257 рублей. Основная об-

работка почвы с чизелеванием обеспечила наибольшую рентабельность – 79,4%.

Виды затрат по вариантам представлены в табл. 5.

Производство растениеводческой продукции по нашим исследованиям рентабельно при использовании технологий вариант В.2 – Чизелевание, обработка на

глубину 5 см с чизелеванием на глубину 35 см при этом варианте несмотря на увеличение прямых и общехозяйственных затрат, урожайность составила 52,6 т/га, что на 6,4 т/га больше, чем по варианту В.1, и на 9,8 т/га больше, чем по варианту В.3;

себестоимость 1 т составляет 1059 руб., что ниже себестоимости варианта В.1 на 117 руб., а варианта В.3 на 198 руб.; соответственно выручка, прибыль и рентабельность также выше, чем по вышеуказанным вариантам.

Таблица 3

Экономическая эффективность производства сахарной свеклы по вариантам основной обработки почвы в 2014 году

Вариант опыта	Прямые затраты + Общехозяйственные затраты и услуги сторонних организаций, руб./га	В том числе прямые затраты на обработку почвы		Урожайность, т/га	Себестоимость, руб. на 1 т	Выручка от реализации, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
		руб./га	процент от общих затрат					
Вспашка – В.1	57092	2093	3,7	47,5	1202	98753	41661	73,0
Чизелевание – В.2	57319	2319	4,0	23,9	2398	49688	-7631	-13,3
Поверхностная – В.3	56940	1941	3,4	19,5	2920	40541	-16400	-28,8

Таблица 4

Экономическая эффективность производства сахарной свеклы по вариантам основной обработки почвы в 2015 году

Вариант опыта	Прямые затраты + Общехозяйственные затраты и услуги сторонних организаций, руб./га	В том числе прямые затраты на обработку почвы		Урожайность, т/га	Себестоимость, руб. на 1 т	Выручка от реализации, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
		руб./га	процент от общих затрат					
Вспашка – В.1	54344	2126	3,9	46,2	1176	87780	33436	61,5
Чизелевание – В.2	55717	2194	3,9	52,6	1059	99940	44223	79,4
Поверхностная – В.3	53801	1793	3,3	42,8	1257	81320	27519	51,1

Таблица 5

Виды затрат по вариантам

Вид затрат	Вспашка – В.1	Чизелевание – В.2	Поверхностная – В.3
Работа + ГСМ	13467	13535	13134
Пестициды	15762	15762	15762
Семена	8000	8000	8000
Текущий ремонт	8700	8700	8700
Амортизация	1500	1500	1500
Вывоз продукции	6915	8220	6705
Итого прямые затраты, руб./га	54344	55717	53801

Список литературы

1. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. Юбилейный выпуск / под ред. акад. Трубилина И.Т. – Краснодар, 1997. – 236 с.
2. Башкатов В.В., Башкатова В.С. Анализ предпринимательских рисков на основании ограниченного круга критериев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 106. – С. 48–59.
3. Башкатов В.В., Башкатова В.С., Барсебян А.А. Сущность предпринимательского риска и показатели, необходимые для его оценки // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 100. – С. 1051–1064.
4. Зелинская М.В., Артемова Е.И., Коваленко Л.В. Государственное регулирование экономики: учебное пособие. – Краснодар, 2016.
5. Моисеев А.В. Анализ экономической эффективности применения интеграции маркетинговых коммуникаций // Молодой ученый. – 2016. – № 3. – С. 571–573.
6. Моисеев В.В. Прогрессивные технологии как фактор инновационного развития растениеводства (на примере ОАО «Заветы Ильича») / В.В. Моисеев, М.С. Осмоловская // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 часть 16. – С. 3569–3571.
7. Моисеев В.В. Эффективная инвестиционно-инновационная деятельность – залог интенсивного развития растениеводства / В.В. Моисеев, М.С. Осмоловская // АПК: Экономика, управление. – 2015. – № 6. – С. 39–45.
8. Моисеев А.В. Развитие и государственная поддержка инновационной деятельности в аграрном секторе // Вестник университета (Государственный университет управления). – 2007. – № 7 (33). – С. 288–290.
9. Моисеев А.В. Методические и практические подходы определения эффективности объектов интеллектуальной собственности в растениеводстве // Региональная экономика: теория и практика. – 2008. – № 4 (61). – С. 73–78.
10. Рысьмятов А.З., Дьяков С.А., Дьяков А.А., Мкртчян А.А. Реструктуризация и модернизация производства как комплексная экономическая категория // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 107. – С. 614–631.
11. Селезнев А.М. Эффективность приемов основной обработки почвы и продуктивность сахарной свеклы в юго-восточной части зоны неустойчивого увлажнения Краснодарского края / А.М. Селезнев, С.Е. Наливайко // Сахарная свекла. – 2010. – № 1. – С. 12–15.
12. Суслов В.И. Теоретические и практические аспекты свекловодства в Краснодарском крае / В.И. Суслов, В.А. Логвинов, В.Н. Мищенко, А.В. Суслов, А.В. Логвинов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 5(26). – С. 62–67.
13. Суслов В.И. Реакция гибридов на способы обработки почвы / В.И. Суслов, В.Н. Мищенко, А.П. Логвинова, Н.В. Саквин, А.В. Стрельникова, А.В. Логвинов, Н.В. Карева // Сахарная свекла. – 2008. – № 4. – С. 12–18.
14. Суслов В.И. Производственное испытание гибридов сахарной свеклы / В.И. Суслов, В.А. Логвинов, В.И. Мищенко, А.В. Стрельникова, А.В. Логвинов, А.В. Суслов, Н.Л. Филимонов // Сахарная свекла. – 2010. – № 7. – С. 6–9.
15. Трубилин Е.И., Труфляк И.С., Труфляк Е.В. Альтернативный режущий аппарат механических косилок // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 2. – С. 10–12.

УДК 630*431

СОСТОЯНИЕ СТЕПНОГО СОСНОВОГО БОРА В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Макаров В.П., Малых О.Ф.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, e-mail: vm2853@mail.ru

В статье показаны результаты исследования серии пожаров в степном бору Забайкальского края, которые привели к уничтожению и деградации до 90% насаждений. На площадях с сильным верховым пожаром древостой погиб полностью. На площадях с верховым пожаром средней силы погибло более 80% древостоя. Низовые пожары средней силы привели к гибели около 55% деревьев. На месте погибших сосновых сообществ в ряде мест развиваются осиново-разнотравные и разнотравные травянистые сообщества. В результате пожаров произошло снижение проективного покрытия кустарников, изменение состава и доли участия в сложении травостоя ряда травянистых растений, в частности вейника, бобовых трав. Успешное возобновление молодых подростом (1–5 лет) сосны отмечено в большинстве пострадавших от пожара сообществ. Подрост сосны старше 5 лет сохранился только на длительно не горевших участках леса. Обильный осинный подрост замечен только на некоторых свободных от леса участках.

Ключевые слова: сосновый бор, пожары, состояние, фитоценотическая структура, возобновление

STATE OF STEPPE PINE FOREST IN THE CHITA REGION AFTER FOREST FIRES

Makarov V.P., Malykh O.F.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, e-mail: vm2853@mail.ru

The article shows the research results of a series of fires in forest-steppe TRANS-Baikal territory, which led to the destruction and degradation of up to 90% of plantings. In the areas with strong by crown fires, the forest is completely dead. In the areas with crown fire average forces killed more than 80% of the forest. Surface fires of moderate force, and resulted in the deaths of about 55% of the trees. In the place of the dead pine communities in some places are developing aspen-forb and forb herbaceous community. As a result of the fires there was a decrease in the percent cover of shrubs, changing the composition and share of participation in the addition of the herbage of some grasses. In particular grass, legumes. The successful relaunch of young saplings (1–5 years) pine noted in the most-affected fire communities. The undergrowth of pine over 5 years old are preserved only on the long-term burning parts of the forest. Abundant aspen undergrowth only seen on some forest-free areas.

Keywords: pine forest, fire, state, phytocenotic structure, resume

Цасучейский бор – изолированный лесной массив на правом берегу реки Онон в Забайкальском крае. Бор расположен на ровных участках, изредка всхолмленных невысокими сопками. Абсолютные высоты составляют 600–800 м над уровнем моря. Цасучейский бор играет важную климатообразующую роль для значительной территории, является естественным аккумулятором влаги, предохраняет почвы от ветровой и водной эрозии.

Потепление климата в Байкальском регионе происходит в более форсированном режиме, чем на всей территории России и мира, о чем свидетельствуют более резко возрастающие тренды средней годовой температуры воздуха, особенно в последние 30–35 лет [2]. Повышение температуры воздуха и снижение атмосферных осадков в юго-восточных районах Забайкальского края способствовали возникновению катастрофических лесных и степных пожаров, особенно в период 2003–2013 гг. В результате площадь Цасучейского бора за последние десятилетия сократилась на 90%. Стремительному продвижению огня в лесном массиве способствовали сильный ветер, хорошо развитый сухой травостой, а также недостаточные меры по профилактике и ликвидации лесных пожаров.

Цель исследований – выявить послепожарное состояние сосновых сообществ, дать характеристику естественного возобновления лесного массива после серии пожаров.

Материалы и методы исследований

Цель исследований – выявить послепожарное состояние сосновых сообществ, дать характеристику естественного возобновления лесного массива после серии пожаров.

Материалы и методы исследований

Исследование Цасучейского соснового бора провели летом 2014 г. методом пробных площадей. Исследовано 15 пробных площадей в растительных сообществах с разной степенью нарушенности пожарами. Размер площадей – 50×50 м. Площади расположены на высоте от 657 до 707 м. Определяли флористический состав и структуру древесных сообществ, средний диаметр и высоту древостоя, сомкнутость крон, возобновление древесных пород. Категории состояния дерева определяли по 10-балльной шкале [5]. С помощью возрастного бура для каждой ступени толщины определяли возраст деревьев. Возобновление древесных растений учитывали на 25–30 пробных площадках размером 1×1 м, на участках с редкими всходами и подростом – 2×2 м, равномерно расположенных по пробной площади. В составе возобновления выделяли 3 категории

особей: всходы (1, 2 года), самосев (диаметр на высоте груди менее 2 см), подрост (по группам диаметра на высоте груди от 2 до 6 см). Учет естественного возобновления делали по методике А.В. Побединского [4]. Для этого на каждой пробной площади закладывали по 25 учетных площадок, размером 1х1м, располагая их по пяти параллельным линиям, через одинаковое расстояние друг от друга. На каждой площадке тщательно подсчитывали подрост и всходы. Жизненное состояние ценопопуляций молодого поколения леса оценивали по методике В.А. Алексеева [1]. При этом жизнеспособность отдельных экземпляров подростка в лесу характеризовали по внешним признакам особей, выделяя четыре категории: здоровый, ослабленный, усыхающий и сухой. При этом жизнеспособность здоровых экземпляров приравнивалась к 100%, ослабленных – к 70, усыхающих – к 10, сухих – к 0.

Результаты исследования и их обсуждение

Климат района резко континентальный с недостаточным увлажнением. Зима малоснежная (около 5 см). В последние десятилетия климат исследуемой территории существенно изменился. По данным инструментальных измерений метеостанции Нижний Цасучей в период с 1971–2014 гг. установлены тренды повышения температуры воздуха и снижения годового количества атмосферных осадков. Средняя годовая

сумма осадков составила 325 мм и варьировала от 157 до 638 мм. Минимум осадков наблюдался в 2004 г., а максимум – в 1998 г. Среднегодовая температура воздуха за отмеченный период – равна 0°С и варьировала от –1,6 до +2,9°С.

За 2003–2013 гг. большая часть бора, около 90%, пройдена верховыми пожарами. После пожаров остались жизнеспособными неширокие полосы сосновых древостоев. По данным Ононского лесничества средний возраст насаждений находится в пределах от 20 до 120 лет, средние высота и диаметр древостоя соответственно 5–19 м и 4–44 см. Насаждения бора относятся к среднему классу бонитета (III и IV) с полнотой древостоя от 0,3 до 1,0. Запас сырой растительной массы леса – от 30 до 150 м³/га.

Древостой образует преимущественно сосна обыкновенная. На площадях с полностью выгоревшим, после неоднократных пожаров, сосновым древостоем встречаются молодые осинники и травянистые сообщества. Возраст осиновых сообществ 4–7 лет. Средний возраст естественного соснового древостоя находится в пределах от 35 до 60 лет (табл. 1).

Таблица 1

Общая характеристика древостоя

Номер пробной площади	Состав древостоя	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Относительная полнота	Сомкнутость крон, %	Средний возраст, лет	Жизненное состояние, балл
<i>Длительно не горевшее насаждение</i>							
12	10 С	10,5 ± 0,3	16,8 ± 1,5	0,8	20	44	0,6
14	10 С	22,1 ± 8,8	19,7 ± 1,0	0,9	50	47	1,6
15	10 С	19,5 ± 0,5	29,8 ± 5,0	0,9	60	48	1,6
<i>Пожар низовой, средней силы</i>							
7	10 Сед, Ос	2,5 ± 0,3	5,0 ± 0,0	0,1	0	15	2,6
9	10 С	12,8 ± 0,1	27,7 ± 0,7	0,2	10	35	0,6
<i>Пожар низовой, сильный</i>							
8	10 С	15,4 ± 0,4	19,8 ± 0,9	0,7	40	60	3,6
<i>Пожар верховой, средней силы</i>							
1	10 С ед, Ос	15,3 ± 0,3	21,2 ± 0,8	0,7	40	54	3,5
<i>Пожар верховой, сильный</i>							
2	10 С	14,6 ± 1,2	18,6 ± 2,4	0,6	20	45	4,0
3	10 Ос	1,5 ± 0,0	2,0 ± 0,0	0,0	0	4	0,0
4	10 Ос	2,0 ± 0,0	3,0 ± 0,0	0,0	0	7	0,0
6	10 С	15,0 ± 1,7	16,3 ± 1,5	0,6	20	44	4,0
10	10 С	16,7 ± 0,7	27,5 ± 1,6	0,7	20	35	4,0
11	10 С	19,0 ± 1,0	19,9 ± 3,1	0,7	20	60	4,0
13	10 С	18,0 ± 0,0	24,4 ± 2,5	0,6	20	50	4,0
5	Травостой	–	–	0,0	–	–	–

Анализ возрастной структуры насаждений свидетельствует о доминировании в составе древостоя молодой (1–40 лет) и средневозрастной (41–80 лет) групп деревьев. Спелый древостой (101–140 лет) в большей мере отмечен на длительно не горевших площадях.

Значительная часть древостоя в сосновом бору, от 56 до 84%, отнесены к категории ослабленных, в особенности в насаждениях с сомкнутостью крон более 50%. Низовые пожары средней силы на 15-летних посадках сосны привели к гибели значительной части древостоя (54%). Редкий древостой в посадках (сомкнутость крон 10%) в возрасте около 35 лет пострадал в меньшей мере. Здесь преобладают ослабленные деревья (50%) и значительна доля (43%) деревьев здоровых.

Сильный низовой пожар уничтожил большую часть древостоя, сохранилось 30% сильно ослабленных деревьев. В верховом пожаре средней силы погибло более 80% древостоя.

Сильный верховой пожар уничтожил древостой полностью. На месте погибших сосновых сообществ в ряде мест развиваются осиново-разнотравные и разнотравные травянистые сообщества.

Подлесок Цасучейского бора образуют шиповник даурский (*Rosa davurica*) – встречается на 60% пробных площадей, кустарниковидная яблоня ягодная (*Malus baccata*) и таволга водосборолистная (*Spiraea aquilegifolia*) – встречаются на 27% пробных площадей. На единичных пробных площадях отмечена таволга даурская (*Spiraea dahurica*), караганы узколистная (*Caragana stenophylla*) и древовидная (*Caragana arborescens*). Последняя имеет искусственное происхождение (посадка).

Проективное покрытие подлеска обычно до 5%. На длительно не горевших участках проективное покрытие шиповника достигает 20–25% а караганы древовидной в составе природного древостоя – 50–75%. После гибели от пожара надземной части это растение быстро восстановилось от коревой системы. Более разнообразный видовой состав кустарников обнаруживается в длительно не горевших сообществах, с относительно высокой сомкнутостью крон (50–60%), а также обезлесенных участках.

В травяном покрове обнаружено 64 вида травянистых растений. Большая часть из них (95%) относятся к степному комплексу [3]. Встречаемость видов растений различна – от 7 до 93%. К видам с высокой встречаемостью, более 50%, относятся 12 растений: леспедеца ситниковая (*Lespedeza juncea*) (93%), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*) (87%), вейник наземный (*Calamagrostis*

epigeios), дендрантема Завадского (*Dendranthemum zawadskii*), осока стоповидная (*Carex pediformis*) (73–80%), василистник придатковый (*Thalictrum appendiculatum*), шизонепета многонадрезанная (*Schizonepeta multifida*) (67%), астрагал приподнимающийся (*Astragalus adsurgens*), гетеропаппус алтайский (*Heteropappus altaicus*), клевер люпиновый (*Lupinaster pentaphyllus*), лапчатка рябинколистная (*Potentilla tanacetifolia*) и остролодочник тысячелистный (*Oxytropis myriophylla*) (53–60%).

Обнаружена различная встречаемость видов растений в зависимости от воздействия пожаров. На площадях, пострадавших от верховых пожаров, высокой встречаемостью (63–100%) характеризуются 11 видов трав: вейник наземный, дендрантема Завадского, кровохлебка лекарственная, леспедеца ситниковая, астрагал приподнимающийся, клевер люпиновый, остролодочник тысячелистный, шизонепета многонадрезанная, горошек приятный (*Vicia amoena*), лапчатка рябинколистная и осока стоповидная. Обращает внимание значительное участие в этом списке бобовых трав (5 из 11 видов).

Длительно не горевшие сообщества отличаются от насаждений, пострадавших от пожара, участием в сложении травостоя василистника придаткового (*Thalictrum appendiculatum*), патринии скабиозолистной (*Patrinia scabiosifolia*), сосюреи вытянутой (*Saussurea elongata*), ковыля байкальского (*Stipa baicalensis*).

Более высоким проективным покрытием отличаются вейник незамечаемый, ковыль байкальский, полынь метельчатая (*Artemisia scoparia*) и нителистник сибирский (*Filifolium sibiricum*). Такие растения, как бубенчик узкоцветковый (*Adenophora stenanthina*), гвоздика разноцветная (*Dianthus versicolor*), горноколосник мягколистный (*Orostachis malacophylla*), очиток бледноватый (*Sedum pallescens*), тимьян даурский (*Thymus dahuricus*), чемерица черная (*Veratrum nigrum*), эдельвейс бледножелтый (*Leontopodium ochroleucum*) встречаются единично.

Живой напочвенный покров представлен мхами *Sphagnum sp.* только в длительно не горевших сообществах. Проективное покрытие мхов от 5 до 10%.

Возобновление древесных растений

Всходы (возраст до 1 года) сосны на пробных площадях немногочисленные, от 0,3 до 6,5 тыс. шт. на 1 га. На ряде пробных площадей всходы не обнаружены вовсе. Самосев (возраст 1–5 лет) сосны отмечен на большинстве пробных площадей, от 0,8 до 283 тыс. шт. на 1 га. Не обнаружен самосев только на обезлесенных участках, а также

культурах сосны. Плохое или необеспеченное возобновление сосны отмечается в сообществах со значительным участием деревьев спелого возраста и низкой сомкнутостью крон (табл. 2).

сти бора. Пожары привели на значительной площади к замещению лесных сообществ на степные травянистые сообщества.

Удовлетворительное естественное возобновление леса наблюдается в большинстве

Таблица 2

Характеристика естественного возобновления на пробных площадях, 2014 г.

Номер пробной площади	Год пожара	Сосна			Осина
		Количество всходов, тыс. шт./га	Количество самосева, тыс. шт./га	Количество подроста, тыс. шт./га	Количество подроста, тыс. шт./га
<i>Длительно не горевшее насаждение</i>					
12	–	6,5 ± 2,2	0,8 ± 0,3	0,9 ± 0,2	0
14	–	0	14,7 ± 5,3	14,7 ± 0,2	0
15	–	0	13,5 ± 5,1	14,1 ± 0,2	1,3 ± 0,8
<i>Пожар низовой, средней силы</i>					
7	1993	0	0	0	0,7 ± 0,1
9	2001	0	11,3 ± 7,6	0	0
<i>Пожар низовой, сильный</i>					
8	2012	6,5 ± 3,8	283,1 ± 30,6	0	0,4 ± 0,1
<i>Пожар верховой, средней силы</i>					
1	2012	2,0 ± 0,7	165,0 ± 16,8	0	1,7 ± 0,7
<i>Пожар верховой, сильный</i>					
2	2011	0,3 ± 0,3	63,0 ± 9,8	0	1,3 ± 0,8
3	2006	0	21,0 ± 6,4	0	8,3 ± 3,4
4	2006	0	0	0	20,0 ± 0,0
5	1998	0	0	0	0
6	2012	0	70,0 ± 10,2	0	0,5 ± 0,1
10	2012	1,7 ± 1,1	102,7 ± 15,2	0	0
11	2012	0	46,3 ± 6,9	0	0
13	2012	0	42,7 ± 11,9	0	0

Подрост сосны обнаружен только в длительно не горевших насаждениях. Осиновый подрост отмечается на большинстве исследованных пробных площадей, в пределах 0,4–20,0 тыс. шт. на 1 га. Наиболее обилен подрост осины на обезлесенных площадях после пожара 2006 года (8,3–20,0 тыс. шт./га).

Таким образом, всходы сосны отмечаются преимущественно в длительно не горевших насаждениях и после низового сильного пожара. Обильный самосев сосны обнаруживается в сообществах после низового сильного, верхового сильного и средней силы пожаров. Подрост сосны сохранился только на длительно не горевших участках леса. Обильный осиновый подрост замечен только на некоторых свободных от леса участках.

Заключение

В результате серии пожаров 2003–2013 гг. лесной экологической системе (Цасучейскому бору) нанесен трудно поправимый ущерб. Древостой на большей части площади бора погиб полностью и ослаблен. Сохранились небольшие участки длительно не горевших насаждений в юго-восточной ча-

исследованных насаждений. Однако сохраняющаяся угроза повторных пожаров может привести к уничтожению молодого подроста и дальнейшему преобразованию леса в степь.

Необходима концепция и разработка мероприятий по восстановлению и сохранению соснового бора. Она должна в полной мере учитывать экологические особенности леса в окружении сухой степи, формирование пожароустойчивой структуры насаждений, а также организационные мероприятия по защите леса от пожаров.

Список литературы

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
2. Куликов А.И., Убугунов Л.Л., Мангатаев А.Ц. О глобальном изменении климата и его экосистемных последствиях // Аридные экосистемы. – 2014. – Т. 20. – № 3 (60). – С. 5–13.
3. Мальшев Л.И., Пешкова Г.А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). – Новосибирск: Наука, 1984. – 265 с.
4. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. – Красноярск, 1962. – 53 с.
5. Рысин Л.П., Комиссаров Е.С., Маслов А.А., Петерсон Ю.В., Савельева Л.И. Методические предложения по созданию системы постоянных пробных площадей на особо охраняемых лесных территориях. – М.: Наука, 1988. – 28 с.

УДК 633.62:631.5

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ

¹Оказова З.П., ²Икоева В.А.

¹Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова,
Владикавказ, e-mail: okazarina73@mail.ru;

²Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства,
Михайловское, e-mail: skniigpsh@mail.ru

Сорные растения – один из компонентов агроценозов полевых культур – оказывают негативное влияние на сельскохозяйственные культуры. Опыт по изучению роста и развития сорных растений в посевах сахарного сорго проводился на экспериментальном поле Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства в 2009–2011 гг. Почва участка – выщелоченный чернозем, подстилаемый галечником. Исследование проводилось с использованием сорта сахарного сорго Силосное 88 (st). Опыт проводился с использованием Методических указаний по определению экономических порогов и критических периодов вредоносности сорняков в посевах сельскохозяйственных культур. При среднем сроке сева содержание пигментов в листьях сахарного сорго сорта Силосное 88 (st) было максимальным. Снижение содержания хлорофилла в листьях сорняка на фоне увеличения числа сорных растений в зависимости от сроков сева было различным. Максимальное снижение интенсивности процесса фотосинтеза отмечено при среднем сроке сева сахарного сорго. Установлено, что при среднем сроке сева сахарное сорго наиболее конкурентоспособно по отношению к сорным растениям.

Ключевые слова: сорные растения, степень засоренности, хлорофилл, межвидовая конкуренция

INFLUENCE OF NUMBER OF WEEDS ON THE YIELD OF SUGAR SORGHUM IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA

¹Okazova Z.P., ²Ikoeva V.A.

¹North-Osetian State University. K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: okazarina73@mail.ru;

²North-Caucasian Research Institute of mountain and foothill agriculture,
Mikhailovskoe, e-mail: skniigpsh@mail.ru

Weeds is one of the components of agroecosystems of field cultures, have a negative impact on crops. The experiment to study the growth and development of weeds in crops of sweet sorghum was conducted at the experimental field of the North Caucasus research Institute of mountain and foothill agriculture, between 2009 and 2011. Plot soil – leached black soil underlain by gravel. The study was conducted using varieties of sweet sorghum Silage 88 (st) the experiment was conducted using Methodological guidelines on determination of economic thresholds and critical periods of harmfulness of weeds in agricultural crops. With the average sowing time the content of pigments in leaves of sweet sorghum Silage variety 88 (st) was the highest. The decrease in chlorophyll content in the leaves of the weed on the back of an increase in the number of weed plants depending on sowing dates was different. The maximum decrease in the intensity of photosynthesis was observed when the average sowing date of sweet sorghum. It is established that at an average term of sowing of sweet sorghum is the most competitive with undesirable plants.

Keywords: weed plants, degree of infestation, chlorophyll, interspecific competition

Сорные растения являются одним из компонентов агроценозов полевых культур, оказывают негативное влияние на сельскохозяйственные культуры [3, 4].

Опыт по изучению роста и развития сорных растений в посевах сахарного сорго проводился на экспериментальном поле Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства в 2009–2011 гг.

Почва участка – выщелоченный чернозем, подстилаемый галечником.

Опыт проводился с использованием Методических указаний по определению экономических порогов и критических периодов вредоносности сорняков в посевах сельскохозяйственных культур. Повтор-

ность опыта четырехкратная, учетная площадь делянки 10 м².

Фотосинтетическая деятельность положена в основу биолого-хозяйственной эффективности производства. С ростом численности сорняков отмечалось снижение интенсивности процесса фотосинтеза в культуре [5].

Концентрация пигментов в листьях растений сахарного сорго сорта Силосное 88 (st) (ранний срок сева) при численности сорняков 5 шт./м² 2,62 мг/г, каротина 0,55 мг/г. При 320 шт./м² происходило снижение этих показателей на 50,0–58,1 % (табл. 1).

Сокращение уровня хлорофилла «а» было менее интенсивным – с ростом плотности размещения растений его концентрация

сократилась на 52,8%. Содержание хлорофилла «b» было значительным – на 61,6%. Содержание каротина с ростом числа сорняков от 5 до 320 шт./м² составило 41,9%. При среднем сроке сева содержание хлорофиллов в листьях сахарного сорго на контроле – 2,83 мг/г, каротина – 0,59 мг/г. При численности сорных растений 5 шт./м² эти показатели снизились на 3,6 и 5,1% соответственно. На фоне максимальной численности сорняков снижение концентрации пигментов составило соответственно 65,7 и 67,7%. При позднем сроке сева, на контроле, без сорняков содержание хлорофиллов в листьях сахарного сорго составило 2,02 мг/г, каротина 0,51 мг/г. Минимальная численность сорных растений объясняет снижение содержания пигментов в листьях культуры на 5,6%, каротина на 7,9% [1, 2].

Таблица 1

Содержание пигментов в листьях сахарного сорго (с. Силосное 88 (st)) (мг/г), фаза 7–8 листьев (2009–2011 гг.)

Численность сорняков в посевах	Хлорофиллы		Σ	Каротин
	a	b		
I				
0	2,10	0,52	2,62	0,55
5	2,00	0,47	2,47	0,51
10	1,91	0,40	2,31	0,48
20	1,70	0,36	2,06	0,42
40	1,58	0,32	1,90	0,44
80	1,49	0,30	1,79	0,41
160	1,27	0,25	1,52	0,37
320	1,11	0,20	1,31	0,32
II				
0	2,25	0,58	2,83	0,59
5	2,17	0,54	2,71	0,56
10	2,03	0,49	2,52	0,54
20	1,93	0,46	2,39	0,52
40	1,85	0,43	2,28	0,49
80	1,71	0,39	2,10	0,45
160	1,52	0,33	1,85	0,43
320	1,48	0,27	1,75	0,40
III				
0	2,02	0,50	2,52	0,51
5	1,91	0,47	2,38	0,47
10	1,85	0,41	2,26	0,43
20	1,69	0,37	2,06	0,41
40	1,42	0,33	1,75	0,37
80	1,31	0,29	1,60	0,33
160	1,20	0,26	1,46	0,30
320	1,04	0,21	1,25	0,28

При среднем сроке сева содержание пигментов в листьях сахарного сорго сорт Силосное 88 (st) было максимальным.

Основной сорняк в опыте – щирица запрокинутая. С ростом плотности размещения растений происходит снижение интенсивности процессов фотосинтеза в ее листьях. Содержание хлорофиллов в листьях сорного растения при минимальной плотности произрастания на единице площади посева сахарного сорго сорта Силосное 88 (st) в зависимости от срока сева – 1,55; 1,17 и 1,41 мг/г и каротина 0,40; 0,35 и 0,37 мг/г соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Влияние численности сорных растений на содержание пигментов в листьях щирицы запрокинутой (мг/г), фаза 8–10 см (2009–2011 гг.)

Численность сорняков в посевах	Хлорофиллы		Σ	Каротин
	a	b		
I				
5	1,10	0,45	1,55	0,40
10	1,02	0,40	1,42	0,38
20	0,93	0,37	1,30	0,34
40	0,88	0,33	1,21	0,28
80	0,82	0,29	1,11	0,23
160	0,71	0,26	0,97	0,21
320	0,65	0,22	0,87	0,18
II				
5	0,82	0,31	1,17	0,35
10	0,78	0,28	1,06	0,32
20	0,72	0,27	0,99	0,29
40	0,69	0,25	0,94	0,24
80	0,64	0,23	0,87	0,21
160	0,59	0,20	0,79	0,17
320	0,45	0,17	0,62	0,15
III				
5	1,03	0,38	1,41	0,37
10	0,96	0,34	1,30	0,31
20	0,89	0,31	1,20	0,29
40	0,80	0,29	1,09	0,23
80	0,71	0,23	0,94	0,21
160	0,67	0,21	0,88	0,19
320	0,60	0,20	0,80	0,16

При раннем сроке сева содержание хлорофиллов при уровне засоренности 5 шт./м² 1,55 мг/г, каротина 0,4 мг/г. С увеличением степени засоренности до 320 шт./м² количество хлорофиллов сократилось в 1,8 раза, каротина – в 2,2 раза соответственно. При среднем сроке сева сахарного сорго содержание хлорофиллов при минимальной

засоренности (5 шт./м²) – 0,82 мг/г, каротина 0,35 мг/г. Содержание хлорофилла «а» на варианте с максимальной засоренностью сократилось на 45,2%, хлорофилла «b» – на 45,7%, каротина соответственно на 57,2%. При позднем сроке сева концентрация хлорофиллов «а» и «b» при засоренности 5 шт./м² составила 1,41 мг/г, (хлорофилл «а» – 1,03 мг/г, хлорофилл «b» – 0,38 мг/г), каротина 0,37 мг/г.

Снижение содержания хлорофилла в листьях сорняка на фоне увеличения числа сорных растений в зависимости от сроков сева было различным. Максимальное снижение интенсивности процесса фотосинтеза отмечено при среднем сроке сева сахарного сорго.

Влияние плотности произрастания растений в посевах сахарного сорго на накопление биомассы сорных растений отражено в табл. 3.

Масса сорнополевого компонента при раннем сроке сева на фоне минимальной плотности произрастания сорняков 112,0 г/м²,

с ростом плотности этот показатель возрастал – 3568,0 г/м², масса возрастала в 32 раза. При этом происходило снижение массы одного экземпляра сорного растения: 22,4 г при минимальной засоренности, при 320 шт./м² 11,15 г соответственно. Таким образом, масса одного экземпляра сократилась в 2 раза. На фоне среднего срока сева масса сорняков составила 97,0 г, ростом численности сорняков до 320 шт./м² – 3215,0; то есть увеличение массы было в 33,1 раза. Масса одного экземпляра сорного растения, напротив, сократилась в 1,9 раза. При позднем сроке сева масса сорняков на фоне максимальной засоренности увеличилась в 29,6 раза, масса одного сорняка сократилась в 2,2 раза.

В зависимости от срока сева сахарного сорго, с ростом численности сорных растений на единице площади происходит снижение массы одного экземпляра сорного растения до 46,0–51,7% в сравнении с наименьшей засоренностью; наблюдается как внутривидовая так и межвидовая конкуренция.

Таблица 3

Влияние засоренности посевов сахарного сорго на накопление биомассы сорняков (2009–2011 гг.)

Численность сорняков в посевах	Масса сорн., г/м ²	Увелич. массы, г/м ²	Масса 1 сорн., г	Масса 1 сорняка, от мин. зас., %
I				
5	112,0	–	22,40	–
10	200,0	88,0	20,04	89,4
20	366,0	254,0	18,30	81,6
40	650,8	538,8	16,27	72,6
80	1210,4	1098,4	15,13	67,5
160	2283,2	2171,2	14,27	63,7
320	3568,0	3456,0	11,15	49,7
II				
5	97,0	–	19,40	–
10	170,5	73,5	17,05	87,8
20	330,0	233,0	16,50	85,0
40	635,0	538,0	15,80	81,4
80	1180,0	1083,0	14,70	75,7
160	2145,0	2048,0	13,40	69,0
320	3024,0	2927,0	9,45	48,7
III				
5	128,0	–	25,6	–
10	220,0	92,0	22,0	85,9
20	407,0	279,0	20,35	79,5
40	685,0	557,0	17,10	66,8
80	1340,0	1212,0	16,75	65,4
160	2437,0	2309,0	15,20	59,3
320	3790,0	3662,0	11,80	46,0

Таблица 4

Влияние засоренности и сроков сева на урожайность сахарного сорго (2009–2011 гг.)

Численность сорняков	Урожайность, т/га				Потери урожая	
	2009	2010	2011	Ср.	т/га	%
I						
0	36,0	38,5	39,2	37,9	–	–
5	34,1	35,3	38,6	36,0	1,9	5,0
10	33,0	34,8	36,7	34,9	3,0	7,9
20	31,2	32,9	34,0	32,7	5,2	13,7
40	28,7	30,5	32,6	30,5	7,4	19,5
80	27,8	28,9	30,0	28,9	9,0	23,7
160	26,0	27,2	28,7	27,3	10,6	27,9
320	23,0	24,4	27,6	25,0	12,9	34,0
II						
0	38,7	38,0	40,9	39,2	–	–
5	37,0	37,6	39,4	38,0	1,2	3,0
10	35,8	36,6	37,1	36,5	2,7	6,8
20	33,8	35,7	35,2	34,9	4,3	10,9
40	31,9	32,9	33,6	32,8	6,4	16,3
80	29,5	30,8	31,8	30,7	8,5	21,6
160	27,6	27,9	30,0	28,5	10,7	27,3
320	25,8	26,7	27,3	26,6	12,6	32,1
III						
0	34,0	35,3	36,3	35,2	–	–
5	32,9	34,3	34,5	33,9	1,3	3,7
10	30,8	31,1	32,9	31,6	3,6	10,2
20	28,0	28,7	30,3	29,0	6,2	17,6
40	26,9	28,0	28,8	27,9	7,3	20,7
80	24,0	25,5	26,4	25,3	9,9	28,1
160	22,9	23,4	24,8	23,7	11,5	32,6
320	20,0	21,0	22,9	21,3	13,9	39,4

Влияние степени засоренности и сроков сева на урожайность зеленой массы сахарного сорго – заключительный этап исследований (табл. 4).

По мере увеличения плотности произрастания сорняков на единице площади потери урожая составляли 3–39,4%.

При раннем сроке сева наименьшая урожайность сахарного сорго отмечалась при 320 шт./м² – 25,0 т/га. Потери урожая составили 12,9 т/га или 34,0%. При среднем сроке сева урожайность зеленой массы на контроле без сорняков – 39,2 т/га. На фоне минимальной засоренности урожайность сократилась и составила 38,0 т/га или потери урожая 3,0% в сравнении с контролем. Максимальная засоренность объясняет урожайность 26,6 т/га или потери урожая 32,1%. Поздний срок сева характеризовался потерями урожая 3,7–39,4% в сравнении с вариантом без сорняков.

Таким образом, можно сделать вывод, что при среднем сроке сева сахарное сорго

наиболее конкурентоспособно по отношению к сорным растениям.

Список литературы

1. Икоева В.А. Критические периоды вредоносности сорняков в посевах сахарного сорго / В.А. Икоева, З.П. Оказова // Биоразнообразие и рациональное использование природных ресурсов: матер. Всерос. науч.-практич. конф. – Махачкала, 2015. – С. 197–200.
2. Икоева В.А., Оказова З.П. Эффективность возделывания сахарного сорго на зеленый корм и силос в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.
3. Кадималиев М.М. Влияние гербицидов на засоренность и урожай сахарного сорго / М.М. Кадималиев, И.А. Мусаев, Ш.М. Магомедов // Агрехимический вестник. – 2008. – № 6. – С. 37–38.
4. Нурмакова Ж.И. Развитие и видовой состав сегетальных сорных растений под посевами сахарного сорго на орошаемых землях дельты Волги / Ж.И. Нурмакова, Т.В. Дымова // Геология, география и глобальная энергия. – 2006. – № 9. – С. 72–75.
5. Пигорев И.Я. Сахарное сорго в кормопроизводстве Курской области / И.Я. Пигорев, В.А. Денисов // Вестник Курской ГСХА. – 2009. – № 1. – С. 52–58.

УДК 631.542 (712)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ РУБОК УХОДА В ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НА ТЕРРИТОРИЯХ САДОВО-ПАРКОВОГО НАСЛЕДИЯ ПОВОЛЖЬЯ

Сокольская О.Б., Проездов П.Н., Пивкина Г.Ю.

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Саратов,
e-mail: sololskaya.olg@yandex.ru; galina-p22@mail.ru*

В настоящее время в России имеется множество объектов озеленения населённых пунктов, созданных в XVIII–XX веках. Большинство их находятся в запущенном состоянии и требуют восстановительных работ. В работе представлены результаты технологических приемов рубок ухода в зеленых насаждениях на этих территориях. Показана зависимость динамики содержания CO_2 . Подтверждается, что регулирование содержания CO_2 в зеленых насаждениях путём обрезки нижних сучьев стволов деревьев с низкой кроной (как правило, теневыносливых пород), частичного удаления в первую очередь нежелательных пород кустарника, сухостоя приводит к лучшему формированию кроны, повышению продуктивности деревьев. Даются рекомендации высоты обрезки нижних сучьев деревьев, что увеличивает привлекательность для рекреационного функционирования объектов ландшафтной архитектуры.

Ключевые слова: технологические приёмы, зеленые насаждения, садово-парковое наследие, ветропроницаемость, обрезка сучьев, CO_2 , рубки ухода

THE TECHNIQUES OF THINNING PLANTATIONS IN THE GREEN AREAS ON THE LANDSCAPE HERITAGE OF THE VOLGA REGION

Sokolskaya O.B., Proezdov P.N., Pivkina G.Y.

*Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov, Saratov,
e-mail: sololskaya.olg@yandex.ru; galina-p22@mail.ru*

Currently in Russia there is a set of objects of gardening of settlements created in the period XVIII–XX centuries. Most of them are in poor condition and require restoration. The paper presents the results of technological methods of thinning the green plantations in these areas. The dependence of the dynamics of CO_2 . It is confirmed that the regulation of CO_2 in the greenery by trimming the lower branches of the trunks of trees with low foliage (usually shade-tolerant species), partial removal in the first place, undesirable species of bushes, dead wood leads to a better formation of the crown, increase of productivity of the trees. Recommendations height of pruning of the lower branches of the trees that increase the attractiveness for recreational facilities operation of landscape architecture.

Keywords: technological methods, green planting, landscape heritage, the permeability of the wind, cutting boughs, CO_2

На сегодняшний день в России много объектов озеленения населённых пунктов, созданных в XVIII–XX веках. Большая часть таких объектов находятся в запущенном состоянии и требуют неотложных восстановительных работ [10]. В связи с этим актуальность темы определена тем, что при существующем недостатке озеленённых территорий необходимо создавать новые пространства для рекреации населения или проводить восстановительные мероприятия существующих объектов садово-паркового наследия.

Необходимо в этой связи учитывать тот фактор, что атмосферный воздух является средой для жизни зелёных насаждений и одним из источников их питания, уменьшает амплитуду колебаний температуры и предохраняет лесной биогеоценоз и людей от отрицательного воздействия ультрафиолетового излучения. Воздух служит источником снабжения растений

углекислотой для фотосинтеза и кислородом для дыхания, а также средой для распространения пыльцы, спор семян и плодов. Воздух как экологический фактор обуславливает физиологические и биологические процессы, а при движении действует как физический фактор. Известно, что атмосферный воздух содержит около 78 % азота, 21 % кислорода, 0,03 % углекислого газа и др. компонентов [4]. Содержание кислорода в воздухе не является лимитирующим (ограничивающим) фактором, а наличие CO_2 находится в минимуме, поэтому даже незначительные его колебания существенно влияют на жизнь, продуктивность растений и т.п. Значительную роль в газообмене по высоте зелёных насаждений играет ветер, в частности при перемещении CO_2 от поверхности почвы вверх увеличивает его содержание в кроне, что положительно отражается на фотосинтезе растений.

Материалы и методы исследования

Цель исследований – выявить воздействие обрезки нижних сучьев деревьев на динамику содержания углекислого газа по высоте зелёных насаждений.

Объектами исследований послужили зелёные насаждения садово-паркового наследия, расположенные в с. Студенка Белинского района Пензенской области (дендропарк им. Г.Ф. Морозова, созданный по его инициативе в 1918 г., – площадь 14 га) и с. Пады Балашовского района Саратовской области (садово-парковый ансамбль князей Нарышкиных, созданный в XVIII веке, – площадь 8 га).

Методика исследований базировалась на рекомендациях ведущих НИИ и вузов РФ и учёных [1, 2, 3]. Состав воздуха определялся портативным газоанализатором, а скорость ветра – анемометром МС-13.

Обрезка стволов от сучьев, особенно с низкой кроной (теневыносливые породы – ель колючая (*Picea pungens Engelm*), туя западная (*Thuja occidentalis*) и др.), приводит к увеличению ветропроницаемости зелёных насаждений объектов садово-паркового строительства. Прежде всего, это связано с проникновением ветрового потока с открытой местности, скорость которого увеличивается под пологом зелёного насаждения, благодаря подчистке сучьев. Ветер усиливает транспирацию растений (древесных, кустарниковых, травянистых) и ускоряет восходящий поток влаги от корней к листьям. Для нормального хода транспирации необходимо движение воздуха, чтобы вблизи листьев насыщенный водяными парами воздух постоянно сменялся более сухим из атмосферы. Ветер силой более 2–3 м/с считают переходящим за оптимум, и транспирация становится чрезмерной, а фотосинтез угнетается. Для фотосинтеза имеет важное значение замена использованного воздуха, обеднённого углекислым газом, на воздух с нормальным (фоновым) содержанием CO_2 [4]. Ветер содействует лучшему опылению цветков и распространению семян древесных и кустарниковых пород: сосны обыкновенной, ели колючей, лиственницы сибирской, тополевого, ольховых, березы повислая, дуба черешчатого, ясени обыкновенного, ильмовых, лещины обыкновенной и др. [10].

Сильный ветер > 5 м/с приносит ущерб лесопаркам, садам и паркам, вызывает дефицит влагообеспеченности листьев и побегов из-за уноса полезного избытка CO_2 из зоны, где воздух обогащён им в результате жизнедеятельности почвенной микрофлоры [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Нами предлагается ограничить буферную зону садово-паркового наследия защитными двухрядными полосами из *Pōpulus pyramidālis* и одного ряда кустарника *Ribes aureum* или красивоцветущей с ажурной листвой породы (например, *Caragāna arborēscens*), а также двухрядной посадкой защитных насаждений из *Pīnus sylvēstris* и *Ribes aureum* (или *Caragāna arborēscens*). Располагаются защитные полосы по границе и внутри вдоль главных дорог садово-паркового наследия, а также в буферной зоне [1, 5].

Воздух в приземном слое атмосферы вблизи изучаемых объектов садово-паркового наследия (дендрарий лесничества им. Г.Ф. Морозова, с. Студенка Белинского района Пензенской области и садово-паркового ансамбля князей Нарышкиных в с. Пады Балашовского района Саратовской области) содержит в среднем 77,0% азота, 21,0% кислорода, 1,0% благородных газов, 1,0% водяных паров, 0,03% углекислого газа (CO_2), 0,01% водорода и 0,01% минеральных солей и летучих органических веществ. Среднее количество CO_2 , 0,03%, недостаточно для оптимальной производительности растений [4]. Углекислота выделяется при дыхании растений, животных, человека, при сжигании. Наибольшее количество CO_2 поступает в воздух из почвы – результат жизнедеятельности бактерий, грибов, актиномицетов и др., принимающих участие в разложении подстилки, гумуса и пр. [4].

Наши исследования показали, что наибольшее содержание CO_2 , до 0,07%, свойственно для зелёных насаждений, приземного слоя воздуха, заключённого в пределах высоты 0–2,0 м. Теневыносливость подроста преувеличивают, недоучитывая, что он пользуется повышенным количеством CO_2 из почвы [4]. От приземного слоя к вершинам кронам содержание CO_2 уменьшается от 0,07 до 0,02%, что является результатом потребления его листвой и свидетельствует о слабой диффузии углекислого газа в направлении снизу вверх. Диффузия указывает на ветрозащитную функцию лесопарков, не допускающих внутри себя турбулентных воздухомесительных потоков, способных быстро выравнять количество углекислоты по вертикальному профилю. Регулирование количества углекислого газа вполне доступно историческому садово-парковому хозяйству, заключающемуся в обеспечении быстрого разложения органического опада путём улучшения его состава и создания благоприятных условий для жизнедеятельности микрофлоры.

Вышеизложенное повествует о том, что наилучшими условиями для снабжения углекислотой нижних ярусов зелёных насаждений, особенно подростка кустарника, травянистого покрова, являются безветрие, штиль (скорость ветра до 1 м/с), а для верхнего яруса – ветер со скоростью, достаточной для устранения дефицита CO_2 . Так, например, для турбулентного горизонтально-вертикального воздухообмена (обмена углекислоты) были заложены опыты в селе

Студенка Белинского района Пензенской области и в селе Пады Балашовского района Саратовской области, заключающиеся в рубках ухода в зелёных насаждениях [5, 6, 8, 9]. Произведена обрезка сучьев теневыносливых пород деревьев ели колючей, туи западной, липы мелколистной в возрасте 47–50 лет на высоте 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 м, а также частично удалён кустарник и подрост неценных пород.

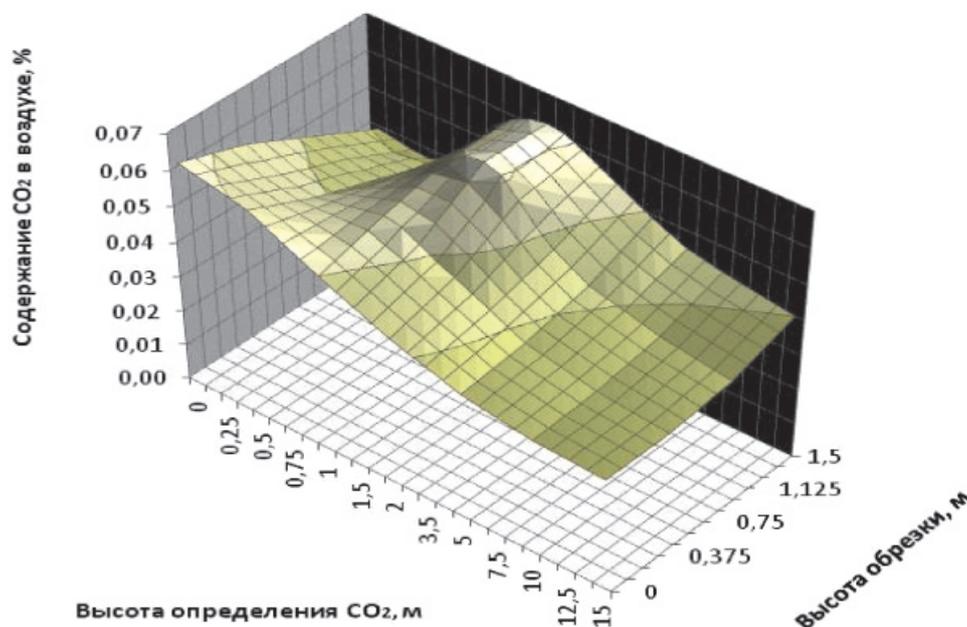
Цель – увеличить ветропроницаемость зеленого насаждения для создания турбулентных потоков воздуха внутри насаждения и обеспечения поступления углекислого газа к верхним ярусам крон.

Определение состава воздуха проводилось газоанализатором, в частности CO_2 , на поверхности почвы и на высоте 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15,0 м и насколько позволяла высота древостоя (табл. 1 и рисунок).

Таблица 1

Содержание CO_2 (%) в зависимости от высоты ели колючей, туи западной и подчистки их стволов от сучьев (дендрарий лесничества им. Г.Ф. Морозова – с. Студенка Белинского района Пензенской области), средние показатели за период с июля 2012 г. по июль 2015 г.

Высота определения CO_2 , м	Высота подчистки стволов от сучьев, м			
	0	0,5	1,0	1,5
0	0,063	0,057	0,048	0,039
0,5	0,059	0,051	0,044	0,036
1,0	0,050	0,055	0,059	0,061
2,0	0,042	0,047	0,053	0,059
5,0	0,036	0,038	0,042	0,049
10,0	0,033	0,034	0,037	0,043
15,0	0,032	0,032	0,034	0,040
Вершина кроны	0,022	0,023	0,027	0,034



$$Y = 0,023 + 0,066 \cdot X + 0,895 \cdot X^2 - 1,034 \cdot X^3,$$

где X – высота обрезки на уровне 0,5 м; X^2 – высота обрезки на уровне 1,0 м; X^3 – высота обрезки на уровне 1,5 м.

$$R^2 = 0,98.$$

Изменение CO_2 в воздухе в зависимости от высоты деревьев и обрезки их стволов от сучьев в зеленых насаждениях (дендрарий лесничества им. Г.Ф. Морозова, с. Студенка Белинского района Пензенской области [10])

Колебание содержания CO_2 в воздухе открытых мест невелико, от 0,029 до 0,035%. Ночью количество углекислоты в воздухе больше, чем днём, летом меньше, чем осенью [4]. Эти колебания регулируются потреблением CO_2 растениями и поступлением его из почвы.

Исследования содержания углекислого газа в воздухе зелёных насаждений показали, что наибольшее его количество содержится в слое 0–2,0 м – 0,042–0,063%. С увеличением высоты обрезки стволов от сучьев содержание CO_2 по высоте повышается.

Рост содержания CO_2 по высоте древесного обусловлен увеличением ветропроницаемости и, как следствие, повышением турбулентности ветрового потока горизонтально-вертикального перемещения воздуха (табл. 2).

ем полога, что наблюдается во многих объектах садово-паркового наследия [1, 4, 8, 9, 10].

Обрезка стволов от сучьев до 1,5–2,0 м влияет на увеличение продуктивности подпологовой травянистой растительности (снyti обыкновенной и др.) и вечнозелёного кустарничка – падуба, что наблюдается в дендрарии лесничества им. Г.Ф. Морозова с. Студенка Белинского района Пензенской области. Закладку дендрария произвёл профессор Г.Ф. Морозов в 1918 г. Повышение продуктивности падуба связано с увеличением высоты растений на 0,1–0,3 м за счёт улучшения освещённости в результате обрезки сучьев до 1,5–2,0 м, удаления нежелательных видов кустарников, сухостоя.

Таблица 2

Ветропроницаемость зелёного насаждения в зависимости от высоты обрезки стволов ели колючей (*Picea pungens*) и туи западной (*Thuja occidentalis*) [9]

Высота обрезки стволов, м				Ветропроницаемость в кронах, %
0	0,5	1,0	1,5	
Ветропроницаемость между стволами, %				0–2
0	5,0 ± 0,2	37 ± 1,3	58 ± 1,5	

Ветропроницаемость (отношение скорости ветра на заветренной опушке зелёного насаждения шириной 40 м к скорости ветра в открытой местности на расстоянии 30 высот от насаждения – 600 м) изменялась от 0% на поверхности подстилки зелёного насаждения до 58% при высоте обрезки стволов деревьев от сучьев 1,5 м. Скорость ветра в открытой местности достигала 4 м/с. В это время происходит замена использованного воздуха, обеднённого CO_2 , порциями со средним (0,03%) или несколько большим его содержанием.

Регулирование содержания углекислого газа в зелёных насаждениях путём подчистки нижних сучьев стволов деревьев с низкой кроной (как правило, теневыносливых пород), частичного удаления в первую очередь нежелательных пород кустарника, а также сухостоя приводит к лучшему формированию кроны, повышению продуктивности деревьев [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Лучшими для снабжения углекислотой и её продуктивного использования являются смешанные, сложные и разновозрастные зелёные насаждения со ступенчатым строени-

Заключение

Таким образом, наши исследования показали, что:

- содержание CO_2 в зелёных насаждениях закономерно снижается от поверхности почвы к вершинам крон от 0,063 до 0,022%;
- с увеличением высоты обрезки сучьев до 1,5–2,0 м повышается ветропроницаемость и усиливается горизонтально-вертикальное (турбулентное) перемещение воздуха, заставляющее подниматься углекислоту к вершинам крон;

- обрезка нижних сучьев ели колючей (*Picea pungens*) и туи западной (*Thuja occidentalis*) увеличивает содержание CO_2 в верхних частях кроны до 0,04–0,05% за счёт повышения ветропроницаемости от 2 до 58% и турбулентного перемещения воздуха, что положительно сказывается на продуктивности зелёных насаждений. Разработана регрессионная математическая модель динамики содержания CO_2 в зависимости от высоты обрезки с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,98$;

- следует применять технологические приёмы: посадку крупномеров, рубки ухода: обрезку сучьев у *Thuja occidentalis* до 1,0 м,

у *Picea pūngens* до 1,5 м, обрезать нижние сучья деревьев высотой до 1,5–2,0 м;

– следует удалять неценный подрост и сухостой в зелёных насаждениях;

– необходимо производить подсев сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria*) и посадку кустарничка падуба под полог зелёных насаждений.

В итоге технологические приёмы рубок ухода в зелёных насаждениях на территориях садово-паркового наследия Поволжья не только повысят санитарно-гигиенические условия территорий, но и придадут им эстетизм и тем самым усилят рекреационный поток к объектам ландшафтной архитектуры в целом.

Список литературы

1. Агролесомелиорация / А.Л. Иванова, К.Н. Кулика, П.Н. Проездов и др.; под ред. академиков А.Л. Иванова, К.Н. Кулика. – Волгоград, ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
3. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов / под ред. Е.С. Павловского и М.И. Долгиленца. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1985. – 112 с.
4. Молчанов А.А. Влияние леса на окружающую среду. – М.: Изд-во «Наука», – 357 с.
5. Проездов П.Н. Закономерности продуктивности и роста защитных лесных насаждений на черноземных почвах Саратовского Правобережья / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, А.И. Разаренов // Нива Поволжья. – Пенза: ПГСХА, 2010. – № 4(17). – С. 81–85.
6. Проездов, П.Н. Влияние рубок ухода на рост и устойчивость защитных лесных насаждений / П.Н. Проездов, А.И. Разаренов // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы Междунар. науч. конфер. – Красноярск: Сиб ГТУ, 2005. – С. 86–91.
7. Проездов П.Н. Оценка взаимообновлений пород и жизнестойкости защитных лесных насаждений / П.Н. Проездов, А.И. Разаренов, Д.А. Бурданов // Материалы Междунар. конфер. молодых ботаников в СПб. – СПб.: Изд-во РАН, 2006. – С. 72–73.
8. Сокольская О.Б. Особенности технологических приемов рубок ухода в насаждениях старых садов и парков / О.Б. Сокольская, П.Н. Проездов // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели (к 90-летию академика РАСХН Е.С. Павловского): материалы международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. Волгоград, 25–28 ноября 2013 г. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – 324 с., С. 194–197.
9. Sokolskaya O.B. Feature of technology of the crop of green plantings on the objects of landscape heritage / O.B. Sokolskaya, P.N. Proezdov // Ландшафтная архитектура: от проекта до экономики: материалы Международной научно-практической конференции / под ред. И.Л. Воротникова. – Саратов: Изд-во ООО «Буква», 2014. – 98 с. – С. 74–76.
10. Сокольская О.Б. Восстановление объектов садово-паркового наследия Поволжья в России: Теоретическое и экспериментальное обоснование возрождения «зеленого зодчества» на территории Приволжской возвышенности. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of: OmniScriptum GmbH & Co, 2014. – 400 с.

УДК 630 (712)

**ОЦЕНКА КИТАЙСКИХ ТРАДИЦИЙ И ПРИЁМОВ В ОБЪЕКТАХ
ЛАНДШАФТНО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
ТАТИЩЕВСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Фоменкова Е.Н., Сокольская О.Б.

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Саратов,
e-mail: sololskaya.olg@yandex.ru, djuna@yandex.ru*

В настоящее время во многих регионах Российской Федерации в плохом состоянии находятся объекты озеленения населённых пунктов, созданные в II половине XVIII – начале XX вв. Это период пейзажного паркового строительства, который получил широкое распространение в Европе и России, после активных торгово-промышленных отношений с восточноазиатскими странами, например, такой, как Китай. В работе проведена оценка китайских традиций и приёмов, появившихся в российских объектах садово-паркового искусства, в частности в усадебных садах и парках Поволжья. Выявлены основные критерии и флора, применяемые в «зеленом» зодчестве на территориях объектов ландшафтно-архитектурного наследия Татищевского района Саратовской области. Анализируется ассортимент зеленых насаждений, интродуцируемый из Китая, элементы парковой архитектуры.

Ключевые слова: дальневосточные традиции и приёмы, зеленые насаждения, интродуценты, вечнозеленые и листопадные насаждения, садово-парковое наследие, ландшафтно-архитектурное наследие, озеленение

**EVALUATION OF CHINESE TRADITIONS AND METHODS
IN OBJECTS OF LANDSCAPE-ARCHITECTURAL HERITAGE TATIŠEVSKIJ
DISTRICT OF THE SARATOV REGION**

Fomenkova E.N., Sokolskaya O.B.

*Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov, Saratov,
e-mail: sololskaya.olg@yandex.ru, djuna@yandex.ru*

Currently in many regions of the Russian Federation in bad condition of objects of gardening of settlements, established during the second half of the XVIII – beginning of XX centuries. Is the period of the landscape Park construction, which is widespread in Europe and Russia, after an active trade and industrial relations with East Asian countries, such as China. In this paper we evaluated Chinese traditions and techniques that have appeared in the Russian objects of landscape art, in particular in manor gardens and parks of the Volga region. Identified, basic criteria, and flora used in «green» architecture in the territories of objects of landscape-architectural heritage tatiševskij district of Saratov region. Analyzes the range of green spaces introduced from China, elements of landscape architecture.

Keywords: far-Eastern traditions and techniques, green areas, landscape heritage, landscape and architectural heritage, landscaping, restoration

В настоящее время во многих регионах Российской Федерации в плохом состоянии находятся объекты озеленения населённых пунктов, созданные в II половине XVIII – начале XX вв. Именно в данный период, после начала активных торгово-промышленных отношений со странами Дальнего Востока, например, с такими государствами, как Китай и Япония, пейзажное парковое строительство получило широкое распространение в Западной Европе и России [6, 9].

Садово-парковое искусство дальневосточных государств недостаточно изучено в России. Одним из первых попытался описать сады и парки Азии и Дальнего Востока А. Регель в «Изящном садоводстве...», изданном в 1896 году. Однако четкого взгляда у него на этот вопрос не прослеживается. В трудах последующих российских

исследователей излагалась информация, похожая на данные А. Регеля (Залесская, 1964; Жирнов, 1977; Боговая, Фурсова, 1988; Ямщиков, 2009). Эти авторы имели позиции «первичности» дальневосточных тенденций в пейзажных садах перед европейскими произведениями паркового строительства. В книге В.Я. Курбатова «Всеобщая история ландшафтного искусства» (2007) в разделе, посвященном китайским и японским садам, высказывается точка зрения, очень схожая с мнением А. Регеля по этому вопросу. Академик Д.С. Лихачев исторически обосновал появление пейзажных парков в Англии (Д.С. Лихачев, Поэзия садов. К семантике садово-парковых стилей. Сад как текст / Д.С. Лихачев. – М.: Согласие, 1998. – с. 196.), а «искусствоведческий анализ японских садов дан в книгах

Н.С. Николаевой (1975, 2005), китайским паркам посвятила свой труд Н.А. Виноградова (2004), все они изданы в серии «Сады мира». В публикациях уделяется внимание в основном художественной стороне восточных садов – архитектуре, композиционной целостности, росписям и интерьерным элементам» [4]. Исследователь-искусствовед, доктор наук Б.М. Соколов в своих работах об английских пейзажных садах неоднократно упоминает о связи пейзажных парков Англии с китайским садовым искусством (Соколов, 2002, 2004). Много в этой связи и философско-культурных произведений, опубликованных отечественными востоковедами: Е.В. Завадской (1969, 1991), В.С. Мясников (2006), Е.В. Новиковой (2004), Е.А. Торчинова (1992, 1999), Г.А. Ткаченко (1999), В.В. Малявина (1995, 1997).

В последние двадцать лет всеми вышеперечисленными вопросами, а также флорой дальневосточных садов и парков занимается доктор с.-х. наук Е.В. Голосова (2002, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009–2011). Тем не менее анализом ландшафтной архитектуры Поволжья с точки зрения применения дальневосточных тенденций в объектах садово-паркового наследия не занимался никто.

В связи с этим *актуальность темы* определена тем, что необходимо оценить пришедшие из стран Восточной Азии и Дальнего Востока традиции и приемы, распространившиеся в Поволжском регионе, в частности на территориях объектов садово-паркового искусства Татищевского района Саратовской области, для того, чтобы грамотно подойти к вопросам восстановления этого наследия и включить его в рекреационный процесс области.

Необходимо, учитывать факторы и степень влияния азиатских и дальневосточных регионов, а также их популярность и территориальную близость к Поволжью.

Материалы и методы исследования

Цель исследований – выявить и оценить воздействие азиатско-дальневосточных традиций и приемов на объектах садово-паркового наследия Татищевского района Саратовской области, в частности китайских.

Объектами исследований послужили приусадебные парки в селах Полчаниновка и Большая Ивановка, а также и Губарёвка, созданные в конце XVIII – начале XX вв. *Методика исследований* базировалась на следующих принципах: на историческом принципе – выявлении общих закономерностей развития объектов ландшафтной архитектуры стран Азии и Дальнего Востока (Китае и Японии), России и Поволжья. Изучение архивных и краеведческих материалов по методикам О.Б. Сокольской [10] и Е.В. Голосовой [1, 2, 4]; на принципе сравнительной хронологии и раз-

вития, который позволил проследить возникновение и формирование объектов ландшафтной архитектуры, периоды развития и закономерности заимствования методов и приемов в создании объектов озеленения населенных пунктов Поволжья по методикам О.Б. Сокольской [5, 7, 8, 10]; на принципе натурального обследования – обзору и обмерам планировки, и растительных форм, малых архитектурных форм, а также видовых перспектив по методикам Е.А. Ахмедовой (1997), И.В. Барсовой (1991), О.Б. Сокольской (2013);

Результаты исследования и их обсуждение

Нами были выделены общие черты старых усадебных парков Татищевского района Саратовской области с азиатско-дальневосточными аналогами. Так, наши исследования показали, что формирование пространства на объектах ландшафтной архитектуры Поволжья является схожим с парками Китая. Это проявляется в планировочном решении такого рода произведений «зеленого» зодчества. Так же как и в китайских парках, исследуемые объекты располагаются в пределах или вблизи населенных пунктов (например, усадебный парк в селе Полчаниновка помещика Минха, или аналогичный объект в селе Большая Ивановка помещика Корбутовского) [5, 8].

Как известно, основой планировки дальневосточного парка было создание необходимого удобства и минимального нарушения окружающего ландшафта. В анализируемых объектах связь с окружением проходит через примыкающий к парку лесной массив и живописные холмы (парк с селе Полчаниновка) или раскрытие на сельскохозяйственные угодья (парк в селе Б. Ивановка), или овражно-балочную систему (парк в селе Губарёвка дворян Шахматовых). Дорожно-тропиночная сеть имеет разветвленный характер. В парках Китая характерно чередование закрытых (массивов) и открытых пространств (полян). Такая анфиладность наблюдается в исследуемых парках. В этой связи массивам и группам отдается 53 %, а полянам – 47 %.

В дальневосточных садах и парках главной составляющей являются холмы, камни и вода (озера, пруды, ручьи и пр.). Холмы акцентировались различными пагодами, павильонами и т.п. В ландшафтно-архитектурных объектах Татищевского района на возвышенностях использовались беседки с раскрывающимися видами в разные стороны, в большей степени на воду [8]. В их оформлении применяли цветочные колера, сходные с характерными для Китая. Береговая линия водоемов и откосы укрепля-

лись часто камнями, также формировались лестничные спуски. Водоем, например, в китайском парке «расширяет и углубляет пространство, удваивая количество композиций за счет отражения. Многие известные сады в Китае формировались на берегах огромных естественных озер» [4]. В рассматриваемых исторических объектах ландшафтной архитектуры все три парка имеют водные системы: Полчениновский парк – бывший каскад прудов, а ныне большой пруд; Большеивановский парк – пруд; Губарёвский парк – речку-ручей. Некогда расположенные в парке Минха каскадные пруды имели соединительную протоку-ручей, оформленную камнями, по которой вода бежала, журча, огибая их, вытекая в большой пруд, где отражательный эффект высокого берега погружал посетителя в атмосферу покоя и прохлады, тем самым приближая его к дальневосточным традициям. В парке дворян Шахматовых вода (речка-ручей), проходя через разные пейзажные картины, связывает их в единое целое.

Что касается флоры, то многие её виды из китайского ассортимента умеренной зоны северной провинции (Хэбэй, Хэнань, Шаньдун, Шаньси, Шэньси, Гацзусу), Ляодунского полуострова и Большой равнины присутствуют в исследуемых объектах. В Китае – это область листопадных широколиственных лесов. Абсолютная температура здесь колеблется от 15°C на юге до 30°C на севере [2]. Среднегодовые осадки составляют 500–700 мм. Из этой области на территории объектов садово-паркового искусства Поволжья были завезены *Pinus sylvéstris*, *Thuja orientalis*, *Catalpa bungei* (для современного озеленения), *Juniperus chinensis* (для современного озеленения), *Populus alba L.*, *Caragana arborescens*, *Syringa amurénsis*, *Syringa x chinensis Willd.*, *Syringa persica*, *Syringa pubescens* и др.

Умеренная зона в Японии размещена в горах на высоте 1000–1500 м над уровнем моря (на островах Кюсю и южном Сикоку, спускается к берегу моря (около 38° с. ш.) на острове Хонсю и доходит до юго-западной части Хоккайдо). Это область листопадного широколиственного леса [4]. Из неё удачно интродуцированы в исследуемый регион: *Acer japonicum* (для современного озеленения), *A. palmatum*, *Hydrangea paniculata* и др.

Рядом с усадебным домом на территориях Поволжья высаживали сосну обыкновенную (*Pinus sylvéstris*), которая по китайским повериям является символом благополучия

духа, вместо персика в Татищевских парках были различные виды сливы (*Prúnus*) – символ счастья, а вместо о сакуры в исследуемых объектах ландшафтной архитектуры применяли вишневые деревья и черемуху (*Prúnus pádus*). Безусловно, рядом с водоемами сажали, как и в Китае, разные виды ив (*Salix*). Дуб черешчатый (*Quercus robus*) является не только одним из символов могущества в России, но и в парках Китая – одно из популярных зеленых насаждений, то же можно сказать и к разновидностям клёнов (*Acer*). *Malus* очень характерны и садов Китая, и в садах России, в частности Поволжья. Деревья и кустарники в Китае зачастую высаживают группами и даже целыми рощами. Такая посадка была типична и для парков Татищевского района.

В китайских традиционных парках отдается предпочтение древовидному типу пиона, считавшегося королем всех цветов [1]. В них же можно встретить лотосы, ирисы, пионы, розы, шиповники и хризантемы. В России и в Поволжье, особенно в XIX – начале XX вв. пионы, розы, шиповники, а осенью – хризантемы были практически во всех дворянских садово-парковых ансамблях и комплексах. Лотос заменяла кувшинка (*Nymphaéa*).

Наши исследования показали, что из азиатско-дальневосточных тенденций для Поволжского региона более свойственным является паркостроение Китая (82%).

Нами установлены следующие преобладающие семейства древесных и кустарниковых насаждений в исторических парках Поволжья, в частности на территории усадебных парков исследуемого региона: *Leguminosae Juss.* (40%), *Salicaceae Mirbu* (30%), *Oleaceae Lindl.* (20%) и *Rosaceae Juss.* (10%). Если исследования видового состава Е.В. Голосовой (2010) показали, что «ассортимент растений китайских садов базируется в основном на видах местной флоры, в японских садах процент интродуцентов также невелик, но больше, чем в Китае», сады и парки Великобритании «содержат только 35% местной флоры и почти столько же видов китайского происхождения (32,5)» [3], то наша оценка усадебных пейзажных парков опирается на другие данные. Так, по нашему анализу ассортимента зеленых насаждений на территориях объектов садово-паркового наследия Татищевского района Саратовской области интродуцентов меньше, чем, например, в парках Великобритании, но больше местной флоры, чем применяется в китайских

и японских садах и парках (рис. 1). По нашему мнению, это связано, прежде всего, с климатическими и природными особенностями, а также традициями российского садово-паркового усадебного зодчества.

Характерно, что вечнозеленых насаждений в исследуемых объектах по сравнению с Китаем и Великобританией меньше в 2 раза, а с Японией в 2,5 раза (рис. 2).

Однако по планировочным показателям, в частности дорожно-тропиночной сети, соотношениям открытых и закрытых пространств наши объекты не уступают произведениям «зеленого» строительства Китая. Стилевое направление в Поволжских пейзажных парках конца XVII – начала XX веков основанное, на создании натуралистических ландшафтов

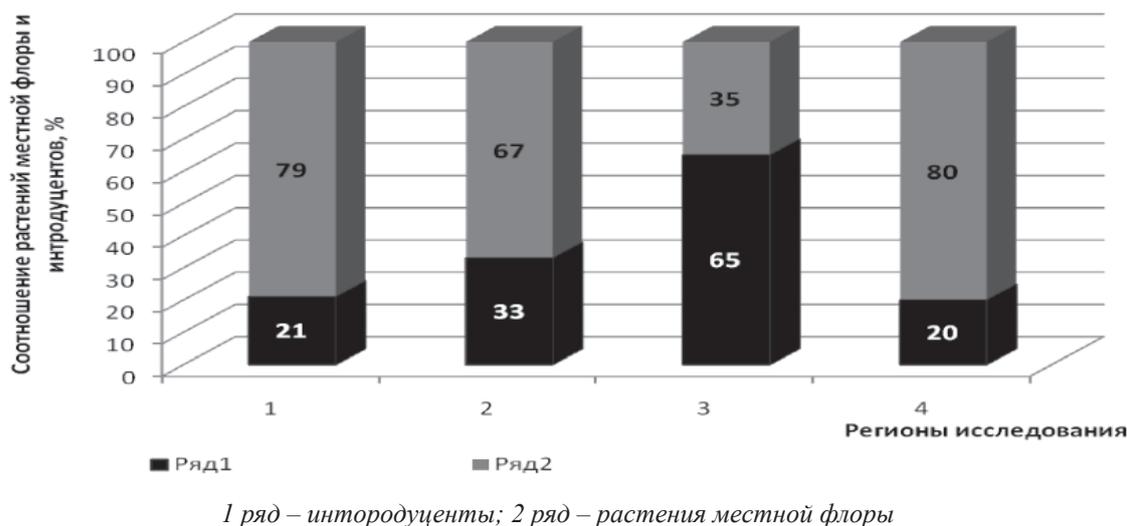


Рис. 1. Процентное соотношение растений местной флоры и интродуцентов в садах и парках: 1 – Китая [4]; 2 – Японии [4]; 3 – Великобритании [4] (по исследованию Е.В. Голосовой, 2011); 4 – Поволжья (РФ), Татищевский район Саратовской области (по исследованиям авторов, 2015)

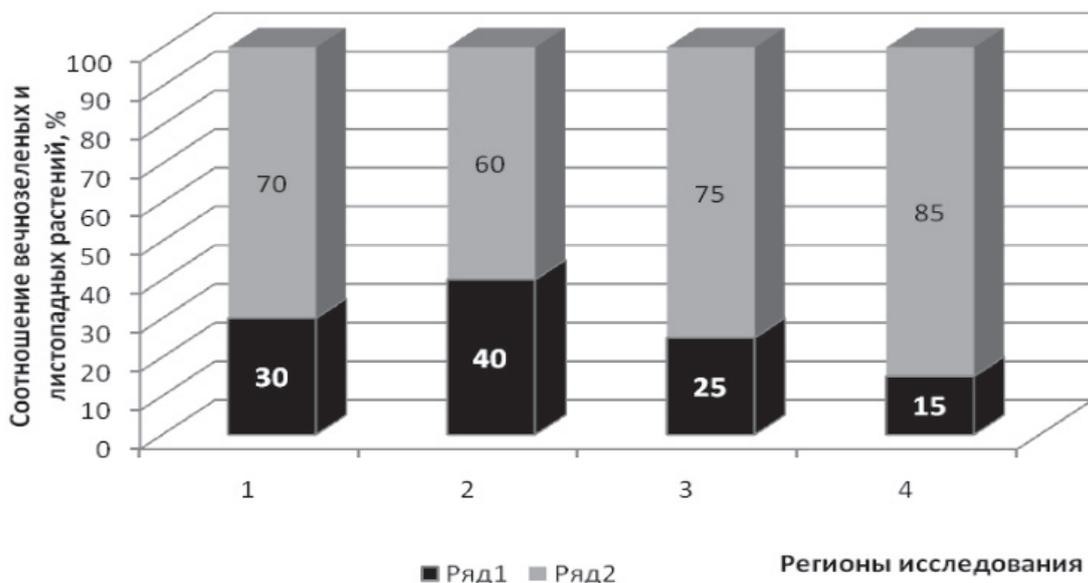


Рис. 2. Процентное соотношение вечнозеленых и листопадных насаждений в культурной флоре: 1 – Китая [4]; 2 – Японии [4]; 3 – Великобритании [4] (по исследованию Е.В. Голосовой, 2011); 4 – Поволжья (РФ) Татищевский район Саратовской области (по исследованиям авторов, 2015)

с использованием элементов китайской садовой культуры.

Заключение

Таким образом, наши исследования показали, что:

– характерные приемы из азиатско-дальневосточных тенденций паркостроения – китайские ландшафтно-планировочные элементы в усадебных комплексах Татищевского района Саратовской области («образ природного объекта», свободная планировка элементов, формирование искусственного рельефа, большое количество видовых точек, ориентация на воду);

– заимствовано из китайской садовой культуры: ряд видов зеленых насаждений, акцентирование возвышенностей павильонами, беседками и др. сооружениями, чайные беседки с яркой окраской (применение цветов: кораллового, зелено-синего, охры, белого), эффект отражения в водной глади;

– использование видов зеленых насаждений китайского происхождения, в садово-парковых комплексах Татищевского района Саратовской области (интродуценты – 20%, из них китайские – 9,1%, представители местной флоры составляют 80%);

– применение вечнозеленых насаждений 15% в усадебных парках исследуемого региона, а лиственных (деревьев и кустарников) – 85%.

Список литературы

1. Голосова Е.В. Искусство традиционного китайского сада // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2003. – № 1. – С. 47–58.
2. Голосова Е.В. Ландшафтное искусство Китая. – М.: Наталис, 2008. – 328 с.
3. Голосова Е.В. Анализ видового состава и пространственной структуры садов и парков Великобритании // Вестник Томского государственного университета. Серия: Биология. – 2010. – Вып 341(декабрь 2010). – С. 198–200.
4. Голосова Е.В. Проблемы формирования и становления восточноазиатских и западноевропейских садов и парков под влиянием садоводческих традиций Китая (на примере Китая, Японии и Великобритании): автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.03.03 / Голосова Елена Владимировна; [Место защиты: Моск. гос. ун-т леса]. – М., 2011. – 47 с.
5. Сокольская О.Б. Исторический архитектурно-ландшафтный потенциал усадьбы А.А. Шахматова в селе Губаревка Татищевского района Саратовской области // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2003. – № 4. – С. 67–69.
6. Сокольская О.Б. История садово-паркового искусства: учебник для вузов. – М.: Изд-во «ИНФРА-М», 2004. – 350 с.
7. Сокольская О.Б. Садово-парковый комплекс в селе Большая Ивановка: прошлое и современное состояние / О.Б. Сокольская, И.В. Сергеева // Материалы конференции по итогам научно-исследовательской и производственной работы за 2010 год. – СПб.: СГАУ, 2011. – 148 с. – С. 115–118.
8. Сокольская О.Б. Очарование Полчаниновки (значение садово-паркового комплекса усадьбы А.Н. Минха для рекреации) / О.Б. Сокольская, Е.А. Кузнецова // Цветоводство. – 2012. – № 2. – С. 28–29.
9. Сокольская О.Б. Садово-парковое искусство: формирование развитие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2013. – 552 с.
10. Сокольская О.Б. Восстановление объектов садово-паркового наследия Поволжья в России: Теоретическое и экспериментальное обоснование возрождения «зеленого зодчества» на территории Приволжской возвышенности. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of: OmniScriptum GmbH & Co, 2014. – 400 с.

УДК 314.728

ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИИ НА ДЕМОГРАФИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ В РЕГИОНАХ СКФО

Абдулманапов П.Г.

*Институт социально-экономических исследований Дагестанского научного центра РАН,
Махачкала, e-mail: raha77@mail.ru*

Выявлена трансформация социально-демографических параметров Северо-Кавказского федерального округа России, детерминированная усилением миграционных процессов. Происходящие в СКФО миграционные процессы оказывают воздействие на последующее развитие этносоциальной и демографической ситуации в округе. К настоящему времени миграционные процессы существенно изменили демографическую структуру населения как в регионах-реципиентах (Ставропольский край и Ингушетия), увеличив долю населения молодых возрастов из национальных республик с относительно высокими репродуктивными установками, так и в регионах-донорах (Дагестан, Чечня и другие), снизив, наоборот, репродуктивный потенциал за счет уменьшения численности населения молодых возрастов. В результате миграционных процессов снизилась доля русскоязычного населения в регионе, исторически заселенном русским этносом, – в Ставропольском крае – и увеличилась доля кавказских этносов, но, в то же время, из-за подобных трансформаций в половозрастном и этносоциальном составе в регионе сложился положительный естественный прирост. С другой стороны, в связи со значительной миграционной убылью населения в некоторых республиках Северного Кавказа (Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия – Алания) депопуляция приобрела затяжной и глубокий характер. Под влиянием миграционных процессов даже в регионах с высокими темпами воспроизводства населения в последнее время возникла угроза сохранению устойчивости демографической динамики.

Ключевые слова: миграция, рождаемость, смертность, воспроизводство населения, структура населения

THE INFLUENCE OF MIGRATION ON THE DEMOGRAPHIC STRUCTURE IN THE REGIONS OF THE NORTH CAUCASUS FEDERAL DISTRICT

Abdulmanapov P.G.

*Institute of social and economic researches of the Dagestan scientific center of the Russian Academy
of Sciences, Makhachkala, e-mail: raha77@mail.ru*

The transformation of socio-demographic parameters of the North Caucasus Federal district of Russia, determined by increase of migration processes, is revealed and considered in the article. Ongoing migration processes in the North Caucasus Federal district influence on the subsequent development of ethno-social and demographic situation in the district. By now, the migration processes have considerably changed the population demographic structure in the recipient regions (Stavropol Krai and Ingushetia), by increasing the share of young population from the national republics with a relatively high reproductive figures, as well as in the donor regions (Dagestan, Chechnya and others), by reducing, on the contrary, the reproductive potential due to decrease of young population. As a result of migration processes the portion of Russian-speaking population in the Stavropol region, historically populated by ethnic Russians, has decreased and the share of Caucasian ethnic groups has risen, but, at the same time, due to such transformations in age, gender and ethno-social composition the positive natural increase has occurred. On the other hand, in view of considerable migration loss of population in some republics of the North Caucasus (Kabardino-Balkaria, Karachay-Cherkessia, North Ossetia – Alania) the depopulation has acquired protracted and deep character. In recent years under the influence of migration processes even in the regions with high rates of population reproduction there has been a threat to the stability of population dynamics.

Keywords: migration, fertility, mortality, population reproduction, structure of the population

Интенсивная миграция приводит к существенным трансформациям в половозрастной и социальной структуре населения и его территориальном размещении. Она способствует обмену навыками труда, производственным опытом и развитию личности, оказывает влияние на семейный состав, на половозрастную структуру, а также на трудовую мобильность. Кроме того, миграция оказывает непосредственное воздействие на демографические процессы. В результате миграционных перемещений происходят изменения в половозрастной структуре населения как в тех регионах, откуда идет отток населения, так и в тех, где

преобладает приток мигрантов. На территориях, где миграционный отток превышает темпы естественного прироста численности населения, начинаются процессы депопуляции, или сокращения общей численности постоянного населения, что, в свою очередь, обуславливает снижение рождаемости, так как уезжает в основном молодежь. Кроме того, в этих регионах в последующем начинает преобладать доля населения старше трудоспособного населения. А в регионах притока молодого населения, как правило, увеличиваются темпы роста численности населения не только за счет миграционного прироста, но и естественного. Важную

роль миграция играет в процессах развития городов из-за постоянного перемещения сельского населения в города и связанного с ним усиления урбанизации.

Целью исследования является определение роли миграционных процессов в формировании демографической структуры региона.

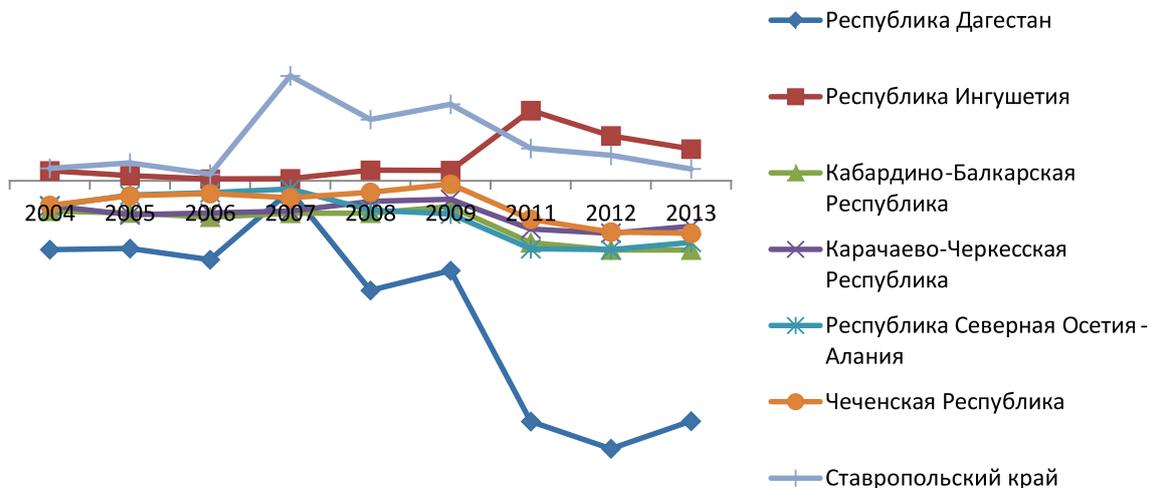
Теоретико-методической основой исследования послужили достижения научной мысли отечественных и зарубежных ученых в области миграции и демографического развития, а также работы отечественных экономистов, демографов, географов. Исходными данными для анализа явились показатели рождаемости, смертности, миграции, предоставленные территориальными органами Федеральной службы государственной статистики по регионам СКФО и размещенные в онлайн-базах данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Динамика большинства социально-демографических показателей в Северо-Кавказском федеральном округе существенно отличается от аналогичных значений и динамики показателей по России в целом. Из-за своего геополитического положения и природно-климатических условий Северный Кавказ является территорией-донором, отдающей население другим регионам, как в пределах федерального округа, так и за его пределами. По данным Дагестанстата за 2013 г. по федеральному округу отрицательное сальдо миграции составило 38 тыс. человек, а за последние десять лет миграционная убыль составила около 170 тыс. человек (рисунки).

Только Республика Дагестан с численностью населения 2964 тыс. человек потеряла за 2004–2013 гг. более 105 тыс. чел. из-за отрицательного прироста, а ежегодные потери превышают 0,8% от общей численности населения за данный период. Такие же высокие доли миграционной убыли имеют Карачаево-Черкесия и Северная Осетия – Алания. Немного меньше миграционные потери в Кабардино-Балкарии – 0,7% от общей численности населения, а в Чеченской Республике еще ниже – всего 0,35%. Только в двух субъектах федерального округа в настоящее время сложилось положительное сальдо миграции – в Ингушетии и Ставропольском крае. Причем в этих регионах благополучная миграционная ситуация отмечается достаточно долгое время – более десяти лет. В Ингушетии наблюдается самый высокий показатель коэффициента миграционного прироста за 2013 г. среди субъектов СКФО – 63 на 10000 человек населения. Начиная с 2012 г. во всех регионах округа складывается тенденция сокращения миграционного прироста, причем не только положительного, но и отрицательного, что подтверждается официальными данными региональных органов статистики.

Относительно высокий уровень естественного прироста населения в республиках Северного Кавказа является значимым фактором развития СКФО. Нехватка рабочих мест и отсутствие возможности для самореализации в пределах региона приводят в действие миграционные процессы [7]. В настоящее время основным направлением миграции являются развитые регионы страны. При этом большинство из мигрантов согласны лишь на временное трудоустройство



Миграционный прирост в субъектах СКФО, человек [11]

и сезонные работы за пределами СКФО, так как коренное население национальных республик крепко привязано к родным местам. В то же время, складывается тенденция замещения дефицита рабочей силы на рынке труда некоторых регионов России, вызванной ухудшением демографической ситуации, трудовыми мигрантами с Северного Кавказа [6]. Кроме того, для регионов СКФО по-прежнему актуальной остаётся проблема миграции по линии село-город вследствие кризисного состояния сельского хозяйства и роста сельского населения. Процесс переселения жителей горных районов республик в города по настоящее время остаётся активным [5].

В общем, и в настоящее время на Северном Кавказе продолжают происходить миграционные сдвиги, затрагивающие как регионы СКФО, так и остальные территории страны. Обращают на себя внимание цифры по Ставропольскому краю, которые отражают объективную тенденцию оттока русскоязычного населения из региона. По экспертным оценкам, основную долю уезжающих из других субъектов СКФО также составляют русские. Превышение числа выбывающих над числом прибывающих показывает реальную ситуацию на рынке труда, особенностью которой является нехватка рабочих мест.

Таким образом, наиболее значимыми причинами, обуславливающими миграции, в регионах СКФО, являются социально-экономические факторы: отсутствие рабочих мест, перспективных отраслей экономики, высокая дифференциация уровня доходов [15]. Кроме того, набор факторов миграции можно дополнить межэтническими и межконфессиональными конфликтами, террористической угрозой. Комплекс приведенных факторов детерминирует миграционные процессы на территориях Северо-Кавказского федерального округа.

Ставропольский край выступает центром интеграции северокавказских регионов в российское пространство. Вместе с тем за постсоветский период регион стал своеобразным центром притяжения мигрантов из национальных республик Северного Кавказа и стран Закавказья. Доля северокавказских этносов в национальной структуре Ставропольского края за межпереписной период (2002–2010 гг.) увеличилась более чем на 10% и настолько же увеличилась доля кавказских народов в целом (в том числе армян, азербайджанцев и др.). В то же время численность русскоязычно-

го населения осталась без изменений, несмотря на рост численности всего населения почти на 2%.

Большинство мигрантов закрепились в приграничных с северокавказскими республиками районах, в первую очередь Кировском, Курском, Нефтекумском, Левокумском, Степновском, Туркменском. В этих районах произошло значительное изменение этнического баланса в сторону увеличения представителей кавказских народностей, прежде всего даргинцев, чеченцев. В районе Кавказских Минеральных Вод усилилось представительство армянской, карачаевской, кабардинской диаспор. В некоторых районах Ставрополья межэтнические противоречия вызывают конфликты, что вынуждает русское население мигрировать. Общая доля русских в национальной структуре Ставропольского края снизилась за двадцать лет на 4 процентных пункта и достигла в 2010 г. 80,1%. В некоторых районах русские составляют менее половины населения. Так в наиболее депрессивном Нефтекумском районе в сельской местности (т.е. без учёта численности г. Нефтекумск)а русские составляют 37,6%, ногайцы – 26,7% даргинцы – 12,9% [8].

Дополнительным поводом для активизации миграционных процессов в Ставропольском крае стало включение региона в состав СКФО. В 2010 г. резко изменился тренд динамики показателей миграционных процессов. Если до момента образования СКФО показатели прибывающих и выбывающих снижались, то с 2010 г. они начали расти высокими темпами до 2012 года, но в последние годы рост остановился и прекратился.

Наименьшей миграционной подвижностью обладало население в 2009 г., когда в миграционном обороте находилось 40–45 тыс. человек. К настоящему времени миграционные процессы усилились и превзошли значения показателей по миграции на период начала 1990-х годов – более 90 тыс. как прибывающих, так и выбывающих. Примечательно, что выбытие населения Ставрополья компенсируется за счет сильного миграционного притока. Основной приток мигрантов в Ставропольский край идет из соседних исламских регионов Северного Кавказа. При этом наибольшее количество «прибывающих» дают Дагестан и Карачаево-Черкесия. В то же время можно выделить два основных направления миграции русскоязычного населения из края – Центральная Россия и соседние регионы

ЮФО (Краснодарский край и Ростовская область). За 2014 год в центральные регионы из Ставропольского края выбыло столько же мигрантов, сколько уехало в соседние южные субъекты – 12 тыс. человек.

Из восточных районов края идет отток русскоязычного населения, сопровождающийся приездом мигрантов из Дагестана. Внутри Ставропольского края отдельные миграционные проблемы сложились на территории агломерации Кавминвод. В результате миграции из Чеченской Республики значительно увеличилось количество чеченцев. Они активно встраиваются в строительный, гостиничный и туристический бизнес, который ранее делили кабардинцы и карачаевцы. Необходимо отметить, что резкое увеличение выходцев из Чечни и Кабардино-Балкарии привело к массовым столкновениям с русскими в 2010 году. Причиной конфликтов становится ощущение вседозволенности, преобладающее в молодежной среде. В 2011–2012 гг. ситуация нормализовалась, но проблема остается нерешенной.

Миграция за пределы СКФО носит в основном социально-экономический характер [2]. В субъектах СКФО за последние 10 лет система миграционных потоков в другие регионы РФ претерпела определенные изменения. В лидерах по-прежнему остаются регионы Центрального федерального округа (ЦФО) и Южного федерального округа (ЮФО). Вместе с тем если в 2000 г. регионы ЮФО занимали первое место в предпочтениях жителей СКФО (туда уезжало 15 544 чел.), то в 2014 г. они переместились на вторую строчку, уступив место субъектам ЦФО. При этом наблюдается тенденция к ослаблению миграционных потоков в ЮФО – за 10 лет количество уезжающих туда сократилось более чем на 20%. Несмотря на это, наиболее предрасположенные к миграциям даргинцы продолжают активно осваивать территории некоторых субъектов ЮФО, прежде всего, Ростовской области, Калмыкии, Астраханской области. Чеченцы также представлены в Ростовской области, Волгоградской, Астраханской области, Калмыкии.

За последнее десятилетие увеличилось число желающих переместиться в регионы центральной России. Северокавказские диаспоры растут, прежде всего, в Москве, что объясняется столичным

статусом региона и его близостью к финансовым, хозяйственным и транзитным потокам. Изменение структуры предпочтений между регионами-лидерами можно интерпретировать как усиление социально-экономической нестабильности на Юге России. Кроме того, нежелание оставаться в субъектах ЮФО может быть связано с ростом террористической активности, снижением уровня общественной безопасности. Среди других изменений в системе миграционных потоков СКФО заслуживает внимания тенденция к росту числа уезжающих в регионы Уральского федерального округа и Северо-Западного федерального округа. Вместе с тем резко снизилось количество желающих перебраться в регионы Приволжского федерального округа. Практически не изменились параметры миграционных потоков, направленных из СКФО в Сибирский и Дальневосточный федеральные округа.

Происходящие в СКФО миграционные процессы оказывают воздействие на последующее развитие демографической ситуации в округе. К настоящему времени миграционные процессы существенно изменили демографическую структуру населения как в регионах-реципиентах (Ставропольский край и Ингушетия), увеличив долю населения молодых возрастов из национальных республик с относительно высокими репродуктивными установками, так и в регионах-донорах (Дагестан, Чечня и другие), снизив, наоборот, репродуктивный потенциал за счет уменьшения численности населения репродуктивного возраста, что, в свою очередь, повлияло на тренды процессов рождаемости и смертности [3]. В результате миграционных процессов снизилась доля русскоязычного населения в регионе, исторически заселенном русским этносом, – в Ставропольском крае и увеличилась доля кавказских этносов, но зато, благодаря такому изменению состава, в регионе сложился положительный естественный прирост. С другой стороны, из-за значительной миграционной убыли в некоторых республиках Северного Кавказа (Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия – Алания) депопуляция приобрела затяжной и глубокий характер. Под влиянием миграционных процессов даже в регионах с высокими темпами воспроизводства населения в последнее время возникла угроза сохранению устойчивости демографической динамики.

Заключение

Миграционный процесс имеет сложные формы проявления и глубокие последствия. Интенсивная миграция приводит к существенным трансформациям в половозрастной и социальной структуре населения и его территориального размещения. Из-за своего геополитического положения и климатических условий Северный Кавказ является территорией-донором, отдающей население другим регионам, как в пределах округа, так и за его пределами. Наиболее значимыми факторами миграции в регионах СКФО являются социально-экономические причины: нехватка рабочих мест, отсутствие перспективных отраслей экономики, высокая дифференциация уровня доходов. Кроме того, набор факторов миграции можно дополнить межэтническими и межконфессиональными конфликтами, террористической угрозой. Комплекс приведенных факторов детерминирует миграционные процессы в субъектах СКФО.

Ставропольский край выступает центром интеграции северокавказских регионов в российское пространство. Вместе с тем за постсоветский период регион стал своеобразным центром притяжения мигрантов из национальных республик Северного Кавказа и стран Закавказья. Основной приток мигрантов в Ставропольский край идет из соседних исламских регионов Северного Кавказа. При этом наибольшее количество «прибывающих» дают Дагестан и Карачаево-Черкесия. В то же время можно выделить два основных направления миграции русскоязычного населения из края – Центральная Россия (Москва и область) и соседние регионы ЮФО. К настоящему времени миграционные процессы в СКФО существенно изменили демографическую структуру населения: в регионах-реципиентах увеличили долю населения молодых возрастов из национальных республик, а в регионах-донорах, наоборот, снизили долю молодежи и ослабили репродуктивный потенциал за счет уменьшения численности населения репродуктивного возраста, что, в свою очередь, повлияло на тренды процессов рождаемости и смертности. Под влиянием миграционных процессов даже

в регионах с высокими темпами воспроизводства населения в последнее время возникла угроза сохранению устойчивости демографической динамики.

Список литературы

1. Абасова Х.У., Абдулманапов П.Г. Особенности демографической политики в Республике Дагестан // Вопросы структуризации экономики. – 2009. – № 4. – С. 20–22.
2. Абдулаева З.З., Хаджалова Х.М. Проблемы и направления развития малого предпринимательства в Республике Дагестан // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 10. – С. 924–927.
3. Абдулманапов П.Г., Багрий Е.Г. Рождаемость и репродуктивное здоровье населения Республики Дагестан // Вопросы структуризации экономики. – 2011. – № 2. – С. 80–83.
4. Абдулманапов П.Г., Галбацдибирова М.А. Комплексное развитие горных территорий // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2015. – № 5 (49). – С. 686–705.
5. Абдулманапов П.Г., Галбацдибирова М.А. Особенности воспроизводства населения в горных территориях Республики Дагестан // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 7–2. – С. 354–359.
6. Абидов М.Х. Тенденции трудовой миграции в трудноизбыточных регионах СКФО // Вопросы структуризации экономики. – 2010. – № 2. – С. 67–70.
7. Абидов М.Х., Абдулманапов П.Г. Современная миграционная картина Республики Дагестан // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 259.
8. Атлас социально-политических проблем, угроз и рисков Юга России. Т. IV. Причины и обстоятельства роста напряженности, поиск путей стабилизации на Северном Кавказе: Спец. Выпуск / Г.Г. Матишов, Л.В. Батиев, И.В. Пашенко. – Ростов-на-Дону, 2010.
9. Багомедов М.А. К вопросу об особенностях специализации сел на региональном рынке Дагестана // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2008. – № 3. – С. 152–157.
10. Гичиев Н.С. Стратегические направления внешнеэкономической интеграции приграничного региона в условиях глобализации мировой экономики // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2010. – № 4. – С. 89–95.
11. Демографический ежегодник России. 2014. Стат. сб. / Росстат. – М., 2014.
12. Римашевская Н.М. Гендерные стереотипы в меняющемся обществе: опыт комплексного социального исследования / ред.-сост.: Н.М. Римашевская (науч. ред.), Л.Г. Луныкова; Ин-т соц.-экон. проблем народонаселения РАН; Науч. совет по проблемам гендерных отношений РАН. – М.: Наука, 2009. – 273 с.
13. Сагидов А.К. Институциональные меры совершенствования системы здравоохранения регионов СКФО // Апробация. – 2014. – № 7. – С. 89–91.
14. Хаджалова Х.М. Институциональные основы регулирования качества жизни в регионах // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2013. – № 4(38). – С. 290–299.
15. Хаджалова Х.М. Социально-экономическая безопасность и угрозы социальной стабильности в регионе // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – № 2. – С. 58–62.

УДК 338.436.3 / 631.1.016

ЛИЧНЫЕ ПОДСОБНЫЕ ХОЗЯЙСТВА КАК ФОРМА РЕАЛИЗАЦИИ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН

Абдусаламова Р.М.

*Научно-исследовательский институт управления, экономики, политики и социологии
Дагестанского государственного университета народного хозяйства,
Махачкала, e-mail: raha77@mail.ru*

Личное подсобное хозяйство является самой распространенной формой организации производства в аграрной сфере региона, и на него приходится значительная доля занятого населения сельской местности, обеспечивая реализацию трудового потенциала и повышение доходов сельских жителей. Для Республики Дагестан, где большая часть населения проживает в сельской местности, а обеспеченность рабочими местами на селе за все время была очень низкой, развитие личных подсобных хозяйств должно способствовать снятию напряженности на рынке труда и снижению миграционной активности населения, приводящей к опустошению обжитых и освоенных сельских территорий с одновременным ростом нагрузки на городскую инфраструктуру. Анализ статистических данных показывает сложившуюся за последние годы тенденцию к снижению безработицы в сельских районах республики, и в то же время хозяйства населения демонстрируют устойчивый рост выпуска сельскохозяйственной продукции как в сфере растениеводства, так и животноводства. Учитывая, что структуре продукции сельского хозяйства преобладающая доля принадлежит хозяйствам населения, можно предположить, что уменьшение числа безработных связано именно с расширением занятости в личных подсобных хозяйствах. Для дальнейшего развития данной формы хозяйствования и роста занятости в них необходимо в первую очередь создавать интеграционные отношения с перерабатывающими предприятиями, а также формировать механизм помощи в деле сбыта произведенной продукции.

Ключевые слова: трудовой потенциал, личные подсобные хозяйства, аграрная сфера, рынок труда, сельское хозяйство

SUBSIDIARY SMALL-HOLDINGS AS A FORM OF EMPLOYMENT POTENTIAL REALIZATION OF RURAL POPULATION IN DAGESTAN REPUBLIC

Abdusalamova R.M.

*Scientific research institute of management, economy, policy and sociology
of the Dagestan State University of National Economy, Makhachkala, e-mail: raha77@mail.ru*

Subsidiary small-holding is the most common form of organization of production in the agricultural area of the region. It accounts a significant share of the employed rural population, ensuring the realization of the employment potential and the increase in the income of rural residents. For the Republic of Dagestan, where most of the population lives in the countryside, and the availability of jobs in rural areas for all the time was very low, development of subsidiary small-holdings should contribute to defusing tensions on the labour market and to reducing in the migration activity of the population, that leads to the devastation of inhabited and developed rural areas with simultaneous load growth on the city's infrastructure. Statistical data analysis shows the downtrend in unemployment over the last years in the rural areas of the Republic, and, at the same time, the households have shown a steady growth in agricultural output both in crop and livestock spheres. Taking into consideration that in the structure of agriculture production the prevailing share belongs to households, we can assume that the reduction in the number of unemployed is related with increased employment in subsidiary small-holdings. To develop this form of management and employment growth it's necessary, first of all, to create integrated relationship with reprocessors and to construct a mechanism for assistance in the marketing of products.

Keywords: employment potential, subsidiary small-holdings, agricultural area, labour market, agriculture

В последнее время в странах Европейского союза развитию сельского хозяйства уделялось особое внимание: разрабатывались и применялись концепции устойчивого развития, многофункциональности, что обеспечивало комплексный подход к регулированию сельских территорий в аспектах экономического, социального и экологического развития. В то же время аграрная сфера России из-за отсутствия или низкой эффективности управления со стороны государства разрушалась, сель-

ские территории приходили в упадок, а в воспроизводственном процессе сельского хозяйства значительное место начала занимать традиционная (аграрная) по своему укладу форма хозяйствования – личное подсобное хозяйство.

Целью исследования является определение мер по развитию личных подсобных хозяйств в регионе для повышения эффективности использования трудовых ресурсов и реализации трудового потенциала сельских территорий.

Теоретико-методической основой исследования послужили достижения научной мысли отечественных и зарубежных ученых в области устойчивого развития сельских территорий и воспроизводства населения, а также работы отечественных экономистов, демографов, географов.

Поставленные в исследовании задачи определили необходимость использования соответствующего инструментария, в том числе методов научного познания, включающих методы анализа, синтеза, агрегирования, наблюдения, сравнения. Одновременно широкое применение нашли специальные методы статистического и демографического анализа (непосредственной оценки, простого ранжирования и моделирования). Они обеспечили обоснованность научных результатов, подтвержденных объективностью первичного материала и предпосылок, логикой проведенного исследования.

Исходными данными для анализа явились показатели производства сельхозпродукции малых форм хозяйствования, характеристики рынка труда и демографической ситуации в регионе, предоставленные территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Республике Дагестан (Дагестанстат).

Результаты исследования и их обсуждение

Сельские подворья как организационная форма, являющаяся в достаточной степени устойчивой, вносят значительный вклад в продовольственное обеспечение страны, занимают важное место в аграрной сфере. Кроме того, личные подсобные хозяйства выполняют такие общественно важные социальные функции, как приобщение детей и молодежи к сельскохозяйственному труду, источник доходов для сельских жителей в условиях высокой безработицы в аграрной сфере, обусловленной развалом крупных сельскохозяйственных предприятий.

В начальный период социально-экономических и политических реформ 1990-х гг., когда отмечалось резкое падение производства в общественном секторе, а также возникновение безработицы и многомесечные невыплаты заработной платы, личные подсобные хозяйства в республике Дагестан стали выполнять функцию амортизатора, смягчив последствия кризиса. В аспекте продовольственной безопасности и, в большей

степени, в самообеспечении продуктами питания наиболее уязвимого социального класса – крестьянства, личные подсобные хозяйства оказались наиболее востребованными формами хозяйствования. В условиях сокращения производства в сельскохозяйственных организациях на фоне экономических трудностей домохозяйства населения, меньше зависящие от финансово-экономической ситуации, не только не сократили производство, но и наращивали его. В регионе происходило все большее вовлечение трудовых ресурсов в личные подсобные хозяйства.

Труд является основным видом ресурсов, которым домашнее хозяйство снабжает экономику. Выполняя трудовую деятельность и получая трудовой доход, домашние хозяйства осуществляют воспроизводство своей рабочей силы, растят и воспитывают детей [12]. Домашнее хозяйство, семья является первичной ячейкой общества и экономики, и в том случае, если члены семьи не имеют работы и доходов, в том числе в форме социальных трансфертов, за пределами домашнего хозяйства, единственной возможностью получить необходимые средства является осуществление трудовой деятельности в домашнем хозяйстве и расширение ее для максимально возможного обеспечения своих потребностей [14].

Рынок труда Республики Дагестан характеризуется высокими значениями показателей безработицы как в сравнении с Россией в целом, так и с регионами Северо-Кавказского федерального округа [2]. В настоящее время уровень безработицы в республике по материалам выборочных обследований населения по проблемам занятости составляет 10,2%. Это 135,2 тыс. человек экономически активного населения, из которых 73,4 тыс. человек (54,3%) являются лицами, проживающими в сельской местности. По сравнению с 2005 г. данный показатель снизился более чем в 2,5 раза, несмотря на то, что снижение значения общереспубликанского показателя безработицы не достигает и 2 раз (рис. 1).

В настоящее время личное подсобное хозяйство стало одним из основных источников обеспечения сельских жителей Республики Дагестан не только продовольствием, но и необходимыми средствами существования. На основе самозанятости в личных подсобных хозяйствах в Дагестане существуют сотни тысяч человек [5].

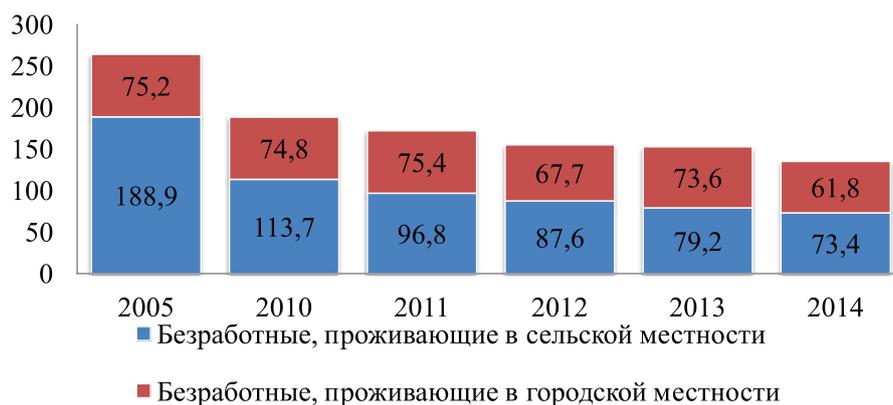


Рис. 1. Численность безработных в Республике Дагестан (по данным обследований населения по проблемам занятости), тысяч человек [8]

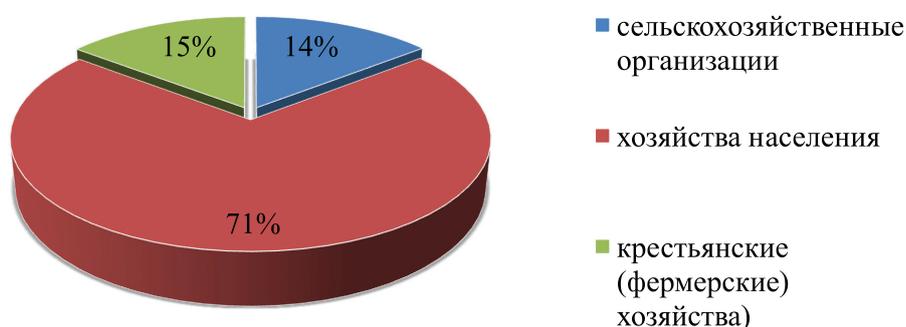


Рис. 2. Структура продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств (в фактически действовавших ценах; в процентах к итогу) [8]

Более 70% сельскохозяйственной продукции, выпускаемой в Республике Дагестан в настоящее время, приходится на хозяйства населения. Доли сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств в структуре выпускаемой продукции аграрной сферы составляют 14–15% (рис. 2).

Производство продукции сельского хозяйства в личных подсобных хозяйствах

населения имеет тенденцию к устойчивому росту. Так, выпускаемая продукция хозяйств населения региона в денежном выражении в 2014 г. по сравнению с 2005 г. увеличилась в 3 раза, причем пропорционально увеличился как выпуск продукции растениеводства, так и животноводства. За период с 2010 до 2014 г. ежегодный прирост в выпуске сельскохозяйственной продукции хозяйствами населения составил 10–15% (рис. 3).

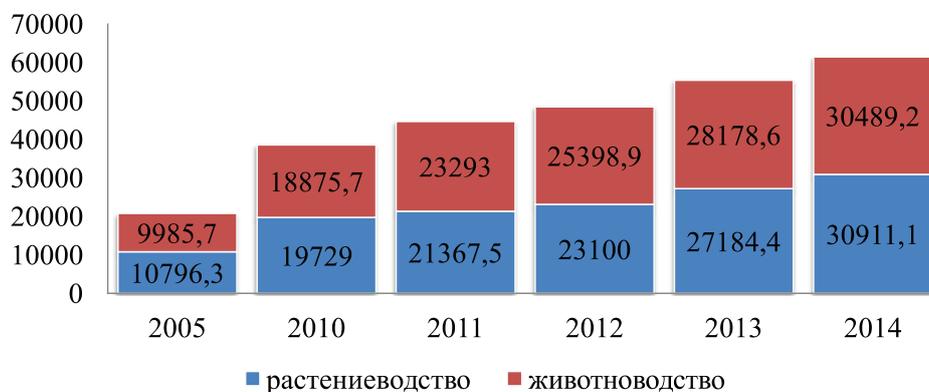


Рис. 3. Сельскохозяйственная продукция хозяйств населения (в фактически действовавших ценах; млн рублей) [8]

В последние годы в стране и в регионе реализуются меры по импортозамещению в сельском хозяйстве и повышению продовольственной безопасности, призванные увеличить обеспеченность продуктами питания отечественного производства, снизить долю ввозимой сельхоз продукции. Деятельность личных подсобных и других хозяйств населения должна сыграть в этом деле немаловажную роль. Поэтому в условиях кризиса в стране активизация работы хозяйств населения становится все более актуальной.

Решить проблему функционирования и развития личных подсобных хозяйств возможно, формируя интеграционные отношения с перерабатывающими предприятиями [4]. Такие отношения выгодны, с одной стороны, для хозяйств как гарантированный канал получения ресурсов и сбыта продукции, а с другой – для предприятий, которые могут реализовывать продукцию с низкими расходами. Перерабатывающие предприятия при этом могут стабилизировать сырьевую базу и решить проблему загрузки производственных мощностей и повышения занятости.

Для того чтобы продукция малых форм хозяйствования нашла своевременный и выгодный сбыт, необходимо усовершенствовать инфраструктуру малого и среднего предпринимательства в аграрном секторе экономики и в первую очередь сбытовую [3]. Проблема гарантированного и выгодно сбыта произведенной населением сельскохозяйственной продукции, отсутствие механизма и системы материально-технического и производственного обслуживания малых форм хозяйствования и личных подсобных хозяйств являются факторами сдерживания роста и повышения эффективности субъектов малого предпринимательства и хозяйств населения.

Стимулировать развитие можно путем создания эффективных условий для расширения личных подсобных хозяйств до уровня товарного производства с дальнейшим переходом их в категорию фермерских хозяйств, создание условий для кооперации и интеграции сельскохозяйственных производителей. Одним из условий развития хозяйств населения является техническое и технологическое их обеспечение, в том числе высокоскоростной связью и компьютерной техникой.

Реализация данных мероприятий особенно важна для отрасли животноводства региона, так как позволит сформировать предпосылки для увеличения поголовья крупного рогатого скота молочных и мясных пород, увеличения надоя молока и производства мяса, создания дополнительных рабочих мест, распространения передового опыта. Кроме того, можно ожидать положительный мультипликативный эффект от развития смежных отраслей аграрной сферы: производство кормов,

переработка продукции сельского хозяйства, производство и обслуживание техники.

Заключение

Для обеспечения роста сельскохозяйственного производства и улучшения качества жизни сельских жителей в Республике Дагестан необходимо придерживаться следующих направлений развития:

- создание на территории республики крупных комплексов, замыкающих в себе всю цепочку производственного процесса;
- увеличение объемов переработки сырья, производимого аграрным сектором, проведение модернизации сельскохозяйственных организаций и оптимизации их мощностей;
- создание условий для перехода личных подсобных хозяйств в другие категории хозяйств и формы деятельности, а также условий повышения их эффективности и роста;
- расширение системы кооперации и интеграции сельхозтоваропроизводителей;
- повышение конкурентоспособности продукции сельского хозяйства.

Выполнение государственной политики дальнейшего развития хозяйств населения в сельских территориях является важнейшим направлением решения проблем безработицы на селе и использования трудового потенциала региона.

Список литературы

1. Абдулманапов П.Г. Демографические основы формирования трудовых ресурсов в Республике Дагестан // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2009. – № 4. – С. 332–336.
2. Абдулманапов П.Г. Демографический фактор развития трудоизбыточного региона // Региональная экономика: теория и практика. – 2008. – № 36. – С. – 69–73.
3. Абдулманапов П.Г. Налоговое регулирование инвестиционной деятельности в Республике Дагестан // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2015. – № 3 (75). – С. 18.
4. Абдулманапов П.Г. Трудовой потенциал сельской местности экономически отсталого региона // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2015. – № 4 (48). – С. 337–349.
5. Абдулманапов П.Г. Трудовые ресурсы региона: проблемы формирования и обеспечение занятости. – Махачкала: Издательский дом «Наука плюс», 2006. – 152 с.
6. Абидов М.Х. Тенденции трудовой миграции в трудоизбыточных регионах СКФО // Вопросы структуризации экономики. – 2010. – № 2. – С. 67–70.
7. Абидов М.Х. Миграция населения и миграционная политика в Дагестане // Народонаселение. – 2008. – № 2. – С. 8–12.
8. Дагестан в цифрах – 2015. Краткий статистический сборник. – Махачкала: Дагестанстат РД, 2015.
9. Сагидов А.К. Институциональные меры совершенствования системы здравоохранения регионов СКФО // Апробация. – 2014. – № 7. – С. 89–91.
10. Сагидов А.К. Основные направления совершенствования здравоохранения в регионе // Вопросы структуризации экономики. – 2012. – № 3. – С. 88–93.
11. Хаджалова Х.М. Качество жизни населения как основа обеспечения социальной стабильности: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – М., 2011. – 17 с.
12. Хаджалова Х.М. Региональная инвестиционная политика в повышении качества жизни населения // Экономические науки. – 2009. – № 58. – С. 236–240.
13. Хаджалова Х.М. Социально-экономическая безопасность и угрозы социальной стабильности в регионе // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – № 2. – С. 58–62.
14. Шарипов Ш.И. Реструктуризации аграрной экономики региона и сельская занятость // Региональная экономика: теория и практика. – 2009. – № 1 – С. 95–99.

УДК 631/635

**ДИНАМИКА ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ
В АГРОЛАНДШАФТАХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ РСО – АЛАНИЯ
ЗА ПОСТБАЗОВЫЙ ПЕРИОД ВСЕМИРНОЙ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ (ВМО) 1991–2014 ГГ.**

^{1,2}Айларов А.Е., ²Тебиева Д.И., ³Борадзева М.С., ²Мирошниченко Н.А.

¹*Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного
и предгорного сельского хозяйства ФАНО России, e-mail: ailarov@bk.ru;*

²*Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова,
Владикавказ, e-mail: d_tebieva@mail.ru; natali.frozen@mail.ru;*

³*Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение школа № 2115,
Москва, e-mail: bms70@mail.ru*

В статье приводятся результаты статистического анализа многолетних рядов температур по метеостанции (м/с) Моздок (Индекс ВМО 37145). Метеостанция расположена в центральной части исследуемого региона (сухостепная зона Центрального Предкавказья) на высоте 135 м над у.м. Впервые для этой территории установлены климатические («многолетние») нормы показателей базового периода ВМО 1961–1990 гг. Выявлены положительные тренды тепловых ресурсов для постбазового периода ВМО 1991–2014 гг. Показан рост термических ресурсов для агроландшафтов сухостепной зоны Центрального Предкавказья в связи с подтверждаемой тенденцией на основе статистики многолетних рядов температур. Первичной временной базой расчетов послужили декадные значения температур по месяцам, на основании которых получены ключевые результаты выполненной работы: нормы сумм положительных температур для различных пределов и наличие доказанных трендов периода 1991–2014 гг.; продолжительность вегетационного периода основных сельскохозяйственных культур и суммы хозяйственно-необходимых температур для полноценного созревания урожая. Декадные значения температур отражают характеристики изменений гораздо точнее, нежели месячные данные. При этом повышается надежность расчетов по запасам тепловых ресурсов для основных сельскохозяйственных культур характеризуемой территории.

Ключевые слова: термические ресурсы, базовый период, климатические нормы, тренд, потенциал сельскохозяйственных культур

**THE DYNAMICS OF THERMAL RESOURCES
IN AGRICULTURAL LANDSCAPES OF DRY STEPPE ZONE
OF THE CENTRAL PRE-CAUCASIAN AREA OF THE REPUBLIC OF NORTH
OSSETIA – ALANIA DURING THE POST BASE PERIOD OF THE WORLD
METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) 1991–2014**

^{1,2}Aylarov A.E., ²Tebieva D.I., ³Boradzeva M.S., ²Miroshnichenko N.A.

¹*North-Caucasian mountain and piedmont agriculture scientific-research institute
of the Federal Agency of Scientific Organization of Russia, e-mail: ailarov@bk.ru;*

²*K. Khetagurov North Ossetian State University, Vladikavkaz, e-mail: d_tebieva@mail.ru;*

³*State budgetary educational institution school № 2115, Moscow, e-mail: bms70@mail.ru*

The article considers the results of the statistical analysis of long-term time-series of temperatures at the weather station (WS) Mozdok (WMO id 37145). For the first time, for this area climatic («long-term») norms of the sums of positive temperatures for the basic (reference) period of the World Meteorological Organization (WMO) 1961–1990 are established. It is proven that the positive trends in the growth of thermal resources exists for the post basic period of WMO 1991–2014. The growth of thermal resources in agricultural landscapes of dry steppe zone of Central Pre-Caucasian area was established. Based on decadal intervals by month the key results of the study had obtained. The positive trends in the growth of thermal resources in Pre-Caucasian area increases the potential implementation of agricultural technologies for cultivation of crops and modernization of farming systems.

Keywords: thermal resources, basic period, climatic norms, trend, potential of crops

Изменение климатических условий на юге Российской Федерации предполагает расчет параметров климата по тепловым ресурсам для агроландшафтов сухостепной зоны РСО – Алания, как для базового периода ВМО 1961–1990 гг. (климатические

нормы), так и постбазового – 1991–2014 гг. Наряду с характеристикой климатических условий региона необходима комплексная ландшафтно-климатическая оценка современного состояния территории, которая давалась нами ранее [2, 3, 8].

Степная зона с дефицитом увлажнения в пределах Моздокского района РСО – Алания является основным аграрным районом субъекта Российской Федерации. Нами впервые даны итоги статистических оценок суммарных температур для различных пределов в виде климатических норм 1961–1990 гг. и климатических сдвигов за постбазовый период ВМО 1991–2014 гг.

Цель и задачи – определить основные показатели многолетних норм по м/с Моздок в рамках базового периода ВМО 1961–1990 гг. и выявить наличие трендов в изменении тепловых ресурсов для постбазового периода ВМО 1991–2014 гг.

Методика выполнения работы

Расчеты проводились по данным Гидрометбюро РСО – Алания за периоды ВМО, при этом основным интервалом для расчета показателей послужили не только месячные, но и декадные значения температур. Значения периода 1931–1960 гг. были взяты из Агроклиматического справочника 1980 года [1].

Здесь мы исходили из того, что декадные значения и декадный ход температур гораздо точнее отражают годовой ход температурных значений и, соответственно, расчеты, хотя и более трудоемкие, становятся точнее. Статистика параметров многолетних сумм температур определялась в соответствии с работами Н.А. Дашко [4], Л. Закса [5], Л.А. Кармановой [6], Л.С. Кельчевской [7], методическими руководствами и материалами ВМО [9, 10].

Характеристика полученных результатов

Изменения сумм положительных температур по м/с Моздок для периодов ВМО 1961–1990 гг. и 1991–2014 гг. Основные показатели базового и постбазового периодов ВМО для м/с Моздок приведены в табл. 1. Как видно из таблицы, суммы положительных температур, как тепловых ресурсов, претерпели значительные изменения в положительную сторону, т.е. произошел их существенный прирост.

Так, если базовый период 1961–1990 гг. по суммам температур несколько проигрывает периоду 1931–1960 гг., то период 1991–2014 гг. характеризуется их существенным приростом. Впервые за всю историю наблюдений суммы температур не только выше 0°C , но и выше 5°C превысили предел 4000°C .

Для периода с температурами выше 0°C это значение стало равно $4208,95^{\circ}\text{C}$, для периода со значениями выше $5–4078,95^{\circ}\text{C}$.

Заметным стал прирост тепловых ресурсов для значений 15 и 20°C . Для периода с 15°C прирост составил свыше 160°C : с 2946 до $3106,45$. Для периода с температурами выше $20–300^{\circ}\text{C}$: с $1983,85$ до $2283,95$.

Таким образом, для широты м/с Моздок по всему спектру агроклиматических ресурсов отмечен заметный прирост сумм положительных температур по всем значениям пределов. Для температурных рядов по годам, сезонам и декадам показатель z критерия Кокса – Стюарта (знаковый и двусторонний) по ряду позиций превышал значение $1,96$, что подтверждает наличие положительных трендов [5, с. 68–69].

Так, для месячных и декадных значений критерий Кокса – Стюарта имеет следующие значения (табл. 2).

Из всех декад 13 имеют положительный тренд – от $2,1$ до $2,84$. При этом 1 и 2 декады имеют по 5 трендовых значений z , третьи декады имеют 3 положительных тренда. Из месячных интервалов четыре имеют доказанный положительный тренд температур – март, июнь, сентябрь, октябрь. Остальные месяцы имели значение z гораздо ниже $1,96$ – от $0,0$ до $1,36$, что говорит об отсутствии трендов. Как результат – ни одна декада и ни один месяц не отмечены отрицательными трендами. Годовое значение $z = 2,1$ здесь выступает как интегральный параметр общей тенденции роста температур, а значит и увеличения запасов тепловых ресурсов данной территории.

Оценка тепловых ресурсов для основных сельскохозяйственных культур на широте м/с Моздок за постбазовый период ВМО 1991–2014 гг.

Наличие оценок сумм положительных температур и продолжительности периодов с различными температурными пределами, а также дат переходов через эти пределы позволяют проводить оценку потенциала сельскохозяйственных культур для данной территории в условиях изменившихся климатических параметров.

Для Моздокского района РСО – Алания основными сельскохозяйственными культурами являются озимая пшеница, яровой ячмень, овес, масличные и бобовые культуры: рапс, люцерна, подсолнечник, гречиха и многие другие, близкие по температурам биологического минимума, для которых даны расчеты запасов тепловых ресурсов.

Ключевую роль для сельскохозяйственных культур играют температуры биологического минимума, при которых данный агрофитоценоз может начать созревать и давать полноценный урожай.

Таблица 1

Изменение сумм температур для различных пределов по периодам ВМО на м/с Моздок, °С

Температурные пределы, °С	Базовые и постбазовый периоды ВМО			Превышение 1991–2014 над 1961–1990, °С
	1931–1960 гг.	1961–1990 гг.	1991–2014 гг.	
0°С	3998	3956,35	4208,95	252,6
5°С	3881	3841,35	4078,95	237,6
10°С	3597	3496,35	3756,45	260,1
15°С	3059	2946,35	3106,45	160,1
20°С	–	1983,85	2283,95	300,1

Таблица 2

Значение z критерия Кокса – Стюарта для декадных и месячных показателей температур по м/с Моздок за 1991–2014 гг. (годовое значение $z = 2,1$)

Месяц	Декады			Месяц
	1	2	3	
Январь	0,0	1,36	2,44	1,36
Февраль	0,62	0,62	1,36	0,62
Март	0,0	2,44	1,36	2,84
Апрель	2,44	0,0	0,62	0,62
Май	0,0	1,36	2,10	0,62
Июнь	2,10	2,10	1,36	2,10
Июль	2,10	2,10	0,62	1,36
Август	0,62	2,10	0,62	1,36
Сентябрь	2,84	0,62	0,62	2,10
Октябрь	1,36	1,36	2,84	2,10
Ноябрь	0,62	2,44	1,36	1,36
Декабрь	2,10	0,62	1,36	1,36

Примечание. Расчеты даны для $n = 22$ по взвешенным средним (3 года) с поправкой Йейтса [5, с. 356].

В табл. 3 приведены данные расчетов для таких сельскохозяйственных культур, как озимая пшеница, гречиха, кукуруза (при орошении) и подсолнечник.

Как видно из таблицы, все эти культуры имеют различные температуры биологического минимума: от 6°С для озимой пшеницы, 12°С – гречихи и кукурузы, до 13°С – подсолнечника. Данные расчетов свидетельствуют, что практически для всех культур складываются благоприятные условия теплообеспеченности.

Сравнительные оценки по сельскохозяйственным культурам приведены с опорой на значения базового периода ВМО 1961–1990 гг. Из данных табл. 3 следует, что за период 1991–2014 гг. произошел значительный прирост термических ресурсов.

Увеличились фактические суммы эффективных температур, превышающие хозяйственно необходимые (75–90% уровень вероятности созревания урожая), так же как и фактическая продолжительность периодов вегетации превышает необходимый временной интервал.

Особенно это наглядно отражается на культурах кукурузы и подсолнечника, как самых теплолюбивых для данной широты. Здесь и по фактической продолжительности вегетационного периода, и по суммам эффективных температур в соотношении с хозяйственно-необходимыми для подсолнечника и кукурузы (при условии орошения) имеются значительные дополнительные ресурсы тепла.

Для всех культур сложились благоприятные условия по продолжительности вегетационного периода и запасов тепловых ресурсов. Примечательно, что если для кукурузы за базовый период были условия для выращивания только ранне- и среднеспелых групп, то в настоящее время ресурсы тепла возросли до таких уровней, когда можно выращивать и позднеспелые сорта этой культуры.

Таким образом, полученная оценка тепловых ресурсов позволяет констатировать, что для основных сельскохозяйственных культур сформировались условия, когда возможно

Таблица 3

Суммы эффективных температур для различных культур в период вегетации для м/с Моздок по данным периодов ВМО 1961–1990, 1991–2014 гг.

№ п/п	Культура	Необходимый период вегетации, дни	Фактический период вегетации, дни	t_n^* – температура биологического минимума (нуля) для данной культуры, °С	t_{act} – сумма активных (эффективных) температур для данной культуры, °С	t_{act} – фактическая сумма активных (эффективных) температур для данной культуры, °С	$t_{хоз}$ – сумма хозяйственно необходимых температур, °С	Дополнительный ресурс сумм активных (эффективных) температур для данной культуры, °С запасы	Рекомендуемые группы спелости
Базовый период ВМО 1961–1990 гг.									
1.	Озим. пшеница	90–125	231	6	1300–1600	3767	1500–1800	2267–1967	все группы
2.	Гречиха	70–95	177	12	1200–1400	3375	1450–1650	1925–1725	все группы
3.	Кукуруза (орош.)	90–200	177	12	2200–3200	3375	2550–3550	825–0	ранне- и средне-спелые
4.	Подсолнечник	115–145	168	13	1900–2300	3270	2200–2600	1070–670	все группы
Постбазовый период ВМО 1991–2014 гг.									
1.	Озим. пшеница	90–125	229	6	1300–1600	4023	1500–1800	2523–2223	все группы
2.	Гречиха	70–95	179	12	1200–1400	3580	1450–1650	2130–1930	все группы
3.	Кукуруза (орош.)	90–200	179	12	2200–3200	3570	2550–3550	1020–20	все группы
4.	Подсолнечник	115–145	163	13	1900–2300	3386	2200–2600	1186–786	все группы

выращивание всех видов сортов – от ранних до поздних и в более широком ассортименте.

Заключение

Впервые для РСО – Алания по м/с Моздок определены значения климатических норм базового периода ВМО для сумм температур по различным пределам и на их основе выявлены климатические сдвиги постбазового периода ВМО 1991–2014 гг.

По итогам статистического анализа многолетних рядов динамики тепловых ресурсов следует вывод – произошел значительный прирост сумм положительных температур для всех значений температурных пределов. Суммы положительных температур для 0°С и +5°С впервые превысили уровень 4000°С. Наличие положительных трендов подтверждается расчетами критерия Кокса – Стюарта, где параметр z превышает значение 1,96.

Это означает весьма значительный прирост тепловых ресурсов для широты м/с Моздок и возможность вводить более широкий ассортимент новых культур близких температурных диапазонов, корректировать структуру посевных площадей и форми-

ровать более гибкий комплекс адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Список литературы

1. Агроклиматические ресурсы Кабардино-Балкарской, Северо-Осетинской, Чечено-Ингушской АССР / под ред. Ш.Ш. Народецкой. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 272 с.
2. Айларов А.Е., Братков В.В., Засеев Г.З. Ландшафтная основа устойчивого развития территорий // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы. – Владикавказ: Изд-во СОГУ, 1998. – С. 41–62.
3. Айларов А.Е. Изменение характера увлажнения вегетационного периода в агроландшафтах территории предгорной зоны РСО-Алания за период 1990–2011 гг. // Научная жизнь. – 2012. – № 6. – С. 67–75.
4. Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии. – Владивосток: ДВГУ, 2005. – 523 с.
5. Закс Л. Статистическое оценивание: пер. с нем. В.Н. Варыгина / под ред. Ю.П. Адлера, В.Г. Горского. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
6. Карманова Л.А. Методические рекомендации по курсу «Агрометеорология». – М.: Изд. Росс. ун-та Дружбы народов, 1998. – 48 с.
7. Кельчевская Л.С. Методы обработки наблюдений в агрометеорологии: методическое пособие. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 216 с.
8. Мамиев Д.М., Абаев А.А., Айларов А.Е., Шалыгина А.А. Агроэкологическое районирование и основные разновидности адаптивно-ландшафтных систем земледелия предгорной зоны РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. – Т. 50. – № 1. – С. 68–71.
9. The role of climatological normals in a changing climate. World Meteorological Organization (Geneva, March 2007). (Contributions by: B. Trewin). Edited by: Omar Baddour and Hama Kontongomde. – 2007. WMO/TD. – № 1377. – 46 p.
10. Guide to Agricultural Meteorological Practices. – 2010 edition. – WMO № 134. – Geneva, 2012. – 799 p.

УДК 551.345.3

БУГРЫ ПУЧЕНИЯ В ДОЛИНЕ РЕКИ СЕНЦА, ОКИНСКОЕ ПЛОСКОГОРЬЕ, ВОСТОЧНЫЙ САЯН

¹Алексеев С.В., ¹Алексеева Л.П., ²Васильчук Ю.К., ¹Козырева Е.А.,
¹Светлаков А.А., ¹Рыбченко А.А.

¹Институт земной коры СО РАН, Иркутск, e-mail: salex@crust.irk.ru;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, e-mail: vasilch_geo@mail.ru

Впервые исследованы бугры пучения в долине р. Сенца на Окинском плоскогорье Восточного Саяна. Охарактеризованы состав и текстуры вмещающих отложений и температурный режим сезонноталого слоя, морфология и структура одного из крупных бугров, химический состав льда, слагающего его ядро. Для режимных температурных наблюдений на одном из крупных бугров пучения в долине р. Сенцы пробурена скважина глубиной 4,8 м. Установлено, что с поверхности бугор пучения сложен переслаивающимися льдистыми суглинками и линзами чистого льда. Криотекстуры грунта слоистые, косослоистые, тонкошлировые, крупносетчатые, базальные. Химический состав расплавов линз подземного льда HCO_3 и $\text{SO}_4\text{-HCO}_3$ Ca с минерализацией 6,5–153 мг/дм³. В вертикальном изотопном профиле вариации стабильных изотопов водорода и кислорода составляют: $\delta\text{D} - 157,9 \dots -142,7\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} - 20,27 \dots -18,61\text{‰}$, а d_{exc} изменяется от 11,78 до 2,58‰. Мерзлота в долине р. Сенца представлена льдистыми озерно-аллювиальными отложениями. Температура пород в активном слое на глубине 4,4 м понижается до $-1,6^\circ\text{C}$. В ходе промерзания отложений происходило формирование бугров пучения. Сформулирован вывод о том, что изученный бугор пучения сформировался в результате как сегрегационного, так и инъекционного льдообразования в рыхлых озерно-аллювиальных отложениях.

Ключевые слова: бугор пучения, многолетняя мерзлота, ледогрунт, инъекционный лед, сегрегационный лед, Восточный Саян

FROST MOUNDS IN THE SENTSA RIVER VALLEY, THE OKA PLATEAU, EAST SAYAN MTS

¹Alekseev S.V., ¹Alekseeva L.P., ²Vasilchuk Y.K., ¹Kozyreva E.A.,
¹Svetlakov A.A., ¹Rybchenko A.A.

¹Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, e-mail: salex@crust.irk.ru;

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: vasilch_geo@mail.ru

Research has been conducted on the permafrost in the Sentsa River valley for the first time. The features of the permafrost that have been investigated are cryogenic structure of unconsolidated deposits and active layer temperature, the morphology and structure of large frost mound and the chemical composition of the core ice. On one of the large frost mound in the Sentsa River valley the borehole was drilled to a depth of 4,8 m for the regime geothermal observations. From the surface the frost mound consists of interlayering silts, ice-rich clayey silts and pure ice lenses, cryostructures are layered, cross-laminated, lenticular, reticulate and basal. The chemical composition of ground ice is HCO_3 and $\text{SO}_4\text{-HCO}_3$ Ca with salinity of 6,5–153 mg/L. The vertical isotope variations are from $-157,9$ to $-142,7\text{‰}$ δD , from $-20,27$ to $-18,61\text{‰}$ $\delta^{18}\text{O}$, and 11,78 to 2,58‰ d_{exc} . The permafrost in the Sentsa River Valley is presented by ice-rich lacustrine-alluvial deposits. The active layer temperature decreases to $-1,6^\circ\text{C}$ at a depth of 4,4 m. Frost mounds were formed during sediments freezing. It has a cryogenic formation probably mixed segregation-injection genesis.

Keywords: frost mound, permafrost, ice-ground, intrusive ice, segregated ice, East Sayan Mountains

Бугры пучения – характерные образования в криолитозоне, формирующие специфический криогенный рельеф. Их возникновение обусловлено сегрегационным либо инъекционным льдообразованием в рыхлых отложениях или сочетанием этих процессов. Бугры пучения каждого генетического типа имеют особое строение, форму в плане и разрезе, особенности развития и время существования. Они широко развиты как в северной, так и южной геокриологических зонах.

В ходе проведения комплексных научно-исследовательских работ на Окинском плоскогорье Восточного Саяна в долине

р. Сенца впервые обнаружена серия крупных бугров пучения. В настоящее время генезис этих бугров является предметом дискуссии.

Район исследования

Окинское плоскогорье находится в восточной части Восточного Саяна. Оно расположено на высоте 1800–2400 м над уровнем моря и является водосбором Иркутта, Оки, Китоя, Урика. Приток р. Оки – Сенца – прорезает Окинское плоскогорье на глубину 800 м (рис. 1). Долина р. Сенца представляет собой классический трог с элементами ледникового рельефа в виде боковых и конечных морен позднелепистоценового возраста [5].

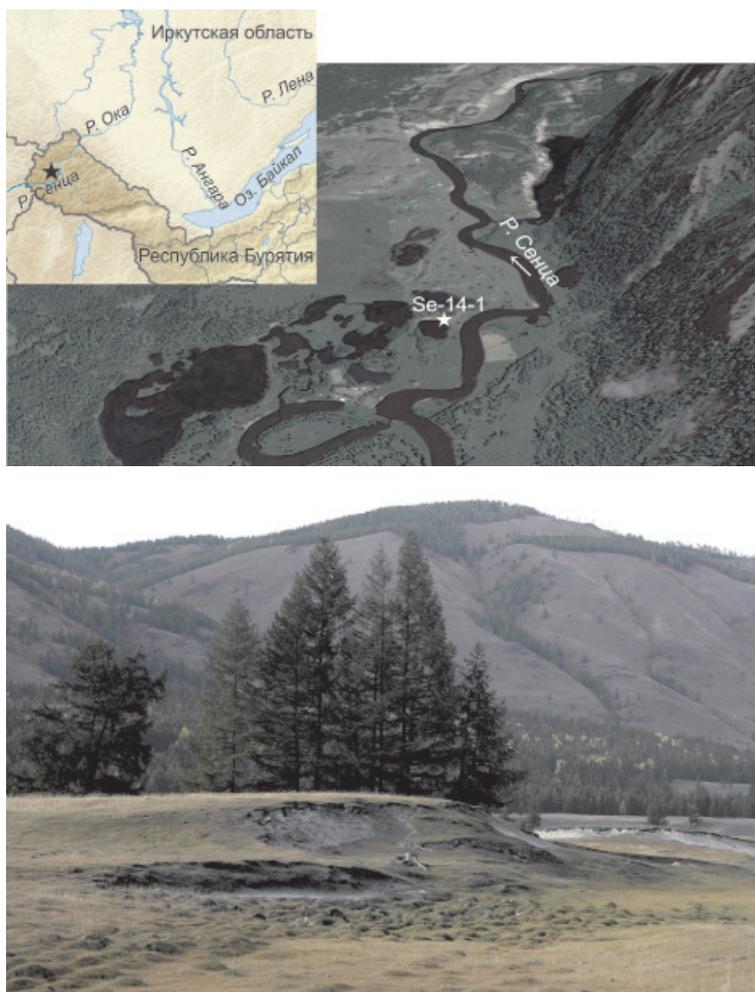


Рис. 1. Долина р. Сенца (Окинское плоскогорье, Восточный Саян, Республика Бурятия, фото с сайта Google Earth) и бугры пучения в долине

Меандрирующее русло реки и большое количество стариц и озер свидетельствуют о перегруженности долины осадочным материалом. Отложения аллювиального, озерного, гляциального, делювиального и пролювиального генезиса, выполняющие долину реки, представлены суглинками, супесями, песками, галечниками, валунами. Мелкозернистые отложения, формировавшиеся в озерных котловинах и речной долине при низких скоростях течения воды, явились благоприятной средой для активизации процессов пучения поверхности поймы и террасы р. Сенца в период многолетнего промерзания.

Климат в пределах Окинского плоскогорья резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха в зависимости от абсолютной высоты изменяется от $-5,6^{\circ}\text{C}$ (1372 м) до $-6,6^{\circ}\text{C}$ (2084 м) [3]. Криолитозона имеет сплошное распространение с тен-

денцией уменьшения в западном и северо-северо-восточном направлениях. Сплошность криолитозоны нарушается сквозными таликами в зонах разломов, которые картируются постояннодействующими источниками подземных вод, и несквозными таликами, связанными с отепляющим влиянием поверхностных водотоков и водоемов.

Мощность многолетнемерзлых пород на междуречных пространствах в среднем равна 170–200 м, а в долинах рек составляет 140–180 м. Среднегодовая температура мерзлых пород изменяется в пределах $-3 \dots -8,5^{\circ}\text{C}$ [4]. Сезонно протаивающий слой на междуречных пространствах имеет мощность 1,0–1,5 м, достигая 3,5 м на южных склонах.

В основу настоящей статьи положены материалы полевых исследований бугров пучения 2011–2015 гг., которые включали полевые маршрутные исследования, вскрытие, расчистку и детальную документацию

разрезов с зарисовками и фотографированием, отбор образцов грунта и подземного льда из ядра бугра пучения. Для организации в центральной части круглогодичных температурных наблюдений была пробурена скважина бугра пучения глубиной 4,8 м, которая оборудована логгерами (одноканальными датчиками марки НОВО UA-001-64) на глубине 0,1; 1; 2; 3 и 4 м. В лабораторных условиях в ЦКП «Геодинамика и геохронология» (г. Иркутск) выполнен анализ химического состава расплавов льда и физическо-механических характеристик грунтов (гранулометрический и микроагрегатный состав) по стандартным методикам. Для определения вариаций стабильных изотопов водорода и кислорода в ледогрунтовым ядре бугра был произведён поинтервальный отбор образцов из вскрытого разреза и из скважины (через 10–20 см). Изотопные определения выполнялись в изотопной лаборатории географического факультета

МГУ на масс-спектрометре Delta-V со стандартной опцией газ-бенч. Для измерений использовали международный стандарт среднеокеанической воды V-SMOW ($\delta^{18}\text{O} = 0\text{‰}$, $\delta\text{D} = 0\text{‰}$), международный стандарт GISP ($\delta^{18}\text{O} = -24,76\text{‰}$, $\delta\text{D} = -189,5\text{‰}$) лабораторные стандарты МАГАТЭ (IAEA 12, $\delta^{18}\text{O} = -12,10\text{‰}$, $\delta\text{D} = -85,9\text{‰}$; IAEA 13, $\delta^{18}\text{O} = -33,35\text{‰}$, $\delta\text{D} = -257,2\text{‰}$), собственный лабораторный стандарт МГУ – снег ледника Гарабаши ($\delta^{18}\text{O} = -15,60\text{‰}$, $\delta\text{D} = -110,0\text{‰}$). Точность определений $\delta^{18}\text{O}$ составила 0,1‰, а $\delta\text{D} - 0,6\text{‰}$.

Строение бугра пучения

Один из крупных изученных бугров пучения (Se-14-1) высотой 10,7 м (по наклонной поверхности) с ледогрунтовым ядром находится на левой надпойменной террасе р. Сенца, примыкая к озеру, предположительно термокарстового происхождения. Подробный разрез бугра представлен на рис. 2.

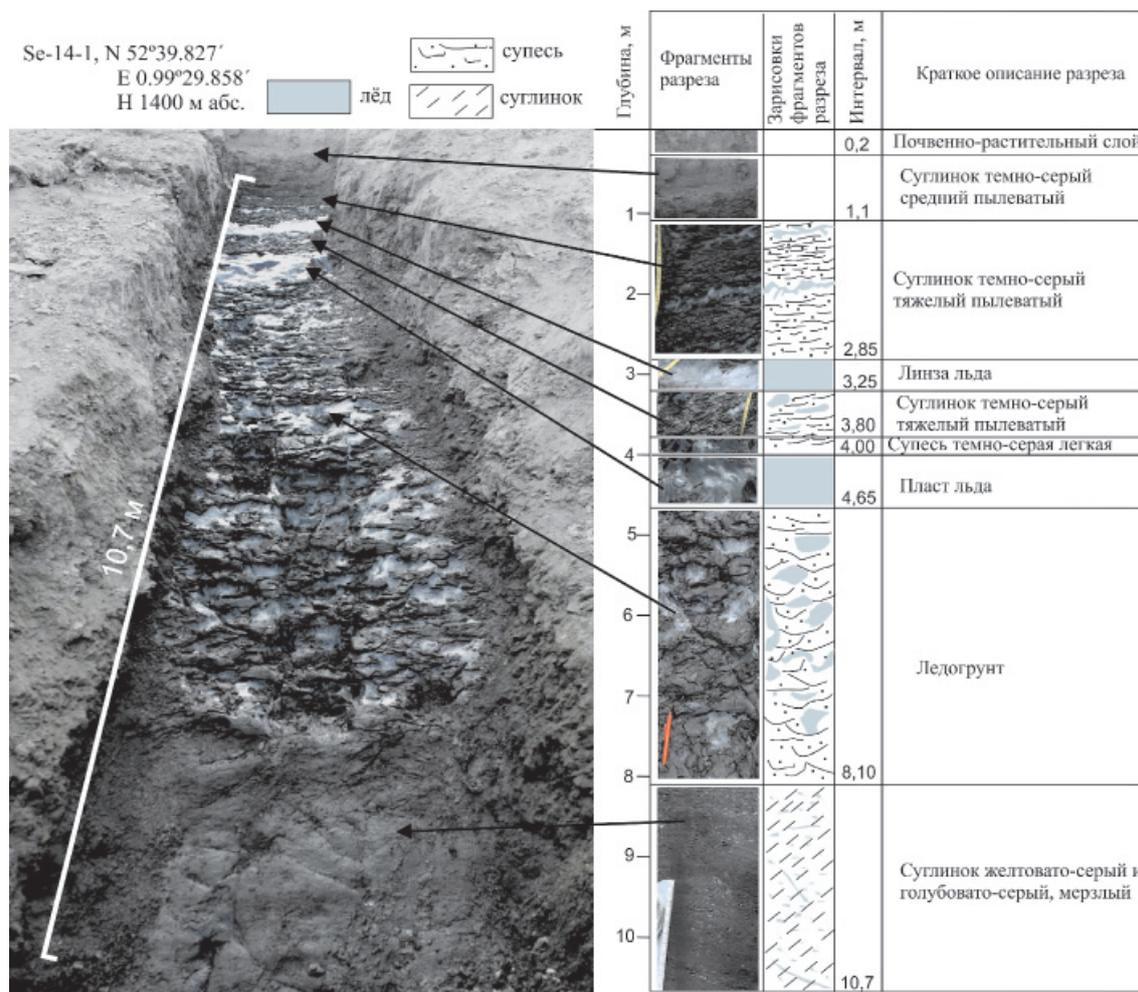


Рис. 2. Фото и зарисовки фрагментов разреза бугра пучения (Se-14-1) в долине р. Сенца

Описание разреза (по наклонной поверхности):

0–0,2 м – почвенно-растительный слой.

0,2–0,6 м – суглинок; однородная буровато-серая толща с редкими железистыми вертикальными и наклонными прожилками сменяется темно-серым суглинком.

0,6–1,1 м – суглинок темно-серый средний пылеватый, микроструктура – агрегированно-скелетная. Глинистость суглинка 21,2%.

1,1–2,85 м – суглинок темно-серый тяжелый пылеватый, микроструктура – агрегированно-скелетная. Глинистость суглинка 29,7%. Мерзлый, неравномерно льдистый. В верхней части шпирь льда имеют толщину до 10 мм; в средней части, на глубине около 2 м – толщина линз и прослоев льда достигает 15 мм. Криотекстура грунта слоистая, чешуйчатая.

2,85–3,25 м – линза льда. Лёд молочно-белого цвета, с редкими включениями кусочков грунта размером 2–3 см.

3,25–3,80 м – суглинок темно-серый тяжелый пылеватый, микроструктура – агрегированно-скелетная. Глинистость суглинка 30,5%. Мерзлый. В массе грунта выделяются блоки (до 10 мм) и линзы льда (до 5–8 мм). В интервале 3,25–3,60 м криотекстура грунта базально-слоистая.

3,80–4,0 м – супесь темно-серая легкая.

Микроструктура – агрегированно-скелетная. Мерзлая. Криотекстура слоисто-чашуйчатая.

4,0–4,65 м – пласт льда. Лед – прозрачный, с многочисленными пузырьками округлой и вытянутой формы и обломками грунта.

4,65–8,10 м – ледогрунт. В массе льда «плавают» блоки грунта – темно-серой супеси. Прослой и линзы льда имеют толщину 5–7 см, прослой грунта – 3–7 см. Видимая льдистость 60–70%. Криогенная текстура – крупношлировая и местами базальная. При вытаивании ледяных прослоев грунт имеет вид «слоеного пирога».

8,10–10,7 м – суглинок желтовато-серый и голубовато-серый, мерзлый. Криотекстура в основном массивная и тонкошлировая, редкие шпирь толщиной 1–2 мм расположены неравномерно (наклонно и горизонтально).

Химический состав льда

Химический состав расплавов из ледяных линз и пластов в теле бугра пучения – гидрокарбонатный кальциевый с минерализацией 6,5–11,2 мг/дм³, рН = 5,6–6,1 (таблица). Минерализация текстурообразующего льда в нижележащем ледогрунте (желтовато-серых и голубоватых суглинках) гораздо выше – 153 и 128 мг/дм³.

Химический состав подземного льда из бугра пучения на р. Сенца и речных вод

Глубина и место отбора пробы, м	рН	мг/дм ³ Ионный состав: мг-экв/дм ³ %-экв.											Сумма ионов, мг/дм ³
		NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	H ₄ SiO ₄	
2,1–2,2 (лед)	6,15	0,30	0,42	0,39	0,12	0,60	1,06	<2,00	7,32	1,00	<0,44	<2,00	11,22
		0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03		0,12	0,02			
		19,72	12,74	20,11	11,86	35,57	17,47		69,87	12,66			
2,9–3,3 (лед)	5,65	0,10	0,15	0,21	0,12	0,60	1,06	<2,00	4,27	<0,01	<0,44	<2,00	6,52
		0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03		0,07				
		9,47	6,56	15,61	17,09	51,27	30,00		70,00				
4,1–4,3 (ледогрунт)	6,75	12,50	2,35	1,57	2,68	15,43	1,06	36,62	58,58	0,05	<0,44	22,00	152,84
		0,69	0,06	0,07	0,22	0,77	0,03	0,76	0,96	0,00			
		38,25	3,32	3,77	12,15	42,51	1,71	43,48	54,75	0,06			
5,2–5,3 (ледогрунт)	6,6	8,75	1,84	1,26	1,82	14,43	1,06	30,45	52,48	0,25	0,44	15,00	127,78
		0,49	0,05	0,05	0,15	0,72	0,03	0,63	0,86	0,01	0,01		
		33,29	3,23	3,76	10,30	49,42	1,95	41,26	55,97	0,35	0,46		
Термо-карстовое озеро (2,9 м)	7,25	<0,10	1,71	1,34	3,40	30,46	1,06	17,08	93,97	0,75	<0,44	10,00	159,78
			0,04	0,06	0,28	1,52	0,03	0,36	1,54	0,02			
			2,30	3,06	14,72	79,92	1,54	18,31	79,30	0,84			
Речная вода (р. Сенца)	7,65	<0,10	0,83	1,28	1,95	17,84	1,06	5,55	63,46	<0,01	0,44	7,00	99,40
			0,02	0,06	0,16	0,89	0,03	0,12	1,04		0,01		
			1,88	4,94	14,20	78,98	2,52	9,69	87,20		0,60		
Речная вода (р. Ока)	7,85	<0,10	0,51	1,03	4,01	22,44	1,06	7,00	85,43	<0,01	0,44	10,00	131,93
			0,01	0,04	0,33	1,12	0,03	0,15	1,40		0,01		
			0,87	2,97	21,89	74,28	1,90	9,21	88,45		0,45		

Содержание основных ионов, формирующих геохимический тип подземного льда, Ca^{2+} и HCO_3^- с глубиной не испытывает колебаний, составляя от 35 до 50%-экв от суммы катионов и от 55 до 70%-экв от суммы анионов соответственно. Увеличение минерализации текстурообразующего льда вниз по разрезу с поверхности бугра до глубины 4 м происходит за счет роста доли сульфатов – до 43%-экв и аммония – до 38%-экв, в результате чего химический тип льда становится сульфатно-гидрокарбонатным. Концентрации Na^+ и Cl^- вниз по разрезу уменьшаются до 1–3%-экв.

Вода в термокарстовом озере у подножья бугра пучения и в рр. Сенца и Ока имеет гидрокарбонатный кальциевый состав и минерализацию 99–160 мг/дм³.

Изотопный состав льда

В ледогрунтовой залежи, опробованной во вскрытом разрезе бугра пучения, значения δD изменяются от –136,9 до –153,6‰, значения $\delta^{18}\text{O}$ от –18,44 до –20,15‰, а d_{exc} составляет от 15,44 до 4,12‰. Изотопически более тяжелым является лед нижнего пласта – здесь значения $\delta^{18}\text{O}$ во всех образцах выше –19‰, а δD выше –146‰ [2].

В ледогрунтовой залежи, опробованной в скважине в интервале глубины 2,5–4,75 м, диапазон изотопных вариаций несколько уже. В вертикальном профиле вариации стабильных изотопов водорода и кислорода составляют: δD –157,9...–142,7‰, $\delta^{18}\text{O}$ –20,27...–18,61‰, а d_{exc} изменяется от 11,78 до 2,58‰ (рис. 3). В скважине не зафиксировано столь высоких изотопных значений, как отмечалось в ледяной линзе разреза. Это, возможно, указывает на то, что скважиной вскрыто ледогрунтовое ядро ближе к его периферийной части. Здесь закономерно залегают изотопически более легкий лед.

Режимные геотермические наблюдения в течение года в скважине показали, что наибольшие вариации температуры происходят в интервале 0–2 м. Глубже двух метров в годовом цикле температура горных пород отрицательная. На глубине 4,4 м она изменяется от –0,8 до –1,6°C.

Дискуссия

Бугры пучения различных размеров хаотично расположены в долине р. Сенца (рис. 1). В основном они приурочены к области распространения суглинистых озерных отложений в зоне подпора, образованного барражом неопределенного генезиса (обвалы, залповые выбросы материала из боковых долин и др.).

В голоцене после спуска древнего озера водонасыщенные отложения подверглись прогрессирующему всестороннему промерзанию.

При миграции влаги в сезонноталом или сезонномерзлом слоях происходило сегрегационное льдовыделение, приводившее к пучению рыхлых отложений. Сегрегационное льдовыделение, возможно, сопровождалось дополнительным притоком воды, которая при благоприятных условиях (наличие в грунтовой толще ослабленных литологических контактов, неоднородностей, возросшее артезианское давление и т.д.) внедрялась в рыхлые отложения и при замерзании формировала инъекционный лед. В результате могла образоваться обширная площадь с множеством бугров пучения разного размера либо один гигантский бугор, который в настоящее время, вероятно, разделен на отдельные фрагменты вследствие активного термокарста на надпойменной террасе и термоэрозии берегов р. Сенца.

Приуроченность бугра пучения к озерно-аллювиальным отложениям р. Сенца, местами заболоченным, является свидетельством формирования его ядра в результате не только сегрегационного льдообразования при промерзании водонасыщенных осадков, но и неоднократного внедрения вод подрусового и пойменного водоносных горизонтов, гидравлически связанных с речными водами. Линзы чистого льда мощностью 40 см на глубине 2 м и 65 см на глубине 3 м образовались, видимо, в результате наиболее мощных напорных инъекций воды, что привело к дополнительному росту бугра пучения. Текстурообразующий лед нижележащих суглинков по сравнению со льдом этих линз более минерализован, обогащен NH_4^+ и SO_4^{2-} , что свидетельствует о разных источниках воды, сформировавшей эти льды. Естественными источниками азотосодержащих веществ (в том числе аммонийных солей) в водах служит органическое вещество животного происхождения – прижизненные выделения гидробионтов (бактерий, ракообразных и рыб) и озерные и озерно-болотные отложения, изобилующие органическими осадками. Обогащение воды сульфатами могло произойти за счет атмосферных осадков, насыщенных вулканическими газами в результате активной вулканической деятельности на Окинском плоскогорье 13 тыс. лет назад [1, 6]. Однако вопрос об источнике воды, сформировавшей линзы чистого льда, остается открытым, в основном из-за очень низкой минерализации расплавов льда, которая характерна для атмосферных осадков.

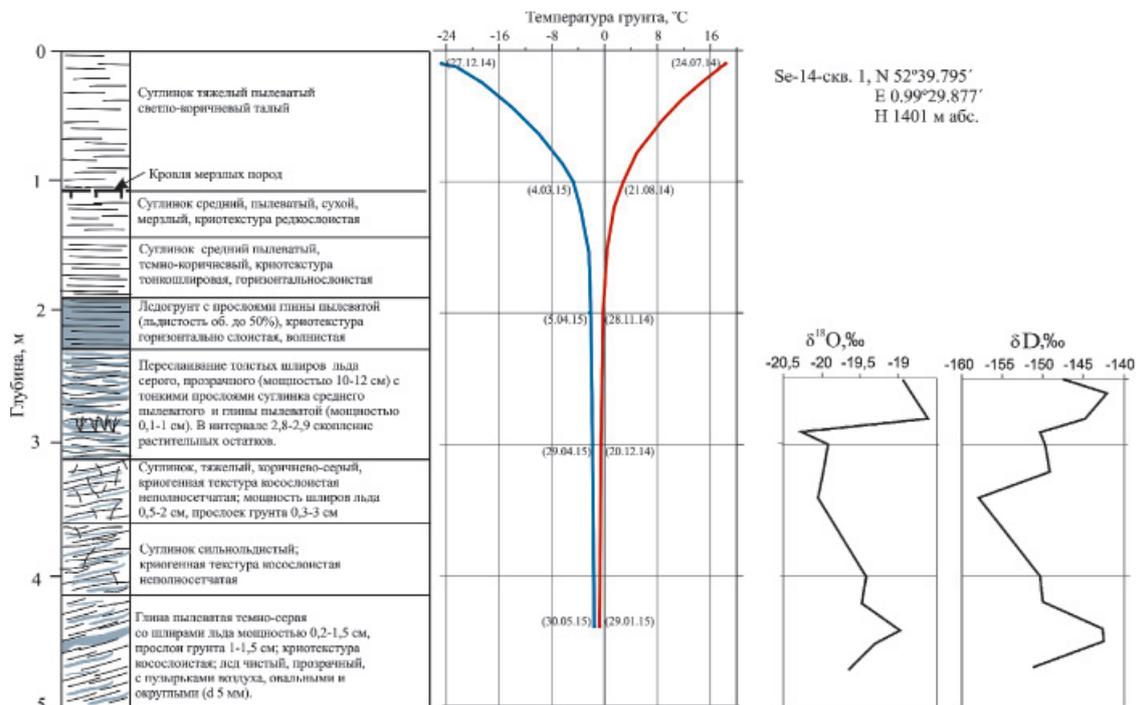


Рис. 3. Литология, температура пород и изотопный состав подземного льда бугра пучения

Незначительные вариации значений $\delta^{18}\text{O}$ и δD также дают основание предположить интенсивный приток новых порций воды в ходе промерзания и образования бугра пучения, т.е. формирование ледяных пластов происходило в условиях открытой системы с подтоком воды извне. Заметного изотопного фракционирования в процессе промерзания и шлирового льдообразования не происходило. Значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD очень близки к изотопным значениям для современных среднезимних и позднесенних атмосферных осадков. Они прямо указывают на голоценовый возраст льда.

Заключение

Изученный бугор пучения, один из многих, обнаруженных в пределах долины р. Сенца, представляет собой криогенное образование, вероятно, смешанного сегрегационно-инъекционного генезиса. Об этом свидетельствуют его строение (переслаивание линз и пластов чистого льда и мерзлого

неравномерно льдистого грунта со слоистой, чешуйчатой и базально-слоистой криотекстурой) и химический состав расплавленного льда в ядре бугра, отражающий неоднократную инъекцию вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-05-00115.

Список литературы

1. Аржанников С.Г., Иванов А.В., Аржанникова А.В., Демонтерова Е.И. Долина вулканов в Восточном Саяне // Наука из первых рук. – 2013. – № 5/6 (53/54). – С. 66–83.
2. Васильчук Ю.К., Алексеев С.В., Аржанников С.Г., Алексеева Л.П., Буданцева Н.И., Чижова Ю.Н. и др. Изотопный состав ледогрунтового ядра минеральных бугров пучения в долине реки Сенца, Восточный Саян // Криосфера Земли. – 2015. – Т. XIX, № 2. – С. 52–66.
3. Геокриология СССР. Горные страны юга СССР / под ред. Э.Д. Ершова. – М.: Недра, 1989. – 360 с.
4. Гидрогеология СССР. Том XXII. Бурятская АССР. – М.: Недра, 1970. – 432 с.
5. Олонин В.Н. Неотектоника и оледенение Восточного Саяна. – М.: Наука, 1965. – 127 с.
6. Рассказов С.В., Логачев Н.А., Брандт И.С., Брандт С.Б., Иванов А.В. Геохронология и геодинамика позднего кайнозоя (Южная Сибирь – Южная и Восточная Азия). – Новосибирск: Наука, 2000. – 288 с.

УДК 551.312.2

БОЛОТНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЛЕСОСТЕПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА СТЫКЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ И ОКСКО-ДОНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Аничкина Н.В.

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный педагогический университет»,
Липецк, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

Проведен анализ состояния экосистем болот и заболоченных территорий на стыке Среднерусской возвышенности и Окско-Донской низменности в пределах Липецкой области, где зарегистрировано 217 болот общей площадью 7600 гектаров. Большинство болот находится в восточной части области. Пять болот входят в международный список «Телма», на них на южном пределе своего распространения обитают клюква, багульник болотный, подбел, андромеда. Болота служат местом обитания животных, в том числе и охраняемых. На болота низинного типа приходится 96% от всех болот области, верховые болота составляют 1%, около 3% занимают болота переходного типа. Общие запасы торфа оцениваются в 9,64 млн т. Также в болотах добывают лечебные грязи для лечебных заведений области. Пожары летом 2010 года показали, что устойчивое развитие региона возможно только при условии сохранения такого важнейшего компонента биосферы, как болота. Болота являются собирателями и хранителями влаги, они поддерживают влажный микроклимат, что особенно важно в условиях лесостепной зоны.

Ключевые слова: геосистемы, экосистемы, природные ресурсы, болота, клюква, торф, альдрованда пупырчатая, кальдезия белорозлистая, водоплавающие птицы

WETLAND ECOSYSTEMS OF STEPPE TERRITORIES AT THE JUNCTION OF CENTRAL RUSSIAN UPLAND AND OKA-DON LOWLAND.

Anichkina N.V.

Lipetsk State Pedagogical University, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

The analysis of wetland ecosystems at the junction of Central Russian Upland and Oka-Don lowland within the Lipetsk region is conducted, which registered 217 wetlands with total area of 7600 hectares. Most of the wetlands are located in the eastern part of the region. Five marshes are part of the international «Thelma» list that on the southern limit of their distribution have cranberry, bog rosemary, andromeda. Marshes provide habitat for animals, including protected. Lowland swamps occur 96% of the wetlands area, bogs make 1%, and about 3% are transition swamps. General peat reserves are estimated at 9,64 million tons. Also in the marshes mud for medical purposes is mined. The fires in summer 2010 showed that the sustainable development of the region is possible only under the condition of preservation of such an important component of the biosphere as a swamp. Swamps are gatherers and preservers of moisture, they maintain a humid microclimate, which is particularly important in the conditions of forest-steppe zone.

Keywords: geosystems, ecosystems, natural resources, marshes, cranberry, peat, aldrovandi bubble, kaldeziya belozorolistaya, waterfowl

Одним из компонентов геосферы Земли являются болота. Россия по суммарной площади болотных угодий занимает первое место в мире. Есть мнение, что первые болота появились около 400 миллионов лет назад, в девонском периоде. Образование болот возможно в любой точке суши, если на ней нарушается равновесие между приходом влаги и расходом. Образование болот происходит в разных климатических зонах – от арктической до тропической. В 1967 году под эгидой ЮНЕСКО был создан координационный международный орган по охране и изучению болот – «ТЕЛМА».

Центрально-Чернозёмный регион является хорошо освоенным человеком, с развитой транспортной сетью, промышленным потенциалом, сельским хозяйством. В результате освоения тер-

ритории происходило и уничтожение болот, которые до сегодняшнего дня недостаточно изучены, так как до недавнего времени в научных кругах существовало мнение, что на территории Центрально-Черноземного района болота и заболоченные территории занимают незначительные площади и их роль в природных процессах незначительна.

Цель исследования – изучение болот и заболоченных территорий на стыке Среднерусской возвышенности и Окско-Донской низменности в пределах территории Липецкой области. Объект исследования – болота и заболоченные территории. Предмет исследования – значение болот в экосистемах лесостепных территорий на стыке Среднерусской возвышенности и Окско-Донской низменности.

Материалы и методы исследования

Для достижения данной цели решался ряд последовательных задач: собрать, систематизировать и проанализировать теоретический материал по данной тематике; во время полевых исследований выявить географические особенности болот и заболоченных территорий на территории области; провести комплексную оценку отдельных территорий.

При выполнении работы использовались следующие методы: анализ литературных источников; статистический метод; сравнительно-географический метод; картографический; аналитический; метод районирования; метод полевых исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Единого определения болота до сих пор не существует; в 1934 году болотоведами было предложено определение: болото – это избыточно увлажненные участки земной поверхности, покрытые слоем торфа глубиной не менее тридцати сантиметров в неосушенном и двадцати сантиметров в осушенном виде. В 1963 году Н.И. Пьявченко предложил, что «болото есть географический ландшафт, закономерно возникающий и развивающийся под влиянием взаимодействия факторов среды и растительности, которое определяется постоянной или периодической избыточной влажностью и проявляется в гидрофильности надпочвенного растительного покрова, болотном типе почвообразовательного процесса и накоплений торфа». На терминологическом совещании болотоведов в городе Ленинграде (1966 год) было принято следующее определение: «Болото – тип земной поверхности, постоянно или длительное время обильно увлажненной, покрытой специфической растительностью и характеризующейся соответственным почвообразовательным процессом». Автор в своих исследованиях придерживается следующего определения: болото – это экосистема, в которой степень продуцирования органического вещества значительно превышает степень их разложения. Для болотных экосистем характерно застойное или слабопроточное увлажнение и особый болотный тип почвообразования, выражающийся в накоплении торфа [5].

Площадь Липецкой области – 24,1 тыс. км², что составляет около 0,008% от площади Восточно-Европейской равнины в пределах России. Основная территория области заключена между 37°42' и 40°46' в.д. и параллелями 51°53' и 63°35' с.ш. [1].

Западная часть области лежит на холмистой Среднерусской возвышенности,

сильно расчлененной сетью речных долин, балок и оврагов. Восток области – это Окско-Донская равнина. Для возвышенной части области характерны такие формы рельефа, как овраги, балки, эрозионные останцы, оползни и оплывины, карстовые воронки и пещеры. Для низменной части области характерны суффозионные западины и, в меньшей степени, овражно-балочный рельеф [3]. Естественной границей между этими природными провинциями является река Воронеж [2]. Положение Липецкой области в умеренном климатическом поясе обусловили умеренно-континентальный климат с хорошо выраженными сезонами года.

Площадь земельного фонда Липецкой области в административных границах по состоянию на 01.01.2015 г. составила 2404,7 тыс. га и представлена следующими категориями земель: земли сельскохозяйственного назначения – 1935,2 тыс. га; земли населенных пунктов – 230,0 тыс. га; земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного специального назначения – 39,6 тыс. га; земли особо охраняемых территорий – 14,5 тыс. га; земли лесного фонда – 178,4 тыс. га; земли водного фонда – 6,1 тыс. га; земли запаса – 0,9 тыс. га. По состоянию на 1 января 2015 года площадь категории земель водного фонда составила 6,1 тыс. га. Земли под водой и болотами присутствуют во всех категориях земель. Больше всего болот также в категории земель сельскохозяйственного назначения 10,5 тыс. га [1]. Во всех областях Черноземья болота занимают не более одного процента площади. Болота на территории Липецкой области изучали ученые Воронежского университета Константин Филиппович Хмелев, Василий Николаевич Двуреченский, Сергей Владимирович Голицын.

В Липецкой области зарегистрировано 217 крупных болот общей площадью 7600 гектаров. На болота низинного типа приходится 96% от всех болот области. Большая их часть представлена болотами небольших размеров. Верховые болота составляют лишь 1%. В области на южном пределе своего распространения обитают клюква, багульник болотный, подбел, андромеда [9]. Большинство болот находится в восточной части области. На Среднерусской возвышенности есть небольшие болота площадью три-пять гектаров в поймах рек Дон, Быстрая Сосна и Красивая Меча.

В международный список «Телма» включены сфагновые болота: Карасевка, Сосновка (Добровский район), Попово,

Резрезное (Добринский район), Клюквенное (Грязинский район). На них произрастают северные виды растений: клюква, росянка, багульник. В Усманском, Грязинском, Добровском районах моховые болота приурочены к надпойменным террасам рек Воронеж, Матыра и их притокам. В Добринском районе они встречаются на водоразделах [7].

Большинство болот Центрального Черноземья принадлежит к низинному типу. На переходные болота приходится около 3% от общего количества. Переходные болота приурочены к речным террасам, сложенным песчано-глинистым материалом. В местах интенсивного вымывания песчано-глинистого материала формируются суффозионные воронки, в которых и возникает данный тип болот. Они наиболее широко распространены на левом берегу реки Воронеж и на правом берегу реки Матыра, площадь их составляет от одного до тридцати гектаров. Питание этого типа болот осуществляется подземными водами и атмосферными осадками.

И всего лишь 1% болот приходится на верховые. Верховые болота можно встретить в Добровском, Грязинском и Усманском районах на водоразделах малых рек. Они имеют выпуклую поверхность, в диаметре от нескольких десятков до двухсот метров, глубина до трёх метров. Питание этого вида болот осуществляется только за счет атмосферных осадков, они изолированы от грунтовых вод. Вследствие этого вода их бедна минеральными веществами,

что приводит к развитию своеобразной растительности, основным представителем которой является сфагновый мох. Остатки растений образуют торфяные залежи, обладающие относительно высокой калорийностью и малой зольностью.

В среднем болота занимают не более 1% площади исследуемых территорий. Так, площадь Грязинского района 131,116 км², из них болот 1,801 км². Однако, несмотря на столь незначительные размеры этих экосистем, их роль чрезвычайно велика. В Чаплыгинском районе основные болота сосредоточены в долине рек Ряса и Ранова, а также к югу от реки Хавенка. Много болот в округе села Двуречки. Их общая площадь составляет порядка восьмисот гектаров. Массив примерно из двухсот пятидесяти гектаров болот находится у села Казинка.

Нельзя не отметить следующий факт, что болотные ресурсы обеспечивали развитие экономики. Именно с болотами низинного типа связаны месторождения торфа. Залежи торфа промышленного значения в нашей области приурочены к болотам в поймах рек Воронеж и Становая Ряса. В Добровском районе торф и сейчас используют в качестве удобрений. Болота Усманского района поставляют лечебную грязь для Липецкого курорта. Мощность торфяных залежей колеблется от 1,2 до 2,5 метра, средняя зольность – 15–22%, теплотворная способность – 4500 ккал. Торф черно-бурого цвета, рыхлый с травянистыми и древесными остатками.



Рис. 1. Болото на территории Грязинского района

Наиболее крупное месторождение торфа находится у села Двуречье-Есаулово, площадь около восьмисот гектаров, мощность торфяного пласта до семи метров. Всего на территории области разведано торфяных месторождений общей площадью более 2 тыс. га. Запасы торфа составляют 9,64 млн т.

С болотами связан и местный фольклор. На северо-западной окраине грязинского села Фашевка есть болото, которое, местные жители называют «озеро Чистое». В центре его располагается большое зеркало воды, а по краям находится мохово-тростниковая сплавина. По местным преданиям на этом месте стоял храм, который полностью ушел под воду.

Большой вклад в изучение растительности болот области внесла доцент Н.Ю. Хлызова. Ею описаны редкие виды растений, такие как насекомоядное растение альдрованда пузырчатая, обитающая в трех болотах Грязинского района. В 2007 году в Грязинском районе обнаружен вид, занесенный в Красную книгу России, кальдезия белозоролистная. До этого кальдезия белозоролистная была описана лишь в двух болотах Алтайского края. Альдрованда пузырчатая внесена в список растений, охраняемых на территории России [9].

На болотах и заболоченных территориях Грязинского района зарегистрировано много птиц, занесенных в Красную Книгу Липецкой области – это Малая поганка *Podiceps ruficollis* Pallas, Большая выпь *Botaurus stellaris* Linnaeus, алая выпь *Ixobrychus*

minutus, Белый аист *Ciconia ciconia* Linnaeus, Лебедь-шипун *Cygnus olor* Gmelin, Серая утка *Anas strepera* Linnaeus, Белоглазая чернеть *Aythya nyroca* Guldenstadt, Орел – карлик *Hieraaetus pennatus* Gmelin, Мородунка *Xenus cinereus* Guldenstadt, Ходулочник *Himantopus himantopus* Linnaeus, Белошекая крачка *Chlidonias hybridus* Pallas, Клинтух *Columba oenas* Linnaeus, Филин *Bubo bubo*, Серая неясыть *Strix aluco*, Обыкновенные козодой *Caprimulgus europaeus*, Сизоворонка *Coracias garrulus*, Лесной жаворонок *Lullula arborea*, Крапивник *Troglodytes troglodytes* [9].

Из отряда змей, занесенных в Красную книгу Липецкой области, можно встретить обыкновенную медянку *Coronella austriaca* (семейство ужеобразные) [9].

Наиболее интересны и исследованы экосистемы болот Клюквенное и Моховое. Болото Клюквенное (52°33' с.ш., 40°03' в.д.), площадью около 0,02 км², расположено на надпойменной террасе реки Матыра в сосновом бору. Это верховое сплавинное болото естественного (озёрного) происхождения. Возраст сплавины 150–200 лет. Подстилающие породы – мощные суглинки с прослойками глины. Уровень залегания грунтовых вод на водоразделе – 8–12 м. Мощность сфагнового слоя до пяти метров [7, 8]. Экосистема окраины болота представлена ивняками из ивы лопарской, разреженными березняками из березы пушистой с участием в травяном покрове волосистоплодной и топяной осок, папоротника



Рис. 2. Клюквенное болото около села Малей (Грязинский район)

(телиптериса болотного). Видовое разнообразие макромицетов и сосудистых растений оценивается в триста видов, амфибии представлены пятью видами, встречаются четыре вида рептилий, описано семьдесят видов птиц, в том числе и водоплавающих, и пятнадцать видов млекопитающих.[10] Болото представляет собой тип бореальных олиготрофных сфагновых болот на южной границе ареала в условиях лесостепи. Выражена поясная структура растительного покрова: сообщества с преобладанием сфагнумов находятся в центре, заросли ивы, березовое редколесье – по окраинам.

«Озеро Моховое» – ландшафтно-биологический памятник природы, площадью двести гектаров. Это экосистема состоит из комплекса западных озер и болот, окружающих их влажных лугов, песчаных пустошей и культур сосны и березы, расположенных на водоразделе близ истоков рек Кривка и Двуречка. Озеро Моховое является местом произрастания альдрованды пузырчатой, занесенной в Красную книгу РФ. Отмечены крупные скопления водно-болотных птиц на гнездовании и пролетах [8, 9].

Заключение

Наиболее заболоченной на территории Липецкой области является Окско-Донская низменность. Заболоченность определяется особенностью рельефа и геологическим строением. Болота здесь питаются грунтовыми водами, частично атмосферными осадками. Экосистемы болот, как правило, приурочены к поймам рек Воронеж, Усмань и их притоков. Процессы заболачивания сопровождаются накоплением ила и торфа. На Среднерусской возвышенности из-за сильной расчлененности поверхности болот почти нет. Болотные экосистемы могут сохраняться и на урбанизированных территориях, так сфагновое болото автор исследовал на территории города Липецка [2].

Наиболее крупные болотные экосистемы характерны для пойм рек Воронеж, Матыра, Усмань и их притоков. В Усманском, Грязинском, Добровском районах моховые болота приурочены к надпойменным террасам рек Воронеж, Матыра и их притокам. В Добринском районе они встречаются на водоразделах, но из-за мелиорации и распашки неудобий много сфагновых болот До-

бринского района исчезло. На территории Липецкой области на площади 14 тыс. га наблюдаются процессы подтопления [3]. Процессы заболачивания способствуют плотинам, построенные в верховьях балок и оврагов, а также восстановление популяций бобра. До жаркого лета 2010 года влияние болотных экосистем на ход социально-экономической жизни явно недооценивалось. Пожары лета 2010 года заставили задуматься о функциях болот в антропогенных экосистемах. Около 200 жилых домов сгорело в Липецкой области. Пострадал заповедник Галичья гора, пожар уничтожил 90% реликтовой растительности на Морозовой горе. Устойчивое развитие регионов возможно только при условии сохранения такого важнейшего компонента биосферы как болота [4]. В местах их расположения поддерживается влажный микроклимат, что особенно важно в условиях лесостепной зоны. Сохранение болотных экосистем – залог устойчивого развития лесостепных территорий на стыке Среднерусской возвышенности и Окско-Донской низменности.

Список литературы

1. Администрация Липецкой области: официальный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://admlip.ru/> (дата обращения 10.01.2016).
2. Аничкина Н.В., Ремезов А. А. Природно-ресурсный потенциал долины реки Воронеж на участке от Октябрьского моста до Троицкого моста окружной автодороги города Липецка. / Экология Центрального Черноземья Российской Федерации. Научно-технический журнал. – Липецк: ЛЭГИ, № 1(18), 2007. – С. 80–82.
3. Аничкина Н.В. Экологические проблемы подтопленных территорий города Липецка // Экология Центрального Черноземья Российской Федерации. – Липецк: ЛЭГИ, № 2(25), 2010. – С. 54–63.
4. Аничкина Н.В. Экосистемы: учебное пособие. – 3-е изд., доп. и перераб. – Липецк: ЛЭГИ, 2011. – 84 с.
5. Болота и их развитие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fegi.ru/primorye/geology/coal/bolot.htm> (дата обращения 10.01.2016).
6. Водно-болотные угодия России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fesk.ru> (дата обращения 10.01.2016).
7. Двуреченский В.Н., Пешкова Н.В. Роль болот в регулировании водного режима малых рек // Природа Липецкой области и её охрана. – Воронеж, 1987. – Вып. 5. – С. 37–49.
8. Константинов В.М. Красная книга Липецкой области. Животные. – Воронеж: Истоки, 2006. – 256 с.
9. Красная Книга Липецкой области. Растения, грибы, лишайники. – М.: КМК, 2005. – 510 с.
10. Природное наследие Липецкой области. Каталог особо охраняемых ландшафтов и объектов / В.С. Сарычев. – Кемерово: ООО «Азия принт», 2014. – 257 с.

УДК 622.276

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ МЕТОДОМ «РУЧНОГО» СКРИНИНГА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

Бакин Д.А., Алиев М.М., Синцов И.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»,
Тюмень, e-mail: didimba@inbox.ru

Для принятия решений о выборе метода увеличения нефтеотдачи при разработке месторождений углеводородов широко применяются методы скрининга. Существует три типа скрининга: обычный, геологический и детальный. Применение скрининга позволяет существенно сократить область поиска потенциальных методов увеличения нефтеотдачи, даже для нетипичных залежей и месторождений. Для условий месторождения высоковязкой нефти с малыми глубинами залегания и низкой проницаемостью оптимальным методом является закачка горячей воды. Существует две технологии нагнетания горячей воды в пласт: непрерывное и циклическое. Для сокращения эксплуатационных затрат рекомендуется применение циклической закачки. Определение оптимального цикла закачки холодной и горячей воды, а также температуры горячей воды осуществлялось исходя из технико-экономического сопоставления различных вариантов разработки, проведенных с помощью компьютерного моделирования.

Ключевые слова: методы увеличения нефтеотдачи, скрининг, месторождение, высоковязкая нефть, гидродинамическое моделирование

CHOOSE AN OPTIMAL WAY TO STIMULATION METHOD BY MANUAL SCREENING FOR HEAVY OIL FIELD EXAMPLE

Bakin D.A., Aliev M.M., Sintsov I.A.

Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Tyumen State Oil and Gas University»,
Tyumen, e-mail: didimba@inbox.ru

Decisions about the choice of the enhanced oil recovery method in the hydrocarbon fields development are widely used screening methods. There are three types of screening: normal, geological and detailed. The use of screening can significantly reduce the area of the search for potential EOR methods, even for non-standard fields and deposits. For the conditions of heavy oil fields with small depth and low permeability, the best method is the hot water injection. There are two techniques pumping hot water into the formation: continuous and cyclical. To reduce operating costs we recommend the use of cyclic injection. Determination of the optimal pumping cycle of hot and cold water and hot water temperature was carried out on the basis of technical and economic comparison of different design options, conducted by computer simulation.

Keywords: methods of enhanced oil recovery, screening, field, heavy oil, reservoir simulation

При разработке месторождений углеводородов, содержащих трудноизвлекаемые запасы, необходимо уже на ранних стадиях разработки рассматривать возможность применения методов увеличения нефтеотдачи (МУН). Для принятия решений о выборе МУН при разработке месторождений углеводородов широко применяются методы скрининга. Существует три типа скрининга: обычный, геологический и детальный. Чаще всего для выбора МУН применяется первый тип, предусматривающий использование поисковых таблиц с установленными интервалами применимости, которые, в свою очередь, построены на основе экспертных оценок и данных успешных проектов. При реализации данного метода сопоставляют представительные усредненные характеристики флюидов и породы-коллектора с данными поисковых таблиц, устанавливая их попадание или непопадание в интервал применимости [1].

В рассматриваемой работе представлено обоснование выбора МУН для месторожде-

ния нефти повышенной вязкости (27 МПа·с). Главной особенностью данного месторождения является небольшая глубина залегания продуктивных пластов (до 100 м), что обуславливает низкое начальное пластовое давление (0,7 МПа), высокую пористость (22%), слабую цементированность коллектора. Пласт-коллектор поровый, низкопроницаемый (11,2 мД). Геолого-физическая характеристика пласта представлена в табл. 1.

Нефтяная залежь приурочена к Тиманскому горизонту, сложенному переслаиванием песчаников, аргиллитов и алевролитов. По результатам исследований керна (96 образцов) породы I пласта представлены глинистыми алевропесчаниками (38%), глинисто-песчаными алевролитами (23%), алевроито-глинистыми песчаниками (22%) и глинистыми алевролитами (6%). Такие характеристики объекта разработки во многом являются уникальными, учитывая повышенную вязкость нефти, малую глубину залегания пласта и пониженное пластовое давление.

При скрининге учитывались такие параметры, как эффективная толщина, температура пласта, глубина залегания, вязкость нефти, проницаемость, пластовое давление, нефтенасыщенность и литологический состав пласта (табл. 2).

В результате анализа установлено, что наиболее подходящим методом увеличения нефтеотдачи в данном случае является вытеснение горячей водой. Определяющими параметрами при выборе метода оказались вязкость нефти и толщина пласта, а также проницаемость и пластовое давление.

Прогнозируемая эффективность закачки горячей воды обусловлена установленной для месторождения зависимостью динамической вязкости нефти (рис. 1) и коэффициента вытеснения (рис. 2) от температуры вытесняющего агента.

Таблица 1
Геолого-физическая характеристика пласта

Средняя глубина залегания, м	80
Средняя общая толщина, м	37,8
Эффективная нефтенасыщенная толщина, м	11,1
Пористость, %	22
Проницаемость, мкм ²	0,0112
Средняя нефтенасыщенность, д.ед.	0,57
Коэффициент песчаности, д.ед.	0,32
Коэффициент расчлененности, ед.	9,5
Начальное пластовое давление, МПа	0,7
Вязкость нефти в пластовых условиях, МПа·с	27
Плотность нефти в поверхностных условиях, кг/м ³	859
Давление насыщения, МПа	0,03
Газосодержание, м ³ /т	0,45
Средняя продуктивность, м ³ /(МПа·сут)	3,6

Таблица 2
Граничные условия для применения МУН в зависимости от геолого-физических условий

	Расмагнриваемое месторождение	Закачка CO ₂	Водогазовые смеси	Полимерное заводнение	Закачка ПАВ	Закачка мицеллярных растворов	Вытеснение паром	Внутрипластовое горение	Вытеснение горячей водой
Эффективная толщина пласта, м	37,8	< 25	< 25	< 100	< 25	< 25	> 6	> 3	> 3
Глубина залегания, м	80	–	–	–	–	–	< 1200	–	< 1500
Вязкость, сП	27	< 15	–	> 50	< 25	< 15	> 50	> 10	> 5
Температура пласта, °С	5,3	–	–	< 70	< 70	< 70	–	–	–
Проницаемость, мД	11,2	–	–	> 100	–	–	> 200	> 100	–
Пластовое давление, атм	3	> 80	> 80	–	–	–	–	–	–
Нефтенасыщенность, %	50	> 30	> 30	> 50	> 50	> 25	> 50	> 50	> 50
Содержание глины, %	–	–	–	–	–	–	< 10	–	< 10

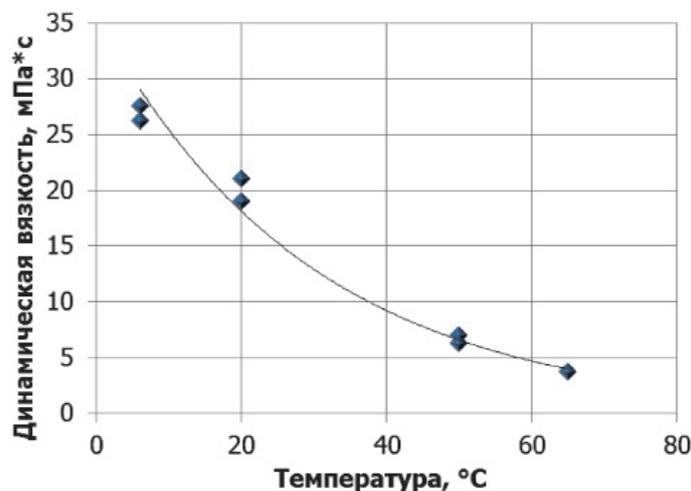


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости от температуры вытесняющего агента

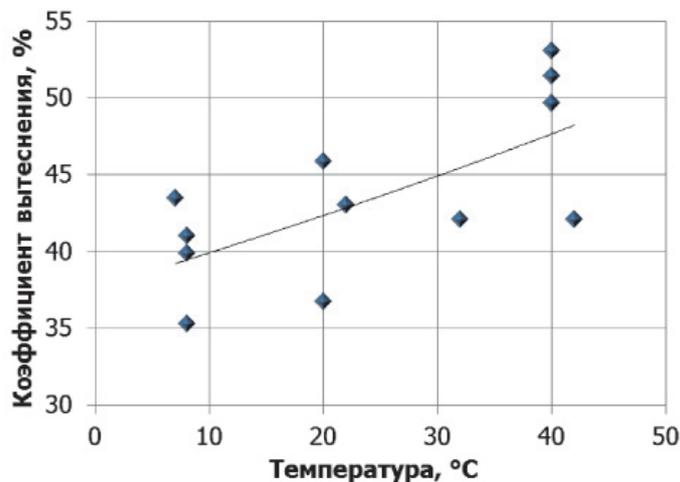


Рис. 2. Зависимость коэффициента вытеснения от температуры вытесняющего агента

Горячая вода является наиболее доступным, легко изготавливаемым теплоносителем. Она обладает высокой теплоёмкостью (4 кДж/кг^{°C}), оказывает на пласт интенсивное тепловое воздействие и характеризуется высокими нефтевытесняющими свойствами [3].

Существует две технологии нагнетания горячей воды в пласт: непрерывное и циклическое.

Первая технология применялась на начальной стадии внедрения термических методов МУН и в промышленном масштабе была опробована на месторождении Узень [3]. Однако такая технология требует большого расхода тепловой энергии. Это находит отражение в высоких затратах на нагрев закачиваемого агента. Поэтому непрерывная закачка горячей воды всегда сопровождается на завершающей стадии нагнетанием ненагретой воды.

Более рациональным методом увеличения нефтеотдачи признана циклическая закачка, которая при правильном проектировании позволяет уменьшить энергетические затраты без существенного уменьшения коэффициента вытеснения.

При закачке горячей воды в пласт образуются три зоны (рис. 3): зона I – прискважинная область, заполненная горячей водой, зона II – область разогретой нефти. Далее зоны III и IV – области с начальной пластовой температурой. Различие между ними в том, что в зоне IV давление равно пластовому, тогда как в зоне III оно повышено – в этой зоне подвижность нефти более высока вследствие воздействия фронта закачки, образованного продвижением зоны II.

Внешняя граница нагретой зоны (II) называется тепловым фронтом, тогда как внешняя граница зоны повышенной подвижности (III) – гидродинамическим фронтом или фронтом вытеснения.

Примечательной особенностью процесса является отставание теплового фронта от гидродинамического, что объясняется потерями тепловой энергии агента вблизи теплового фронта за счёт расхода на нагрев скелета породы и насыщающего её флюида. Также следует отметить, что на линии теплового фронта происходит растворение вязкой нефти более подвижными легкими фракциями углеводородов из нагретой области.

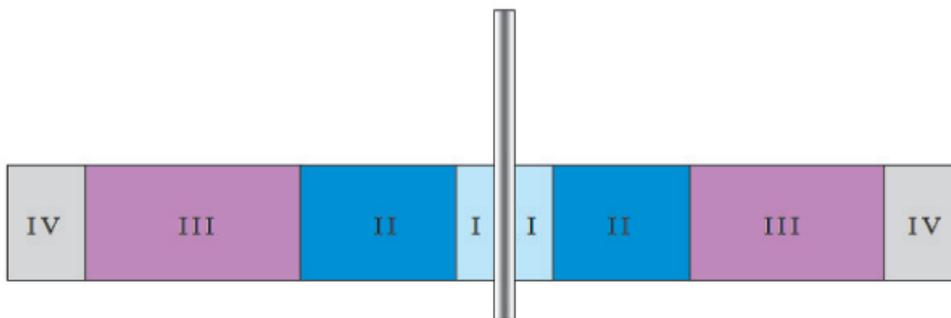


Рис. 3. Зоны распространения температуры и давления вокруг ствола нагнетательной скважины

Все эти зоны испытывают взаимное влияние. Повышение нефтеизвлечения при закачке горячей воды достигается за счёт снижения вязкости нефти, теплового расширения нефти, эффекта дистилляции и изменения соотношения подвижностей [2].

Основной задачей при проектировании такого метода воздействия является выбор температуры закачиваемого агента и длительности циклов закачки горячей и холодной воды.

характеризуются сниженной выработкой запасов нефти на скважину. Накопленная добыча нефти на скважину по этим вариантам меньше средней по всем вариантам от 2,0 до 4,6%. Оптимальными с точки зрения выработки запасов и экономической эффективности являются циклическая закачка горячей (90°C) и холодной воды периодом 5/10 лет и закачка горячей (50°C) и холодной воды периодом 10/5 лет.

Таблица 3

Обоснование технологических параметров теплового воздействия

Температура воды	Цикл горячая/холодная вода, лет/лет		
	5/10	5/5	10/5
90°C	$Q_{\text{нак}} = 15,3$ тыс. т / скв. ЧДД + 11,8 млн руб.	$Q_{\text{нак}} = 15,6$ тыс. т / скв. ЧДД – 10,1 млн руб.	$Q_{\text{нак}} = 16,3$ тыс. т / скв. ЧДД – 25,1 млн руб.
70°C	$Q_{\text{нак}} = 14,9$ тыс. т / скв. ЧДД + 15,1 млн руб.	$Q_{\text{нак}} = 15,1$ тыс. т / скв. ЧДД + 6,7 млн руб.	$Q_{\text{нак}} = 15,7$ тыс. т / скв. ЧДД – 12,9 млн руб.
50°C	$Q_{\text{нак}} = 14,5$ тыс. т / скв. ЧДД + 31,5 млн руб.	$Q_{\text{нак}} = 14,6$ тыс. т / скв. ЧДД + 21,6 млн руб.	$Q_{\text{нак}} = 15,1$ тыс. т / скв. ЧДД + 8,0 млн руб.

Определение оптимального цикла закачки холодной и горячей воды, а также температуры горячей воды осуществлялось исходя из технико-экономического сопоставления различных вариантов разработки, проведенных с помощью компьютерного моделирования. Для моделирования был выбран участок, разбуренный по квадратной сетке, с организацией обращенной девятиточечной системы воздействия и расстоянием между скважинами 300 м, общим количеством скважин 25 ед., в том числе 21 добывающая, 4 нагнетательных. Были рассмотрены три варианта циклической закачки горячей/холодной воды: 5/10, 5/5, 10/5 лет. Температура горячей воды поддерживалась на уровне: 50, 70, 90°C. Всего было проанализировано девять вариантов теплового воздействия на пласт (табл. 3).

Как видно из табл. 3, варианты с циклической закачкой горячей (90°C) и холодной воды периодом 5/5 и 10/5 лет, а также с закачкой горячей (70°C) и холодной воды периодом 10/5 лет характеризуются отрицательным ЧДД. Данный факт вызван высокими эксплуатационными затратами на подогрев воды.

Средняя накопленная добыча нефти на скважину по всем вариантам разработки составляет 15,2 тыс. т. Два варианта циклической закачки горячей (50°C) и холодной воды (5/10 и 5/5 лет) и один вариант закачки горячей (70°C) и холодной воды (5/10 лет)

Выводы

1. Применение скрининга позволяет существенно сократить область поиска потенциальных методов увеличения нефтеотдачи даже для нетипичных залежей и месторождений.

2. Для условий месторождения высоковязкой нефти с малыми глубинами залегания и низкой проницаемостью оптимальным методом является закачка горячей воды.

3. Для сокращения эксплуатационных затрат рекомендуется применение циклической закачки. На основе секторной гидродинамической модели обоснованы оптимальные циклы закачки.

Список литературы

1. Алваро В., Манрик Э. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Планирование и стратегии применения. – М.: ООО «Премиум-инжиниринг», 2011. – 244 с.
2. Аржанов Ф.Г., Антониади Д.Г., Гарушев А.Р. Термические методы воздействия на нефтяные пласты. Справочное пособие – М.: Недра, 1995 – 192 с.
3. Малофеев Г.Е., Мирсаатов О.М., Чоловская И.Д. Нагнетание в пласт теплоносителей для интенсификации добычи нефти и увеличения нефтеотдачи: учебное пособие. – М.- Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2008. – 224 с.
4. Рузин Л.М. Особенности и инновационные направления освоения ресурсов высоковязких нефтей / Л.М. Рузин, О.А. Морозюк, С.М. Дуркин // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 8. – С. 51–53.
5. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. – М.: Недра, 1985 – 308 с.
6. Surguchev L.M. A Multistage Approach to IOR/EOR Screening and Potential Evaluation / L.M. Surguchev, E.-M. Reich, R.Berenblyum, A. Shchipanov // SPE Paper 143789-MS presented at Brasil Offshore. – Macaé, Brasil. – 2011. – 14–17 June.

УДК 614.71:616.2:519.2

ОПЫТ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЧАСТОТЫ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У НАСЕЛЕНИЯ УЛАН-БАТОРА

¹Батурин В.А., ²Ефимова Н.В., ³Будням С., ¹Столбов А.Б.,
¹Малтугуева Н.С., ²Елфимова Т.А.

¹ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления
имени В.М. Матросова» СО РАН, Иркутск, e-mail: rozen@icc.ru;

²ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»,
Ангарск, e-mail: medecolab@inbox.ru;

³Монгольский государственный университет, Улан-Батор, e-mail: budnyamsan@gmail.com

Цель исследований – разработать и апробировать математическую модель обращаемости за медицинской помощью по поводу болезней органов дыхания в зависимости от природных и техногенных факторов на примере города Улан-Батора по суточным данным. Оценка факторов среды проведена по результатам мониторинга гидрометеорологической службы Монголии за 2010–2013 годы. В качестве возможных предикторов рассматривали данные регулярных замеров температуры, влажности, скорости ветра, давления, а также концентрации примесей в атмосферном воздухе. Динамика заболеваемости населения описана системой дифференциальных уравнений. Установлено, что заболеваемость населения нелинейно зависит от поступления в атмосферный воздух загрязняющих веществ от автотранспорта, ТЭЦ и юрт. Выявлена обратная зависимость точности расчетных данных от площади района, плотности населения, численности групп наблюдения и частоты моделируемого явления.

Ключевые слова: математическая модель, дифференциальные уравнения, факторы окружающей среды, заболеваемость, болезни органов дыхания

EXPERIENCE OF MATHEMATICAL MODELING AIR POLLUTION AND THE FREQUENCY OF RESPIRATORY DISEASES OF THE ULAANBAATAR POPULATION

¹Baturin V.A., ²Efimova N.V., ³Budnyam S., ¹Stolbov A.B.,
¹Maltugueva N.S., ²Elfimova T.A.

¹Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS, Irkutsk, e-mail: rozen@icc.ru;

²East-Siberian Institute Medical-Ecological Researches, Angarsk, e-mail: medecolab@inbox.ru;

³National University of Mongolia, Ulan-Bator; e-mail: budnyamsan@gmail.com

Purpose of that research – to develop and test a mathematical model of the daily incidence of respiratory diseases, depending on the natural and anthropogenic factors in Ulaanbaatar. Evaluation of environmental factors is given based on the results of monitoring of the Hydrometeorological Service of Mongolia for the 2010–2013 year. The data of temperature, humidity, wind speed, pressure, air pollution changes considered as predictors of morbidity. The dynamics of the morbidity described by the system of differential equations. It was found that the incidence of the population depends nonlinearly on the air emissions of pollutants from motor vehicles, power plants and yurts. Contact dependence of the accuracy of calculated data identified by the district area, population density, population size and frequency of observation of the simulated phenomenon.

Keywords mathematical model, differential equations, environmental factors, incidence, respiratory diseases

В условиях резко континентального климата центральноазиатского региона, характеризующегося высоким давлением, большой амплитудой перепада температур как в течение суток, так и в течение года, низкой влажностью, особенностями переноса воздушных масс в приземном слое атмосферы формируются не только повышенные требования к компенсаторно-приспособительным возможностям организма человека, но и возникает необходимость особых подходов к организационным, природоохранным и планировочным решениям при развитии таких территорий [2, 4]. Наи-

более сложная и неблагоприятная гигиеническая ситуация, связанная в первую очередь с загрязнением атмосферного воздуха, сложилась в столице Монголии [3]. Улан-Батор (численность населения 1,5 млн) расположен в узкой долине, окружен горами, максимальная температура регистрируется в июле (38°C), минимальная в январе (-46,7°C), относительная влажность воздуха находится в пределах 40–80%, а иногда в пределах 20–30%, преобладающими направлениями ветра в летний период года являются северо-западное и северное, в зимний – юго-восточное (средняя скорость

ветра от 3,3 до 5,7 м/с, максимальная – достигает 28 м/с). Формированию контаминации воздушного бассейна города способствуют высокая концентрация источников загрязнения, большое количество сжигаемого твердого топлива и неблагоприятное расположение стационарных источников в городской застройке. Все высотные источники (ТЭЦ № 2, 3, 4) расположены в юго-западном и западном районах, котельные – в северной и восточной части города без учета розы ветров. Значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха Улан-Батора и обследованных регионов вносят топки частного (юрточного) сектора, который окружает благоустроенную часть города со всех сторон и располагается на возвышенности.

Цель исследования – разработать и апробировать математическую модель обращаемости за медицинской помощью по поводу болезней органов дыхания в зависимости от природных и техногенных факторов города Улан-Батора (на основе суточных данных).

Материалы и методы исследования

Гигиеническая оценка условий жизнедеятельности в Улан-Баторе дана по результатам мониторинга гидрометеорологической службы Монголии за 2010–2013 годы. В качестве возможных предикторов рассматривали данные регулярных замеров температуры, влажности, скорости ветра, давления, а также концентрации примесей в атмосферном воздухе в 8.00, 13.00, 17.00 каждых суток, полученных на постах наблюдения гидрометеорологической службы. Анализ обращаемости за медицинской помощью в лечебные учреждения проведен по суточным данным информационной базы департамента здравоохранения Улан-Батора. Всего учтено более 110 тысяч случаев заболеваний, которые были сгруппированы по отдельным нозологическим формам, возрастным категориям (0–14, 15–17 и старше 18 лет) и районам проживания, привязанным к постам наблюдения. Основной мишенью воздействия примесей, образующихся при сгорании топлива, являются органы дыхания [6, 7], поэтому нами рассматривалась частота обращений в сутки по следующим нозологическим формам: острые респираторные заболевания (ОРЗ, шифр по Международной классификации болезней 10 пересмотра – J00-J06), острый бронхит (J20), острая респираторная инфекция нижних дыхательных путей (J22), хронические заболевания верхних дыхательных путей (J30-J31), хронические болезни миндалин и аденоидов (J35), хронический ларингит и ларинготрахеит (J37). На первом этапе исследований выявлены, с помощью факторного анализа, наиболее значимые характеристики условий жизнедеятельности, которые затем использованы в математической модели в качестве предикторов. К ним отнесены: отклонения температуры от среднегодовой для конкретного периода, коэффициенты опасности для отдельных примесей, содержащихся в атмосферном воздухе (взвешенные вещества, CO, SO₂, NO₂). На втором этапе выявлен наиболее показательный период, характеризующийся наименее благоприятными

условиями природной среды и высокой частотой нарушений здоровья, которые могут быть ассоциированы с воздействием выбранных для модели факторов. Анализ численности населения и обращаемости в абсолютных величинах по отдельным районам Улан-Батора показал, что для моделирования суточной обращаемости частота изучаемого явления недостаточна, поэтому репрезентативные данные можно получить только при условии объединения обращаемости (нами выбран «шаг» 14 дней). В связи с этим для оценки воздействия рассмотрены два периода осреднения концентраций: во-первых, в пробах 30-минутного отбора (для каждого вещества рассчитывали HQ_{ac} с учетом референтных концентраций для краткосрочного воздействия) и, во-вторых, средние концентрации за 14 суток (рассчитывали HQ_{chr} по референтным концентрациям для хронического воздействия). Также по двум периодам рассчитывали индексы опасности (HI) острого и хронического воздействия, суммирующие HQ контролируемых ингредиентов.

Для выявления числа дополнительных случаев заболевания, ассоциированных с загрязнением атмосферного воздуха, нами в динамических моделях использован метод «возмущений», который позволяет имитировать реальную ситуацию, определять возможный тренд загрязнения атмосферного воздуха и изменения заболеваемости, по сравнению с невозмущенным фоновым уровнем в сложившихся экологических условиях, с учетом процесса самовосстановления заболеваемости [1, 2]. Пусть состояние системы характеризуется некоторым набором показателей, изменяющихся во времени $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$, t – время и $x(t)^*$ – описывает естественное состояние системы. Предполагается, что систему можно описать системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x(t), u(t)),$$

где вектор $u(t) = (u_1(t), \dots, u_m(t))$ – величина внешнего воздействия. Разложив в окрестности $x(t)^*$ и $u(t) = 0$ (отсутствие внешнего воздействия) систему до линейных слагаемых, получим линеаризованный вариант модели:

$$\frac{dz}{dt} = f_x(t, x^*(t), 0)z + f_u(t, x^*(t), 0)u,$$

где $z(t) = x - x(t)^*$ – отклонение от естественного состояния. Обозначим $f_x = Q$ и $f_u = B$. Будем иметь систему

$$\frac{dz_1}{dt} = \sum_{j=1}^n q_{1j}z_j + \sum_{k=1}^m b_{1k}u_k;$$

$$\dots$$

$$\frac{dz_i}{dt} = \sum_{j=1}^n q_{ij}z_j + \sum_{k=1}^m b_{ik}u_k;$$

$$\dots$$

$$\frac{dz_n}{dt} = \sum_{j=1}^n q_{nj}z_j + \sum_{k=1}^m b_{nk}u_k.$$

Диагональные элементы q_{ij} характеризуют скорости естественного самовосстановления при условии, что остальные компоненты системы находятся в естественном состоянии и нет внешнего воздействия ($u = 0$). Внедиагональные элементы $q_{ij} (i \neq j)$ матрицы определяются двумя компонентами вектора z : i -я и j -я. Для определения матрицы B после того как найдены элементы матрицы Q используется метод наименьших квадратов, т.е. решается задача:

$$\frac{dz}{dt} = Qz + Bu, t \in [t_0, t_1], z(t_0) = z_0;$$

$$J(B) = \int_{t_0}^{t_1} \sum_{i=1}^n \beta_i (z_i - \bar{z}_i(t))^2 dt \rightarrow \min,$$

где величины $\bar{z}_i(t)$ получены из статистических данных; β_i – весовые коэффициенты.

Итак, динамику обращаемости населения будем описывать следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = Qx + Bu + C(T^* - T^{**}),$$

где t – время; $x(t)$ – вектор, характеризующий количество заболевших с определенной заболеваемостью в течение недели; $u(t)$ – скалярный показатель загрязнения атмосферного воздуха, NI_{chr} (включающий HQ следующих веществ: CO , NO_2 , NO , PM_{10} , SO_2); $T^*(t)$ – средняя температура ($^{\circ}C$) в течение недели, $T^{**}(t)$ – средний многолетний уровень температуры в течение недели, векторы B и C отражают влияния загрязнения и температуры, матрица Q отражает процессы самовосстановления здоровья и взаимовлияния болезней.

В рассматриваемой модели исследуется N показателей, характеризующих заболевания населения. Пусть i – это индекс, изменяющийся в диапазоне от 1 до N , x_i – значение количества заболевших в течение недели, рассчитанное по модели, а $\bar{x}_i(t)$ – наблюдаемые значения количества заболевших, полученные по статистике.

Для оценки точности модели на интервале $[0, T]$ используются такие показатели, как K^I – интегральная ошибка по всем показателям модели, и K^i – интегральная ошибка по отдельным показателям модели, рассчитываемые по следующим формулам:

$$K^I = \frac{\sqrt{\int_0^T \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_i(t))^2 dt}}{\sqrt{\int_0^T \sum_{i=1}^N \bar{x}_i(t) dt}}; \quad K^i = \frac{\sqrt{\int_0^T (x_i - \bar{x}_i(t))^2 dt}}{\sqrt{\int_0^T \bar{x}_i(t) dt}}.$$

В данной области исследований точность модели считается удовлетворительной при $K^I < 25\%$, $K^i < 20\%$.

На основании полученных моделей разработан прогноз поведения рассматриваемой системы при внедрении природоохранных мероприятий. В качестве базового сценария было принято фактическое состояние, т.е. учитывались наблюдаемые выбросы в атмосферный воздух от ТЭЦ, котельных, юрт и автотранспорта. Рассмотрены четыре сценария управления загрязнением воздушного бассейна г. Улан-Батора: снижение выбросов автотранспорта; снижение выбросов от топок юрт; снижение выбросов от котельных; снижение выбросов от ТЭЦ, основанных на результатах исследований, представленных в [2, 3, 5]. Расчеты последовательно проведены в два этапа: изменение содержания примесей в атмосферном воздухе при различных вариантах снижения эмиссии от рассматриваемых источников; изменение частоты заболеваний органов дыхания у населения по районам города при изменении загрязнения.

Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее высокое содержание диоксида азота в воздушном бассейне селитебной зоны г. Улан-Батора наблюдается в зимние

месяцы (с ноября по март), причем в декабре достигают допустимого предела. Следует отметить, что в период интенсивной деятельности ТЭЦ, коммунальных и личных отопительных систем уровень загрязнения атмосферного воздуха селитебных зон выше, чем в среднем в течение года. Так как город подвергается техногенной нагрузке неравномерно, мы провели оценку потенциального риска, связанного с хроническим и острым воздействием, по отдельным районам. Наиболее высокое хроническое ингаляционное воздействие наблюдается в компактных благоустроенных районах центральной и южной частей города (Сухбатор $NI_{chr} = 10,6$, $NI_{ac} = 16,9$; Баянгол $NI_{chr} = 8,8$, $NI_{ac} = 10,6$; Хануул $NI_{chr} = 5,2$, $NI_{ac} = 8,0$). Максимальную долю в суммарный общетоксический риск вносят взвешенные вещества (PM_{10} и $PM_{2,5}$).

К мишеням воздействия примесей, поступающих в атмосферный воздух, относятся органы дыхания. Среднесуточная обращаемость за медицинской помощью по поводу болезней органов дыхания представлена в табл. 1.

При сравнении данных выявлены статистически значимые различия в структуре и частоте обращаемости в различные сезоны года ($\chi^2 = 9,4$, $p = 0,003$). Так, в холодный сезон доля ОРЗ составляла 64–76%, случаев острого бронхита – 8,5–14,2%, заболеваний нижних отделов легких – 0,07–0,44%, обострения хронических заболеваний верхних дыхательных путей – 5,7–7,8%, миндалин – 10,9–18,5%. В теплый сезон снижался вклад в суммарную обращаемость случаев ОРЗ (42,2–60,5%), острого бронхита (4,2–6,2%) на фоне повышения доли случаев заболеваний хронических заболеваний верхних дыхательных путей (16,2–25,6%) и миндалин (19,2–6,9%).

Предварительный корреляционный анализ суточных данных частоты обращений и содержания примесей показал, что для ОРЗ и обострения хронических заболеваний верхних дыхательных путей сильные тесные связи выявлены для данных, обобщающих число обращений за 2 недели и средний за указанный период показатель NI_{chr} . Для острого бронхита характерен лаг между моментом регистрации заболевания и уровнем загрязнения атмосферного воздуха ($lag = 14$ дней).

При идентификации математической модели на реальных данных выявлено, что наиболее хорошие характеристики имели модели, рассматривающие следующие груп-

пы нозологических форм: ОРЗ (J00–J06), острый бронхит (J20); хронические заболевания (J30–J37). Для четырех районов города Улан-Батор были получены следующие оценки K^l : Баянгол – 94%, Сухбатор – 91,4%, Хануул – 81,5%, Чингелтей 92,7% (табл. 2).

Выявлена обратная зависимость точности расчетных данных от площади района, плотности населения, численности групп наблюдения и частоты моделируемого явления ($r = -0,62-0,75$, $p < 0,05$). Точность расчетов числа заболеваний для детского

и взрослого населения в 1,5–2 раза выше, чем для подростков; острых респираторных заболеваний и обострений хронической патологии органов дыхания на 10–16% выше, чем для острого бронхита. Характеристики моделей для подростков имеют худшие характеристики, неопределенности, возможно, связаны с недостаточной численностью контингента, большей значимостью других (мешающих) факторов, а также сложностью учета экспозиции для этой возрастной группы.

Таблица 1

Среднесуточная обращаемость за медицинской помощью населения Улан-Батора по классу болезней органов дыхания (на 1000 населения)

Месяцы	Нозологические формы (по МКБ 10)						В целом органы дыхания
	J00-J06	J20	J22	J30-J31	J35	J37	
Январь	97,45	12,90	0,39	11,77	28,10	1,00	151,61
Февраль	63,55	8,52	0,38	5,48	12,86	1,14	86,00
Март	73,32	8,10	0,10	9,94	13,19	1,87	106,52
Апрель	66,63	5,73	0,17	13,23	15,73	0,77	98,97
Май	44,55	3,94	0,16	10,61	11,71	0,94	71,90
Июнь	37,23	3,80	0,17	9,90	11,80	0,70	61,55
Июль	20,19	2,00	0,16	12,26	12,90	0,32	47,84
Август	27,23	2,61	0,16	14,81	14,81	1,29	60,90
Сентябрь	41,80	5,07	0,20	9,50	14,43	1,07	69,74
Октябрь	67,74	9,58	0,03	12,32	16,23	0,42	106,32
Ноябрь	140,63	18,73	0,13	11,03	20,67	0,27	185,29
Декабрь	91,77	19,06	0,19	7,68	14,61	0,58	133,90
Среднее за год	58,40	8,34	0,19	10,71	15,59	0,86	98,38

Примечания: ОРЗ (J00–J06), острый бронхит (J20), острая респираторная инфекция нижних дыхательных путей (J22), хронические заболевания верхних дыхательных путей (J30–J31), хронические болезни миндалин и аденоидов (J35), хронический ларингит и ларинготрахеит (J37).

Таблица 2

Интегральная ошибка моделей заболеваемости населения отдельных районов г. Улан-Батора (K_p , K^l , %)

Заболевания	Группы	Районы Улан-Батора			
		Баянгол	Сухбатор	Хануул	Чингэлтэй
ОРЗ	Дети	7,8	16	41	11
	Подростки	12	16,5	46	28
	Взрослые	14	21	31	16
	Все население	6,8	12,6	29	8,8
Бронхит	Дети	13,6	20	36	18,7
	Подростки	35	50	67	57,6
	Взрослые	17,6	36	45	28,7
	Все население	10,5	17,6	17,6	18
Хронические заболевания	Дети	22	17	28	19
	Подростки	27	33	32,5	23
	Взрослые	18,5	17	19	17
	Все население	16	13,7	16	13

Сценарные расчеты проводились для четырех районов г. Улан-Батора (Баянгол, Сухбаатар, Чингелтей и Хан-Уул) на модели заболеваемости населения с учетом возраста. В основу расчетов положены следующие варианты: базовый сценарий и варианты снижения выбросов в атмосферу от различных источников выбросов. Расчет концентраций примесей велся на камерной модели распространения загрязнений в воздухе по г. Улан-Батору с дальнейшим осреднением концентраций по каждому району. Обобщая результаты численных экспериментов по предложенным моделям, установлено, что эмиссия автотранспорта наиболее значима для района Баянгол, где возможно снижение концентраций на 12% при выводе 50% автомобилей за пределы района. Снижение выбросов от топок юрт может привести к уменьшению загрязнения в районе Чингэлтэй. Однако наиболее перспективным является сокращение эмиссии от крупных источников – ТЭЦ. В районах размещения указанных предприятий снижение выбросов на 30% сократит концентрации примесей на 9,8–16,3%. А при снижении выбросов на 50% приведет к снижению до приемлемого уровня таких веществ, как диоксид серы, оксиды азота. Однако концентрации взвешенных веществ останутся выше ПДК. Интересно отметить, что для снижения выбросов от топок юрт в качестве индикатора эффекта можно рекомендовать мониторинг за частотой бронхита и ОРЗ, тогда как для мер, предусматривающих сокращение выбросов ТЭЦ и автотранспорта, лучшим индикатором будет наблюдение за ОРЗ, а частота бронхита значимо не изменится. Вероятно, это связано с различным составом эмиссии при горении топлива в промышленных котлах и в частных топках.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в Монголии вследствие развития топливно-энергетической промышленности и транспорта, а также особенностей жилой застройки (юрточное расселение) существует опасность поступления в атмосферу значительных коли-

честв выбросов вредных веществ, прежде всего продуктов сгорания топлива, что в условиях климатических особенностей и рельефа территории городов Монголии. Использование методов математического моделирования предоставляет возможность рассмотреть и сравнить различные варианты развития региона с учетом влияния на состояние природной среды и здоровье населения. Наиболее точные результаты получены для детской возрастной группы на моделях рассматривающих влияние факторов среды на обращаемость по поводу острых респираторных заболеваний. Точность математических моделей острых респираторных заболеваний и обострений хронической патологии органов дыхания на 10–16% выше, чем для острого бронхита.

Исследования поддержаны грантом № 1 СО РАН и Академии наук Монголии, «Математическое моделирование и информационные технологии в задачах оценки и прогнозирования здоровья населения города Улан-Батор в зависимости от социальных, экологических и экономических факторов».

Список литературы

1. Батурин В.А., Урбанович Д.Е., Маторова Н.И., Ефимова Н.В. Моделирование процессов самовосстановления и взаимовлияния показателей, характеризующих здоровье населения // Вычислительные технологии. – 2003. – № 8(IV). – С. 109–15.
2. Батурин В.А., Будням С., Малтугуева Н.С., Федоров Р.К. Оценка и моделирование загрязнения атмосферного воздуха в г. Улан-Батор // Программные системы: теория и приложения. – 2012. – № 5(14). – С. 81–91
3. Баярсайхан Г. Исследование загрязнения воздушной среды Улан-Батора // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 3. – С. 96–100
4. Суржиков В.Д., Суржиков Д.В. Применение многомерных статистических методов в оценке воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения // Гигиена и санитария. – 2014. – № 2. – С. 41–4.
5. Монгол Улс Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах хяналтын чадавхийг бэхжүүлэх төсөл (Проект по улучшению и поддержанию мониторинга за загрязнением атмосферы города Улан-Батора). – Улаанбаатар, 2013. – 385 с. (на монг. и англ. яз.).
6. Xiaochaan P., Wei H., Keven T. Health benefit evaluation of the denery use scenarios in Beijing. – China. Science of Total Environm, 2007. – № 374. – P. 242–51.
7. Wheeler B.W., Ben-Shlomo Y.J. Environmental equity, air quality, socioeconomic status and respiratory health: A linkage analysis of routine data from the health survey for England // Epidemiol and Community Health. – 2005. – № 11. – P. 948–54.

УДК 502.55:62-641

К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ ИСПАРЕНИЯ

Данилов В.Ф., Шурыгин В.Ю.

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Елабужский институт,
Елабуга, e-mail: danilov-fedor@mail.ru*

В статье рассмотрена проблема потерь нефтепродуктов от испарения при их хранении, приеме и выдаче на нефтебазах, автозаправочных станциях и нефтеперерабатывающих заводах. Актуальность данной проблемы обусловлена тем, что она имеет как экономический, так и экологический аспект. В реальных условиях концентрация углеводородов определяется температурой наливаемого бензина, степенью заполнения и скоростью заполнения резервуаров, а также концентрацией этих углеводородов в бензине. В статье проанализированы причины и структура потерь углеводородов в районе объектов нефтепродуктообеспечения. Приведена сравнительная характеристика существующих способов для улавливания паров нефтепродуктов и оценка их эффективности. Предложены два новых устройства для рекуперации паров углеводородов в процессе их хранения. Показано, что данные устройства позволяют обеспечить эффективное улавливание паров нефтепродуктов, а также повысить эффективность экологической защиты на современных автозаправочных комплексах и нефтебазах.

Ключевые слова: нефтепродукты, газообразные углеводороды, автозаправочная станция, нефтебаза, резервуар, дыхательный клапан, рекуперация паров, барботаж, дроселирующее устройство

TO THE QUESTION ABOUT WAYS TO SOLVE THE PROBLEM OF EVAPORATION LOSS OF OIL PRODUCTS

Danilov V.F., Shurygin V.Y.

Kazan (Volga Region) Federal University, Elabuga Institute, Elabuga, e-mail: danilov-fedor@mail.ru

The paper considers the issue of evaporation loss of oil products during storage, acceptance and delivery at bulk plants, fuel filling stations and oil refineries. The topicality of this issue is determined by the fact that it features both economic and environmental aspect. In the real conditions hydrocarbon concentration is determined by the temperature of petroleum filled, degree and rate of reservoir filling as well as concentration of these hydrocarbons in petroleum. The paper analyzes the causes structure of hydrocarbon losses within oil products supply facilities. Comparative characteristic of the existing methods of tank vapor recovery and assessment of their efficiency are provided. Two new devices for vapor recovery during storage were proposed. It is shown that these devices allow ensuring efficient tank vapor recovery as well as improving efficiency of environmental protection at modern fuel filling complexes and bulk plants.

Keywords: breathing valve, bubbling, bulk plant, fuel filling station, hydrocarbon gages, oil products, throttle, reservoir, vapor recovery

Процесс наполнения и хранения нефти и нефтепродуктов в резервуарах всегда сопровождается выбросом лёгких газообразных углеводородов в атмосферу. При этом масса выбрасываемых газов углеводородов на нефтебазах может составлять до 0,1% от массы переваливаемого продукта, а на автозаправочных станциях (АЗС) до 0,2% массы выдаваемого продукта [4]. Проведённые в МГТУ им. Н.Э. Баумана расчеты показывают, что в России АЗС общего пользования выбрасывают в течение года более 140 тыс. тонн паров углеводородов, т.е. около 6 миллиардов рублей. Одна усредненная АЗС теряет из-за выбросов паров нефтепродуктов в атмосферу в среднем в день до 70 кг бензинов или 25000 кг в год, т.е. до 1 миллиона рублей. По данным же зарубежных исследователей: АЗС Германии ежегодно выбрасывают 145 тыс. т паров углеводородов, АЗС Англии – более 120 тыс. т. Французские экс-

перты оценивают потери от испарения при заполнении резервуаров АЗС и хранении автобензинов в размере 0,18% от объема операции. Немецкие эксперты оценивают эти потери в 0,17%. Японские же исследователи установили, что поскольку в условиях Японии температура в подземном резервуаре в течение года сильно не меняется, а именно варьируется от 15 до 25°C, то потери от испарения составляют 1,08 кг/м³ закачиваемого автобензина [1, 5, 7]. В среднем, состав паровоздушной смеси, «выдыхаемой» из резервуаров, включает 32% массовой доли углеводородов метанового ряда, 12% бензиновых фракций и 56% воздуха. Такие выбросы приводят к существенному загрязнению окружающей среды, а также создают пожароопасную ситуацию. Выход из сложившейся ситуации требует внедрения новейших научных достижений и совершенствования способов

улавливания паров нефтепродуктов. Таким образом, актуальность рассматриваемой проблемы не вызывает сомнений.

Причины и структура потерь нефтепродуктов

Согласно действующим нормам естественной убыли нефтепродуктов от испарения теряется примерно 5% поставляемых бензинов и несколько меньший объем других нефтепродуктов. Реально же нормы естественной убыли не всегда отражают размер фактических потерь, так как нефтепродукты с момента их хранения подвергаются многократным операциям слива-налива.

Потери нефтепродуктов в резервуарах типа РВС (резервуар вертикальной стальной) в средней климатической зоне в зависимости от времени года достигают 0,12–0,32% от количества закачиваемого в них нефтепродукта. В стационарном резервуаре РВС-5000 за осень и зиму потери автомобильного бензина при двух открытых световых люках могут составить – 200 т, при одном люке – 25 т, при открытом дыхательном клапане – 7 т. Снижение уровня жидкости в гидравлическом предохранительном клапане ниже установленного также приводит к дополнительным потерям горючего до 1,5%. При ручном отборе проб и замере горючего в резервуаре РВС-5000 разовые потери от испарения летом могут составить – днем 13 кг, ночью – 3 кг [2].

При кратковременном хранении нефтепродуктов (до 1 месяца) в резервуарах нефтебаз и автозаправочных комплексах в среднем по Московской области от испарения теряется до 30 тысяч тонн автомобильного бензина и 25 тысяч тонн дизельного топлива. Потери нефтепродуктов от испарения при хранении связаны с так называемыми «большими и малыми» дыханиями резервуаров. Известно, что потери от «малых дыханий» с 1 м³ газового пространства резервуаров, сообщающихся с атмосферой через дыхательные клапаны, при изменении температуры паров на 10°С составляют 6–10 г, а при изменении атмосферного давления на 1 мм рт. ст. – 2–4 г. Скорость насыщения парами газового пространства пропорциональна площади поверхности испарения. Подсчитано, что с 1 м² поверхности испарения наземного резервуара испаряется и теряется более 4 кг нефтепродуктов в месяц. Годовые потери горючего для резервуара вместимостью 400 м³ могут составить 1,28% от объема хранимого продукта [2].

Распределение потерь нефтепродуктов от «малых дыханий» резервуаров по временам года неравномерно. Наибольшие потери приходится на летний период. Потери от «малых дыханий» зависят и от суточных колебаний температуры, атмосферного давления и степени заполнения резервуара. По оценкам отечественных и зарубежных авторов эти потери составляют 0,02–0,06% от объемной доли хранимого продукта.

Среднегодовые потери в резервуарах при рабочем режиме слива-налива (от «больших дыханий») составляет около 0,14% от объема хранимого нефтепродукта. Величина потерь нефтепродуктов от «больших дыханий» зависит от количества операций по сливу-наливу и с увеличением их числа может возрасти в три и более раза.

Выбросы паров углеводородов являются одним из существенных источников загрязнения окружающей среды. Это проявляется в образовании стойких концентраций таких паров в воздухе вблизи резервуарных парков, автозаправочных комплексов и сливо-наливных эстакад. В этих районах у населения выявлена повышенная частота заболеваний органов дыхания, крови, сердечно-сосудистой системы, а также более высокая подверженность инфекционным заболеваниям. Положение усугубляется тем, что в результате интенсивного градостроительства в России, особенно за последние 20–30 лет, большое число нефтебаз оказалось в черте городской застройки.

Теоретические исследования по формированию структуры и параметров систем улавливания паров бензина показали их существенную зависимость от расхода и состава паровоздушной смеси – суммарной концентрации паров углеводородов, количества паров воды, относительного количества различных углеводородов.

Состав паров нефтепродуктов зависит от температуры окружающей среды. Так, углеводороды ряда C₃ – C₅, представляющие основу паров нефтепродуктов типа бензинов АИ-80, АИ-92, АИ-95 в паровоздушной смеси (ПВС), определенные для резервуаров АЗС, нефтебаз и нефтеперерабатывающих заводов при температурах от +20°С составляют от 32 до 46%. При температурах –20°С и ниже их количество в ПВС не превышает 13,6%.

В реальных условиях при наливке бензина в резервуары АЗС и заправке бензобаков автомобилей концентрация углеводородов определяется температурой наливаемого бензина, степенью заполнения резервуаров

(бензобаков), скоростью заполнения резервуаров (бензобаков), а также концентрацией этих углеводородов в бензине.

Совокупность вышеприведенных факторов и определяет значительный разброс по содержанию углеводородов в паровоздушной смеси в реальных условиях.

Способы рекуперации паров углеводородов

В связи со сложной экологической ситуацией на нефтебазах и в районах АЗС, расположенных в мегаполисах, требуется незамедлительное решение вопроса переоснащения резервуарного парка и АЗС. На первый план выходит задача уменьшения потерь нефтепродуктов при испарениях за счет улавливания паров нефтепродуктов (рекуперации) и возвращения их обратно в резервуар.

Снижение потерь от утечки паров нефтепродуктов в основном достигается следующими методами: установка газоравнительных линий, дисков отражателей, организация хранения под инертным газом или под повышенным давлением, применение тепло- и лучеотражательных покрытий, плавающих понтонов. Все эти методы обладают малой эффективностью (10–60%) и достаточно высокой стоимостью. Эффективность понтонов несколько выше, однако, стоимость резервуара более высока. Существует метод охлаждения резервуаров водой. Его эффективность не превышает 60%. Кроме того, он требует больших расходов воды и затрат энергии на создание ее циркуляции.

Эффективность мембранного метода может достигать 80%, однако он малопроизводителен и достаточно дорог. Адсорбционный метод улавливания паров высокоэффективен (90–96%), но требует частой регенерации адсорбента. На таком же почти уровне эффективности находятся абсорбционный (96–98%), криогенный (96%) и компрессионный методы рекуперации паров (до 98%).

Анализ способов и средств улавливания паров нефтепродуктов из резервуаров позволяет сделать вывод о том, что наиболее перспективными на сегодняшний день являются способы, в основе которых лежат принципы абсорбции. Особенно удачным на наш взгляд является комбинированный метод, в основе которого лежит принцип абсорбции паров в охлажденном нефтепродукте. При этом если в качестве абсорбционной жидкости применять сам хранимый продукт, то еще сохраняется и качество хранившихся бензинов за счет возвращения легких фракций обратно в резервуар.

Устройства по улавливанию паров нефтепродуктов

Простой барботаж смеси паров нефтепродуктов с воздухом через небольшой слой охлажденного абсорбента не дает практически значимых результатов. Дело в том, что при этом вначале происходит испарение охлажденного продукта при контакте его с теплыми парами и лишь затем идет процесс конденсации. При этом успевает сконденсироваться только незначительная часть паров нефтепродукта.

Следовательно, необходимо подольше задержать пары нефтепродукта в охлажденном абсорбенте, то есть снизить скорость прохождения паров продукта в абсорбенте и увеличить их путь через охлажденный абсорбент за счет устройства системы лабиринтов [6].

С учетом вышеизложенного нами предлагается устройство для улавливания паров нефтепродуктов, схема которого представлена на рис. 1.

Устройство работает следующим образом. Пары, поступающие из резервуара, проходят через змеевик предварительного охлаждения, частично конденсируются на нём и стекают обратно в резервуар. Более лёгкие фракции проходят через змеевик из дисковых колец в охлажденном нефтепродукте и конденсируются в нём. Охлаждение нефтепродукта достигается за счет термoelementов Пельтье. При достижении определенного верхнего уровня охлажденной жидкости в клапане автоматически открывается сливной кран, и часть излишней холодной жидкости сливается обратно в резервуар. Для этого в устройстве имеется двухпозиционный регулятор уровня.

При заливе и сливе нефтепродуктов в резервуар предлагается соединить паровое пространство резервуара и транспортного средства, чтобы исключить излишнюю нагрузку на клапан. Таким образом, пары нефтепродукта будут возвращаться в резервуар в виде конденсата, и качество продукта будет сохраняться. В оборудованных такими клапанами резервуарах предлагается хранить продукты с высокой испаряемостью, например бензины.

Таким образом, данное устройство позволяет обеспечить улавливание паров нефтепродуктов и повысить эффективность экологической защиты на современных автозаправочных комплексах и на нефтебазах.

Однако и у этого устройства есть недостаток. Дело в том, что придется периодически менять абсорбент по мере его перенасыщения легкими фракциями.

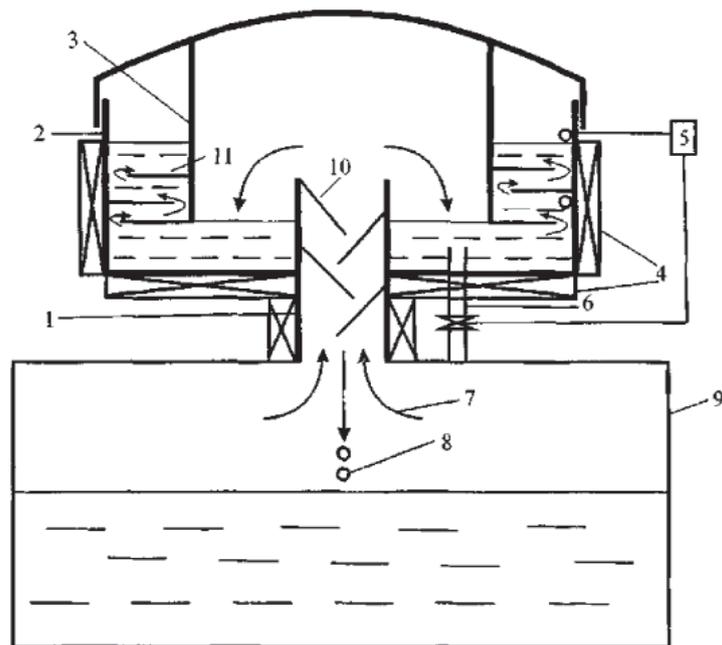


Рис. 1. Устройство I для улавливания паров нефтепродуктов:
 1 – патрубок; 2 – корпус; 3 – внутренний цилиндр; 4 – термоэлектрические элементы;
 5 – регулятор уровня; 6 – сливной патрубок с клапаном; 7 – пары нефтепродуктов; 8 – конденсат;
 9 – резервуар; 10 – змеевик предварительного охлаждения; 11 – змеевик из дисковых колец

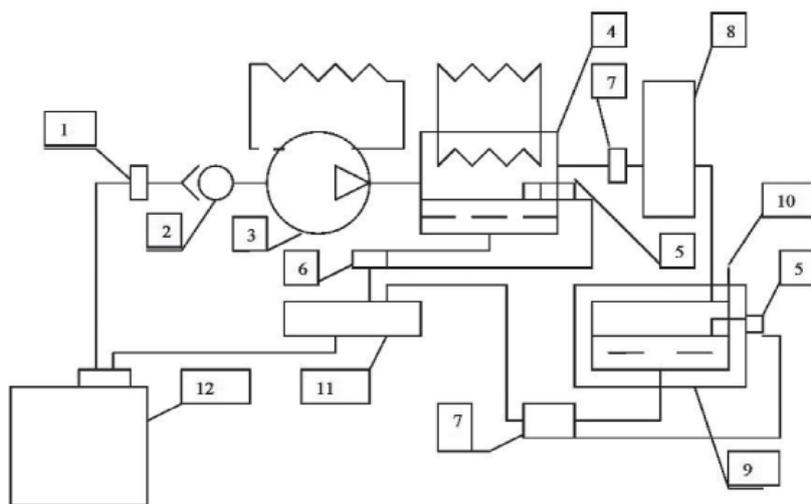


Рис. 2. Устройство II для улавливания паров нефтепродуктов при их хранении:
 1 – огневой предохранитель; 2 – обратный клапан; 3 – компрессор с водяным охлаждением;
 4 – ресивер с водяным охлаждением и двухпозиционным регулятором уровня (5);
 6 – дросселирующий клапан; 7 – клапан; 8 – детандер или дросселирующее устройство;
 9 – конденсатор в теплоизолирующем корпусе для сбора конденсата из легких фракций
 нефтепродукта с двухпозиционным регулятором уровня (5) и клапаном выпуска очищенного
 воздуха (10); 11 – емкости для сбора конденсата и слива его обратно в резервуар (12)

Поэтому нами разработан и предложен следующий способ и устройство для улавливания паров нефтепродуктов из резервуаров при хранении топлив, которые показаны на рис. 2.

Особенности данного устройства предварительно обсуждались в работе [3]. В данном устройстве реализован цикл Карно, который используется в холодиль-

ной машине. То есть сначала смесь паров нефтепродукта с воздухом сжимается, при этом часть внутренней энергии смеси переходит в тепловую энергию. Затем тепловая энергия от смеси отнимается охлаждением и, следовательно, внутренняя энергия смеси переходит на более низкий уровень. Затем происходит снижение давления через

дросселирующее устройство или посредством детандера. Таким образом, осуществляется возвращение смеси в исходное состояние по давлению, но на более низком уровне внутренней энергии, что приводит к понижению температуры и к конденсации нефтепродукта.

Данный способ возврата паров нефтепродуктов, по нашему мнению, лишен всех вышеперечисленных недостатков и гарантирует высокую эффективность очистки воздуха и сохранение качества горючего при его хранении.

Устройство работает следующим образом. Смесь паров нефтепродукта с воздухом, проходя через огневой предохранитель и обратный клапан, сжимается компрессором с водяным охлаждением, чтобы не допускать нагрева смеси при сжатии до температуры выше 300 градусов. Затем пары с воздухом поступают в ресивер, где происходит дополнительное охлаждение и конденсация паров нефтепродукта вследствие повышенного давления и температуры смеси, близкой к температуре окружающей среды. Известно, что пропан, например, сжижается при температуре двадцать градусов Цельсия и давлении не менее двух атмосфер. Снижение давления смеси за счет конденсации паров нефтепродукта компенсируется дополнительной подачей компрессора.

При достижении предельного уровня конденсата срабатывает двухпозиционный регулятор уровня, открывая дросселирующее устройство, и конденсат сливается в приемную емкость.

При достижении минимального уровня конденсата регулятор уровня перекрывает дросселирующее устройство, и ресивер опять начинает работу в режиме накопления. Воздух с несконденсированным нефтепродуктом через клапан-7 поступает в детандер или в дросселирующее устройство, совершая работу и переходя в состояние с меньшей внутренней энергией, что приведет к неизбежному понижению температуры смеси и к дополнительной конденсации паров легких фракций нефтепродукта в конденсаторе.

Конденсат будет сливаться в приемную емкость аналогично процессу в ресивере, только регулятор уровня в данном случае открывает простую автоматическую задвижку, так как в конденсаторе давление будет близко к атмосферному.

Очищенный воздух будет уходить через клапан, установленный в верхней части конденсатора. Конденсат из приемной емкости сольется обратно в резервуар, сохраняя при этом качество продукта, так как возвращаются легкие фракции нефтепродукта, которые в обычных условиях безвозвратно утрачиваются. Компрессор включается автоматически при достижении предельного допустимого давления в резервуаре.

Для гарантированного стопроцентного очищения воздуха от паров нефтепродуктов в к клапану (10) может быть добавлена коробка с активированным углем, через которую воздух будет проходить непосредственно в атмосферу. Так как паров нефтепродуктов проходящих через клапан (10), останется чрезвычайно мало, то ресурс активированного угля останется очень высоким.

Выводы

В настоящее время анализ и разработка методов улавливания паров нефтепродуктов и повышение эффективности экологической защиты на объектах нефтепродуктообеспечения является весьма актуальной и важной задачей.

Представляется, что предлагаемые устройства окажутся достаточно эффективными для улавливания паров нефтепродуктов при их хранении. Можно отметить, что преимуществом второго устройства является то, что в нем не придется периодически менять абсорбент по мере его перенасыщения легкими фракциями. При этом не меняется качество нефтепродуктов при длительном хранении, так как легкие фракции не теряются, а возвращаются обратно в резервуар. Использование предложенной технологии способствует улучшению экологической обстановки в районе объектов нефтепродуктообеспечения.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о перспективности предлагаемого технического решения и о возможности его практического использования для рекуперации паров нефтепродуктов в процессе их хранения.

Список литературы

1. Александров А.А., Архаров И.А., Емельянов В.Ю. Деньги на ветер. Обзор действующих систем улавливания паров нефтепродуктов. – URL: <http://pandia.ru/text/77/28/96776.php> (дата обращения: 10.02.2016).
2. Данилов В.Ф., Марцев Ю.П. и др. Анализ и обоснование перспективных методов улавливания паров нефтепродуктов из средств хранения. Отчет о НИР шифр «ВОЗВРАТ» Регистр. № 1604621. – Ульяновск: УВВТУ, 2007. – 74 с.
3. Данилов В.Ф., Савельев А.В., Кюннап Р.И. Технические аспекты сокращения потерь нефтепродуктов при хранении в резервуарном парке // Труды НИИ 25 МО РФ. – 2014. – № 56. – С. 396–400.
4. Коваленко В.Г., Сафонов А.С., Ушаков А.И., Шергалис В. Автозаправочные станции. – СПб.: НПИКЦ, 2003. – 272 с.
5. Литвиненко А.Н. Химмотология нефтепродуктов и технических жидкостей. Часть 2. Разработка технологий и установок топливподготовки и ликвидации аварийных проливов нефтепродуктов. Электронное учебное пособие. – Ульяновск: УлГПУ, УНЦ «Ноосферные знания и технологии» РАЕН, 2012. – 354 с. – URL: <http://www.knigafond.ru/books/> (дата обращения: 10.02.2016).
6. Марцев Ю.П., Данилов В.Ф., Кузнецов А.С., Шепталов В.К. Устройство для улавливания паров нефтепродуктов // Патент России № 65494. 2007. Бюл. № 13.
7. Сафонов А.С., Ушаков А.И. Гришин В.В. Химмотология горюче-смазочных материалов. – СПб.: НПИКЦ, 2007. – 488 с.

УДК 550.34

К МЕТОДИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИСХОДНЫХ СИГНАЛОВ С ЦЕЛЮ ПРОГНОЗА МАКСИМАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. ИРКУТСКА)

Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Ескин А.Ю.

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, e-mail: dzhurik@crust.irk.ru

Для региона, включающего г. Иркутск, проанализированы сейсмогеологические, сейсмотектонические и сейсмологические данные и обоснованы параметры вероятных сильных землетрясений, а также предложены методические подходы к формированию сигнала, соответствующего исходной сейсмичности района, при использовании записей местных относительно сильных сейсмических событий ($K > 12$) за последние годы из различных вероятных очаговых зон (ВОЗ). Они позволяют на данном этапе исследований использовать их как исходные для расчетов необходимых параметров сейсмических воздействий для различных грунтовых условий. Конечной целью количественного обоснования условий строительства в сейсмоопасных регионах является предсказание воздействия вероятного сильного землетрясения на грунтовые слои, служащие основаниями сооружений. В этом отношении на завершающем этапе наших исследований показана возможность районирования конкретных территорий по вероятным инженерно-сейсмологическим моделям, для которых обоснованы на принятом вероятностном уровне расчетные параметры сейсмических воздействий. Каждая модель представляется в форме акселерограмм, их спектров и частотных характеристик рыхлых слоев, с соответствующими периодами, длительностью колебаний и другими характеристиками, учитывающими параметры зон ВОЗ. Эти данные необходимы для проектирования сейсмостойких зданий и сооружений на территории города.

Ключевые слова: Иркутск, сейсмические воздействия, спектры, частотная характеристика, амплитуда, резонансные частоты, исходный сигнал

ON TECHNIQUE OF FORMATION OF INITIAL SIGNALS FOR PREDICTING MAXIMUM SEISMIC EFFECTS (BY THE EXAMPLE OF IRKUTSK CITY)

Dzhurik V.I., Serebrennikov S.P., Bryzhak E.V., Eskin A.Y.

Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, e-mail: dzhurik@crust.irk.ru

For the region comprising the Irkutsk city, an analysis of the seismogeological, seismotectonic and seismological data has been made, substantiation of potentially large earthquake parameters has been performed, and methodic approach has been proposed for the formation of a signal corresponding to the initial regional seismicity using the records of relatively large local seismic events ($K > 12$) occurred in different source zones over the past years. At the current stage of research, they can be used to calculate the required parameters of seismic effects for different ground conditions. The final objective of quantitative substantiation of building conditions in earthquake-prone regions is the prediction of a potentially large earthquake effect on ground layers underlying the foundations. In this context, our research at final stage has shown the possibility of applying the microzonation method to certain areas in accordance with probable engineering-seismological modeling for which the calculated parameters of seismic effects are substantiated at the accepted probability level. Each model is presented as accelerograms, their spectra and frequency characteristics of loose environment, with the corresponding periods, duration of motions and other characteristics taking into account the parameters of source zones. These data are required for seismic design of building structures in the Irkutsk city area.

Keywords: Irkutsk, seismic effects, spectra, frequency characteristic, amplitude, resonant frequencies, initial signal

Безопасность строительства в сейсмоактивных районах обеспечивается прогнозом сейсмических воздействий сильных землетрясений с определенной вероятностью. Эти сведения необходимы для проведения обоснованного планирования сейсмостойкого строительства и сводятся к получению сейсмических характеристик (акселерограмм, спектров и частотно-зависимых функций) и их параметров (максимальных ускорений колебаний почвы, преобладающих периодов сильных землетрясений, резонансных частот рыхлой толщи, затухания и другим показателям сейсмических воздействий) [3]. К настоящему времени получение таких данных проблематично для лю-

бых в сейсмическом отношении активных районов из-за недостаточной статистики записей сильных землетрясений на грунтах различного состава и состояния, и, как следствие, отсутствуют обоснованные методические подходы к решению таких задач.

На примере г. Иркутска прогноз сейсмических воздействий сильных землетрясений для его территории в рамках решения поставленных задач сводится к оценке движения грунта, в указанных выше параметрах, на прогнозируемую исходную сейсмичность, и в первую очередь это касается задания сейсмических сигналов для «эталонных» грунтовых моделей, отвечающих по своим параметрам обоснованной

исходной сейсмичности исследуемой территории. Последняя, для территории города, оценивается в 8, 9 и 9 баллов [4], при этом карта ОСР-97А (8 баллов) соответствует 500-летнему, карта ОСР-97В (9 баллов) – 1000-летнему, а карта ОСР-97С (9 баллов) – 5000-летнему периоду повторяемости таких сотрясений соответственно. Масштаб этих карт 1:8000000, что говорит о необходимости более детального изучения сейсмической ситуации таких районов.

Исследования выполнялись в пределах юго-западной части активизированной окраины Байкальской сейсмической зоны (БСЗ), включающей и северо-восточную часть Монголии, где высокий сейсмический потенциал территории обусловлен основными разрывными нарушениями (рис. 1). Отметим параметры только некоторых из них, которые оказывают наибольшее влияние на уровень исходной сейсмичности территории г. Иркутска. Главный Саянский разлом (взбросо-сдвиг) имеет общую протяженность до 900 км (кайнозой), 220 км которого имеют следы современного обновления, ширина зоны разлома достигает 10 км. В пределах активной части разлома выявлены палеосейсмогенные структуры с магнитудой (M) сейсмических событий до 8,0, он является основой Восточно-Саянской зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) с магнитудой $M = 8,0$ [1].

Вторым наиболее крупным в регионе разрывным нарушением является Примор-

ский разлом. При ширине в 10 км разлом протягивается вдоль западного побережья оз. Байкал на 400 км. Высокую сейсмическую активность разлома в недавнем прошлом подтверждают присутствующие здесь палеосейсмогенные структуры. Приморскому разлому соответствует одноименная зона ВОЗ с возможной магнитудой M до 7,5 [1]. Другие разломы и связанные с ними зоны ВОЗ (рис. 1) также играют существенную роль при обосновании исходной сейсмичности г. Иркутска [4]. Зарегистрированные относительно сильные землетрясения из этих зон ВОЗ использовались нами для статистического обоснования при формировании исходного «эталонного» сигнала.

Средняя повторяемость землетрясений различной балльности в Иркутске за последние три столетия оценивалась следующим образом [1]. Семибалльные сотрясения происходили реже, чем через полвека, семибалльные и восьмибалльные совместно – напротив, несколько чаще, чем через полвека; средний интервал времени для землетрясений с 6-го балла и выше составил – 15 лет, с 5-го балла и выше – 6,5 лет, с 4-го балла и выше – 2 года.

Использованный нами материал для обоснования полученных результатов основывается на 12 сильных землетрясениях [1], макросейсмические эффекты от которых в пределах города оценивались в 6–7 баллов и данные записей (акселерограмм) ускорений

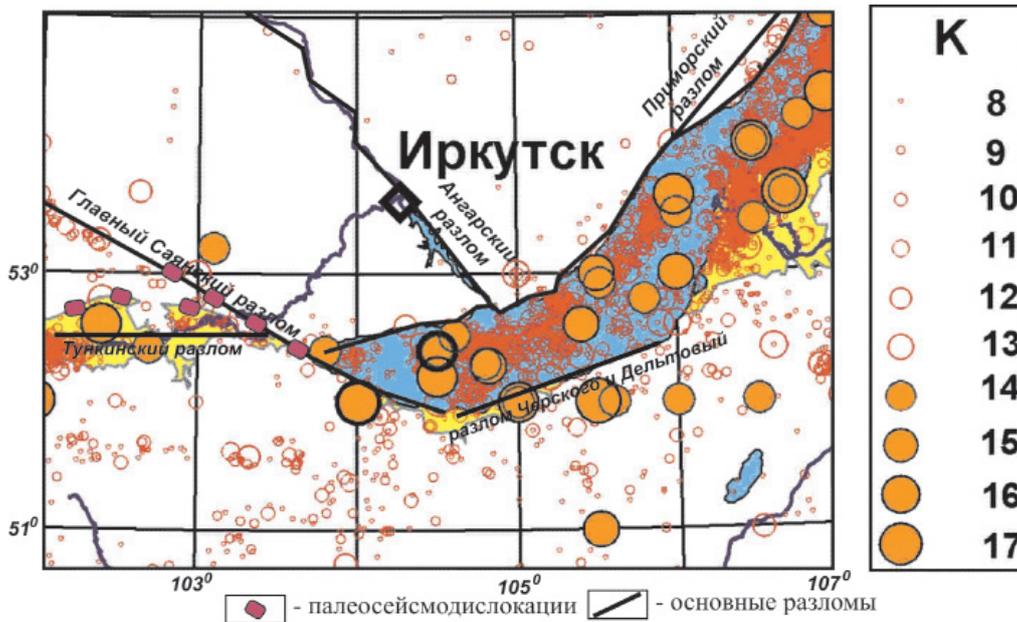


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений, схема разломов и палеосейсмодислокаций юго-западной части активизированной окраины БСЗ (K – энергетический класс землетрясений)

относительно сильных землетрясений больше 12-го энергетического класса, вынесенные на карту (рис. 1). Методы исследований включали регистрацию землетрясений, регистрацию микросейсм, мало- и среднеглубинную сейсмо- и электроразведку. Данные этих методов использовались для обоснования сейсмических свойств различных по составу и состоянию грунтов и построения сейсмогрунтовых моделей. Завершающим этапом исследований является восстановление воздействий обоснованного исходного сигнала для сформированных сейсмогрунтовых моделей изучаемой территории [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Формирование исходного сейсмического сигнала выполнено при использовании записей акселерограмм землетрясений начиная с 1999 года, ощутимых на территории г. Иркутска с интенсивностью сотрясений 2–6 баллов по шкале MSK-64 и $M \geq 4$ в очаге. Очаги землетрясений располагались на глубине от 10 до 20 км [1]. Акселерограммы регистрировались сейсмостанцией «Иркутск» цифровыми каналами, имеющими столбобразные ча-

стотные характеристики на уровне 0,7 от максимального значения усиления (U_{\max}) в диапазоне частот 0,05–10 Гц. Их спектры рассчитывались для трех компонент на участке записи длительностью 20 с, от вступления S-волн, методом быстрого преобразования Фурье (БПФ). Затем спектры ускорений приводились к грунтам первой категории путем деления на частотную характеристику верхней зоны разреза [2].

Поскольку землетрясения, относящиеся к одной зоне ВОЗ, имели разные эпицентральные расстояния и магнитуды, нами были получены частотно зависимые функции, учитывающие изменения спектров с эпицентральным расстоянием и магнитудой для рассматриваемого региона.

Наиболее простым способом определения функции затухания является представление ее в виде зависимости $r^{-n_{\text{эф}}(f)}$, где r – эпицентральное расстояние, а показатель степени $n_{\text{эф}}(f)$ зависит от частоты. Отметим, что формы этих зависимостей были получены ранее [2]. Для приведения спектра к нужной магнитуде M определена скорость изменения уровня спектра с магнитудой $\beta_M(f) = \Delta \lg S(f) / \Delta M(S(f))$ – значение спектра на i -частоте).

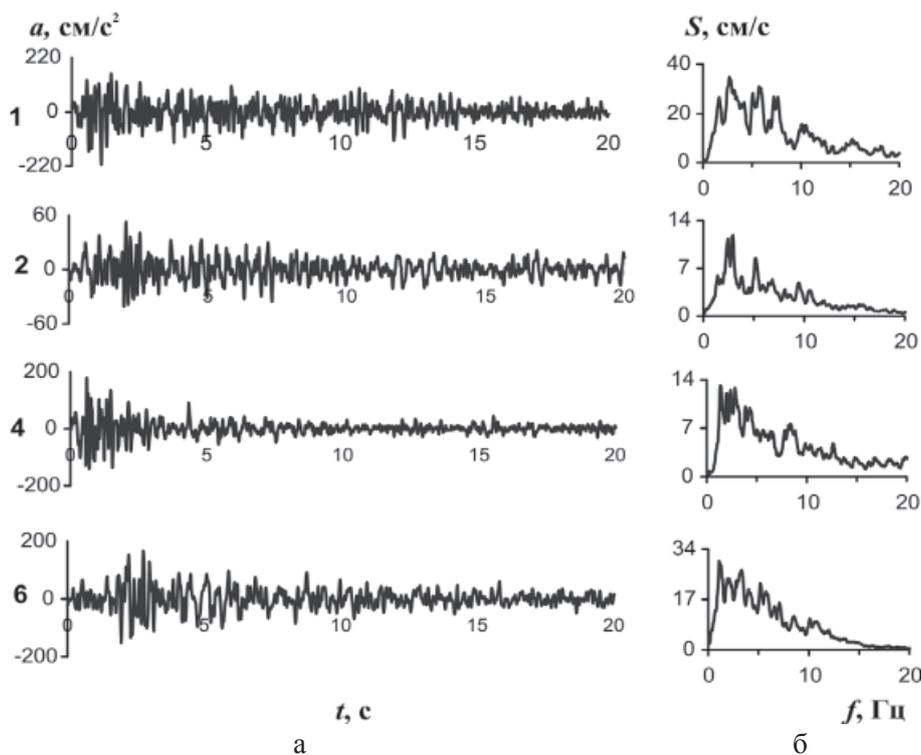


Рис. 2. Прогнозные акселерограммы (А) и соответствующие им амплитудные спектры (Б) для рассматриваемых зон ВОЗ:

1 – Восточно-Саянская (Главный Саянский разлом); 2 – Тункинская (Тункинский разлом); 4 – Приморская (Приморский разлом); 6 – Южно-Байкальская (разлом Черского и Дельтовий)

После приведения спектров акселерограмм к эпицентральному расстоянию и магнитуде, характерным для каждой зоны ВОЗ, находились средние спектры ускорений. Эти средние спектры и принимались нами за основу при получении искомых акселерограмм, характеризующих данную зону ВОЗ (рис. 2). Нахождение акселерограмм сводилось к обратному преобразованию Фурье [5] средних амплитудных спектров и фазовой характеристики записи наиболее сильного землетрясения из выбранных зон ВОЗ.

В конечном итоге были сформированы акселерограммы для каждой зоны ВОЗ, землетрясения из которых могут быть опасными для сооружений, расположенных на территории г. Иркутска. Они могут быть использованы, как исходные, для дальнейших расчетов сейсмических воздействий при проведении районирования сейсмической опасности.

Для территории г. Иркутска необходимо создание одного исходного сигнала, но с тем условием, чтобы он учитывал особенности спектрального состава колебаний из каждой выбранной зоны ВОЗ. Для этого спектры колебаний были нормированы, затем они усреднялись, рассчитывалась фазовая характеристика одной из записей землетрясений и обратным преобразованием Фурье проводился расчет нормированной акселерограммы (рис. 3, а). Амплитудный спектр (рис. 3, б) этого сигнала, в свою очередь, отражает все частотные особенности акселерограмм, которые спрогнозированы для отдельных зон ВОЗ (рис. 1). Его уровень, превышающий значение 0,7 от максимального (0,7S_{max}), лежит в интервале частот 0,97–5,22 Гц. Основной максимум приходится на частоту 2,88 Гц, спектральная плотность достигает значения 0,165 см/с.

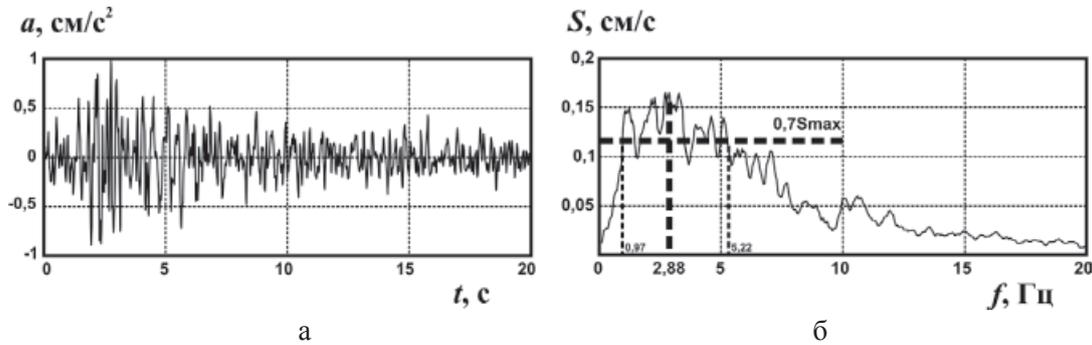


Рис. 3. Исходная нормированная акселерограмма (а) и ее амплитудный спектр (б)

Параметры сейсмических моделей для обобщенных типовых разрезов г. Иркутска

Номер модели	h (м)	V _p (м/с)	V _s (м/с)	ρ (т/м ³)	σ	Модели для водонасыщенного состояния грунтов				
						h (м)	V _p (м/с)	V _s (м/с)	ρ (т/м ³)	σ
М-1	10	600	300	1,9	0,312	10	1600	400	1,9	0,085
	10	2200	1200	2,5	0,056	10	2200	1200	2,5	0,056
	10	2600	1450	2,6	0,045	10	2600	1450	2,6	0,045
	∞	3000	1760	2,7	0,037	∞	3000	1760	2,7	0,037
М-2	20	600	300	2,0	0,312	20	1600	400	1,9	0,085
	10	2200	1200	2,5	0,056	10	2200	1200	2,5	0,056
	10	2600	1450	2,6	0,045	10	2600	1450	2,6	0,045
	∞	3000	1760	2,7	0,037	∞	3000	1760	2,7	0,037
М-3	40	600	300	2,0	0,312	40	1600	400	1,9	0,085
	10	2200	1200	2,5	0,056	10	2200	1200	2,5	0,056
	10	2600	1450	2,6	0,045	10	2600	1450	2,6	0,045
	∞	3000	1760	2,7	0,037	∞	3000	1760	2,7	0,037
М-4	80	600	300	2,0	0,312	80	1600	400	1,9	0,085
	10	2200	1200	2,5	0,056	10	2200	1200	2,5	0,056
	10	2600	1450	2,6	0,045	10	2600	1450	2,6	0,045
	∞	3000	1760	2,7	0,037	∞	3000	1760	2,7	0,037

Примечание. h – мощность слоя; V_p – скорости продольных волн; V_s – скорости поперечных волн; ρ – плотность; σ – декремент затухания.

Для того, чтобы использовать исходный сейсмический сигнал в дальнейших теоретических расчетах для различных грунтовых условий, необходимо привести его к эталонному грунту и построить расчетные модели. В таблице представлены параметры таких моделей, которые подстилаются коренными «эталонными» грунтами. Отметим, что составленные модели опираются на инженерно-геологические и геофизические данные, полученные нами на территории города Иркутска геофизическими методами.

Для реализации теоретических расчетов был выбран набор известных методов и программ [3; 5]. Расчеты проведены для максимальной принятой исходной сейсмичности района, равной 9 баллам (ОСР-97С, соответствует 5000-летнему периоду повторяемости) [4]. Для этого исходный сигнал масштабировался на 8-балльные воздействия для «эталонных» коренных пород. Использовались и экспериментальные частотные характеристики [6]. Построенные модели соот-

ветствуют различной мощности неводонасыщенных и водонасыщенных рыхлых грунтов, которая увеличивается с 10 до 80 м. Подстилаются они породами с «эталонными» значениями скоростей.

Результаты расчетов представляются в графической форме для неводонасыщенного состояния рыхлых грунтов (рис. 4) и водонасыщенного их состояния (рис. 5). Краткая оценка расчетных данных, по основным параметрам сейсмических воздействий для принятой исходной сейсмичности в 9 баллов характеризуется следующим образом.

Резонансная частота для моделей, представляющих неводонасыщенные грунты (таблица, рис. 4), закономерно снижается с увеличением мощности рыхлой толщи с 7,71 до 0,83 Гц. Для водонасыщенных грунтов (таблица, рис. 5) уменьшение резонансной частоты не столь значительно (с 9,96 до 1,12 Гц), что связано с большей скоростью сейсмических волн по сравнению с неводонасыщенными. Максимальные ускорения для неводонасыщенного

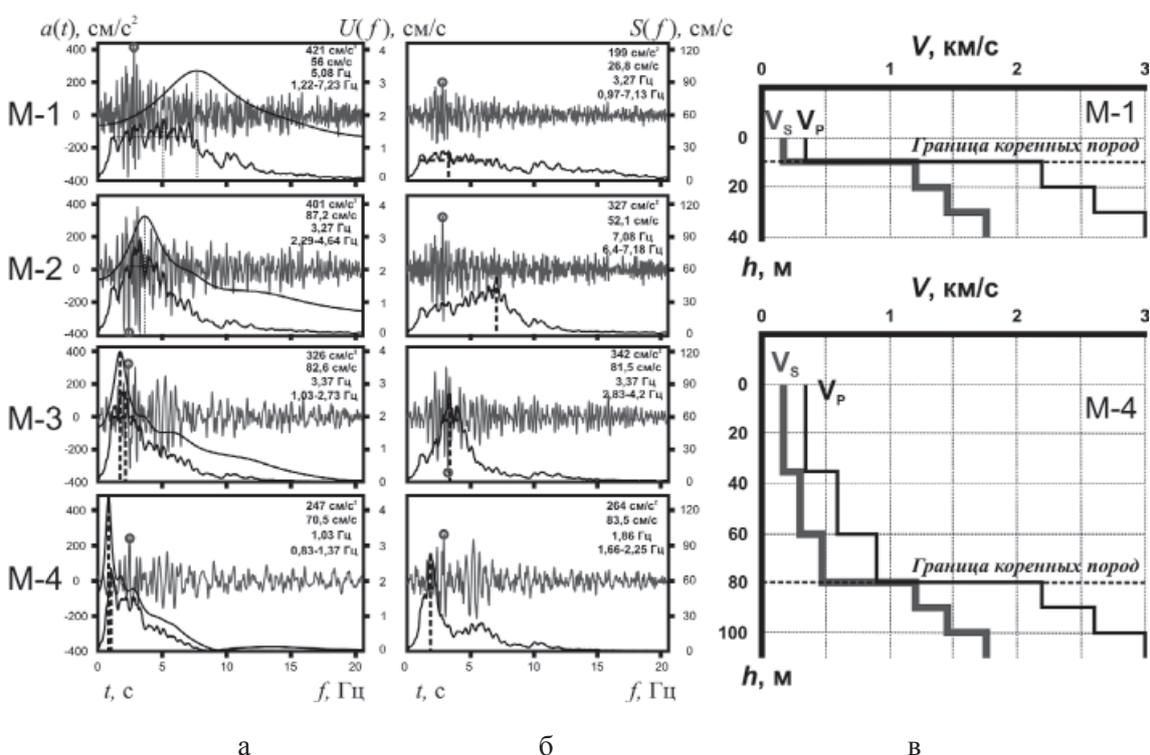


Рис. 4. Результаты теоретических расчетов для неводонасыщенного состояния грунтов. Акселерограммы – $a(t)$, спектры – $S(f)$ и частотные характеристики – $U(f)$: а – для горизонтальной; б – для вертикальной компоненты. На графиках сверху вниз обозначены максимальное ускорение, максимальное значение спектра, частота основного максимума спектра, диапазон частот на уровне $0,7S_{max}$, резонансная частота рыхлой толщи; в – параметры моделей M-1 и M-4.

состояния грунтов (таблица, рис. 4) снижаются с 421 до 247 см/с², а для водонасыщенного (таблица, рис. 5) в начале увеличиваются с 791 до 850 см/с² за счет резонансных явления, а затем уменьшаются до 567 см/с², в этом случае в связи с большой мощностью рыхлой грунтовой толщи на первый план выходит поглощение. Максимальное ускорение для модели М-1 (неводонасыщенные грунты, табл. 2, рис. 4) соответствует 9-балльному сейсмическому воздействию, а соответственно, и 9-балльной исходной сейсмичности. Модели М-2, М-3, М-4 характеризуют сейсмические воздействия в этой зоне в зависимости от мощности неводонасыщенных грунтовых слоев.

Максимальное ускорение для модели М-1 (водонасыщенное состояние, таблица, рис. 5) характеризует 10-балльное сейсмическое воздействие, что соответствует 9-балльной исходной сейсмичности. Таким образом, модели М-2, М-3 и М-4 позволяют в первом приближении оценить сейсмические воздействия в 9-балльной зоне для водонасыщенных грунтов и их изменения в связи с вари-

ациями мощности грунтовой толщи. Все параметры сейсмических воздействий отражены на рис. 4 и 5 (обозначения на рис. 4). Они могут использоваться, при планировании строительства различных объектов, для районирования территории города по сейсмогрунтовым моделям и соответствующих им расчетным величинам сейсмических воздействий.

Заключение

Рассмотрена сейсмическая опасность г. Иркутска из различных зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ). Получены средние амплитудные спектры ускорений для каждой зоны. Проведена коррекция спектров по эпицентральному расстоянию и возможной магнитуде. В результате обосновано в первом приближении задание единого исходного сейсмического сигнала для территории города с учетом вероятных сильных землетрясений из выделенных зон ВОЗ. Проведено математическое моделирование сейсмических воздействий на контрастные грунтовые основания по их составу и состоянию, с последующим их сравнением с имеющимися и полученными

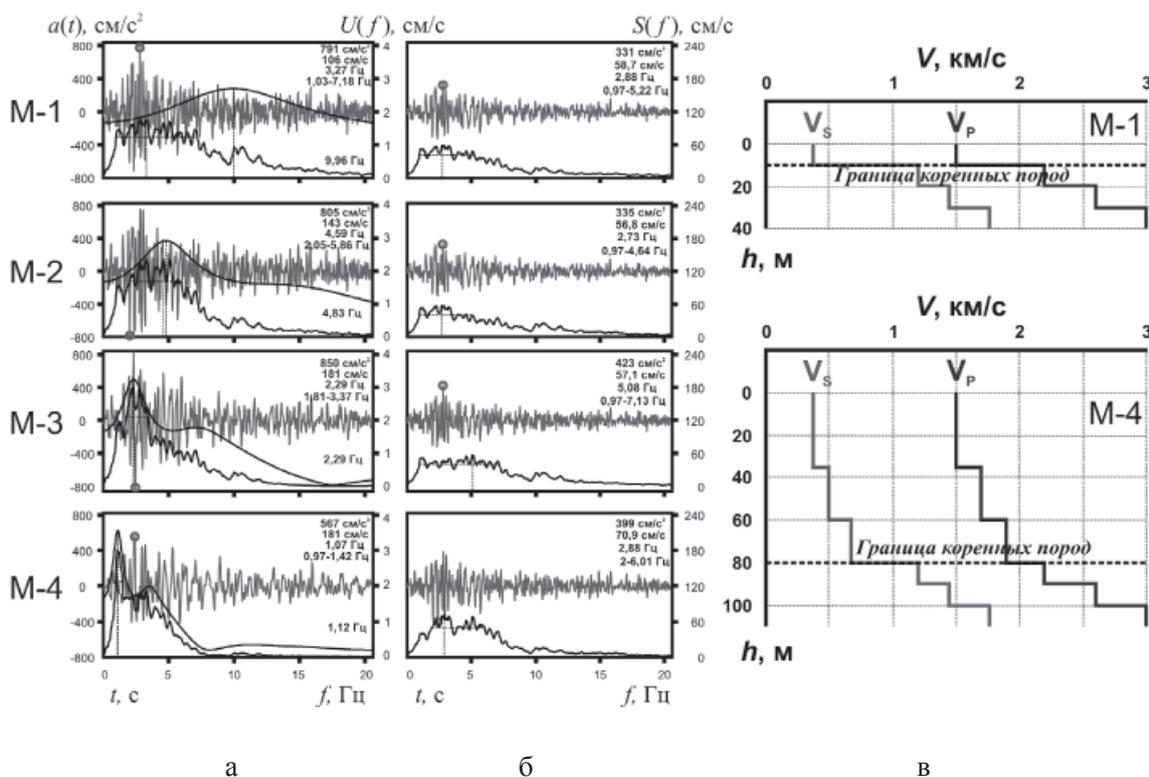


Рис. 5. Теоретические расчеты для водонасыщенного состояния грунтов. Обозначения те же, что и на рис. 4

в природных условиях данными регистрации землетрясений и макросейсмикой. Для реализации предложенной методики прогноза сейсмических воздействий на случай сильных землетрясений построены физико-геологические модели, характеризующие наиболее вероятные типы приповерхностных и глубинных (до возможного залегания коренных «эталонных» пород) неоднородностей территории города и показана количественная оценка их влияния на обоснованный исходный сигнал, так же в параметрах основных сейсмических воздействий.

Несмотря на полученные нами конкретные данные по прогнозу сейсмических воздействий сильных землетрясений на грунтовые основания зданий и сооружений исследуемой территории, они могут служить начальным этапом создания инженерно-сейсмологической службы для мониторинга их поведения, как при слабых, так и при сильных землетрясениях. Это приведет к уточнению вероятностного прогноза сейсмических воздействий для исследуемой террито-

рии на основе задания исходного сигнала, построения набора сейсмических моделей и расчета параметров сейсмических воздействий для типичных грунтовых условий.

Список литературы

1. Голенецкий С.И. Землетрясения в Иркутске. – Иркутск: Изд-во «Имя», 1997 – 97с.
2. Джурик В.И., Дреннов А.Ф., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Ескин А.Ю. Изучение динамических характеристик землетрясений Байкальской рифтовой зоны с целью формирования исходных сейсмических сигналов // Вулканология и сейсмология. – 2015. – № 5. – С. 1–11.
3. Дреннов А.Ф., Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Дреннова Н.Н. Основные параметры спектров ускорений при землетрясениях с $M > 5$ для Байкальской Рифтовой Зоны // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56, № 5. – С. 984–994.
4. Комплект карт ОСР-97 / гл. ред. В.Н. Страхов, В.И. Уломов. – М.: Министерство науки и технологий РФ, ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта, 1999. – 57 с.
5. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
6. Dzhurik V.I., Tubanov Ts.A., Serebrennikov S.P., Drennov A.F., Bryzhak E.V., Eskin A.Y. An overview of the technique for seismicity microzonation mapping of the Ulan-Ude city territory / Geodynamics & Tectonophysics. – 2015. – Vol. 6, Issue 3 – P. 365–386.

УДК 581.524.323

**СТЕПНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ВЫРОВНЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ
ОСТРОВА ОЛЬХОН (ОЗЕРО БАЙКАЛ)****Касьянова Л.Н., Азовский М.Г.***ФГБУ «Сибирский институт физиологии и биохимии растений» СО РАН, Иркутск,
e-mail: kasyanova_lyubov@inbox.ru;**ФГБУ «Институт геохимии им. А.П. Виноградова» СО РАН, Иркутск, e-mail: azovsky@igc.irk.ru*

Приведены результаты исследования степной растительности, являющейся экстразональным образованием на острове Ольхон. На примере одного из участков степной растительности острова рассмотрены особенности состава и структуры степного комплекса фитоценозов, формирующегося на поверхности холмистого рельефа. Впервые получены данные о богатстве ценофлоры разных типов фитоценозов, выявлены доминирующие виды и их группы по обилию и частоте встречаемости, определен общий состав ассоциаций, проанализирована зависимость числа видов растений в каждой фитоценотической единице от среды экотопа, показано распределение фитоценозов по территории, обусловленное формой рельефа, почвенной разновидностью и субстратом. Установлено, что на формирование степной ценофлоры в целом большое влияние оказывают аридный климат острова и рельеф. Выполнена важнейшая инвентаризационная задача в исследовании разнородных комплексов фитоценозов степной экосистемы острова. Полученные данные в связи с усилением рекреационной нагрузки и расширением хозяйственной деятельности населения на острове могут служить критерием в оценке динамики растительного покрова степей.

Ключевые слова: степи острова Ольхон, фитоценозы, ценофлора, мезокомбинации, пространственная структура растительности

**THE STEPPE VEGETATION OF ALIGNED SPACES ON THE OLKHON ISLAND
(LAKE BAIKAL)****Kasyanova L.N., Azovsky M.G.***Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of RAS,
Irkutsk, e-mail: kasyanova_lyubov@inbox.ru;**Vinogradov Institute of Geochemistry Siberian Branch of RAS, Irkutsk, e-mail: azovsky@igc.irk.ru*

The article presents the results of study extrazonal steppes on island Olkhon. Consider the features of the composition and structure of steppe phytocenoses formed on undulating relief. The data on the richness of flora and the overall composition of associations obtained. The dependence of the number of plant species in the phytocenoses of from the external environment habitat established. On the presented schematic map illustrates the arrangement phytocenoses of the territory of the research, depending on the relief, soil types and substrate. Performed inventory phytocenoses of aligned of spaces steppe ecosystem of the island. It was found that formation of composition of steppes phytocenoses on the island is in consequence to arid climate and the relief. In connection with increasing the recreational of load and extending of economic activities of the population the results obtained can serve as a criterion in assessing the dynamics of vegetation steppes of the island.

Keywords: steppes island of Olkhon, phytocenoses, coenofloras, mesocombinations, spatial structure of vegetation

Степи на западном побережье Байкала, включая остров Ольхон, представляют собой экстразональные включения в лесной зоне [6]. Их формирование на территории Байкальской Сибири исторически связано с преобразованием рельефа, происходившим в эпоху неоген-плейстоцена и изменением климата в сторону похолодания и, как следствие, воздействия этих природных процессов на растительность – распад и реконструкция растительного покрова древних зональных ксерофитных степей на отдельные «острова». В последующие этапы четвертичного периода своеобразные природные условия горного рельефа Прибайкалья и сухой климат отдельных его территорий способствовали сохранению

«островов» степной растительности до настоящего времени.

Степная растительность Байкальской Сибири, несмотря на непроходящий интерес ботаников к ее изучению, на отдельных участках этой обширной территории остается мало исследованной. К числу таких объектов относится остров Ольхон, степной комплекс растительных сообществ которого слабо изучен. Об этом свидетельствуют немногочисленные публикации, содержащие отрывочную информацию о растительности острова. Такие характеристики растительных сообществ, как флористическое и синтаксономическое разнообразие, структура и экология, до сих пор неизвестны науке. Исключением из этого являются

песчаные степи дюнных песков острова Ольхон, комплекс растительных сообществ которых нами подробно изучен в последнее десятилетие [4]. В настоящей работе приводятся сведения о составе, структуре, экологической приуроченности и пространственном размещении степных растительных сообществ выровненных пространств острова Ольхон. Материалом для данной работы послужили многолетние исследования (2004–2013 гг.) степной растительности в центральной части острова Ольхон на площади 110 кв. км.

Материалы и методы исследования

Ольхон является самым крупным островом Байкала. Его площадь равняется 730 кв. км, длина – 74 км, максимальная ширина – 15 км. Остров Ольхон как единое природно-территориальное образование складывается двумя комплексами растительности лесного и степного типа. В пространстве острова они размещаются на местообитаниях, существенно различающихся по своим природным условиям: высотой над ур. моря, рельефом и климатом. Степная растительность располагается в северо-западной, центральной и юго-западной частях острова, вдоль побережья пролива Малое Море на низких гипсометрических

отметках рельефа (460–675 м над ур. моря). Лесная растительность локализуется в восточной, самой высокой части острова (600–1274 м над ур. моря), обращенной к Байкалу (рис. 1).

Изучение степной растительности проводилось детально-маршрутным методом на площадках размером 100 кв. м. При заложении и описании модельных площадок использовались общепринятые геоботанические методы. Участие видов в сообществах оценивалось по шкале обилия-встречаемости Браун – Бланке: г-единично, + менее 1%, 1 – 1–5%, 2а – 6–12%, 2б – 13–25%, 3 – 26–50%, 4 – 51–75%, 5 – 76–100%. Всего в ходе исследования сделано более 300 геоботанических описаний.

Выделение единиц растительности выполнено в соответствии с подходами эколого-фитоценотической школы: с учетом флористических различий сообществ и экологических условий местообитаний. Наименование ассоциаций определено преимущественно по названию одного доминирующего вида и лишь в трех случаях – по группе диагностирующих видов, характеризующихся высокой встречаемостью (от 60 до 100%) и значительным обилием на площади.

Обработка описаний растительности и списков видов сосудистых растений осуществлялась с помощью пакета программ IBIS [3]. В работе над созданием крупномасштабной карты растительного покрова степей использовались приемы дальневосточных геоботаников [2].

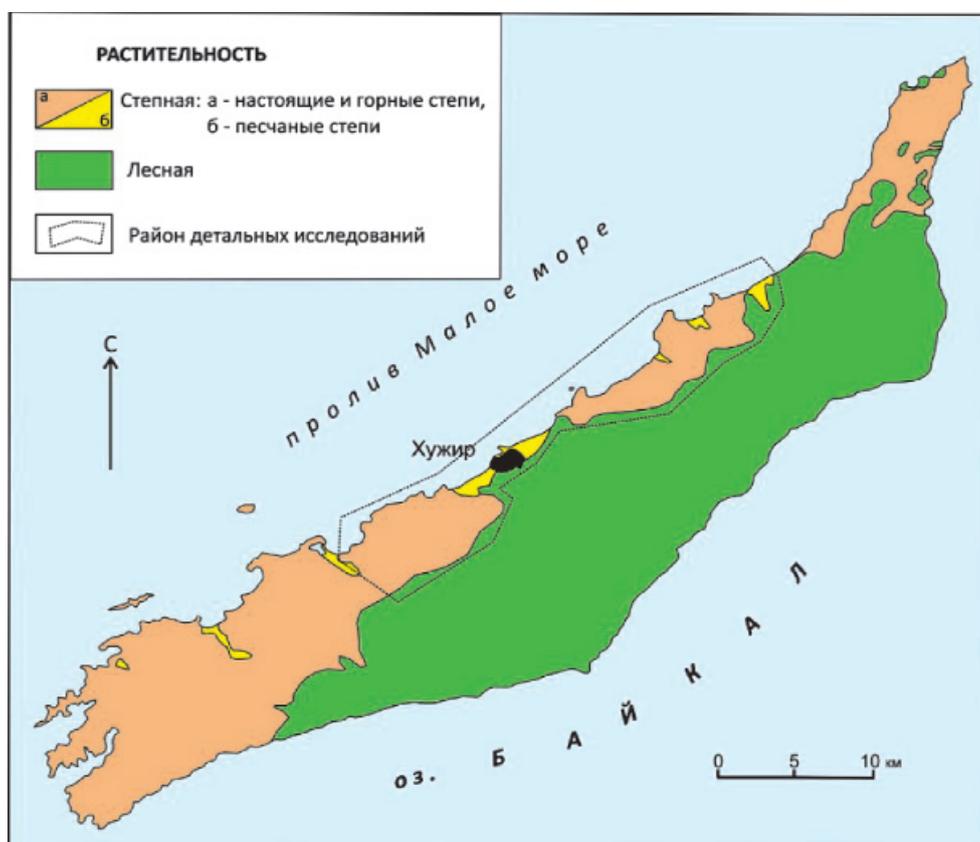


Рис. 1. Схема расположения основных типов растительности на острове Ольхон и района исследования

Результаты исследования и их обсуждение

Степь на острове представляет собой растительность, состоящую из фитоценозов разного типа, состав и структура которых предопределяются экологической неоднородностью элементов рельефа. Вследствие данной неоднородности вся степная территория острова на уровне геоморфологических структур подразделяется на четыре крупные разности, отчетливо выраженные на местности. Прежде всего, это участок выровненных пространств, расположенный в центральной части острова, в котором плавно сочетаются холмы, ложбины и котловины. В настоящей работе растительность этой территории является объектом детального рассмотрения. Два других степных участка, расположенных на севере и юге острова, по внешнему облику представляют контраст по отношению к вышеописанной геоморфологической разности. Для их поверхности характерны невысокие гряды, состоящие из горных пород разного состава и генезиса, перемежающиеся суходольными понижениями. Четвертый участок – это современные дюнные пески, развивающиеся отдельными массивами вдоль побережья Малого моря.

Территория выровненных пространств на острове Ольхон по внешнему виду представляет собой холмистый рельеф [7, 9, 10], в котором равномерно перемежаются возвышенности (холмы) с относительными высотами до 200 м и понижения (котловины). Холмы имеют разную форму и сглаженные вершины. Располагаются они изолированно или образуют гряды. Их пологие склоны со слабо выраженными подошвенными линиями плавно переходят в котловины. В некоторых местах холмы опоясаны лентами гряд горных пород, состоящих из мраморов, гнейсов и амфиболитов.

Холмистый рельеф, несмотря на однообразие его поверхности, является сложным природным образованием. Разная высота холмов, неодинаковая экспозиция склонов и их крутизна, различные очертания котловин, невысокие гряды горных пород – все эти элементы рельефа изначально обуславливают пространственную неоднородность мезо- и микроклиматических условий экотопов и гидротермического режима почв. Существенная экотопическая разница возникает вследствие неравномерного нагревания склонов и горизонтальных поверхностей, особенно сток или застоя холодного воздуха,

различных условий аккумуляции и расхода влаги в почве [1].

Климат Ольхона в целом характеризуется как недостаточно влажный, умеренно теплый, с умеренно суровой и малоснежной зимой. Радиационный индекс сухости, отображающий соотношение тепла и влаги любой природной территории, на острове равняется 2. Данная величина индекса сухости указывает на то, что климатические условия на острове совпадают с засушливыми условиями зональных степей. По данным станции Хужир, в степной части острова выпадает до 200 мм осадков за год. Основное их количество (64–72%), в виде дождя, приходится на летние месяцы. Доля твердых осадков в виде снега – незначительна. Зимой из-за постоянных ветров снег постоянно перевеивается. По этой причине сплошной снежный покров не образуется. Обычно большое скопление снега наблюдается в низинах и в пограничной полосе степь – лес [8]. В сухостепном климате Ольхона преимущественно развиваются почвы каштановые, черноземовидные, степные бескарбонатные (или каштановидные), дерновые лесные и солончатые [5].

Состав фитоценозов, видовая структура, экология. В ценофлоре степной растительности рассматриваемой территории обнаружено 177 видов сосудистых растений из 103 родов и 37 семейств. Из этого числа 81% приходится на двудольные растения и лишь 19% – на однодольные. В составе пяти ведущих семейств сосредоточено 54% видов ценофлоры. Список лидирующих семейств возглавляют: Asteraceae 18%, Poaceae 11%, Fabaceae 10%, Rosaceae 9%, Caryophyllaceae 6%.

В биоморфном составе степных фитоценозов преобладают многолетние поликарпические травы, дерновинные, корневищные, стержнекорневые, кисте-корневые, луковичные формы и растения-куртинки. Монокарпические травы, состоящие из однолетних и двулетних форм, по сравнению с предыдущими группами, выражены меньше. Древесные и полудревесные формы: кустарники, полукустарники, кустарнички и полукустарнички представлены менее всех.

В результате эколого-фитоценологического анализа геоботанических данных установлено 19 ассоциаций, 18 формаций, 3 подтипа (классы формаций) и 1 тип растительности. Ниже приводится иерархическая схема степной растительности в сокращенном виде.

Тип. Степная растительность

Класс формаций настоящие степи включает фитоценозы на холмах, в котловинах и в ложбинах.

Ассоциации:

Ковыльная из *Stipa krylovii*,
колосняковая из *Leymus chinensis*,
кизильниковая из *Cotoneaster melanocarpus*,

крупно-разнотравная полидоминантная. Диагностирующая группа видов: *Poa botryoides*, *Artemisia pubescens*, *Astragalus inopinatus ssp. oreogenus*,

луковая из *Allium anisopodium* – *Allium ramosum*,

мятликовая из *Poa botryoides*,

осоковая из *Carex duriuscula*,

пырейниковая (а) из *Elymus transbaicalensis*,

пырейниковая (б) из *Elymus gmelinii*,

типчаковая (а) из *Festuca lenensis*,

тимьяновая из *Thymus baicalensis*,

тонконоговая из *Koeleria cristata*,

щучковая из *Deschampsia sukatschewii*,

ячменная из *Hordeum brevisubulatum*.

Класс формаций сазовые степи включает фитоценозы на солончах верхнеплищевых кор выветривания.

Ассоциация: Чиевая из *Achnatherum splendens*.

Класс формаций горные степи включает фитоценозы на грядах горных пород разного состава и щебнистых осыпях.

Ассоциации:

Плаунковая (селагинелловая) из *Selaginella sanguinolenta*,

Типчаковая (б) из *Festuca lenensis*,

Хамеродосово-типчаковая. Диагностирующая группа видов *Festuca lenensis* – *Chamaerhodos altaica*,

Низко-разнотравная полидоминантная. Диагностирующая группа видов *Chamaerhodos altaica* – *Eremogone meyeri*.

Особенностью видового состава и структуры степных фитоценозов является большое варьирование числа видов растений на модельной площади и в разных типах фитоценозов. Эта особенность обуславливается разнообразием экологических условий биогеоценозов (формой рельефа, экспозицией, увлажнением, эдафическими условиями, ветровым режимом), в которых формируются сообщества. Она также определяется обилием особей и встречаемостью вида на единице площади. Вследствие этого на изученной территории отмечаются биогеоценозы, способствующие формирова-

нию фитоценозов, как с большим таксономическим богатством, так и бедным. По этой причине на модельных площадках разных типов сообществ выявляется от 2 до 43 видов. При этом в списках видов 19 ассоциаций насчитывается от 7 до 119 таксонов. В табл. 1 приводятся подробные данные по видовой структуре степных фитоценозов на примере доминирующих сообществ.

Существенной характеристикой видового разнообразия сообществ является показатель распределения числа видов растений по грациям встречаемости. Анализ распределения числа видов по грациям встречаемости в изученных сообществах, содержащих разное число видов, выявил удивительную схожесть между ними. Оказалось, что в составе степных фитоценозов преобладают редко встречающиеся виды (1 класса), не имеющие существенного значения в их сложении, а также умеренно встречающиеся (2–3 классов) над видами высокой встречаемости (4–5 классов). Полученная закономерность свидетельствует о том, что видовое богатство в сообществах создается за счет редко встречающихся растений с низким обилием. При этом виды растений высокой встречаемости, имеющие значительное обилие, занимают главенствующее положение в моно- и полидоминантных сообществах.

В табл. 2 даются подробные сведения о встречаемости видов растений в 9 доминирующих степных сообществах, показанные на фоне общего состава ценофлоры степей.

Пространственная структура фитоценозов. Вертикальная структура степных сообществ формируется двумя-тремя ярусами, основными строителями которых являются многолетние травы, полукустарнички, полукустарники, редко кустарники. Ярусы, как правило, слагаются растениями различных жизненных форм одной высоты. При этом высота вертикального профиля травостоя колеблется от одного десятка сантиметров до 1 метра, а общее проективное покрытие от 50 до 90%.

Горизонтальная структура степных сообществ центральной части острова в основном имеет гомогенный тип, обусловленный условиями внешней среды биогеоценозов холмистого рельефа. В этом случае из всего комплекса экологических факторов основными являются: увлажнение, эдафические условия и экспозиция экотопа.

Таблица 1

Морфологическая структура доминирующих степных фитоценозов
выровненных территорий острова Ольхон

Тип	Степная растительность								
	Настоящие степи						Горные степи		
Подтип	Т	К	Тм	М	Кол	Кп	П	Хт	Нп
Ассоциации*									
Число описаний	34	26	10	50	24	52	22	10	24
Общее проективное покрытие, %	50–70	50–90	50–60	50–70	50–90	50–90	40–80	40–60	30–60
Общее число видов	98	70	45	98	67	119	53	38	82
Число видов, встреченных 1–2 раза	26	30	15	26	25	34	11	23	38

Окончание табл. 1

Диагностические виды ассоциаций	Встречаемость вида, класс / обилие								
<i>Festuca lenensis</i>	V/2b–3							V/2a–2b	
<i>Stipa krylovii</i>		V/2b–3							
<i>Thymus baicalensis</i>			V/2b						
<i>Poa botryoides</i>				V/2a–3		III/2a–2b			
<i>Leymus chinensis</i>					V/2a–3				
<i>Artemisia pubescens</i>						III/2a–2b			
<i>Astragalus inopinatus ssp. oreogenus</i>						III/1–2a			
<i>Selaginella sanguinolenta</i>							V/3–4		
<i>Chamaerhodos altaica</i>							V/2b–3	V/2b–3	
<i>Eremogone meyeri</i>									V/2a–2b

Пр и м е ч а н и я : *Ассоциации: Т – типчаковые (а); К – ковыльные; Тм – тимьяновые; М – мятликовые; Кол – колосняковые; Кп – крупно-разнотравные полидоминантные; П – плаунковые; Хт – хамеродосово-типчаковые; Нп – низко-разнотравные полидоминантные.

Таблица 2

Представленность видов сосудистых растений доминирующих фитоценозов
в ценофлоре степей выровненных пространств острова Ольхон

№ п/п	Виды растений	Степная растительность									
		Настоящие степи						Горные степи			
		Типы фитоценозов*/ Встречаемость, класс									
		Т	К	Тм	М	Кол	Кп	П	Хт	Нп	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	2										
1	2										
1	<i>Achnatherum sibiricum</i>	I	I		I		I			I	
2	<i>Achnatherum splendens</i> **										
3	<i>Aconogonon angustifolium</i>	II		II	II	I	I	I		III	
4	<i>Aconogonon ocreatum</i>	I					I	I	II	II	
5	<i>Aconogonon sericeum</i>							I			
6	<i>Agropyron cristatum</i>	III	IV	V	IV	III	III	I	I	III	
7	<i>Agropyron distichum</i>						I				
8	<i>Agrostis trinii</i>	I									
9	<i>Allium anisopodium</i>	I			I						
10	<i>Allium ramosum</i>	I	I		I						
11	<i>Allium senescens</i> **										
12	<i>Allium splendens</i>	I	II		I	III	II				
13	<i>Allium stellerianum</i>	I	I		I	II	I				

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	<i>Allium strictum</i>	I	I				I			
15	<i>Allium tenuissimum</i>	II	I	V	II	II	I			I
16	<i>Alyssum lenense</i>	I	I		I		I	II		I
17	<i>Amblynotus rupestris</i>				I		I	I		I
18	<i>Androsace incana</i>						II			I
19	<i>Androsace septentrionalis</i>	I	II	V	II	I	I	I		
20	<i>Artemisia commutata</i>	IV	II	IV	II	II	III	I	IV	I
21	<i>Artemisia dracunculus</i>	II	I		II	I	II			
22	<i>Artemisia frigida</i>	III	IV	IV	IV	III	III	I	III	IV
23	<i>Artemisia gmelinii</i>	I	I		II	IV	III			I
24	<i>Artemisia laciniata</i>						II			
25	<i>Artemisia mongolica</i>					I	I	I		
26	<i>Artemisia monostachya</i>	I					I	I		
27	<i>Artemisia palustris</i>	I								
28	<i>Artemisia pubescens</i>	III	II	IV	III	I	III	III	I	II
29	<i>Artemisia scoparia</i>				I					
30	<i>Artemisia sericea</i>		I	II			I			I
31	<i>Artemisia tanacetifolia</i>						I			
32	<i>Aster alpinus</i>	III	I	V	II	I	II	V	II	III
33	<i>Astragalus bifidus</i>				I		I			I
34	<i>Astragalus frigidus</i>				I					I
35	<i>Astragalus inopinatus ssp. oreogenus</i>	II			II	III	III	I	I	
36	<i>Astragalus suffruticosus</i>				I					
37	<i>Astragalus versicolor</i>				I		I	I		I
38	<i>Bistorta alopecuroides</i>									II
39	<i>Bromopsis inermis</i>					I				
40	<i>Bupleurum bicaule**</i>									
41	<i>Bupleurum scorzonerifolium</i>	V	III	IV	IV	V	III	V	III	IV
42	<i>Caragana pygmaea</i>	I			II		I			I
43	<i>Carex duriuscula</i>	I		IV	II	I	I		I	III
44	<i>Carex korshinskyi</i>		I	IV		I				I
45	<i>Carex pediformis</i>	I	I	II	I	I	I		I	II
46	<i>Carum carvi</i>						I			
47	<i>Chamaerhodos altaica</i>	III	I	V	I		I	V	V	V
48	<i>Chamaerhodos erecta</i>	I	III	IV	III	III	II			
49	<i>Chamaerhodos grandiflora</i>	I			I	I	I			
50	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>						I		I	I
51	<i>Clausia aprica</i>	I		IV	I					
52	<i>Convolvulus ammanii</i>	I	I		I	II	I			
53	<i>Convolvulus arvensis**</i>									
54	<i>Convolvulus chinensis**</i>									
55	<i>Cotoneaster melanocarpus</i>	I			I		II			I
56	<i>Cymbaria daurica</i>	IV	IV	V	IV	III	III	II	I	I
57	<i>Dasystephana decumbens</i>	II			I			II		I
58	<i>Delphinium grandiflorum</i>	II	I		II	II	II			
59	<i>Deschampsia sukatschewii**</i>									
60	<i>Dianthus versicolor</i>	I	I		II	I	I			
61	<i>Dontostemon integrifolius</i>	I					I			I
62	<i>Draba nemorosa</i>								I	I
63	<i>Dracocephalum olchonense</i>									I
64	<i>Echinops latifolius</i>	I	I		I		I			
65	<i>Elymus gmelinii**</i>									

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
66	<i>Elymus transbaicalensis</i>	I								
67	<i>Ephedra monosperma</i>							I		I
68	<i>Equisetum arvense</i>						I			
69	<i>Eremogone meyeri</i>	II		V	I		I	III	I	V
70	<i>Erigeron acris</i>				I					I
71	<i>Erysimum flavum</i>				I		I			I
72	<i>Erysimum hieracifolium</i> **									
73	<i>Euphorbia virgata</i> **									
74	<i>Festuca lenensis</i>	V	II		II	II	II	V	V	
75	<i>Festuca rubra ssp. baicalensis</i>	I					I			IV
76	<i>Festuca sibirica</i>	I		V				I	I	
77	<i>Filifolium sibiricum</i>	I	I		I		I	I		
78	<i>Galium verum</i>	III	I	IV	II		III	I		I
79	<i>Gentiana squarrosa</i>	I			I		I			II
80	<i>Geranium pratense</i>					II				
81	<i>Geranium sibiricum</i>					II	I			
82	<i>Goniolimon speciozum</i>	III	III	II	IV	I	II			
83	<i>Gypsophila patrinii</i>	I	I					I	I	I
84	<i>Hedysarum gmelinii</i>									I
85	<i>Helictotrichon hookeri</i>				I					
86	<i>Heteropappus altaicus</i>	I	II		II	III	I			I
87	<i>Heteropappus biennis</i>	II	I		I		I			
88	<i>Hordeum brevisubulatum</i>					I	II			
89	<i>Hypocoum erectum</i> **									
90	<i>Iris humilis</i>	III	I	V	II	I	II	II	I	III
91	<i>Iris potaninii</i>		I		II				I	I
92	<i>Kochia prostrata</i>	II	I		I	I				
93	<i>Koeleria cristata</i>	II	I	V	II	III	III			I
94	<i>Leontopodium fedtschenkoanum</i>	I	I	II	I	I	I	I		I
95	<i>Leontopodium leontopodioides</i>	IV	II	V	III	II	II	I		I
96	<i>Leymus chinensis</i>	I	I	IV	II	V	III	I		
97	<i>Leymus secalinus</i>				I	I	I	I		
98	<i>Lilium pumilum</i>	I			I		I	I		
99	<i>Limonium flexuosum</i>						I			
100	<i>Linaria buriatica</i>		I	IV	I	I	I			I
101	<i>Linum pallescens</i>	I			I		I			
102	<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	I			I	I	I			
103	<i>Lychnis sibirica</i>	I	I	II	II	I	II			I
104	<i>Nonea rossica</i>						I			
105	<i>Oberna behen</i>								I	
106	<i>Onobrychis arenaria</i>	I					I	I		
107	<i>Orostachys malacophylla</i>		II			I				
108	<i>Orostachys spinosa</i>	II	II		II	I	I		II	
109	<i>Oxytropis coerulea</i>									I
110	<i>Oxytropis lanata</i>	I								
111	<i>Oxytropis leucotricha</i>		I		I					
112	<i>Oxytropis muricata</i>						I			
113	<i>Oxytropis peschkovae</i>	II			I	I				
114	<i>Oxytropis popoviana</i>						I	I		I
115	<i>Oxytropis triphylla</i>							II		I
116	<i>Oxytropis turczaninovii</i>	V	IV	V	IV	IV	I	IV	I	IV
117	<i>Papaver ammophilum</i>	I								

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
118	<i>Papaver olchonense</i>						I			I
119	<i>Patrinia sibirica</i>								I	II
120	<i>Pedicularis rubens</i>	I					I	II	III	II
121	<i>Peucedanum vaginatum</i>					I				
122	<i>Phlojodicarpus sibiricus</i>						I	I	I	III
123	<i>Phlomis tuberosa</i>	II			II		I			
124	<i>Plantago depressa</i>				I	I	I			
125	<i>Poa botryoides</i>	III	II	II	V	III	I			I
126	<i>Polygala sibirica</i>		I	IV	I		I	I		
127	<i>Polygala tenuifolia</i>	I								
128	<i>Potentilla acaulis</i>	III	IV	IV	III		I			II
129	<i>Potentilla anserina</i>						I			
130	<i>Potentilla bifurca</i>	II	II	II	III	III	I			I
131	<i>Potentilla conferta</i>	II	I	IV	I		II	I		
132	<i>Potentilla flagellaris</i>					I				
133	<i>Potentilla longifolia</i>	I	II		II	IV	I	I		
134	<i>Potentilla multifida</i>								I	I
135	<i>Potentilla nudicaulis</i>						I	I		
136	<i>Potentilla supina ssp. paradoxa</i>						I	I		
137	<i>Potentilla tergemina</i>						I	I		
138	<i>Ptilotrichum tenuifolium</i>	II	II		III	II	I	I		I
139	<i>Pulsatilla patens</i>			II			I	I		I
140	<i>Pulsatilla tenuiloba</i>							I	II	I
141	<i>Pulsatilla turczaninovii</i>	II	II	II	II	I	I	III	I	III
142	<i>Rumex acetosella</i>						I			
143	<i>Sanguisorba officinalis</i>				I		III	I	I	II
144	<i>Saussurea salicifolia</i>	I	I		I	I	I			
145	<i>Saxifraga bronchialis</i>	III	II	V	II	II	I	IV	III	III
146	<i>Scabiosa comosa</i>	II	II		I		I	II	II	I
147	<i>Scabiosa ochroleuca</i>				I					
148	<i>Schizonepeta multifida</i>	IV	II	IV	IV	II	III	I		I
149	<i>Scorzonera austriaca</i>	I			I	II	I			
150	<i>Scutellaria scordiifolia</i>	I		II	I		I			
151	<i>Sedum aizoon</i>				I					I
152	<i>Sedum telephium</i>	I			I	I	I			
153	<i>Selaginella sanguinolenta</i>	II			I		I	V	III	V
154	<i>Serratula centauroides</i>	II	II		I		II		I	
155	<i>Serratula marginata</i>	I	I			I	I			
156	<i>Silene jeniseensis</i>	I	I		I		I	II		II
157	<i>Silene repens</i>			II		I	I			I
158	<i>Smelovskia alba</i>	II	II	V	II	I	II	I		III
159	<i>Spiraea flexuosa</i>									I
160	<i>Stellaria cherleriae</i>	I				I	I			
161	<i>Stellaria dichotoma</i>		I							I
162	<i>Stellaria graminea</i>	I								
163	<i>Stemmacantra uniflorum</i>						I			
164	<i>Stipa glareosa</i>					II				I
165	<i>Stipa krylovii</i>	III	V	IV	IV		II	I	II	II
166	<i>Taraxacum dissectum</i>						I			
167	<i>Taraxacum printzii</i>				I					
168	<i>Taraxacum sinicum**</i>									
169	<i>Tephrosieris integrifolia**</i>									

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
170	<i>Thalictrum appendiculatum</i>	I	I		I	I	II			
171	<i>Thalictrum foetidum ssp. acutilobum</i>	I	I		I		II	I	I	II
172	<i>Thermopsis lanceolata</i>	II	II	II	III	III	IV			I
173	<i>Thesium refractum</i>						I			
174	<i>Thymus baicalensis</i>	IV	III	V	IV	II	III	V	III	IV
175	<i>Thymus eravinensis</i>	I					I			
176	<i>Veronica incana</i>	III	III	V	III	III	II	I		I
177	<i>Youngia tenuifolia</i>	III	II		II		I	III	II	III
Итого видов по сообществам		98	70	45	98	67	119	53	38	82

Примечания: *Типы фитоценозов: Т – типчаковые (а); К – ковыльные; Тм – тимьяновые; М – мятликовые; Кол – колосняковые; Кп – крупно-разнотравные полидоминантные; П – плаунковые; Хт – хамеродосово-типчаковые; Нп – низко-разнотравные полидоминантные. **Виды растений мало распространённых степных сообществ; не включенных в таблицу.

В результате анализа фитоценотического состава растительности, форм и элементов рельефа, а также почвенного покрова нами создана карта пространственного размещения степных растительных сообществ на территории исследования (рис. 2). В качестве территориальной единицы была принята мезокомбинация, представляющая собой объединение фитоценозов и их фрагментов, связанных между собой рельефом [2]. По составу и структуре входящих в них фитоценозов выделенные мезокомбинации неодинаковы по объему, поскольку они объединяют контуры фитоценозов разного типа. Названия мезокомбинаций установлены по господствующему сообществу или группе сообществ, в соответствии с классификацией ассоциаций. На карте мезокомбинации с одинаковым наименованием закономерно повторяются в соответствии с формами и элементами рельефа.

Легенда картосхемы (рис. 2) построена по типологическому принципу, который отражает размещение многообразных фитоценозов в пространстве через мезокомбинации. Систематизация всех мезокомбинаций в легенде выполнена с учетом превалирующих внешних факторов. Вследствие этого крупные заголовки в легенде (I, II, III) отражают три уровня объединений конкретных мезокомбинаций, охватывающих растительные сообщества, местообитания которых приурочены к определенным формам рельефа, субстрату и почвенным разновидностям.

Среди всех типов сообществ, отмеченных на картосхеме, необходимо отметить несколько, имеющих локальное распространение. Прежде всего, это плаунковые фитоценозы с доминированием реликта полукустарничка плаунка кроваво-красного *Selaginella sanguinolenta*. Далее щучковые, ячменевые и чиевые фитоценозы, местообитания растений которых связаны с нетипичными субстратами. Первые два типа фитоценозов развиваются на глинах в блюдцеобразных избыточно увлажненных понижениях, третий – на солонцах древних кор выветривания. Значительная часть степной территории покрыта фитоценозами злаковыми (типчаковыми, колосняковыми, пырейниковыми) и разнотравными. Фитоценозы перечисленных типов в течение всего вегетационного периода определяют общий аспект ольхонской степи.

Выводы

Материалы, изложенные в данной работе, позволили сформулировать результаты проведенного исследования. Выявлено фитоценотическое разнообразие степной растительности на различных уровнях ее организации. Достаточно полно установлен состав ценофлоры степных фитоценозов. Определены закономерности пространственного размещения растительных сообществ. Составлена картосхема растительного покрова степной территории. Выполнена важнейшая инвентаризационная задача в исследовании разнородных комплексов фитоценозов степной экосистемы острова Ольхон.

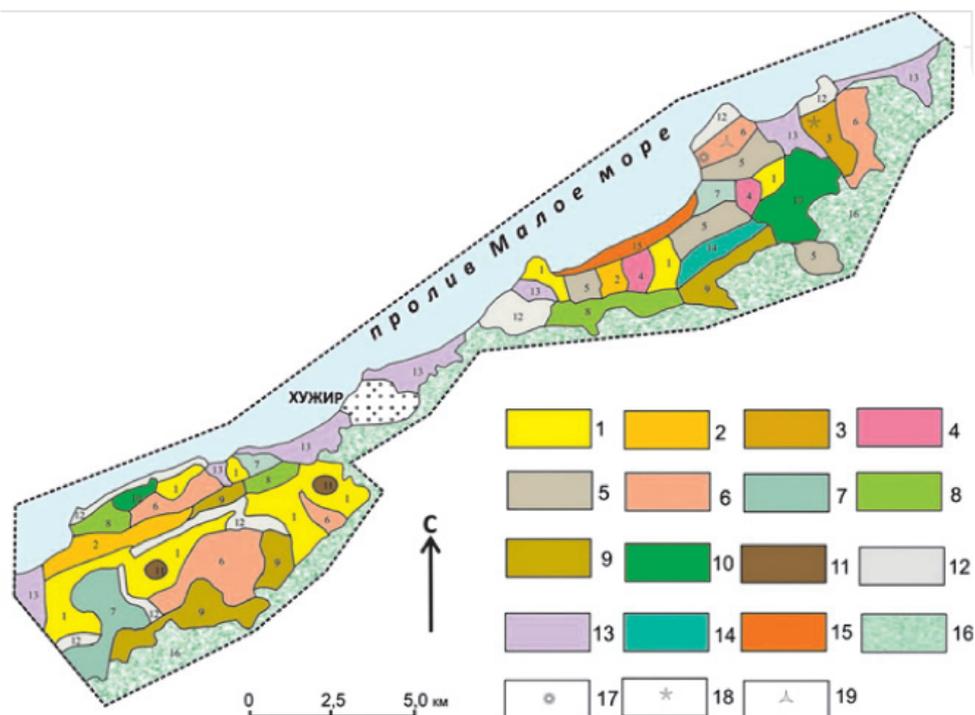


Рис. 2. Картограмма растительного покрова степей центральной части острова Ольхон

Условные обозначения:

I. Мезокомбинации степных фитоценозов на холмах, склонах и в котловинах:

1. Типчаковые из *Festuca lenensis*.
2. Колосняковые из *Leymus chinensis*.
3. Колосняковые и пырейниковые.
4. Пырейниковые из *Elymus transbaicalensis* и *Elymus gmelinii*.
5. Ковыльные из *Stipa krylovii*.
6. Ковыльные и мятликовые.
7. Мятликовые из *Poa botryoides*.
8. Тимьяновые из *Thymus baicalensis*.

9. Крупно-разнотравные полидоминантные из *Artemisia pubescens*, *Astragalus inopinatus ssp. oreogenus*, *Poa botryoides* и тонконоговые из *Koeleria cristata*.

10. Крупно-разнотравные полидоминантные и типчаковые.

II. Мезокомбинации степных фитоценозов на грядах горных пород:

11. Плаунковые из *Selaginella sanguinolenta*.

12. Низко-разнотравные полидоминантные из *Chamaerhodos altaica*, *Eremogone meyeri*; хамеродосово-типчаковые из *Festuca lenensis*; *Chamaerhodos altaica*; плаунковые.

III. Мезокомбинации фитоценозов и группировок серийной растительности:

13. Псаммофитные сообщества на подвижных дюнах.

14. Залежь в полевой стадии демуляции.

15. Пионерные поселения степных и луговых растений на оползневых структурах пестроцветных глин раннего плиоцена.

Дополнительные знаки.

16. Лесная растительность на границе степь – лес.

Внемасштабные знаки сообществ, развивающихся локально на нетипичных субстратах.

17. Чиевые из *Achnatherum splendens* на солончаках верхнеплиоценовых кор выветривания.

18. Щучковые из *Deschampsia sukatschewii* на глинах.

19. Ячменныевые из *Hordeum brevisubulatum* на глинах.

Список литературы

1. Береснева И.А. Климаты аридной зоны. – М.: Наука, 2006. – 286 с.
2. Беликович А.В. Ландшафтная флористическая неоднородность растительного покрова. – Владивосток, 2001. – 244 с.
3. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. – Томск, 2007. – 302 с.
4. Касьянова Л.Н. Растительность современных дюнных песков острова Ольхон на Байкале // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 4. – С. 123–128.

5. Кузьмин В.А. Почвы центральной зоны Байкальской природной территории. – Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2002. – 166 с.

6. Пешкова Г.А. Степная флора Байкальской Сибири. – М.: Наука, 1972. – 205 с.

7. Подобедов Н.С. Общая физическая география и геоморфология. – М.: Недра, 1964. – 377с.

8. Структура и ресурсы климата Байкала и сопредельных пространств. – Новосибирск: Наука, 1977. – 272 с.

9. Тимофеев Д.А. Поверхности выравнивания суши. – М.: Наука, 1979. – 270 с.

10. Уфимцев Г.Ф. Геоморфологическая практика в Прибайкалье. – Иркутск, 1995. – 147 с.

УДК 622.276

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ «ПЛАСТ – СКВАЖИНА»

Коробов Г.Ю., Рогачев М.К.

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
Санкт-Петербург, e-mail: korobovgrigory@yandex.ru, rogachev@mail.ru

Проведены исследования процесса образования асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в микрообъеме пор коллектора. Для исследуемой нефти установлено, что в микрообъеме пор температура насыщения нефти парафином на 6–9 °С выше, чем в свободном объеме. Ранний переход парафинов в твердую фазу приводит к осложнениям, связанным с образованием асфальтосмолопарафиновых отложений, снижает эффективность использования физико-химических методов предупреждения образования АСПО, основанных на дозировании ингибитора на забой скважины. Для предупреждения образования АСПО в нефтяном пласте авторами предложено использование призабойной зоны пласта (ПЗП) в качестве естественного дозатора ингибитора АСПО в нефть. Проведены исследования по адсорбции ингибитора на стенках породы при его закачке в пласт и последующей десорбции при вымывании ингибитора из пласта добываемой нефтью. Анализ результатов экспериментов позволил установить эффективную концентрацию ингибитора АСПО в нефти при его закачке в ПЗП, время адсорбции ингибитора на стенках породы, а также продолжительность десорбции ингибитора из пласта. Установлено, что нагнетание раствора ингибитора АСПО в призабойную зону пласта позволит снизить температуру насыщения нефти парафином в поровом пространстве коллектора.

Ключевые слова: асфальтосмолопарафиновые отложения, асфальтены, смолы, парафины, температура насыщения нефти парафином

THE PREVENTION OF FORMATION OF ASPHALTENE-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS IN THE SYSTEM «RESERVOIR – WELL»

Korobov G.Y., Rogachev M.K.

FSBEI HPE «National Mineral Resources University», Saint-Petersburg,
e-mail: korobovgrigory@yandex.ru, rogachev@mail.ru

The research of the formation of asphaltene-paraffin deposition (APRD) in the micro pore volume of the reservoir for the study of oil found in microvolume long oil paraffin saturation temperature at 6–9 °C higher than in the void volume. Early transition paraffins in the solid phase leads to complications associated with the formation of APRD, reduces the effectiveness of the use of physical and chemical methods of preventing the formation of APRD dosing of the inhibitor on the bottom of the well. To prevent the formation of paraffin in the oil reservoir authors proposed the use of bottomhole formation zone as a natural inhibitor of the dispenser APRD in oil. Studies on adsorption of the inhibitor on the walls of the breed in its injection into the formation, and subsequent desorption elution inhibitor of the formation of crude oil. Analysis of experimental results has allowed to establish an effective concentration of the inhibitor in paraffin oil during its injection into the bottomhole formation zone, the adsorption of the inhibitor on the walls of rock, as well as the duration of the desorption of the inhibitor from the formation. It was found that the injection of paraffin inhibitor solution in the bottomhole formation zone will reduce the saturation temperature of the paraffin oil in the pore space of the collector.

Keywords: asphaltene-paraffin-resin deposition, asphaltene, resin, paraffin, paraffin saturation point

В настоящее время разработка нефтяных месторождений в Российской Федерации сопровождается снижением качества добываемой продукции, что связано как с увеличением доли месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, так и переходом большинства разрабатываемых месторождений на завершающие стадии разработки, сопровождающиеся увеличением обводненности нефтяных пластов, увеличением содержания в нефти высокомолекулярных компонентов – асфальтенов, смол и парафинов, изменением термобарических условий разработки залежей [3].

Добыча нефти с высоким содержанием парафинов, асфальтенов и смол осложняется образованием асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) на стенках скважины и на омываемых поверхностях скважинного оборудования [3–5]. Переход высокомолекулярных компонентов нефти в твердую фазу (образование АСПО) может происходить не только в скважине, но и в поровом пространстве нефтяного пласта, что в свою очередь приведет к сужению поровых каналов и снижению проницаемости пород-коллекторов.

Образование АСПО в системе «пласт – скважина» происходит при охлаждении

нефти ниже температуры ее насыщения парафином (температуры кристаллизации парафина), то есть этот процесс начинается с перехода парафинов из жидкого в твердое кристаллическое состояние. Следует отметить, что фазовые переходы парафинов в поровом объеме нефтяных коллекторов являются малоизученными. Имеются сведения, что температура насыщения нефти парафином в микрообъеме пор на несколько градусов выше, чем в свободном объеме нефти [1, 2].

Нами проведены исследования, целью которых являлось обоснование и разработка технологии предупреждения образования АСПО в системе «пласт – скважина». Основными задачами исследований были: изучение процесса образования твердых частиц парафинов в поровом пространстве пород-коллекторов; обоснование и выбор химических реагентов-ингибиторов АСПО и технологий их применения для предотвращения образования АСПО в системе «пласт – скважина».

Экспериментальные исследования проводились на высокотехнологичном оборудовании лаборатории «Повышение нефтеотдачи пластов» Национального минерально-сырьевого университета «Горный» с использованием проб нефти и образцов керна одного из месторождений Пермского Прикамья, при моделировании его термобарических пластовых условий.

Основные сведения об исследуемых образцах нефти и породы коллектора:

- нефть – легкая (плотность 829 кг/м^3), маловязкая (вязкость $13,1 \text{ МПа}\cdot\text{с}$), парафинистая (парафинов – $7,8\% \text{ мас.}$, асфальтенов – $1,8\% \text{ мас.}$, смол – $3,5\% \text{ мас.}$);

- порода – карбонатная, открытая пористость – 11% , проницаемость – $160 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

В качестве ингибитора АСПО в исследованиях использован реагент под условным названием ГК-1 (поверхностно-активное вещество), представляющий собой смесь полярных сополимеров с винилацетатом в углеводородном растворителе (бензол). Выбор данного реагента обоснован его высокой поверхностной активностью, наличием в его составе концентрата смол.

На установке для изучения процессов образования твердых веществ в пластовом флюиде (система FLASS, компании Vinci Technologies) был проведен эксперимент по определению температуры насыщения нефти парафином в свободном объеме. Суть метода заключается в последовательном снижении температуры (от 80 до 20°C) нефти в PVT-ячейке при постоянном давлении с непрерывной фиксацией состояния пробы с помощью микроскопии под высоким давлением и последующей обработкой посредством программного гранулометрического анализа. Результаты проведенных исследований приведены на рис. 1.

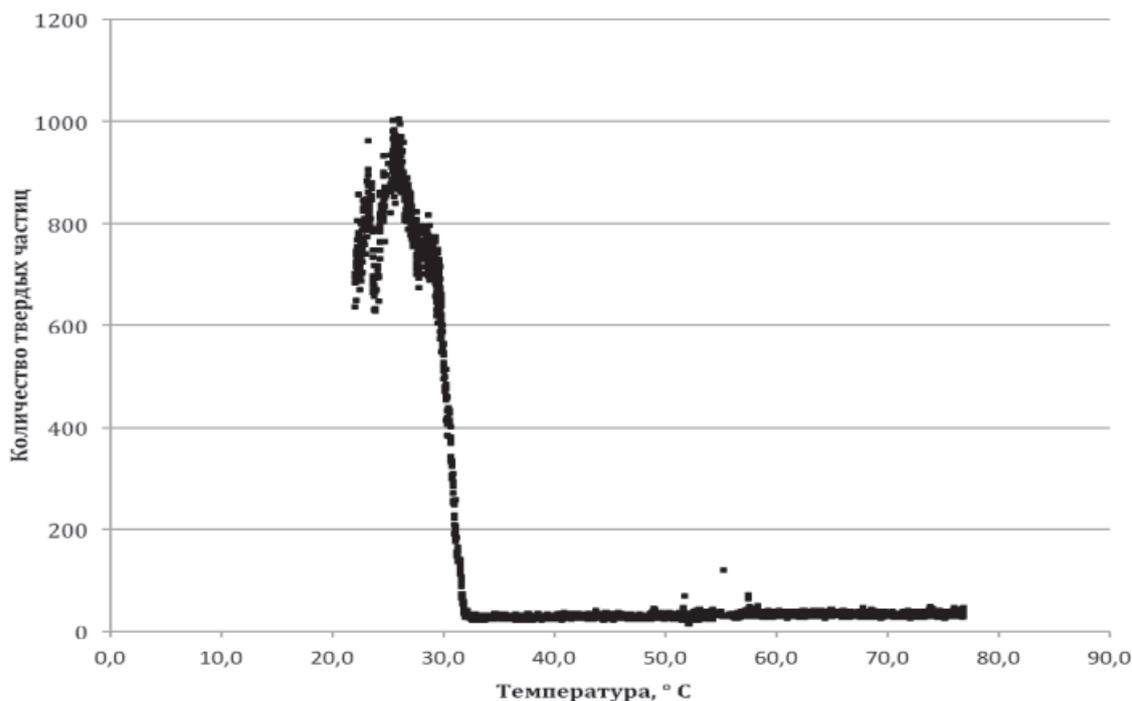


Рис. 1. Зависимость количества твердых частиц парафина в нефти от температуры

По графической зависимости на рис. 1 определили температуру насыщения нефти парафином в свободном объеме, она составила 32 °С. Однако результаты определения температуры насыщения нефти парафином в свободном объеме могут отличаться от фактических значений температуры насыщения нефти парафином в ограниченном объеме порового пространства пород-коллекторов [1, 2].

Для определения температуры насыщения нефти парафином в поровом

пространстве горной породы нами был использован косвенный («фильтрационный») метод ее оценки, основанный на снятии экспериментальным путем зависимости фильтрационной характеристики нефтенасыщенной горной породы от температуры. Нефть фильтровали через керн при постоянном расходе (0,5 мл/мин) с периодическим снижением температуры в кернодержателе (на один градус каждые три часа). Результаты фильтрационного исследования показаны на рис. 2 и 3.

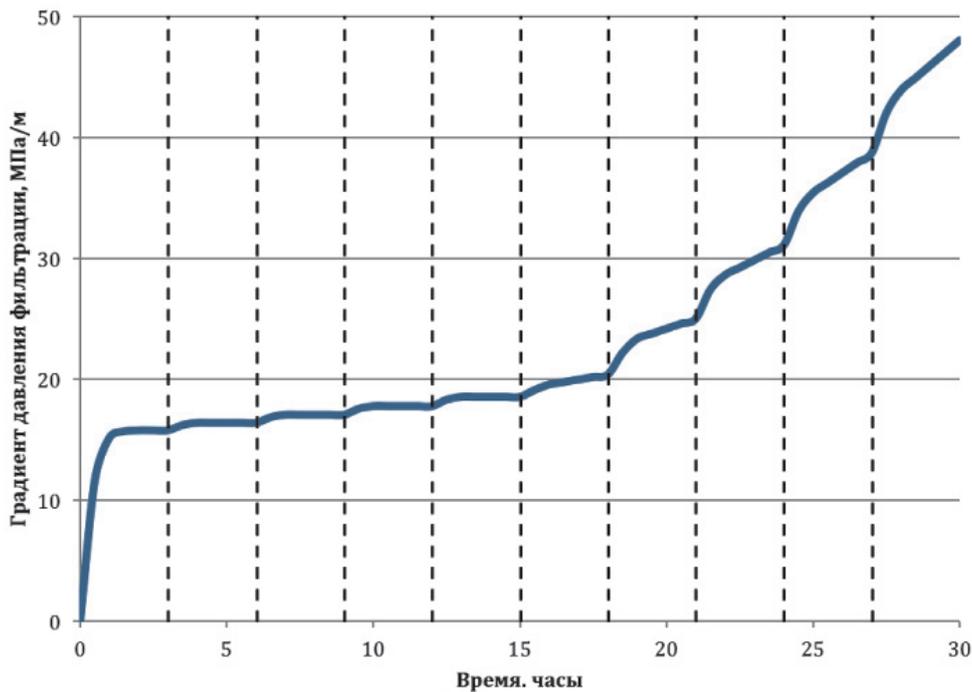


Рис. 2. Динамика изменения градиента давления фильтрации нефти через керн при периодическом снижении температуры (от 43 до 34 °С)

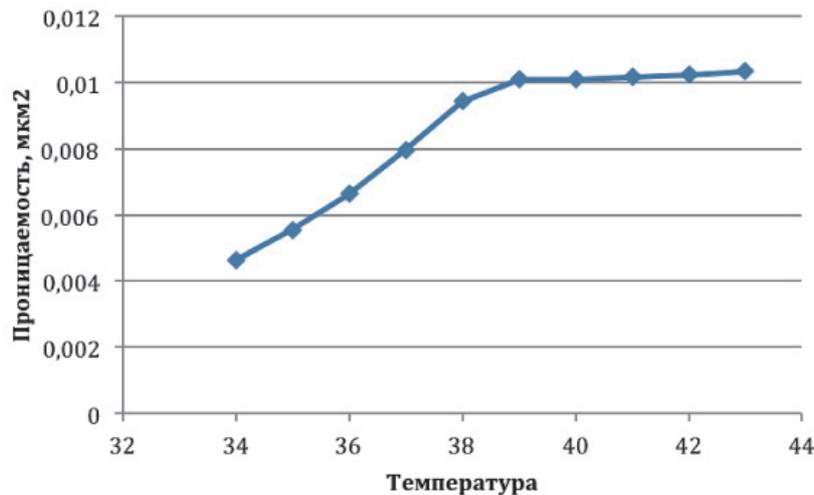


Рис. 3. Зависимость нефтепроницаемости керна от температуры (с учетом изменения вязкости нефти от температуры)

По графикам на рис. 2 и 3 видно, что при температуре 39°C происходит резкое увеличение градиента давления фильтрации и снижение нефтепроницаемости керна, что можно объяснить образованием в поровом пространстве твердых частиц парафинов.

Таким образом, результаты экспериментов позволили установить, что для исследованной нефти образование твердых частиц парафинов в пористой среде происходит при температуре на 5–7°C более высокой, чем в свободном объеме. Этот важный практический результат необходимо учитывать при борьбе с осложнениями, связанными с образованием парафиновых отложений (АСПО). Так, если кристаллизация парафина началась еще в пласте, то этот процесс будет влиять и на образование отложений парафина (АСПО) в скважине, так как устойчивые зародыши твердой фазы будут играть роль центров кристаллизации

для дальнейшего образования отложений, увеличивая риск осложнений в скважине.

Если начало образования твердых кристаллов парафина происходит в пласте, то также остается открытым вопрос об эффективности дозирования ингибитора АСПО на забой скважины, то есть после начала фазового перехода парафинов [6, 7]. Для ответа на этот вопрос проведены сравнения динамики роста количества кристаллов парафинов при ингибировании нефти до образования твердых частиц парафина при температуре 37°C (рис. 4, а) и ингибировании нефти после фазового перехода парафинов при температуре 31°C (рис. 4, б).

После ингибирования температура обеих проб снижалась одним темпом с постоянной фиксацией состояния с помощью микроскопии. Состояние обеих проб при температуре 24°C показано на рис. 5.

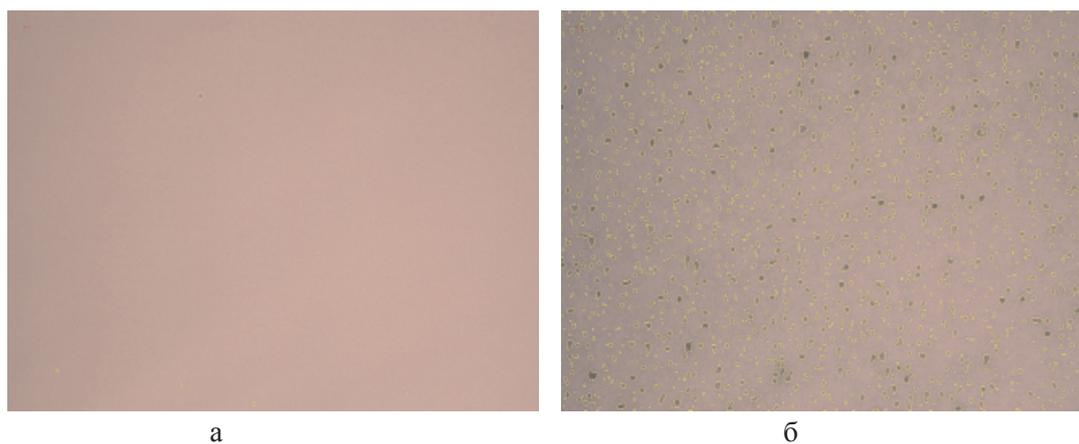


Рис. 4. Состояние пробы нефти в момент ввода ингибитора АСПО:
а – температура 37°C; б – температура 31°C

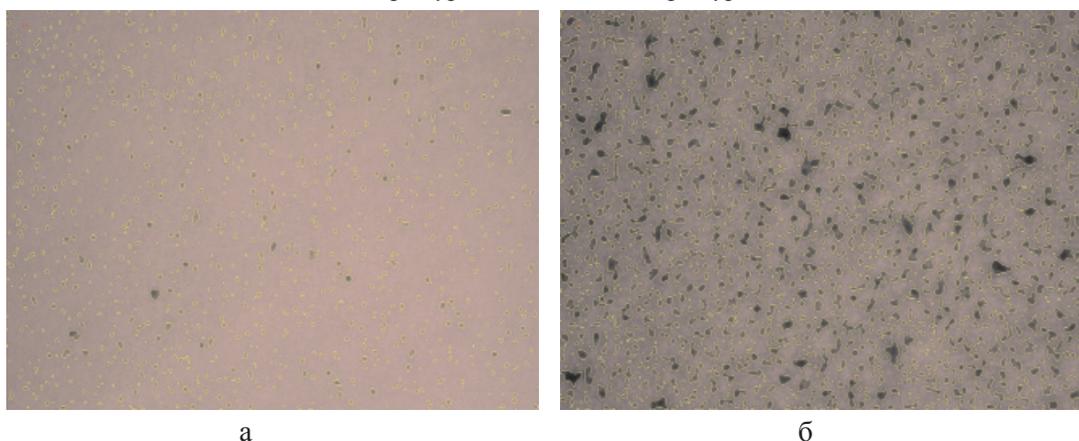


Рис. 5. Результаты микроскопии проб нефти при температуре 24°C:
а – ввод ингибитора АСПО осуществлялся при температуре 37°C;
б – ввод ингибитора АСПО осуществлялся при температуре 31°C

Результаты исследования показали, что ввод в продукцию скважины ингибитора АСПО депрессорного действия будет эффективен при его подаче до начала процесса образования твердых частиц парафинов, поэтому подача ингибитора на забой скважины в случае, когда фазовый переход парафинов начался еще в пласте, будет неэффективна. Для решения проблемы предложено производить закачку ингибитора АСПО в призабойную зону пласта (ПЗП), с последующей адсорбцией ингибитора в горной породе и его постепенном «вымывании» при эксплуатации скважины.

При закачке ингибитора АСПО в ПЗП необходимо руководствоваться не только ингибирующей способностью реагента, но и адсорбционно-десорбционными характеристиками ингибитора, от которых зависят величина адсорбции реагента на породе и последующая его десорбция. В то же время известно, что породы пласта обладают различной адсорбирующей способностью. Поэтому к ингибитору отложения АСПО предъявляются жесткие требования: с одной стороны, он должен сравнительно быстро, прочно и как можно в большем количестве адсорбироваться на поверхности породы при закачке, а с другой стороны, как можно медленнее десорбироваться с этой поверхности в процессе эксплуатации скважины [8], причем концентрация его в добываемой нефти должна быть не ниже минимально допустимой (для исследуемой нефти – не ниже 0,01 % мас.).

Исследование ингибитора АСПО с учетом его адсорбционной и десорбционной способностей позволит дать рекомендации, обеспечивающие наименьший вынос реагента, и увеличить эффективность предотвращения образования отложений. На процессы адсорбции и десорбции влияют гидродинамические условия движения жидкостей, состав и свойства горных пород, время, концентрация ингибитора и другие факторы, воздействие которых изучено недостаточно полно.

Оценка кинетики адсорбции ингибитора АСПО проводилась в лабораторных условиях путем проведения фильтрационных исследований на установке FDES-645 (компания Coretest Systems Corporation). Основным элементом установки является кернодержатель с адсорбентом. В качестве адсорбента использован керновый материал.

Первым этапом лабораторных исследований было насыщение керна нефтью. Затем проводилась фильтрация нефти с заданным содержанием ингибитора АСПО до постоянного содержания ингибитора в нефти на входе и выходе из кернодержателя. Для определения содержания ингибитора в нефти на выходе из кернодержателя была построена зависимость межфазного натяжения нефти на границе с водой от концентрации в ней ингибитора (рис. 6). На выходе из кернодержателя периодически производился отбор пробы для оценки межфазного натяжения на границе с дистиллированной водой, по значению которого определялось массовое содержание ингибитора в нефти.

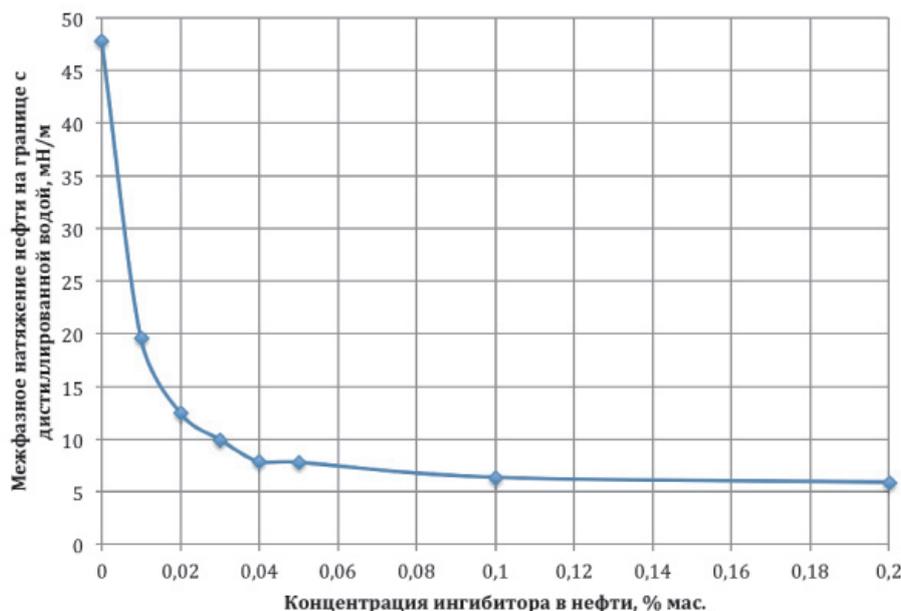


Рис. 6. Зависимость межфазного натяжения нефти на границе с дистиллированной водой от концентрации ингибитора АСПО в нефти

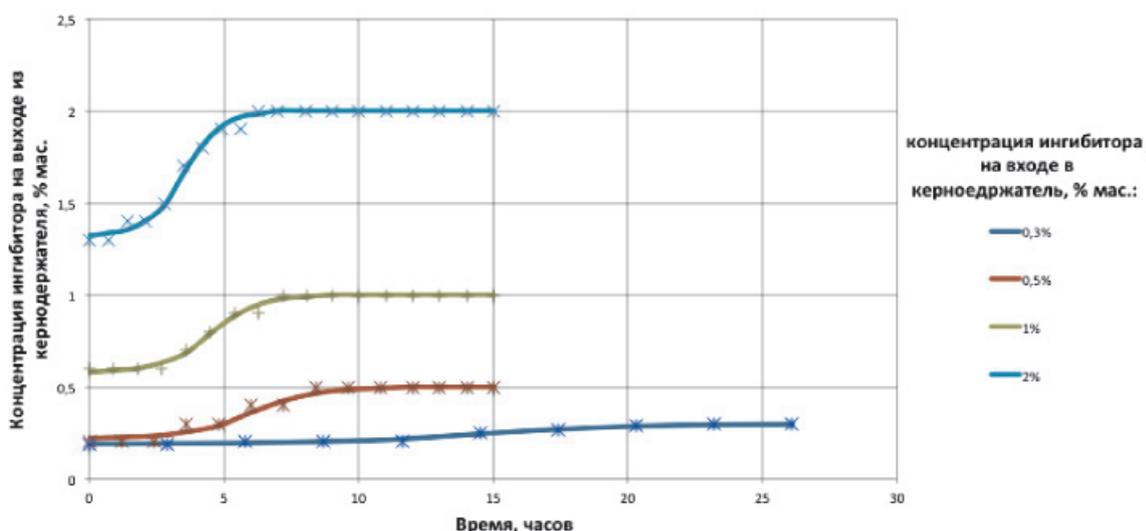


Рис. 7. Динамика изменения концентрации ингибитора АСПО в нефти на выходе из кернодержателя

Результаты исследования адсорбции ингибитора АСПО показаны на рис. 7. Результаты исследования показывают, что адсорбционное равновесие в керне наступает спустя 26 часов при прокачке 0,3%-ного раствора ингибитора, 10 часов при прокачке 0,5%-ного раствора ингибитора, 8 часов при прокачке 1%-ного раствора ингибитора

и 7 часов при прокачке 2%-ного раствора ингибитора.

Для оценки кинетики десорбции ингибитора через керны, в которых произошла его адсорбция, прокачивалась нефть без реагента, на выходе из кернодержателя измерялась концентрация ингибитора в нефти. Результаты исследования представлены на рис. 8.

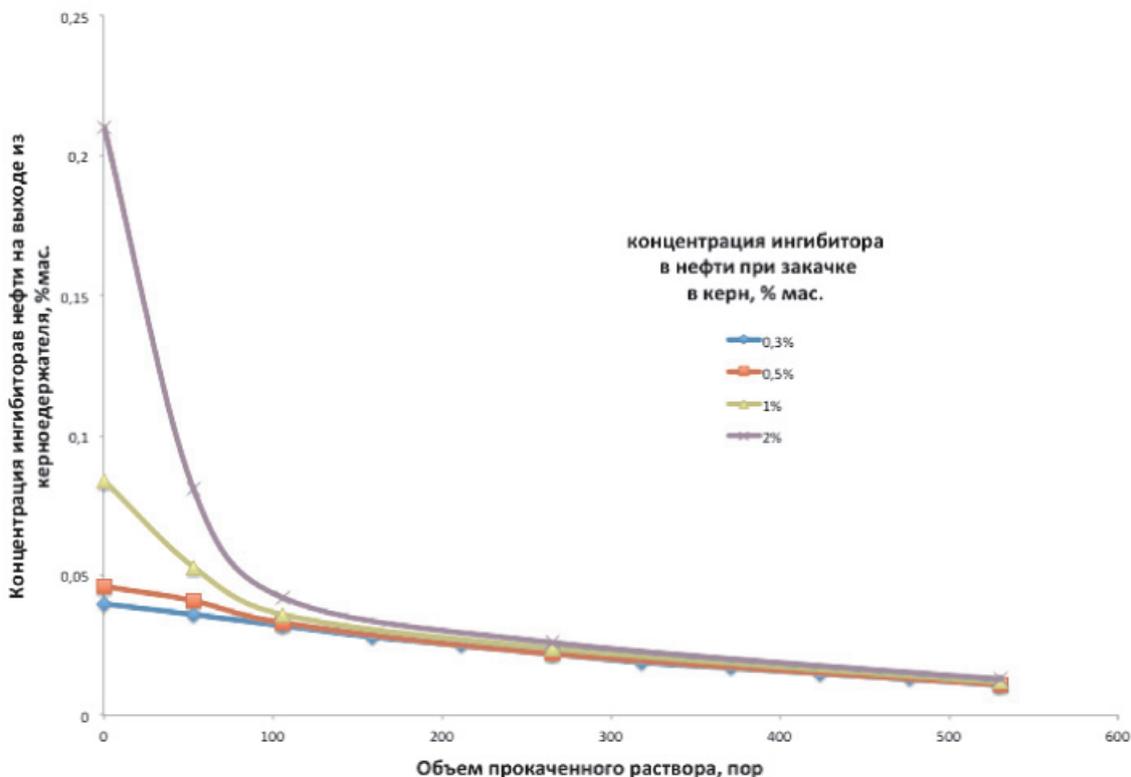


Рис. 8. Зависимость концентрации ингибитора АСПО в нефти на выходе из кернодержателя от объема прокаченного раствора

На рис. 8 показаны результаты исследования динамики десорбции ингибитора в зависимости от концентрации ингибитора в нефти при закачке в керн. Результаты исследования показывают, что после прокачки 200 поровых объемов нефти десорбция реагента становится постоянной вне зависимости от первоначальной концентрации ингибитора и вплоть до прокачки 530–550 поровых объемов концентрация ингибитора превышает значение 0,01%. Однако при закачке ингибированной нефти в пласт с содержанием ингибитора более 0,5% происходит последующее «вымывание» ингибитора в количестве, превышающем необходимое содержание для его эффективной защиты от образования отложений АСПО, что, в свою очередь, негативно сказывается на технико-экономической оценке мероприятия. При закачке 0,3 и 0,5%-ного раствора ингибитора в дальнейшем при его «вымывании» из пласта не происходит преждевременного выноса ингибитора, а его концентрация продолжительное время остается достаточной для эффективного предупреждения образования АСПО в скважине.

Таким образом, оптимальной концентрацией ингибитора АСПО для закачки в пласт является 0,5% мас. из-за сравнительно высокой скорости адсорбции инги-

битора на стенках пор (рис. 7) и из-за относительно малых потерь реагента при его десорбции (рис. 8).

Для проверки эффективности предотвращения образования отложений в пласте был проведен фильтрационный эксперимент, суть которого заключалась в прокачке через карбонатный керн нефти с ингибитором АСПО (0,5% мас.) с расходом 0,5 мл/мин в течение 12 часов, после чего через керн в обратном направлении прокачивалась нефть при постоянном расходе (0,5 мл/мин) с периодическим снижением температуры (температура снижалась на один градус каждые три часа) в кернодержателе. Результаты фильтрационного исследования показаны на рис. 9.

Результаты исследования показали, что ингибитор АСПО при закачке в призабойную зону пласта, адсорбируясь на стенках пор пород-коллекторов, способен снижать температуру насыщения нефти парафином в пласте (для исследованной нефти – на 6°C), что позволит избежать раннего образования твердых парафиновых частиц в поровом пространстве продуктивного пласта. Так же, постепенно вымываясь из призабойной зоны пласта добываемой жидкостью, ингибитор АСПО поступает в подземное оборудование скважины, предотвращая образование этих отложений в скважине.

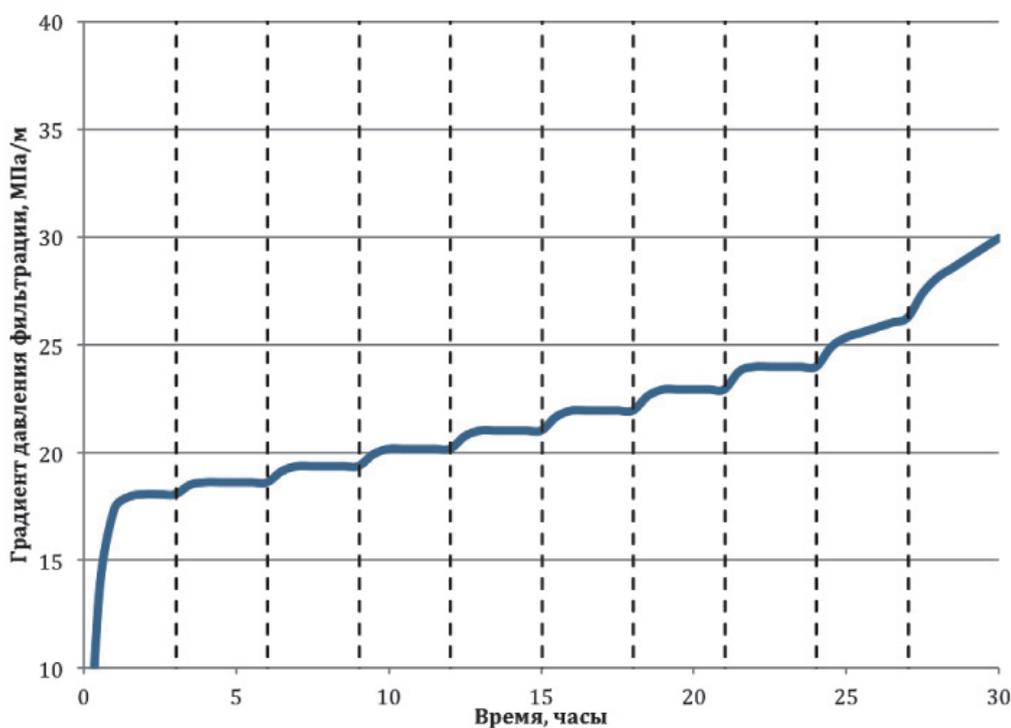


Рис. 9. Динамика изменения градиента давления фильтрации нефти через керн после прокачки нефти с ингибитором АСПО (0,5% мас.) при периодическом снижении температуры (от 39 до 29°C)

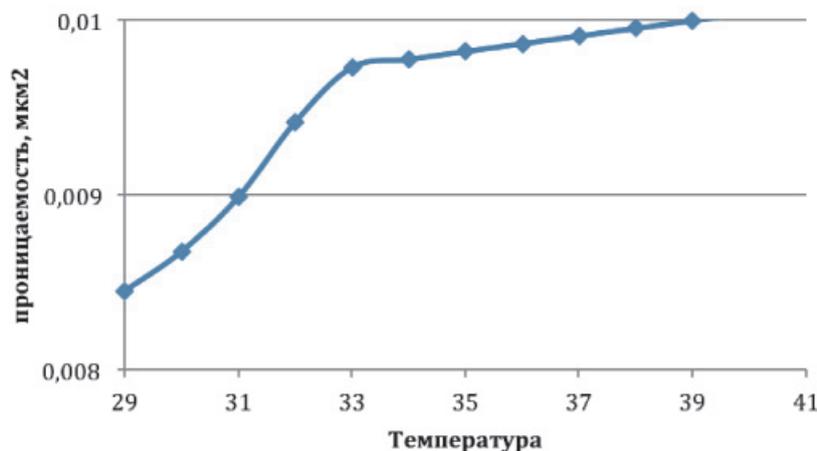


Рис. 10. Зависимость нефтепроницаемости ядра от температуры после прокачки нефти с ингибитором АСПО (0,5% мас.) (с учетом изменения вязкости нефти от температуры)

Выводы

1. С помощью фильтрационного эксперимента удалось установить, что температура насыщения нефти парафином в поровом пространстве коллектора может превышать температуру насыщения нефти парафином в свободном объеме на несколько градусов (для исследованной нефти – на 6–9°C), что необходимо учитывать для прогнозирования риска осложнений, связанных с образованием парафиновых отложений (АСПО), а также при выборе способов и технологий их предотвращения.

2. Установлено, что ввод в продукцию скважины ингибитора АСПО депрессорного действия будет эффективен при его дозировании до начала процесса образования твердых парафинов, поэтому подача ингибитора на забой скважины в случае, когда фазовый переход парафинов начался еще в пласте, будет неэффективна.

3. Исследование процессов адсорбции и десорбции ингибитора АСПО в образце горной породы позволило установить оптимальное время обработки пласта ингибитором, эффективную концентрацию ингибитора при его закачке в ПЗП, а также продолжительность десорбции ингибитора из пласта.

4. Нагнетание раствора ингибитора АСПО в призабойную зону пласта позволит снизить температуру насыщения неф-

ти парафином в поровом пространстве коллектора. Использование ПЗП как естественного дозатора ингибитора АСПО позволит не только предотвратить отложение парафина в пласте, но и осуществить ввод ингибитора в нефть до начала кристаллизации парафинов в ней.

Список литературы

1. Злобин А.А. Анализ фазовых переходов парафинов в поровом пространстве пород-коллекторов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 5. – С. 47–56.
2. Злобин А.А., Юшков И.Р. Исследование методом ЯМР нефтяных парафинов в поровом пространстве пород-коллекторов // Вестник Пермского университета. Геология. – 2013. – № 1 (18). – С. 81–90.
3. Иванова Л.В., Буров Е.А., Кошелев В.Н. Асфальтосмолопарафиновые отложения в процессах добычи, транспорта и хранения // Нефтегазовое дело. – 2011. – № 1. – С. 268–284.
4. Коробов Г.Ю., Мордвинов В.А. Распределение температуры по стволу добывающей скважины // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 57–59.
5. Коробов Г.Ю., Рогачев М.К. Исследование влияния асфальтосмолистых компонентов в нефти на процесс образования асфальтосмолопарафиновых отложений // Нефтегазовое дело. – 2015. – № 3. – С. 162–173.
6. Маркин А.Н., Низамов Р.Э., Суховерхов С.В. Нефтепромысловая химия: практическое руководство. – Владивосток: дальнаука, 2011. – С. 11–25.
7. Татьяна О.С. Исследование эффективности реагентов, предупреждающих образование парафиновых отложений: сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – М., 2009. – С. 341–347.
8. Шангараева Л.А., Петухов А.В. Исследования адсорбционно-десорбционных свойств состава для предотвращения солеотложений в скважинном оборудовании // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 146.

УДК [552.14:551.242.22] (571.64)

СОСТАВ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ПЕСЧАНИКОВ КАЙНОЗОЯ ЮГА ЗАПАДНО-САХАЛИНСКОГО ПРОГИБА**Малиновский А.И.***ФАНО ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: malinovskiy@fegi.ru*

Рассмотрен вещественный состав песчаников из кайнозойских отложений южной части Западно-Сахалинского прогиба. Были изучены породообразующие компоненты, тяжелые обломочные минералы (включая микрохимический состав некоторых минералов-индикаторов источников сноса) и валовый химический состав пород. Полученные результаты позволили определить состав питающих провинций и геодинамические обстановки формирования отложений этой части прогиба. В палеоцене – плиоцене мощные толщи отложений накапливались как в прибрежно-морских, так и в континентальных обстановках. Область питания, поставившая обломочный материал в седиментационный бассейн, вероятно, сочетала в себе сиалическую сушу, сложенную древними гранитно-метаморфическими и осадочными породами, и окраинно-континентальную магматическую дугу, аккрецированную к краю континента. На седиментацию постоянно оказывали влияние, особенно на некоторых уровнях разреза, активные вулканические процессы. Обстановки осадконакопления наиболее соответствуют бассейнам активных континентальных окраин, осложненных сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам.

Ключевые слова: Западно-Сахалинский прогиб, песчаники, тяжелые минералы, химический состав, геодинамические обстановки

COMPOSITION AND GEODYNAMIC NATURE OF THE CENOZOIC SANDSTONES IN THE SOUTH OF THE WEST SAKHALIN BASIN**Malinovskiy A.I.***Far East Geological Institute Far East Branch Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: malinovskiy@fegi.ru*

Sandstones from the Cenozoic sediments in the southern part of the West Sakhalin basin have been studied. The study included analyses of the ore-forming components, heavy detrital minerals (including microchemical composition of some minerals-indicators of source areas) and gross chemical composition of the rocks. The data obtained helped to define a composition of supply provinces as well as geodynamic settings of sedimentation in this part of the basin. Accumulation of thick series of sediments in the Paleocene-Pliocene occurred both at coastal marine and continental settings. A source area supplying detrital material into the sedimentary basin seems to represent a combination of the sialic land made up of ancient granite-metamorphic and sedimentary rocks and a continental volcanic arc accreted to the continental margin. Sedimentation was under the influence of constant active volcanic processes. Geodynamic setting most closely corresponds to basins of active continental margins complicated with dislocations along the transform faults.

Keywords: West Sakhalin basin, sandstones, heavy minerals, chemical composition, geodynamic settings

Изучение геологического строения о. Сахалин с его многочисленными месторождениями угля, нефти и газа проводится уже более 100 лет. Вместе с тем литологическая изученность отложений, в том числе кайнозойских, остается слабой. Проводились лишь литолого-фациальные исследования, по отдельным участкам давались некоторые палеогеографические реконструкции [1 и др.]. Вещественный же состав терригенных пород практически не изучен. Результатам изучения этого аспекта кайнозойских отложений прогиба, позволяющим достаточно достоверно выявить палеогеодинамические обстановки формирования бассейнов седиментации, посвящена данная публикация.

Объектами исследования были кайнозойские терригенные отложения южной части Западно-Сахалинского прогиба. Из-

учено более 20 разрезов, располагающихся в береговых обнажениях рек, на побережье Татарского пролива, а также вдоль автомобильных дорог. Для детальных исследований вещественного состава были выбраны песчаники, несущие наибольшую информацию о типе и составе питающих провинций, а также о геодинамических обстановках областей седиментации. Минерально-петрографический состав пород исследовался с помощью поляризационного микроскопа. Тяжелые минералы песчаников извлекались и определялись общепринятыми методами. Химический состав тяжелых минералов определен на рентгено-спектральном микроанализаторе JXA-8100. Содержание петрогенных элементов определялось с использованием атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой

на спектрометре iCAP 6500 Duo. Все анализы выполнены в лабораториях ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток).

Региональная геологическая позиция

Западно-Сахалинский прогиб располагается на территории Западно-Сахалинских гор и в акватории Татарского пролива. Границами его являются Западно-Сахалинская и Тымь-Поронайская системы разломов (рис. 1). Район изучения включает южную часть Западно-Сахалинского прогиба. Здесь обнажены в разной степени дислоцированные и хорошо датированные отложения палеоцена-плиоцена с размывом, но без углового несогласия, перекрывающие меловые терригенные отложения. Кайнозойские отложения общей мощностью свыше 12000 м представлены преимущественно терригенными породами: алевролитами, песчаниками, гравелитами, конгломератами, углями. Следует отметить значительное влияние на осадконакопление, особенно на отдельных уровнях разреза, синседиментационного вулканизма, выразившегося в накоплении горизонтов туфов, туффитов, а также в присутствии в терригенных породах примеси пирокластического материала. Отложения накапливались как в прибрежно-морских, так и в континентальных обстановках, о чем свидетельствуют текстурно-структурные особенности пород, присутствие в разрезе значительного количества грубо-обломочных образований, остатков мелко-водной фауны, обильного растительного детрита, а также на отдельных горизонтах, пластов угля.

Вещественный состав песчаных пород и его геодинамическая интерпретация

Песчаные породы во всех изученных свитах от мелко- до крупнозернистых и даже гравелистых. Сортировка довольно хорошая, но с увеличением размерности она ухудшается. Часто в песчаниках присутствуют рассеянные мелкие бесформенные обрывки и тонкие линзочки растительного детрита. Песчаные зерна обычно угловатые и угловато-окатанные, значительно реже окатанные.

По породообразующим компонентам песчаники кайнозоя Западно-Сахалинского прогиба относятся к полимиктовым. На классификационной диаграмме В.Д. Шутова [3] (рис. 2, а) они образуют единое поле и относятся к кварц-полевошпатовым и, редко, полевошпатово-кварцевым грауваккам. Среди обломков преобладают

кварц (до 36%), кислые плагиоклазы (до 56%), обломки кремнистых, эффузивных и терригенных пород (содержание их достигает 30–35%), более редки кислые магматические породы, кварциты и слюдяные сланцы. Часто в породах отмечается присутствие примеси пирокластического материала. Следовательно, можно предположить, что область питания была сложена древними кислыми интрузивными, терригенными и метаморфическими породами. Кроме того, на седиментацию заметное влияние оказывали синхронные вулканические процессы.

Палеогеодинамическая интерпретация состава породообразующих компонентов на диаграмме В. Диккинсона и К. Сучека [5] (рис. 2, б), предназначенной для выяснения тектонических типов источников питания, свидетельствует, что область питания для песчаников Западно-Сахалинского прогиба совмещала в себе сиалическую сушу и зрелую глубоко эродированную окраинно-континентальную магматическую дугу, в которой эрозия достигла полнокристаллических батолитов, подстилающих вулканиты. Геотектонические обстановки самих бассейнов седиментации, реконструируемые при помощи диаграммы Дж. Мейнарда и его соавторов [6] (рис. 2, в), могут быть отнесены к бассейнам активных континентальных окраин, осложненным сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам (SS), и, частично – бассейнам, связанным с окраинно-континентальными магматическими дугами (CA).

Известно, что различным тектоническим обстановкам седиментации свойственны свои ассоциации тяжелых обломочных минералов [7 и др.] Тяжелые минералы песчаников Западно-Сахалинского прогиба с известной долей условности разделяются на две примерно равнозначные минералогические ассоциации (рис. 3, а). В фемическую, в сумме достигающую 80% всех минералов, входят типичные представители вулканокластиков (орто- и клинопироксены, роговая обманка, хромит, магнетит, ильменит, лейкоксен), а в сиалическую, достигающую в отдельных пробах 88%, – минералы, характерные для гранитно-метаморфических пород (циркон, гранат, турмалин, эпидот, апатит, сфен, рутил). Главным среди этих минералов является циркон: в отдельных пробах его содержание поднимается до 70%.

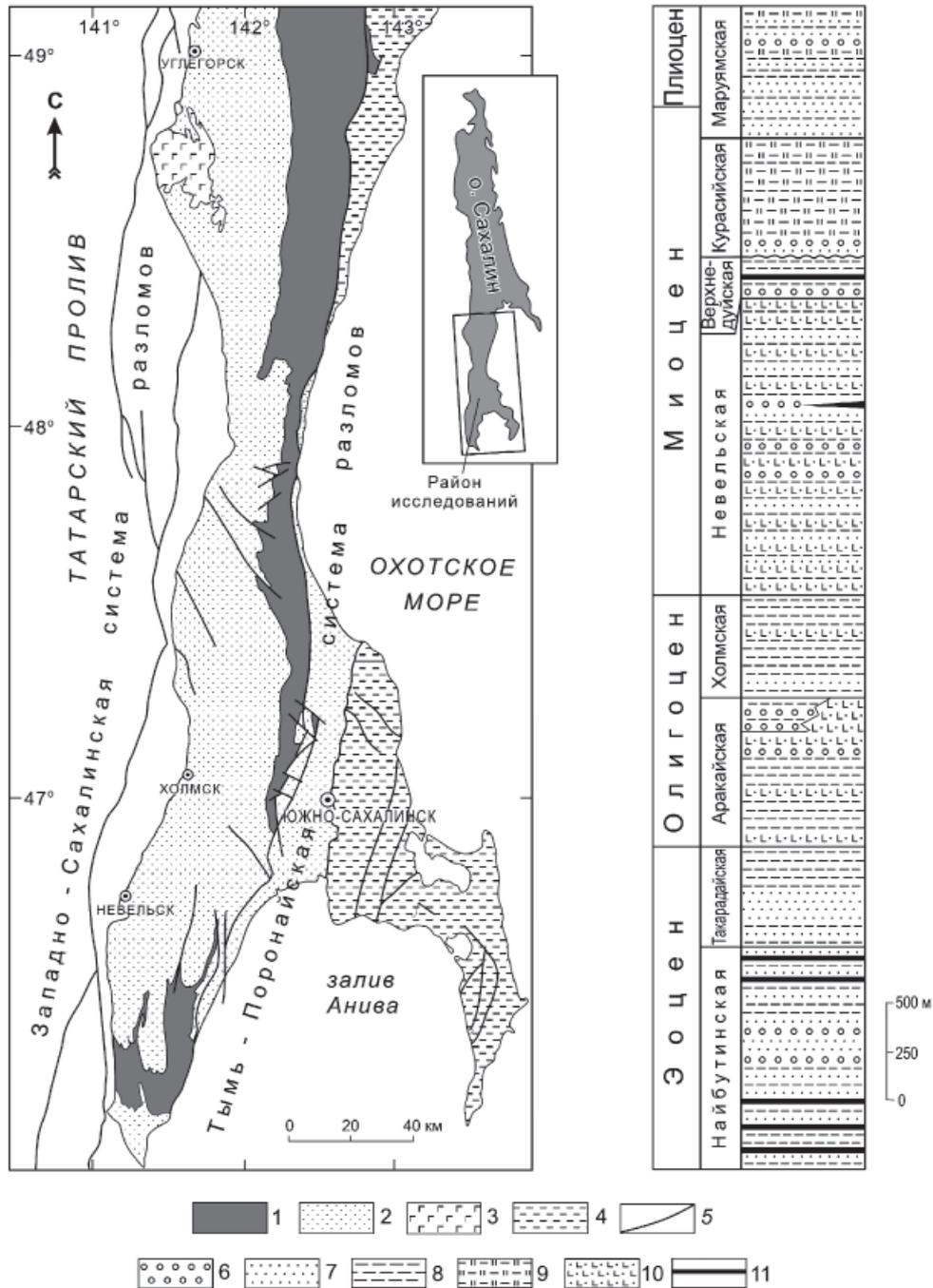


Рис. 1. Схематическая геологическая карта и стратиграфическая колонка кайнозойских отложений южной части Западно-Сахалинского прогиба. Для карты: 1 – меловые терригенные образования; 2 – палеоцен-плиоценовые терригенные и вулканогенные образования; 3 – плиоценовые базальты; 4 – мел-палеогеновые аккреционные комплексы Восточного Сахалина; 5 – разломы. Для колонки: 6 – конгломераты и гравелиты; 7 – песчаники; 8 – алевролиты и аргиллиты; 9 – опоки, кремнистые и кремнисто-глинистые породы; 10 – туфы и туффиты; 11 – угли

Анализ ассоциаций тяжелых минералов песчаников кайнозоя Западно-Сахалинского прогиба на диаграмме MF-MT-GM [7] (рис. 3, б), показывает, что накопление отло-

жений происходило в бассейне, связанном с обстановкой трансформного скольжения литосферных плит, при этом существовали два контрастных источника кластики:

фемическая ассоциация формировалась за счет размыва вулканитов энсиалической (окраинно-континентальной) магматической дуги, а сиалическая – гранитно-метаморфических

пород фундамента этой дуги и (или) зрелой континентальной окраины. Кроме того, на накопление отложений в различной мере влияли и синхронные вулканические процессы.

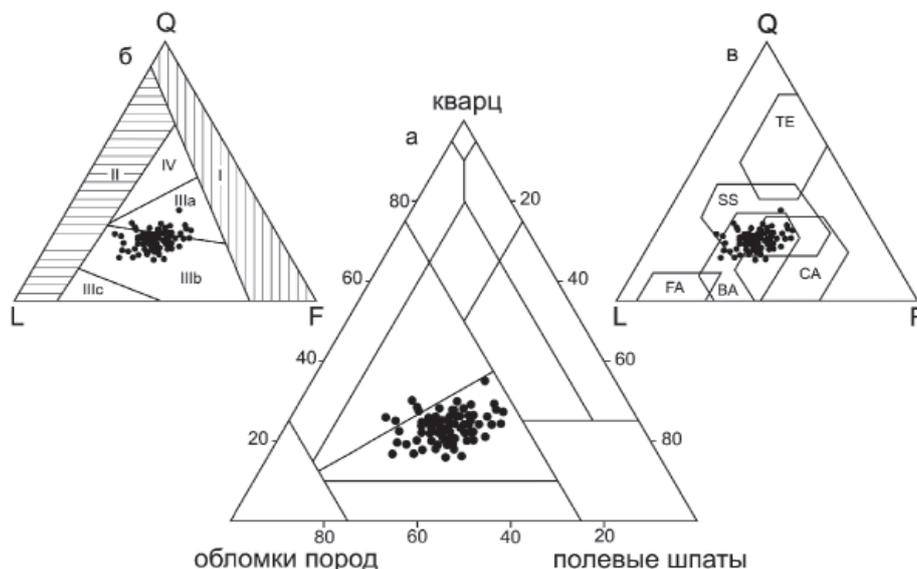


Рис. 2. Породообразующие компоненты песчаников из кайнозойских отложений южной части Западно-Сахалинского прогиба (а) и их палеогеодинамическая интерпретация (б):

а – классификационная диаграмма типов пород [3]; б – типы источников питания [5].

I – устойчивые кратоны и поднятые блоки основания, II – ремобилизованные орогены, III – магматические дуги (IIIa – расчлененные, глубоко эродированные, IIIb – переходные, IIIc – нерасчлененные, слабо эродированные), IV – смешанные источники питания;

в – типы бассейновых обстановок [6]. Бассейны пассивных континентальных окраин (TE); бассейны активных континентальных окраин, сопряженные: со сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам (SS), с окраинно-континентальной магматической дугой (CA), с океанической вулканической дугой (FA – преддуговые, BA – задуговые).

Q – кварц, L – обломки пород, F – полевые шпаты

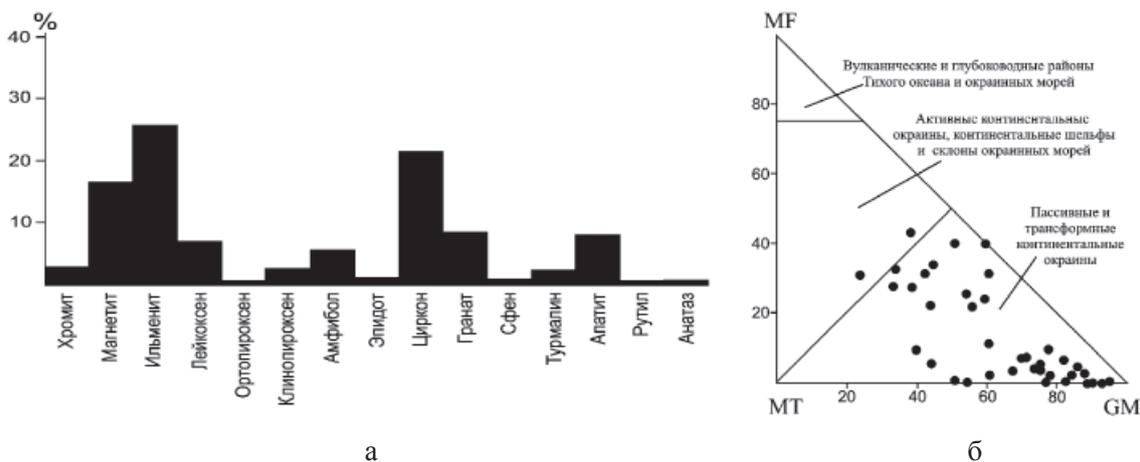


Рис. 3. Состав и распределение тяжелых обломочных минералов в песчаных породах южной части Западно-Сахалинского прогиба (средние содержания) (а) и их сравнение с современными осадками из различных геодинамических обстановок [7] (б).

Суммы содержаний: MF – оливина, пироксенов, зеленой роговой обманки; MT – эпидота, граната, сине-зеленых амфиболов; GM – циркона, турмалина, ставролита, дистена, силлиманита и андалузита

Микрохимические особенности некоторых тяжелых минералов несут важную информацию, позволяющую определить геологическую природу питающих провинций и состав слагающих их пород. Клинопироксены из песчаников прогиба по составу соответствуют диопсиду, авгиту и, в меньшей мере, салиту. На диаграмме Е. Нисбета и Дж. Пирса [8] (рис. 4, а) большинство клинопироксенов соответствуют базальтам островных вулканических дуг и, частично, базальтам океанического дна. Хромиты по содержанию титана разделяются на два типа: низкотитанистые ($TiO_2 < 1\%$), источником которых могли быть магматические породы офиолитов, и высокотитанистые ($TiO_2 > 1,5\%$), происходившие, вероятно, из щелочных внутриплитных базальтов. Гранаты по составу относятся главным образом к альмандину и лишь иногда содержат гроссуляровую либо спессартиновую составляющую. Они соответствуют в основном гранатам из пород низких степеней метаморфизма, а также из кислых изверженных пород [9] (рис. 4, б).

свитам колеблются незначительно: SiO_2 от 64,23 до 69,82%, TiO_2 – 0,49–0,68%, Al_2O_3 – 13,13–15,68%, $FeO + Fe_2O_3$ – 3,55–5,52%, CaO – 0,94–4,13%, MgO – 1,03–1,39%, Na_2O – 2,30–2,84%, K_2O – 1,99–2,81%. По этим геохимическим параметрам они компактно группируются в поле типичных граувакк (рис. 5, а) [2].

Палеотектоническая интерпретация химического состава песчаников приведена на диаграммах М. Бхатиа [4] (рис. 5, б), используемых для разделения песчаников из бассейнов различных тектонических обстановок. На них песчаники попадают либо приближаются к полям бассейнов, сопряженных с островными дугами, развитыми на зрелой континентальной коре, а также бассейнов активных континентальных окраин которые в понимании автора включают в себя и бассейны трансформных границ плит. Более определенно химический состав интерпретируется на диаграмме Б. Роузера и Р. Корша [10] (рис. 5, в). На ней изученные породы практически полностью

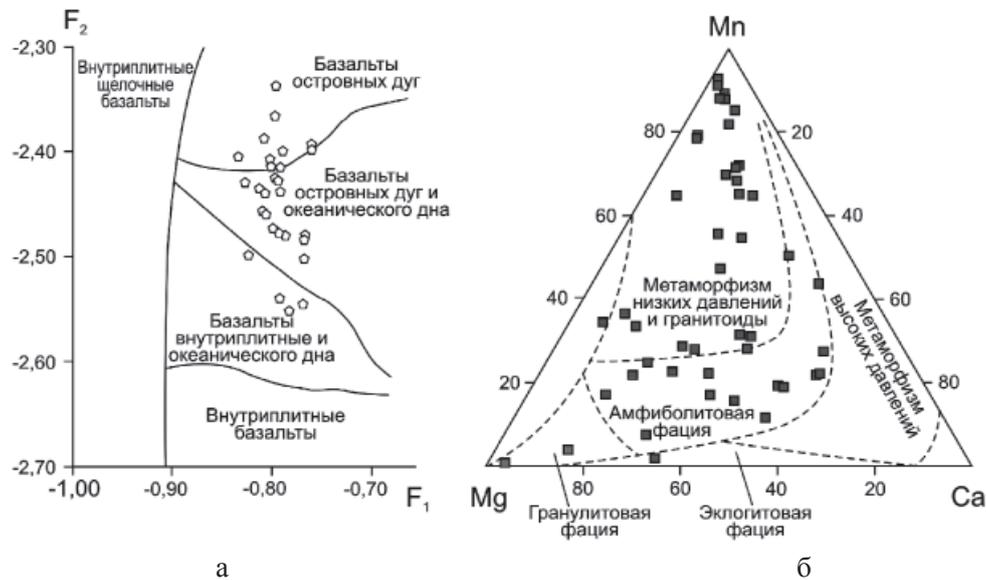


Рис. 4. Дискриминационные диаграммы составов (а) клинопироксенов [8] и (б) гранатов [9] из кайнозойских песчаников юга Западно-Сахалинского прогиба и их вероятных источников

$$F_1 = -0,012 \cdot SiO_2 - 0,0807 \cdot TiO_2 + 0,0026 \cdot Al_2O_3 - 0,0012 \cdot FeO - 0,0026 \cdot MnO + 0,0087 \cdot MgO - 0,0128 \cdot CaO - 0,0419 \cdot Na_2O; F_2 = -0,0496 \cdot SiO_2 - 0,0818 \cdot TiO_2 - 0,02126 \cdot Al_2O_3 - 0,0041 \cdot FeO - 0,1435 \cdot MnO - 0,0029 \cdot MgO - 0,0085 \cdot CaO + 0,0160 \cdot Na_2O.$$

По химическому составу западно-сахалинские песчаники довольно однородны – средние содержания оксидов по

падают в поле бассейнов активных континентальных окраин, в том числе осложненных сдвиговыми дислокациями.

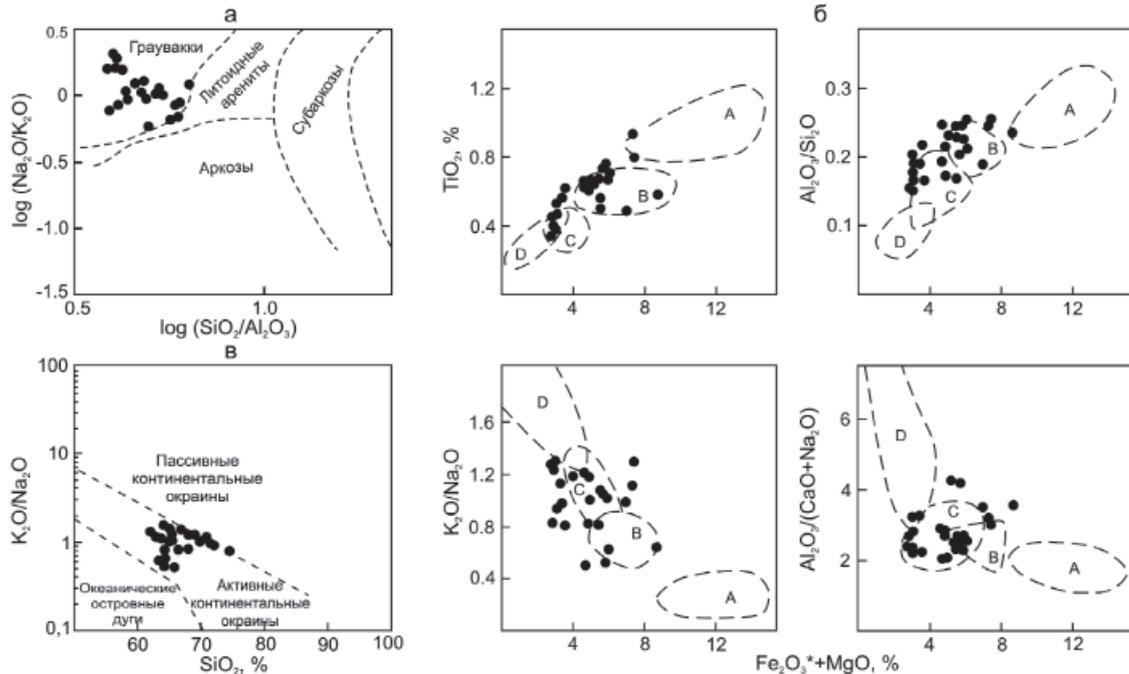


Рис. 5. Химический состав песчаных пород южной части Западно-Сахалинского прогиба (а) и его геодинамическая интерпретация (б и в): а – классификационная диаграмма состава песчаных пород [2]; б – типы бассейнов, сопряженных: А – с океаническими, В – с континентальными островными дугами, С – с активными, D – с пассивными континентальными окраинами [4]; в – бассейновые обстановки для песчаных пород [10]

Заключение

Для определения состава питающих провинций и геодинамического режима формирования отложений кайнозоя южной части Западно-Сахалинского прогиба были исследованы порообразующие компоненты, тяжелые обломочные минералы и химический состав развитых здесь песчаных пород. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в кайнозойское время мощные толщи отложений накапливались как в прибрежно-морских, так и в континентальных обстановках. Область питания, поставлявшая обломочный материал в седиментационные бассейны прогиба в палеоцене – плиоцене, вероятно, сочетала в себе сиалическую сушу, сложенную древними гранитно-метаморфическими и осадочными породами, и окраинно-континентальную магматическую дугу, уже аккретированную к краю континента. Кроме того, на седиментацию постоянно оказывали влияние, особенно на некоторых уровнях разреза, синхронные вулканические процессы. Реконструируемые по вещественному составу обстановки осадконакопления соответствуют обстановкам бассейнов активных континентальных окраин (наиболее вероятно бассейнов, осложненных сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-05-00857-а и проекта ДВО РАН № 15-И-2-001 о.

Список литературы

1. Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И. и др. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. – М.: ГЕОС, 2002. – 225 с.
2. Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. – М.: Мир, 1976. – 535 с.
3. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. – 1967. – № 5. – С. 86–102.
4. Bhatia M.R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones // J. Geol. – 1983. – Vol. 91, № 6. – P. 611–627.
5. Dickinson W.R., Suczek C.A. Plate tectonics and sandstone composition // Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. – 1979. – Vol. 63. – № 12. – P. 2164–2182.
6. Maynard J.B., Valloni R., Yu H.S. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins // Leggett J.K. (Ed.), Trench-Forearc Geology: Sedimentation and Tectonics on Modern and Ancient Active Plate Margins / Blackwell Scientific Publications, Oxford. – 1982. – Part 2. – P. 551–61.
7. Nechaev V.P., Ispording W.C. Heavy-mineral assemblages of continental margins as indicators of plate-tectonic environments // J. Sed. Petrol. – 1993. – Vol. 63. № 6. – P. 1110–1117.
8. Nisbet E.G., Pearce J.A. Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings // Contrib. Mineral. Petrol. – 1977. – Vol. 63. – P. 149–160.
9. Teraoka Y. Detrital garnets from Paleozoic to Tertiary sandstones in Southwest Japan // Bull. Geol. Surv. Japan. – 2003. – Vol. 54. № 5-6. – P. 171–192.
10. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio // J. Geol. – 1986. – Vol. 94. № 5. – P. 635–650.

УДК 622.4: 519.67

ЭФФЕКТ СКОРОСТИ ВЕТРОВОГО ПОТОКА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЫЛЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

¹Маслобоев В.А., ^{1,2}Бакланов А.А., ³Амосов П.В.

¹Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
Апатиты, e-mail: masloboev@ksc.ru;

²Всемирная метеорологическая организация, Женева, e-mail: aabaklanov@yahoo.com;

³Горный институт Кольского НЦ РАН, Апатиты, e-mail: vosoma@goi.kolasc.net.ru

Апробированы два наиболее приемлемых и общепризнанных методов по оценке интенсивности пыления (пустыни, хвостохранилища и др.): зависимость Westphal et al. (1988) и схема DEAD (1995). Продемонстрирован авторский переход к определению динамической скорости u_d для произвольной высоты пылящей поверхности, что необходимо для выполнения оценки интенсивности пыления. Реализация перехода выполнена на базе двухмерной численной модели аэродинамики атмосферы на примере хвостохранилища вблизи г. Апатиты. Представлены результаты расчетов и обработки горизонтальной скорости на высоте +10 м над пылящей поверхностью при вариации скорости ветрового потока от 5 до 23 м/с. Указаны особенности поинтервальной (по размерам песчинок) интенсивности пыления хвостохранилища АНОФ-2 с использованием рассмотренных методов интенсивности пыления при вариации скорости ветра. Значения интенсивности пыления для наиболее часто повторяемой скорости ветрового потока близки показателю «максимальной удельной сдуваемости пыли», которая используется инженерными организациями при разработке документации по оценке воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: интенсивность пыления, скорость ветрового потока, методический подход, динамическая скорость

THE EFFECT OF WINDFLOW VELOCITY ON DUSTING INTENSITY OF TAILINGS

¹Masloboev V.A., ^{1,2}Baklanov A.A., ³Amosov P.V.

¹Institute of the Industrial Ecology Problems of the North KSC RAS, Apatity, e-mail: masloboev@ksc.ru;

²World Meteorological Organization, Geneva, e-mail: aabaklanov@yahoo.com;

³Mining Institute KSC RAS, Apatity, e-mail: vosoma@goi.kolasc.net.ru

Two most acceptable and generally adopted methods of dusting intensity assessments (for deserts, tailing dumps, etc.), i.e. the dependence of Westphal et al. (1988) and the DEAD scheme (1995), were tested. The authors demonstrate an approach to determine dynamic velocity u_d for any height of dusting surface, which is necessary for assessment of dust intensity. The demonstration is fulfilled based on two-dimensional numerical model of atmospheric aerodynamics on example of the tailing dump in the vicinity of the city of Apatity. The horizontal velocity at the height of +10 m above the dusting surface with the wind velocity ranging between 5 and 23 m/sec is calculated and processed. The peculiarities of interval (size of sand particles) dust intensity of the tailing dump of ANPP-2 are shown using the considered methods for dusting intensity with wind velocity variations. The dust intensity values for the most frequently occurring wind-flow velocity are close to «maximum specific dust off value» which is used by engineering organizations for planning documentations for environmental impact assessments.

Keywords: intensity of dusting, velocity of wind flow, methodic approach, dynamic velocity

Данная работа является естественным продолжением исследований специалистов КНЦ РАН по проблеме пыления хвостохранилищ на базе методов численного моделирования. В определенной мере информация, представленная в публикациях [3, 4, 6], является авторским взглядом на проблему интенсивности пыления на начало 2012 г.

Более глубокое «погружение» в проблему позволило авторам на основе анализа существующих подходов по оценке интенсивности пыления (пустыни, хвостохранилища и др.) существенно продвинуться в понимании как сопровождающих процесс пыления физических механизмов, так и их математического описания. Некоторые результаты выполненного исследования представлены

в докладах на российских и международных конференциях [1, 2, 7].

В частности, были рассмотрены подходы по оценке интенсивности пыления, приемлемые для решения практических задач по исследованию влияния скорости ветрового потока на уровень интенсивности пыления хвостохранилища АНОФ-2, а значит, и на загрязнение атмосферы для района г. Апатиты при северо-западном ветре. По результатам анализа сделан предварительный вывод, что наиболее приемлемыми для последующих исследований загрязнения приземного слоя атмосферы в низ по ветровому потоку могут быть признаны зависимость D.L. Westphal et al. [9] и схема DEAD [8]. Именно эти зависимости дают минимальное расхождение результатов

на всем рассмотренном диапазоне скорости ветрового потока. Отметим, что оба подхода базируются на функциональной зависимости потока массы пыли от динамической скорости на высоте пыления в 4-й и 3-й степенях соответственно.

При рассмотрении турбулентного переноса пыли с хвостохранилища АНОФ-2 представляется разумным ограничиться частицами, размер которых не превышает 70 мкм.

Авторский подход к оценке динамической скорости

На рис. 1 представлена схема модели, которая принимается для обоснования величины скорости, необходимой для оценки вертикального потока массы частиц (интенсивности пыления). Основная идея – динамическая скорость на высоте пылящей поверхности u_* определяется через осредненную горизонтальную компоненту референтной скорости ветра набегающего потока на высоте +10 м u_{ref} на основе численных расчетов для различной высоты пылящей дамбы.



Рис. 1. Схема модели под обоснование методики определения интенсивности пыления

На входной границе модели рассмотрим диапазон значений референтной скорости ветра u_{ref} на высоте 10 м над основанием модели (от 5 до 23 м/с, например, с шагом 3 м/с). Задавая логарифмический профиль скорости на входной границе области (шероховатость принимается на уровне 0,05 м), выполняем расчет аэродинамики на базе стационарной стандартной $(k - \epsilon)$ -модели турбулентности [3, 4, 6]. Далее выполняем обработку расчетных аэродинамических параметров вдоль пунктирной линии рис. 1: операцию осреднения горизонтальной компоненты скорости на высоте +10 м над пылящей поверхностью u_{10} . Результаты обработки численных экспериментов для горизонтальной скорости на высоте +10 м над пылящей поверхностью, а также переход к динамической скорости u_* обобщены в табл. 1.

Дополнительно для последующего использования при численном решении

уравнения конвективно-диффузионного переноса пыли выполнено осреднение (по области моделирования) значений коэффициентов динамической турбулентной вязкости. Результаты этой операции приведены в табл. 1. Последующий переход к значениям коэффициентов турбулентной диффузии стандартен, ранее использован и описан авторами в работах [3, 4, 6].

Гранулометрический состав (в графической форме) отвальных хвостов с поверхности устоявшегося пляжа хвостохранилища АНОФ-2 приведен в диссертационной работе А.В. Стриженов [5]. Обработка информации позволила авторам получить количественные показатели по долям («вес» интервала) каждого моделируемого интервала размера частиц пыли (табл. 2). В табл. 2 также приведены значения пороговой скорости u_*^p для пыли интервала крупности p до 70 мкм в диаметре с шагом 10 мкм, рассчитанные по методике авторов работы [8]), а также скорости оседания разнокалиберной пыли, вычисленные в Сток-

совом приближении [3] и необходимые для последующих вычислений конвективно-диффузионного переноса.

Таблица 1

Осредненные значения горизонтальной скорости на высоте +10 м u_{10} , динамической скорости u_* на высоте поверхности пыления и турбулентной динамической вязкости η_t

Скорость u_{ref} , м/с	u_* , м/с	u_{10} , м/с	η_t , Па·с
1	2	3	4
5	0,623	8,246	0,4086
8	0,996	13,19	0,6563
11	1,370	18,14	0,9053
14	1,743	23,09	1,1554
17	2,117	28,04	1,4067
20	2,490	32,98	1,6593
23	2,863	37,93	1,9136

Таблица 2

Значения «веса» интервала, пороговой скорости и скорости оседания в зависимости от среднего диаметра частиц пыли

Срединный диаметр (диапазон интервала), мкм	«Вес» интервала, –	Пороговая скорость u_*^p , м/с	Скорость оседания w_g , м/с
1	2	3	4
5 (0–10) D1	0,022	0,951	0,00195
15 (10–20) D2	0,083	0,420	0,0175
25 (20–30) D3	0,142	0,295	0,0487
35 (30–40) D4	0,194	0,243	0,0955
45 (40–50) D5	0,209	0,218	0,1580
55 (50–60) D6	0,189	0,206	0,2360
65 (60–70) D7	0,161	0,201	0,3290

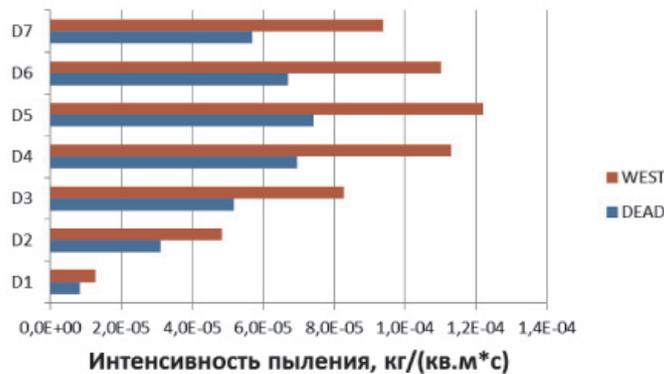
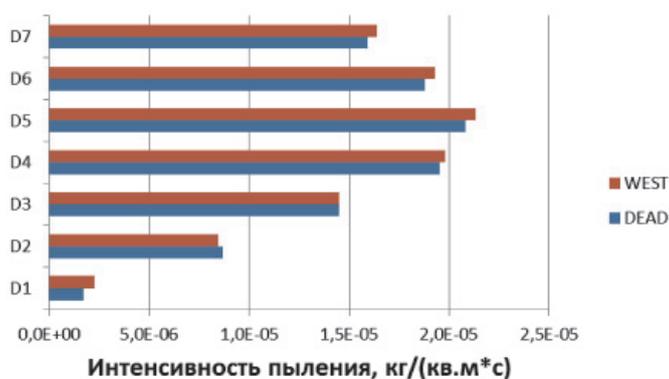
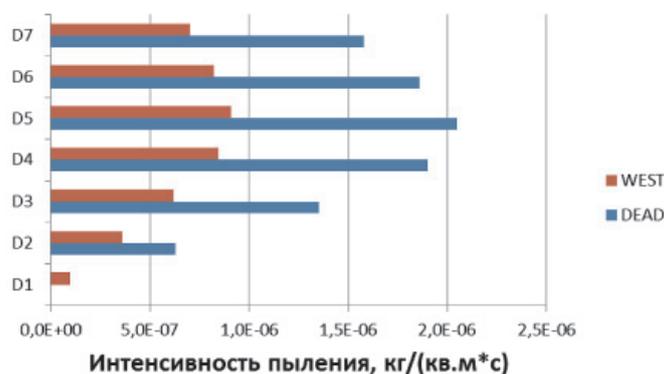


Рис. 2. Поинтервальные интенсивности пыления при вариации скорости ветра: а – 5 м/с; б – 11 м/с; в – 17 м/с

Анализ интенсивности пыления

Некоторые результаты вычислений поинтервальных вертикальных потоков массы для схемы DEAD [8] и зависимости D.L. Westphal et al. [9] при вариации скорости ветра с использованием необходимых параметров, приведенных в табл. 1 и 2, представлены на рис. 2 ((а) 5 м/с, (б) 11 м/с и (в) 17 м/с).

Безусловно, яркой особенностью расчетных интенсивностей пыления, выполненных для схемы DEAD, является отсутствие числового значения при скорости ветра 5 м/с для самой мелкой пыли D1 (срединный диаметр 5 мкм). Данный факт имеет очевидное объяснение: величина пороговой скорости (табл. 2, 3-й столбец, 2-я строка) выше значения динамической скорости (табл. 1, 2-й столбец, 2-я строка), т.е. в рамках данной модели (схема DEAD) эмиссии пыли такой крупности не происходит.

Анализ показывает, что при малых скоростях ветрового потока (не более 8 м/с) практически для пыли любой крупности значения интенсивности пыления, рассчитанные по схеме DEAD (рис. 2, а), несколько выше аналогичных расчетных данных по зависимости D.L. Westphal et al. При величине скорости ветрового потока 11 м/с результаты расчетов интенсивности пыления по обоим используемым подходам наиболее близки (рис. 2, б). Дальнейшее увеличение скорости ветра (встречается существенно реже) приводит к тому, что расчетные (по зависимости D.L. Westphal et al.) интенсивности пыления заметно превышают аналогичные величины, вычисленные с использованием схемы DEAD (рис. 2, в).

Обобщением расчетных данных являются кривые рис. 3, а и б, на которых представлены суммарные интенсивности пыления при вариации либо скорости ветрового потока, либо расчетной величине динамической скорости на высоте пыления соответственно. Поведение кривых рис. 3, а и б подтверждают указанный выше факт: до величины скорости ветрового потока 11 м/с превалирует кривая интенсивности пыления по схеме DEAD, а при более высокой скорости – кривая по зависимости D.L. Westphal et al. Пересечение кривых происходит вблизи отметки 11 м/с.

Построенные кривые описываются степенными функциями AV^n в 4-й (зави-

симость D.L. Westphal et al.) и 3-й (схема DEAD) степенях либо скорости ветрового потока, либо расчетной величине динамической скорости на высоте пыления. Коэффициенты пропорциональности A в степенных зависимостях следующие: для рис. 2, а: I – 8,031 и II – 6,987; для рис. 2, б: I – 3,877 и II – 2,896. Размерность скорости V в обоих случаях м/с.

Расчетные данные интенсивности пыления необходимы при решении конвективно-диффузионного уравнения распространения пыли при описании граничных условий на поверхности пыления. В силу того, что указанное уравнение является линейным, достаточно будет выполнить численные эксперименты по пространственно-временному распределению концентрации пыли в исследуемой области, например, для данных зависимости D.L. Westphal et al.. Зная соответствующие отношения интенсивностей пыления, пересчитываем значения концентрации пыли, отвечающие эмиссии пылевых частиц по схеме DEAD. В результате прогноз пространственно-временного распределения концентрации пыли будет определяться в некотором диапазоне значений.

Естественно, авторы понимают, что для верификации численной модели необходимо проведение трудоемких экспериментальных исследований на объекте пыления, что, к сожалению, не может быть реализовано по целому ряду причин. Предпринята попытка проверить на объективность полученные значения интенсивности пыления. Для этого проанализированы данные отчета «Реконструкция хвостохранилища до отметки 200 м: проектная документация. Раздел 8 «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», посвященного реконструкции хвостохранилища АНОФ-2 до высотной отметки 200 м. Специалисты ЗАО «Механобр Инжиниринг» используют показатель – «максимальная удельная сдуваемость пыли». В своих оценках авторы указанного отчета используют значение $5,29 \cdot 10^{-6}$ кг/(м²·с), что в представленных на рис. 3, б графических зависимостях отвечает значению динамической скорости не выше 0,6 м/с.

Выводы

Проанализированы два подхода по оценке интенсивности пыления (зависимость D.L. Westphal et al. и схема DEAD),

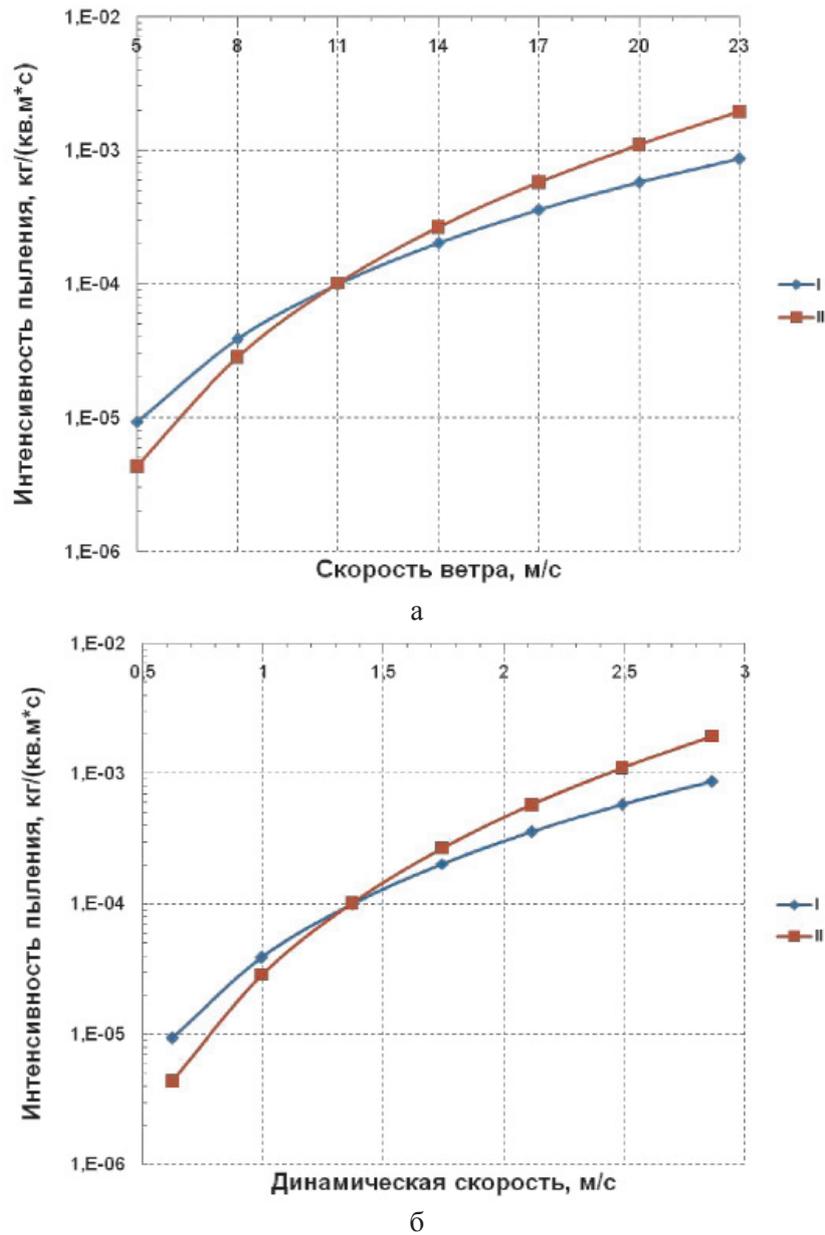


Рис. 3. Расчетные суммарные интенсивности пыления в зависимости:
 а – от скорости ветрового потока на референтной высоте;
 б – от динамической скорости на высоте пыления;
 I – схема DEAD (ромб); II – зависимость Westphal D.L. et al. (квадрат)

которые, по мнению авторов, наиболее приемлемы для решения практической задачи о влиянии скорости ветрового потока и высоты пылящей поверхности на загрязнение атмосферы (на примере хвостохранилища АНОФ-2). Оба подхода базируются на функциональной зависимости потока массы от динамической скорости на высоте пыления в 4-й и 3-й степенях соответственно.

Продемонстрирован достаточно простой и нетрудоемкий переход к определению динамической скорости u_* и скорости на высоте +10 м над пылящей поверхностью u_{10} по данным референтной скорости ветра набегающего потока и высоты дамбы. Указанные величины, определяемые на базе созданной двумерной численной модели аэродинамики атмосферы исследуемой области,

позволяют осуществить оценки интенсивности пыления.

Выполнен сравнительный анализ расчетных значений поинтервальной интенсивности пыления на базе выбранных подходов при вариации скорости ветрового потока в широком диапазоне. Указан экономичный путь дальнейших численных экспериментов по прогнозу пространственно-временного распределения поинтервальной концентрации пыли, основанный на линейной природе конвективно-диффузионного уравнения и выполненном анализе расчетных вертикальных потоков массы пыли с использованием зависимости D.L. Westphal et al. и схемы DEAD.

Список литературы

1. Амосов П.В., Бакланов А.А. К вопросу оценки интенсивности пыления хвостохранилищ // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-28: сб. трудов XXVIII междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 1 / под общ. ред. А.А. Большакова. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2015; Ярославль: Ярослав. гос. техн. ун-т; Рязань: Рязанск. гос. радиотехн. Ун-т, 2015. – С. 3–5.
2. Амосов П.В., Бакланов А.А. Оценка вертикального потока массы пыли на хвостохранилище на базе схемы DEAD // Проблемы недропользования. – 2015. – № 3. – С. 80–85.
3. Амосов П., Бакланов А., Ригина О. Численное моделирование процессов пыления хвостохранилищ. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 109 с.
4. Маслобоев В.А., Бакланов А.А., Мазухина С.И., Ригина О.Ю., Амосов П.В. Численное моделирование процессов пыления хвостохранилища АНОФ-2 // Вестник МГТУ. – 2014. – Т. 17. – № 2. – С. 376–384.
5. Стриженок А.В. Управление экологической безопасностью намывных техногенных массивов ОАО «Апатит» в процессе их формирования: дис. ... канд. техн. наук. – 2015. – URL: http://www.spmi.ru/system/files/lib/sci/aspirant-doctorant/avtoreferaty/2015/dissertaciya_strizhenok.pdf (дата обращения 12.09.2015).
6. Amosov P.V., Baklanov A.A., Masloboev V.A., Mazihkina S.I. CFD-model developing of dust transfer at a tailings dump // Proceedings of the 4-th International Conference on Hazardous and Industrial Waste Management – CRETE-2014, 2–5 September 2014, Chania, Crete, Greece. Executive Summaries. – Chania: Technical University of Crete, 2014. – P. 279–280.
7. Amosov P.V., Baklanov A.A. Assessment of dusting intensity on ANOF-2 tailing by using a Westphal D.L. dependency // Proceedings / X International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, 4–7 November 2015, Bor, Serbia; [organizer] University of Belgrade, Technical Faculty Bor; editor Zoran S. Markovic. Bor: University of Belgrade, Technical Faculty, 2015 (Bor: Tercija). – P. 39–43.
8. Marticorena B., Bergametti G. Modeling the Atmospheric Dust Cycle 1. Design of a Soil-Derived Dust Emission Scheme // Journal of Geophysical Research-Atmospheres. – 1995. – Vol. 100. – № D8. – P. 16415–16430.
9. Westphal D.L., Toon O.B., Carlson T.N. A Case-Study of Mobilization and Transport of Saharan Dust // Journal of the Atmospheric Sciences. – 1988. – № 45. – P. 2145–2175.

УДК 622.235.213

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ИНТЕРВАЛОВ ЗАМЕДЛЕНИЙ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕТКИ СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ВЗРЫВАНИЯ «DAVEYTRONIC»

Меньшиков П.В., Сеницын В.А., Шеменев В.Г.

ФГБУН «Институт горного дела» Уральского отделения Российской академии наук,
Екатеринбург, e-mail: menshikovpv@mail.ru

Проведен анализ фактических интервалов замедления электронной системы взрывания «Daveytronic», определенных опытным путем в сравнении с ожидаемыми программируемыми значениями. Методика определения опытным путем фактических интервалов замедлений для рациональных параметров сетки скважин основана на реостатном методе измерения скорости детонации ВВ с использованием измерителя скорости детонации «DataTrap II Data/VOD Recorder». Наибольшая задержка инициирующего импульса возникла при минимальных параметрах сетки скважин при расстояниях между скважинами 3 и 2 м. Опережение инициирующего импульса произошло при расстоянии между скважинами 5 м. При максимальных параметрах сетки скважин 5,5–5,8 м заметна стабильная задержка инициирующего импульса. Установлено, что ожидаемые интервалы замедления при электронном взрывании могут значительно отличаться от реальных фактических между первым и вторым рядами скважин.

Ключевые слова: взрывные работы, средства инициирования, электронное взрывание, интервал замедления, сетка скважин

METHOD FOR DETERMINING ACTUAL RANGE OF DELAY INTERVALS FOR RATIONAL PARAMETERS OF BLAST HOLES GRID WITH THE USE OF ELECTRONIC BLASTING «DAVEYTRONIC»

Menshikov P.V., Sinitsyn V.A., Shemenyev V.G.

Institute of Mining Engineering of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg,
e-mail: menshikovpv@mail.ru

The analysis of the actual delay intervals of the electronic blasting system «Daveytronic», that are defined empirically compared with the expected value programmable. Methods of determining empirically the actual delay intervals for rational parameters of blast holes grid based on the rheostat method of measuring the velocity of detonation of explosives using «DataTrap II Data / VOD Recorder» detonation velocity recorder. The greatest delay initiating pulse occurred at the minimum parameters of blast holes grid for distances between holes 3 and 2 meters. Advance initiating pulse occurred when the distance between the holes 5 meters. At maximum parameters of blast holes grid of 5.5–5.8 meters, noticeable stable delay in initiating pulse. It was found that the expected delay intervals in the electronic blasting may differ materially from actual evidence between the first and second rows of holes.

Keywords: blasting, electronic blasting, delay interval, blast holes grid

Используемый в течение последних лет метод короткозамедленного взрывания на горных предприятиях, производящих добычу полезных ископаемых открытым способом при ведении взрывных работ с применением неэлектрических систем инициирования (НСИ), имеет некоторые недостатки. Одним из них является отклонение фактического времени замедления детонаторов от номинального. Среднеквадратическое относительное отклонение времени замедления составляет, согласно инструкции по монтажу и эксплуатации НСИ отечественного производства, до 12% от номинального значения. По данным ряда исследований, проведенных российскими учеными, установлено, что приводимые в инструкциях допуски на замедление могут не соответствовать действительности. На практике при использовании НСИ ре-

альное время замедления взрывной сети неизвестно, что приводит к ошибкам в расчетах схем взрывания и, соответственно, к увеличению сейсмического воздействия от массовых взрывов и ухудшению качества подготовки горной массы к выемке [1].

Встречающиеся в забоях экскаваторов недостаточно проработанные массовым взрывом участки массива горных пород в верхней части забоя, маслянистые пятна, являются первым признаком сработавших не в штатном режиме частей скважинных зарядов и недостаточной точности (по времени срабатывания) пиротехнических реле неэлектрических систем инициирования (НСИ) [4].

Сотрудниками ИГД УрО РАН совместно с работниками предприятия ООО «АВТ-Урал» при проведении массового взрыва 11 ноября 2015 года на Северном карьере

ОАО «ЕВРАЗ Качканарский ГОК» на взрывае­мом блоке № 2444, гор. +190 м. были проведены инструментальные замеры фак­тических интервалов замедлений с целью определения их соответствия запрограмми­рованным значениям для различных пара­метров сетки скважин. Монтаж взрывае­мого блока с использованием системы элек­тронного взрыва «Daveytronic» и установка измерительного кабеля в исследуемые сква­жины проводились 6 и 7 ноября 2015 года. Для заряжания скважин применялось эмуль­сионное взрывчатое вещество (ЭВВ) нитро­нит Э-70. В качестве промежуточных дето­наторов применялись шашки ПТ-П-750 [3].

Одним из главных преимуществ систе­мы электронного инициирования взрыва яв­ляется минимальное воздействие взрыва на окружающую среду. Возможность програм­мировать взрывную сеть с оптимальными интервалами замедления между скважи­нами позволяет снизить сейсмическое воз­действие на наземные сооружения до двух раз, существенно сократить разлет породы и практически полностью исключить обра­зование пылегазового облака [2].

Система электронного взрыва Daveytronic состоит из следующих элемен­тов: электронные детонаторы Daveytronic, один или несколько программных модулей, взрывная машинка, магистральные линии и соединители проводов. Система Daveytronic III обеспечивает интервалы замедления от 1 до 14 000 мс, программируемые с шагом в 1 мс, обеспечивая в конечном итоге высокую гибкость при планировании крупномасштаб­ных, сложных взрывов с комбинированными сетками скважин. Система Daveytronic 2D, отличающаяся усовершенствованным про­токолом связи и уникальными идентифика­ционными номерами детонаторов, обеспечи­вает сокращение времени программирования детонаторов и ускоренную диагностику по­следовательности срабатывания детонаторов и позволяет проектировать и моделировать схемы взрыва на любом компьютере для того, чтобы обеспечивались нужные конеч­ные результаты взрыва. Как только про­граммирование схемы взрыва оказыва­ется завершенным, эта схема загружается в Программный модуль. Взрывная машинка (рис. 1) выполняет проверку функциональ­ности каждого детонатора цепи и после это­го передает безопасные команды для ини­цирования каждого детонатора. Она может инициировать максимум 1500 детонаторов Daveytronic и имеет систему управления ба­тарей с индикатором заряда [2].



Рис. 1. Взрывная машинка и Программный модуль системы электронного взрыва Daveytronic

Методика определения опытным пу­тем фактических интервалов замедлений для рациональных параметров сетки сква­жин основана на реостатном методе из­мерения скорости детонации ВВ с исполь­зованием измерителя скорости детонации «DataTrap II Data/VOD Recorder» (рис. 2).



Рис. 2. Измеритель скорости детонации DataTrap II Data/VOD Recorder, позволяющий определять временные интервалы замедления между скважинами

Суть измерений заключается в определении временного интервала между взрывами скважинных зарядов. В каждом скважинном заряде ВВ исследуемой группы по всей его длине от промежуточного детонатора (начало инициирования) до устья скважины размещается измерительный кабель, который присоединяется к регистрирующему прибору посредством коаксиального кабеля РК. При взрыве по мере прохождения детонационной волны длина измерительного кабеля уменьшается и, соответственно, изменяется сопротивление кабеля. Регистрирующий прибор непрерывно измеряет изменение величины сопротивления электрической цепи и записывает во встроенную память.

Регистрирующий прибор фиксирует событие (взрыв одного скважинного заряда) в виде цифрового файла – таблицы «время – величина сопротивления» с возможностью расшифровки на персональном компьютере в виде диаграммы «длина заряда – время» с автоматическим вычислением скорости

детонации, определением временного интервала между событиями, места и продолжительности события [6].

На рис. 3 указаны запрограммированные интервалы замедления системы электронного взрывания Daveytronic для каждого скважинного заряда исследуемых групп скважин. Между скважинами в исследуемых группах программируемый интервал замедления составляет 67 мс. Технологические скважины во второй части взрываемого блока № 2444 инициировались с использованием НСИ «Rionel».

Результаты экспериментальных измерений фактических интервалов замедления между скважинными зарядами ЭВВ в исследуемых группах для различных параметров сетки скважин при монтаже взрываемого блока с использованием системы электронного взрывания Daveytronic представлены в таблице. Схематические разрезы исследуемых групп скважин [5] при определении фактических интервалов замедлений между скважинами и скорости детонации ВВ представлены на рис. 4, а и б.

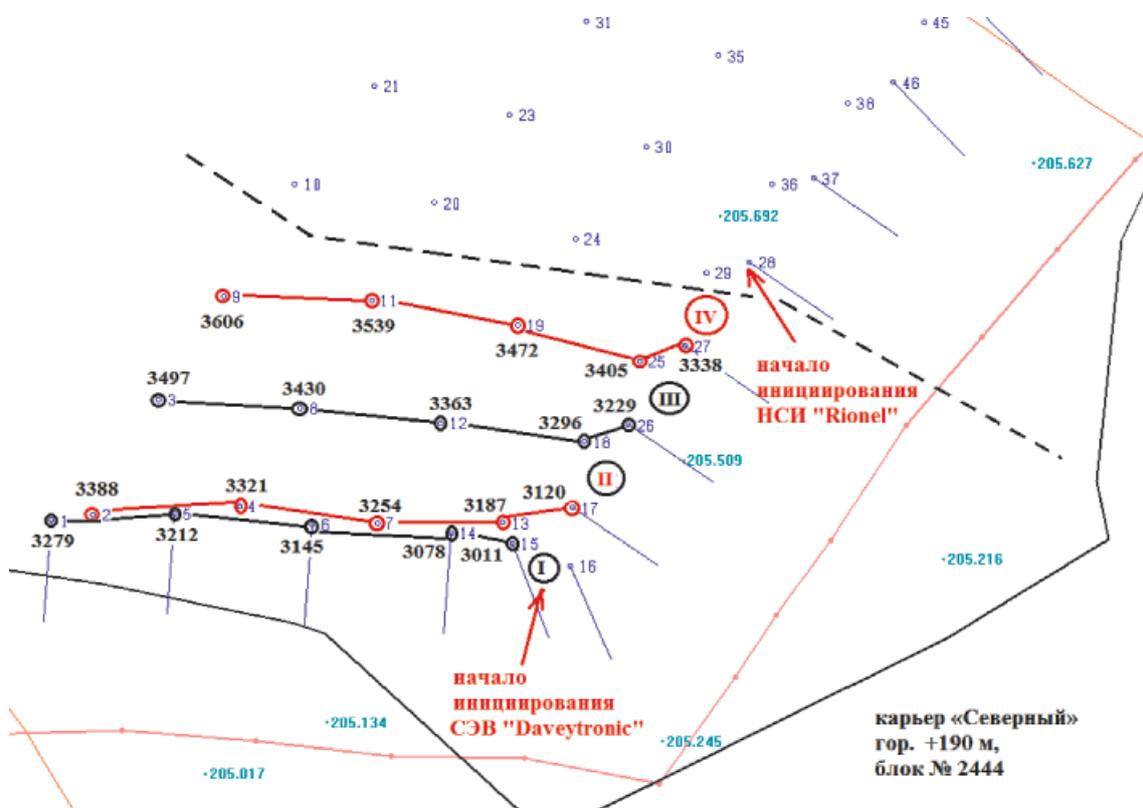


Рис. 3. Схема расположения исследуемых скважин во взрываемом блоке и монтажа взрывной сети с использованием системы электронного взрывания Daveytronic с программируемыми интервалами замедления (I, II, III, IV – исследуемые группы скважин)

Результаты измерений фактических интервалов замедления между скважинами и скорости детонации ЭВВ «Нитронит Э-70» в технологических экспериментальных скважинах

Дата массового взрыва и инструментальных замеров	11.11.2015 г.										
Карьер, номер гор., номер блока	«Северный», гор. +190 м, блок № 2444										
Тип ВВ	Нитронит Э-70										
Промежуточный детонатор	ПТ-П750/2										
Система инициирования	DaveyTronic										
Диаметр скважины, мм	250										
Масса ВВ в скважине, кг	820		885		820						
Плотность ВВ, г/см ³	1,112			1,116	1,124		1,112				
Группы скважин	II					IV					
Номера скважин	17	13	7	4	2	27	25	19	11	9	
Расстояние между скважинами в измеряем. группе, м	2,8		5,47			1,9		5,86			
			4,98		5,67				5	5,84	
Сопrotивление измерительного кабеля в скважине, Ом	66,5	125,7	131,8	133,4	134,1	61,5	122,7	132,5	134,7	134,7	
Глубина скважины, м	17,5	17,2	17			18	17,2	17,1	17		
Длина заряда ВВ в скважине, м	12	12,7	12,5	11,7	12,5	13,5	12,7	12,6	12,2	12,7	
Длина забойки в скважине, м	5,5	4,5		5,3		4,5			4,8	4,3	
Скорость детонации ВВ, м/с	–	–	5538	5594	5419	–	5208	–	–	4218	
Время детонации основного заряда ВВ в скважине, мс	–	–	2,35	2,2	2,25	–	0,35	–	–	0,75	
Интервал замедления между скважинами, мс	программируемый	3120	3187	3254	3321	3388	3338	3405	3472	3539	3606
		67		67			67		67		
			67		67			67		67	
	фактический	3120	3228	3250	3314	3378	3338	3525	3560	3654	3721
108,389		63,8			187,018		93,975				
		21,765		64,437			35,299		67,042		

Графики результатов измерений фактических интервалов замедлений между скважинами в исследуемых группах и скорости детонации ВВ в скважинах представлены на рис. 5 а и б.

В результате проведенных исследований из таблицы и графиков замеров фактических интервалов замедления видно, что для исследуемых скважин группы IV произошла большая задержка инициирующего импульса уже между первым и вторым рядом скважин на 120 мс. Для исследуемых скважин группы II фактические интервалы замедления почти совпали с ожидаемыми запрограммированными интервалами замедления и отличаются от них на 4–10 мс. Большое отклонение временного интервала возникло между скважинами первого и второго ряда на 108 и 187 мс для скважин группы II и IV соответственно. Между скважинами второго и третьего ряда произошло опережение инициирующего импульса и составляет 22 и 35 мс для скважин группы II и IV соответственно.

Фактически, для скважин № 13 и 7 случилось одновременное инициирование скважинных зарядов. Затем для последних рядов скважин произошло нивелирование отклонений временных интервалов. Нормальное срабатывание инициирующего импульса возникло для последних рядов скважин для группы II между скважинами № 7 и 4, 4 и 2, интервал замедления составил 64 мс, максимальные отклонения – 3 мс. Для группы IV между скважинами № 11 и 9 произошло идеальное совпадение фактических и ожидаемых интервалов замедления – 67 мс.

При анализе графиков результатов измерения скорости детонации из рис. 5, а и б видно, что произошел подбой измерительного кабеля в исследуемых скважинах № 17 и 13 группы II и в исследуемых скважинах № 27, 19 и 11 группы IV. Это может свидетельствовать о неправильной работе скважинных зарядов, в частности об опережении и задержке инициирующего импульса между скважинными зарядами № 17 и 13, 13

и 7, 27 и 25, 25 и 19. Следует обратить внимание, что в исследуемых скважинах № 7, 4, 2 и 9, в которых была зарегистрирована скорость детонации, фактические интервалы замедле-

ния подтверждают ожидаемые, следовательно можно судить, что подбор измерительного кабеля в других исследуемых скважинах связан с неправильной работой скважинных зарядов.

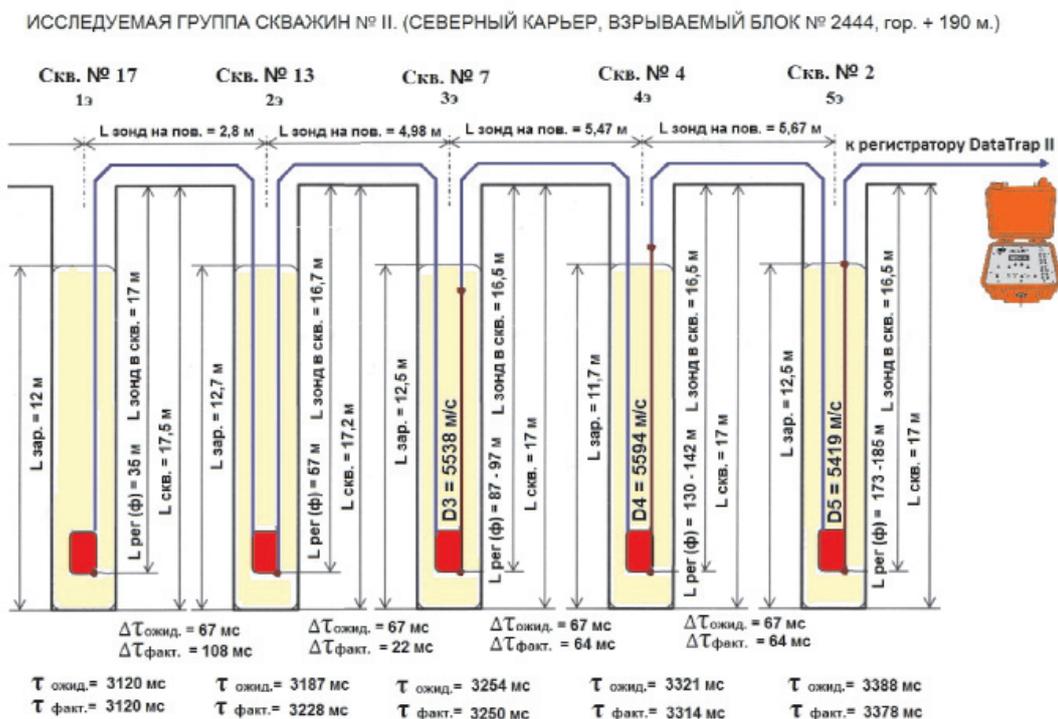


Рис. 4а. Схематический разрез исследуемой группы скважин № II при определении фактических интервалов замедлений между скважинами и скорости детонации ВВ

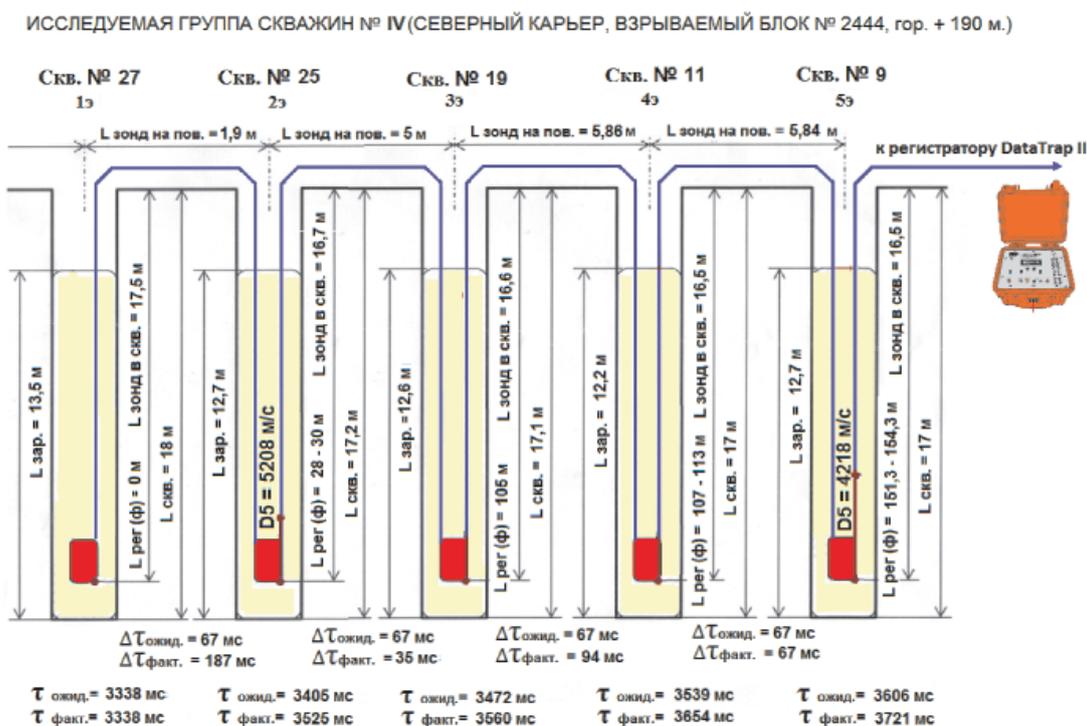


Рис. 4б. Схематический разрез исследуемой группы скважин № IV при определении фактических интервалов замедлений между скважинами и скорости детонации ВВ

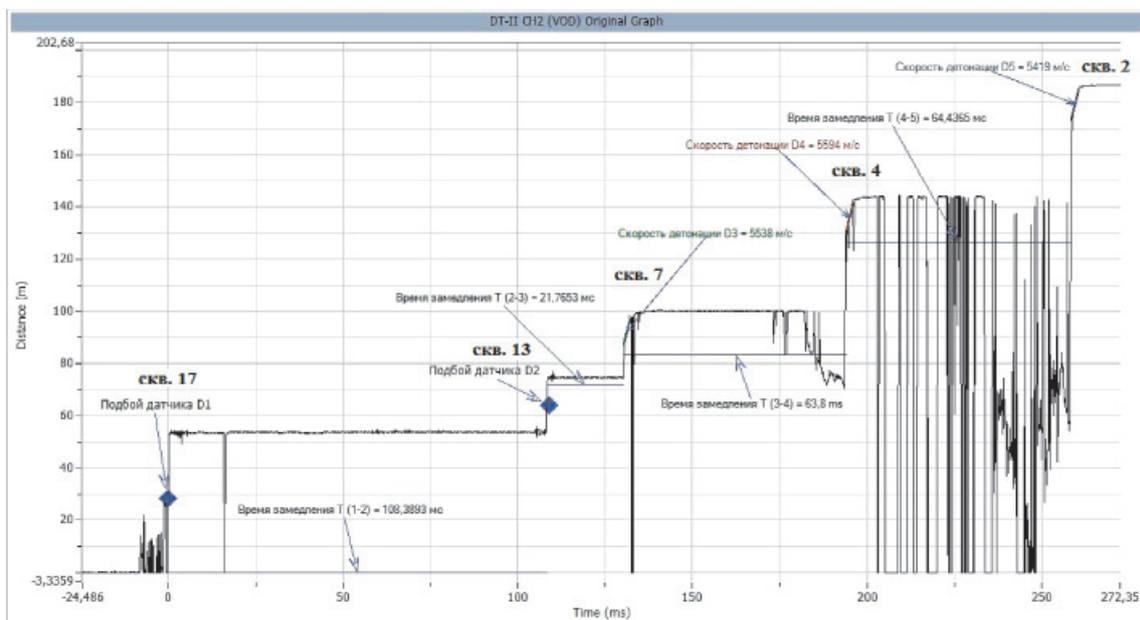


Рис. 5а. График результатов измерений фактических интервалов замедлений между скважинами исследуемой группы № II и скорости детонации ВВ в скважинах

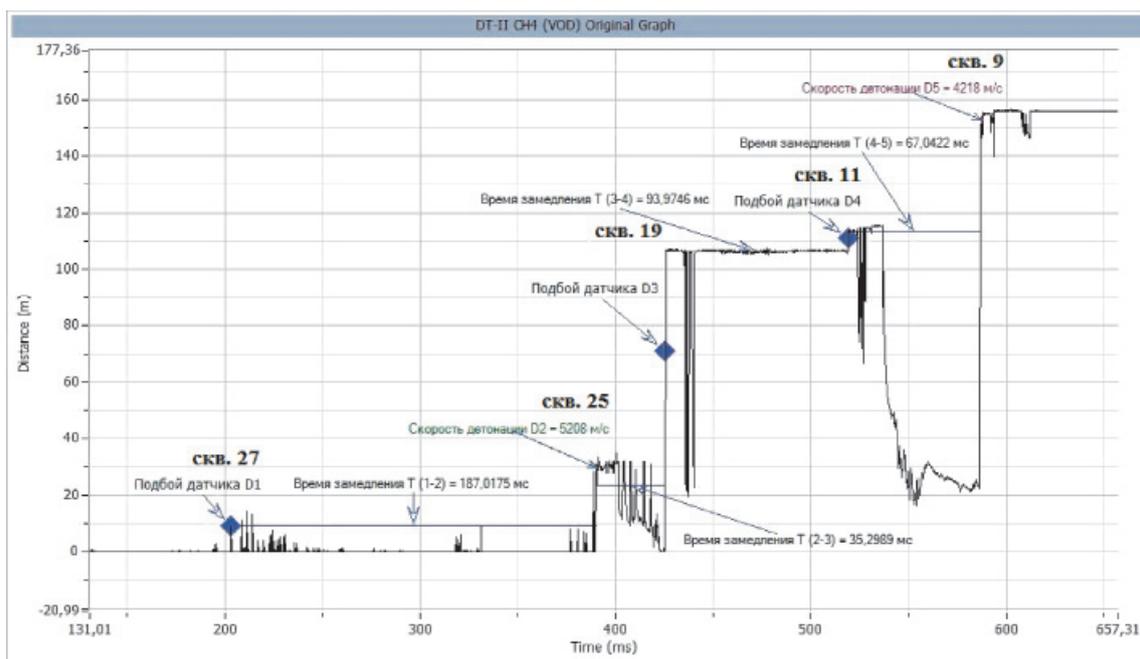


Рис. 5б. График результатов измерений фактических интервалов замедлений между скважинами исследуемой группы № IV и скорости детонации ВВ в скважинах

В результате проведенных инструментальных замеров скорость детонации ВВ «Нитронит Э-70» в исследуемых скважинах лежит в диапазоне от 4218 до 5594 м/с, что свидетельствует о ра-

боте скважинных зарядов в нормальном (штатном) режиме.

Фактические интервалы замедления между скважинами в исследуемых группах I и III определить невозможно, т.к.

произошло повреждение измерительной цепи в этих группах.

Наибольшая задержка инициирующего импульса возникла при минимальных параметрах сетки скважин при расстояниях между скважинами 3 и 2 м. Опережение инициирующего импульса случилось при расстоянии между скважинами 5 м. При максимальных параметрах сетки скважин 5,5–5,8 м заметна стабильная задержка инициирующего импульса.

В результате проведенных исследований установлено, что большая задержка инициирующего импульса произошла между скважинами первого и второго ряда, затем возникло опережение инициирующего импульса по отношению к программируемому времени срабатывания между скважинами второго и третьего ряда, и далее случилось нивелирование интервалов замедления между скважинами третьего, четвертого и пятого рядов.

Для того чтобы более точно оценить запаздывание или опережение инициирующего импульса и правильную работу соседних зарядов, требуется дальнейшее исследование фактических интервалов замедлений в смежных исследуемых группах скважинных зарядов.

Список литературы

1. Ежемесячный научно-технический и производственно-экономический журнал «Уголь». – 2013. – № 4. – С. 4–6.
2. Новые глобальные передовые технологические решения системы Daveytronic® III, Davey Bickford SNC, Эри – Франция, 25 с.
3. Типовой проект производства буровзрывных работ в карьерах рудоуправления ОАО «Ванадий». – Качканар, 2011. – С. 111.
4. Экспресс-отчет о результатах испытаний промышленных ВВ в скважинных зарядах на карьерах ООО «АВТ-Урал». – ЗАО «Институт взрыва», 2011. – 37 с.
5. DataTrap II DATA/VOD Recorder. Operator Manual/MREL Group of Companies Limited. Edition 3.0. – Canada, 2013 – 102 p.
6. VODMate Operator Manual/InstanTel. – Canada, 1998. – 99 p.

УДК 330.341.424

ПРОИЗВОДСТВО ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ: ПОЗИЦИЙ СТРАН БРИКС В МЕНЯЮЩЕМСЯ МИРЕ

¹Родионова И.А., ²Слука Н.А., ¹Кокуйцева Т.В.

¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва,
e-mail: iarodionova@mail.ru, tvkokuytseva@gmail.com;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, e-mail: sluka2011@yandex.ru

В статье характеризуются позиции стран БРИКС в производстве разных видов высокотехнологичной продукции. Показано, что вовлеченность в глобальную инновационную систему и уровень использования ИКТ влияют на состояние и уровень развития промышленности стран БРИКС и их позиции в мировой индустрии. Государства БРИКС уже перешли из ранга региональных лидеров в ранг крупнейших игроков мирового уровня. Выполненный по авторской методике компаративный анализ позиций экономических союзов НАФТА и ЕС и стран БРИКС в производстве разных видов высокотехнологичной продукции фиксирует растущее значение БРИКС в мировой экономике. Расчеты производились по материалам статистической базы данных Science and Engineering Indicators 2016. Отмечено, что в период 1999–2014 гг. доля стран БРИКС в мировом объеме производства высокотехнологичной продукции выросла с 6 до 31%. При этом за анализируемый период доля НАФТА сократилась с 40 до 30%, а доля стран ЕС – с 22 до 17%. Это происходит в первую очередь вследствие того, что Китай становится мировым лидером в производстве продукции большинства видов обрабатывающей промышленности, в том числе в производстве высокотехнологичной продукции.

Ключевые слова: индустриализация, обрабатывающая промышленность, высокотехнологичное производство, БРИКС, НАФТА, ЕС, компаративный анализ

HIGH-TECH MANUFACTURING INDUSTRIES: POSITION OF THE BRICS COUNTRIES BRICS IN A CHANGING WORLD

¹Rodionova I.A., ²Sluka N.A., ¹Kokuytseva T.V.

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow,
e-mail: iarodionova@mail.ru, tvkokuytseva@gmail.com;

²Moscow State University, Moscow, e-mail: sluka2011@yandex.ru

The article characterizes the positions of BRICS countries in the world high-tech production. The article shows that involvement in a global innovation system and the level of use of ICT influence the state and the development level of BRICS countries and their positions in the global industry. BRICS countries have already moved out of the rank of regional leaders to the rank of major world-class ones. A comparison of the positions of economic unions of NAFTA and the EU and the BRICS countries in the production of high-tech products shows the increasing importance of the share of the BRICS in the global economy. The calculations are based on statistical database Science and Engineering Indicators (2016). It is noticed that in 1999–2014 the share of the BRICS countries in the world high-tech production grew from 6 to 31%. Moreover the share of NAFTA declined from 40 to 30%, the share of the EU countries – from 22 to 17%. It is caused by the fact that China is becoming a world leader in manufacturing production, including high-tech production.

Keywords: industrialization, manufacturing industry, high-tech production, BRICS, NAFTA, the European Union, comparative analysis

В масштабе мировой экономики создание новейших технологий, внедрение в производственный процесс и производственную сферу научных достижений, повышение в связи с этим эффективности и других качественных показателей производства не замедлили отразиться на изменении отраслевой структуры обрабатывающей промышленности мира в сторону развития высокотехнологичных производств. Изменяются и позиции стран в мировом табеле о рангах. Многие государства мира становятся все более встроенными в глобальные цепи производства добавленной стоимости.

Одновременно мир продолжает меняться в геополитическом и геоэкономическом контексте и переходит к модели многополярности. Появилось много новых лидеров – региональных и даже глобальных. Поэтому тему позиционирования стран БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай, ЮАР) в мировой экономике и мировой промышленности нужно рассматривать именно в данном контексте. В 2006 г. Российская Федерация выступила с инициативой создания БРИК, объединяющего стран Бразилию, Россию, Индию и Китай. Первый саммит БРИК прошел 16 июня

2009 г. в Екатеринбургe. 23 декабря 2010 г. к группировке присоединилась Южно-Африканская Республика (появился новый форум – БРИКС). Как отмечают участники, БРИКС – не союз «против» кого-либо. Это – важный элемент сетевой дипломатии, объединение «за»: за продвижение совпадающих интересов участников, включая формирование более справедливого и демократического мироустройства; за наращивание совместных усилий государств в противодействии новым угрозам и вызовам – терроризму, наркотрафику, киберпреступности и т.д. На саммите стран БРИКС в городе Форталеза (Бразилия) в июле 2014 г. была подписана декларация о создании Банка развития БРИКС пятью странами-участницами организации. Восьмой саммит БРИКС состоится в 2016 году в Индии.

Страны БРИКС обладают крупнейшим в мире ресурсным потенциалом, огромными внутренними рынками и трудовыми ресурсами. На эти страны приходится свыше 10% накопленных инвестиций и почти 20% мировой торговли. Товарооборот между участникам объединения растет. Согласно отчетам Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) к 2020 г. суммарный ВВП Бразилии, России, Индии и Китая может достигнуть 1/3 общемирового объема [3]. А согласно нашим расчетам по статистике Научного фонда США – этот барьер преодолен уже в 2014 г.

Сегодня к странам БРИКС привлечено повышенное внимание. Уже с первых дней образования данного форума за рубежом изучались самые разные стороны и аспекты развития и сотрудничества стран БРИКС. Интересны, например, публикации The Goldman Sachs Group, Inc.: «Building Better Global Economic BRICS» (2001), «Growth and Development: The Path to 2050» (2004), «The World and the BRICS Dream» (2006), «BRICS and beyond» (2007). Анализируются процессы модернизации и демократизации в России, Китае, Бразилии, Индии и ЮАР [1, 7]. Важность и значимость внутреннего роста, вклад в глобальную экономику, вопросы расширения финансовых рынков и роста взаимодействия стран БРИКС с другими странами, в том числе до и после мирового финансово-экономического кризиса 2008–2009 гг. анализировались в издании «BRICS and The Global Economy» (Financial Technologies Knowledge Management Company Limited, Мумбаи, Индия, 2013) и многих других. В научном докладе к VII саммиту БРИКС

в 2015 г. (Уфа, Россия) «Перспективы и стратегические приоритеты восхождения БРИКС» [2], написанном группой российских ученых, представлена оценка БРИКС как цивилизационного объединения нового поколения. На основе большого массива данных исследуется место БРИКС в гецивилизационном пространстве XXI в. Выполнен сопоставительный анализ и представлен прогноз развития БРИКС и стран Большой семерки.

Государства БРИКС уже перешли из ранга региональных в ранг крупнейших игроков мирового уровня. А суммарные показатели развития экономики стран БРИКС и их растущие показатели объемов производства промышленной продукции (в том числе высокотехнологичной) подтверждают не только роль и значимость данного объединения для мировой экономики, но и позволяют сопоставлять их с параметрами развития крупных экономических союзов. Все вышеперечисленное делает проведение сравнительного (компаративного) анализа весьма актуальной задачей.

Цель исследования – показать, что развитие технологий и внедрение ИКТ является долгосрочной движущей силой экономического роста и развития стран в условиях глобализации, что и определяет позиции стран БРИКС в производстве промышленной продукции, в первую очередь высокотехнологичной; охарактеризовать динамику суммарных показателей стран БРИКС по разным видам высокотехнологичного производства в сопоставлении с показателями НАФТА и ЕС.

Основой для исследования являются материалы международных публикаций и аналитических обзоров: Industrial Development Report, UNIDO (2014); International Yearbook of Industrial Statistics, UNIDO (2015); UNESCO Science Report. Towards 2030; 2014 Global R&D Funding Forecast; World Investment Report 2015. UNCTAD. UN. New York and Geneva, 2015; INDSTAT4 – 2015; Science and Engineering Indicators, 2016, US. National Science Foundation и др.

Методика исследования состоит в проведении компаративного анализа по такому важнейшему показателю, как доля стран и групп стран в производстве промышленной продукции, что позволит выявить изменение позиций стран БРИКС в производстве разных видов высокотехнологичной продукции в сопоставлении с параметрами таких экономических союзов, как НАФТА и ЕС, на основании базы данных Научного фонда США.

Лидеры мировой индустрии

В неразрывной связи с изменениями отраслевого состава мировой индустрии (роста значения обрабатывающей промышленности, а в ней – доли высокотехнологичного производства) происходят и трансформации в территориальной структуре промышленности мира. В условиях глобализации по-прежнему сохраняется основной механизм ее эволюции – центр-периферический. С точки зрения пространственных закономерностей экономического развития и организации мировой индустрии роль и значение развивающихся стран (в первую очередь ведущих) в производстве и экспорте промышленной продукции неуклонно растут. Среди лидеров мировой экономики по объему ВВП по паритету покупательной способности валют находятся ныне Китай (19,51 трлн долл., 1-е место), опередивший в 2015 г. США (17,97 трлн долл.), Индия (8,0 трлн долл., 3-е место), Япония (4,7 трлн долл.), Германия (3,8 трлн долл.), Россия (3,5 трлн долл., 6-е место), Бразилия (3,2 трлн долл., 7-е место), Индонезия (8-я позиция), Великобритания, Франция, Мексика (11-я позиция), Республика Корея (13-е место), Саудовская Аравия (14-е место в группе лидеров). Так или иначе, но сокращение разрыва в уровнях экономического развития между Центром и мировой Периферией в широком смысле слова становится необходимой предпосылкой дальнейшего поступательного развития самого Центра, с одной стороны, и основой углубления глобализационных процессов, с другой.

Огромное влияние на позиции стран мира в мировой индустрии оказывают успехи в инновационном развитии и использовании ИКТ. В прежних работах нами были отражены коэффициенты корреляции между показателями ВВП в расчете на душу населения, расходами на НИОКР в расчете на душу населения, объемами добавленной стоимости производства высокотехнологичных видов продукции, товаров ИКТ-сектора в расчете на душу населения и позициями стран мира в индексах инновационного развития, подтвердившие высокую зависимость между этими показателями [5; 10].

Охарактеризуем позиции стран-лидеров и государств БРИКС по расходам на научные исследования [14]. С 2007 по 2013 г. мировые расходы на НИОКР (GERD) выросли с 1132,3 до 1477,7 млрд долл. (в постоянных ценах 2005 г.). При этом на долю высокоразвитых стран приходится 69%

(и доля эта сокращается), в том числе на долю США приходится около 28% мировых расходов на научные исследования (около 400 млрд долл. в постоянных ценах 2005 г.), на долю ЕС – 19%, на долю Японии – около 10%. При этом на долю Китая уже приходится около 20% мировых расходов на НИОКР (около 290 млрд долл. в постоянных ценах 2005 г.). Суммарная доля стран БРИКС – 27% мирового показателя. Во всех странах БРИКС увеличиваются расходы на НИОКР.

Однако данный показатель в пересчете на душу населения в странах БРИКС различен (колеблется в диапазоне от 35–39 долл. в Бразилии и Индии до 240 долл. в Китае и 285 долл. в России), и намного ниже, чем в развитых странах (США – более 1400, в Японии и Германии – свыше 1200 долл. в текущих ценах).

В то же время в Китае ныне насчитывают уже примерно 20% всего населения планеты, занимающегося научными исследованиями (для сравнения: на США приходится – 17%, на страны ЕС – свыше 22% мирового показателя). При этом интересны данные по динамике количества научных публикаций ученых разных стран мира. С 2005 г. по 2014 г. они выросли не очень значительно у США (это страна-лидер по данному критерию – 25% мирового показателя), а вот у Китая, который почти сравнялся ныне с США по этому показателю, число научных публикаций увеличилось в 4 раза (до 20% от общемирового числа публикаций). А ведь еще 10 лет назад на Китай приходилось лишь 5% научных публикаций в мире. Страны ЕС по-прежнему являются лидером – 34% мировых научных публикаций [14]. В докладе ЮНЕСКО отмечается, что среди стран БРИКС есть некоторые поразительные различия. Россия показывает сильную специализацию научных публикаций в физике, астрономии, науках о Земле, математике и химии. Научные статьи Китая довольно хорошо сбалансированы, за исключением некоторых разделов. Достоинства публикаций Бразилии лежат в сфере сельского хозяйства и наук о жизни.

Возвращаясь к рассуждениям об уровне развития промышленности стран мира, прогресс в которой невозможен без расходов на НИОКР и сильно зависит от них, отметим, что одним из важнейших является показатель производства добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности в расчете на душу населения. Важно отметить, что страны мира заметно различаются

по данному показателю [11]. Анализ данных ЮНИДО показывает, что разрыв между средними показателями в развитых и развивающихся странах (10:1) сохраняется [9].

Согласно материалам статистической базы данных (Научный фонд США – Science and Engineering Indicators 2016), где расчеты производились в текущих ценах уже в 2014 г. Китай вышел на первое место в мире по производству продукции обрабатывающей промышленности в мире (25,6% мирового объема), оставив позади США (18,3%), Японию (7,2%), Германию (6,1%) и Республику Корея (2,7%) [Рассчитано по: 13]. А если мы переходим к характеристике суммарных показателей стран БРИКС в сопоставлении с ЕС и НАФТА, то следует отметить следующее. Расчеты показали, что на долю стран НАФТА в 2014 г. приходилось 21,6% мирового производства продукции обрабатывающей промышленности, на долю ЕС – 20%, и на долю БРИКС – 33,8% (в 1999 г. ситуация была иная: 31,9; 27,8 и 10,1% соответственно). Таким образом, рост значения стран БРИКС в мировой индустрии не вызывает сомнений.

Компаративный анализ позиций стран НАФТА, ЕС и БРИКС в производстве продукции высокотехнологичных отраслей

Вне всякого сомнения, суммарные показатели стран БРИКС в высокотехнологичных отраслях растут в основном за счет роста показателей Китая, причем во всех анализируемых высокотехнологичных отраслях (аэрокосмической, фармацевтической промышленности, в производстве

вычислительной техники, средств связи и полупроводников, а также высокоточной научной и медицинской аппаратуры). Так, объемы производства (в стоимостных значениях в текущих ценах) в Китае в период 1999–2014 гг. выросли с 29,7 до 486 млрд долл. (практически в 16 раз), в то время как в США – с 320 до 511 млрд долл. (или всего в 1,6 раза). Иными словами, если в 1999 г. Китай отставал по производству высокотехнологичных товаров от США в 10 раз (по стоимости товаров), то ныне практически догнал эту страну (доля США – 28,7% мирового объема, Китая – 27,7%, 2014 г.). Суммарная доля стран БРИКС в мировом объеме производства высокотехнологичной продукции выросла с 6 до 31% за анализируемый период, доля НАФТА сократилась с 40 до 30%, доля стран ЕС – с 22 до 17% (табл. 1).

Видны также различия между странами БРИКС по темпам роста объемов продукции высокотехнологичных отраслей и по их удельному весу в общемировом показателе. Суммарный показатель БРИКС в очень большой степени обязан доле Китая (так же как и показатель НАФТА – доле США). При этом доля Китая в мировом объеме производства выросла за 15 лет с 3 до 27%, а доля США снизилась с 37 до 28% (хотя эта страна по-прежнему остается мировым лидером в данной сфере). Представим далее расчеты, иллюстрирующие изменение ситуации по отдельным видам высокотехнологичного производства. Все расчеты также проводились на основе статистической базы данных Научного фонда США (табл. 2).

Таблица 1

Доли стран БРИКС и экономических союзов НАФТА И ЕС в мировом производстве высокотехнологичных товаров, 1999–2014 гг. (%)

Страны / группы стран	1999	2000	2004	2008	2010	2012	2014
НАФТА	40,4	41,2	36,0	33,0	33,8	31,3	30,9
ЕС	22,4	19,8	22,9	22,7	18,1	16,8	17,0
БРИКС	5,9	6,1	10,4	17,9	22,0	27,4	31,1
Бразилия	1,2	1,4	1,1	1,7	1,8	1,9	1,7
Россия	0,7	0,3	0,5	0,9	1,0	1,1	1,2
Индия	0,5	0,3	0,5	0,7	0,9	0,9	0,8
Китай	3,4	4,0	8,1	14,5	18,2	23,4	27,3
ЮАР	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Рассчитано по: [13].

Таблица 2

Динамика доли стран БРИКС и экономических союзов в мировом производстве отдельных видов высокотехнологичной продукции 1999–2014 гг., %

Страны/ группы стран	1999	2000	2004	2008	2010	2012	2014
В производстве вычислительной техники (компьютеры и офисное оборудование)							
НАФТА	46,3	47,7	38,2	35,2	28,5	23,0	23,8
ЕС	18,4	15,0	18,8	15,4	12,5	11,8	12,4
БРИКС	2,6	4,3	15,6	30,0	39,2	47,7	49,9
В производстве коммуникационного оборудования (средств связи)							
НАФТА	33,6	36,0	25,1	21,1	21,5	18,4	18,0
ЕС	14,3	12,3	13,1	12,2	8,3	7,2	6,7
БРИКС	9,2	9,7	19,1	27,6	33,5	40,0	46,8
В производстве полупроводников							
НАФТА	32,1	32,6	27,5	24,0	26,0	25,5	24,8
ЕС	17,2	14,3	15,3	14,1	9,4	8,0	7,8
БРИКС	5,1	5,6	8,7	18,4	23,2	31,6	36,2
В производстве продукции фармацевтической отрасли							
НАФТА	34,2	35,2	33,8	28,1	28,4	24,7	23,8
ЕС	29,7	27,5	31,3	33,0	26,8	23,5	23,2
БРИКС	7,9	8,1	9,4	17,7	21,9	29,3	33,4
В производстве высокоточного научного и медицинского оборудования							
НАФТА	46,2	49,0	46,0	42,6	46,8	44,1	43,9
ЕС	31,1	28,4	31,2	29,6	22,5	22,6	23,1
БРИКС	2,8	3,1	5,7	10,8	13,3	14,1	16,1
В производстве продукции аэрокосмической отрасли							
НАФТА	62,7	64,0	59,7	57,5	57,7	55,3	56,1
ЕС	23,6	25,7	26,2	25,5	23,2	23,2	23,2
БРИКС	7,3	3,7	5,8	7,9	9,8	11,5	13,3

Расчитано по: [13].

Как говорится, комментарии излишни. Но все же постараемся озвучить полученные результаты проведенных нами вычислений. Так, за 15 лет (с 1999 по 2014 г.) только доля Китая в мировом производстве вычислительной техники возросла с 1,5 до 47% мирового объема; по производству коммуникационного оборудования – с 6 до 43%; по производству полупроводников – с 5 до 35% и т.д. Соответственно росли и суммарные показатели удельного веса БРИКС по выпуску продукции высокотехнологичных товаров. Расчеты показали, что в производстве вычислительной техники (компьютеры и офисное оборудование) доля стран БРИКС выросла с 3 до 50% (доля стран НАФТА сократилась с 46 до 23%, а доля ЕС – с 18 до 12%).

В мировом производстве коммуникационного оборудования (средств связи) в анализируемый период удельный вес БРИКС вырос с 9 до 47% (при снижении роли

НАФТА с 34 до 18%, а доли ЕС – с 14 до 7%). Лидерами отрасли ныне являются Китай (43% мирового производства), США (16%), Республика Корея (7%) и Япония (сократившая свое производство вдвое и уменьшившая долю в мировом производстве с 27 до 7%). Иными словами доля стран БРИКС, как и в производстве вычислительной техники, приблизилась к 50% мирового объема.

В мировом производстве полупроводников роль стран БРИКС в мире также возросла с 6 до 35% (а доля НАФТА сократилась с 32 до 25%, ЕС – с 17 до 8%). Как и в других подотраслях высокотехнологичного производства, Китай быстрыми темпами в последние 15 лет наращивал объемы выпуска продукции.

Значение стран БРИКС очень заметно увеличилось в мировом производстве продукции фармацевтической отрасли с 9,5 до 33% (при снижении удельного веса НАФТА и ЕС до 14 и 23% соответственно).

Однако в мировом производстве высокоточного научного и медицинского оборудования роль стран НАФТА (44%) и в первую очередь США (42%) по-прежнему очень высока, так же как стран ЕС – 23%, хотя роль БРИКС выросла с 3 до 16% мирового производства. Суммарно же страны НАФТА, ЕС и БРИКС производят свыше 80% мирового объема продукции данной отрасли.

И невысоко пока значение стран БРИКС в мировом производстве продукции аэрокосмической отрасли, особенно после сокращения удельного веса России за рассматриваемый нами период с 13 до 4% (самые низкие показатели – 1,5% мирового выпуска продукции отрасли были отмечены в начале 2000-х годов). Только на суммарную долю НАФТА (56%) и ЕС (23%) ныне приходится почти 80% общемирового показателя (а в начале 2000-х годов – было практически 90%). При этом доля стран БРИКС ныне – лишь 13%, но и это происходит в основном за счет быстрого роста удельного веса Китая (с 0,6 до 7%) и Бразилии (с 1 до 2,3%) [Рассчитано по: 13].

Все проведенные нами расчеты приводят нас к основной мысли о необходимости более плотного сотрудничества в сфере инноваций, о развитии инновационно-технологических связей между странами-участницами БРИКС, о чем и говорится в документах последних саммитов БРИКС. Инновационная сфера заявлена в качестве приоритетной области сотрудничества. Особенно актуально развитие технологи-

ческого и инновационного взаимодействия с партнерами по БРИКС для России в связи с увеличением напряженности в отношениях с западными странами (санкции из-за событий на Украине и др.). На 6-м саммите БРИКС в Бразилии было заключено Соглашение о сотрудничестве в области инноваций между банками развития стран БРИКС, которое предполагает обмен информацией между институтами пяти стран о развитии методов и форм финансовой поддержки инновационных проектов, а также софинансирование инициатив, реализация которых представляет непосредственный интерес для двух или более стран БРИКС [6].

Страны БРИКС в рейтинге по Индексу конкурентоспособности в аэрокосмической отрасли

Тем не менее стоит отметить и некоторые подвижки даже в аэрокосмической отрасли. Страны БРИКС входят в ТОП-15 стран-лидеров по Индексу конкурентоспособности аэрокосмической промышленности, рассчитываемому консалтинговой компанией Futron [8]. Он рассчитывается по трем составляющим, характеризующим:

- 1) уровень развития государства (государственная политика, поддержка инноваций и др.);
- 2) уровень развития отрасли (возможности производства, запуска космических аппаратов, корпоративная и финансовая устойчивость);
- 3) уровень развития человеческого потенциала (табл. 3).

Таблица 3

Страны-лидеры по Индексу конкурентоспособности в аэрокосмической промышленности, 2014 г.

Место 2014	Страна	Уровень развития человеческого капитала	Уровень развития отрасли	Индекс конкурентоспособности
1	США	17,98	37,04	90,60
2	Европа	11,48	18,11	50,34
3	Россия	4,54	15,05	43,76
4	Китай	3,00	7,17	24,39
5	Япония	1,74	3,19	21,45
6	Индия	2,46	2,88	20,49
7	Канада	2,32	1,84	16,75
8	Респ. Корея	0,77	1,44	10,80
9	Израиль	0,43	1,41	10,30
10	Австралия	0,79	0,10	7,73
11	Бразилия	0,84	0,45	7,42
15	ЮАР	0,09	0,01	3,50

Составлено авторами по источнику: Futron's 2014.

Как уже было отмечено выше, значительно продвинулся на пути развития аэрокосмической отрасли Китай, пик космической деятельности которого пришелся на первое десятилетие XXI века. Китай успешно запускает на орбиту спутники (со 100% степенью надежности).

Подобного успеха за десятилетие не добивались ни США, ни Россия. В 2008 г. Китай осуществил запуск космического корабля с выходом астронавта в открытый космос. В 2012 г. была осуществлена первая пилотируемая космическая стыковка. На 2020 г. Китай планирует запуск собственной космической станции.

Китай и Индия активно развивают двусторонние отношения и совместные проекты с другими странами, развивая сотрудничество в области космических технологий в Азии. Китай является лидером Азиатско-Тихоокеанской организации по сотрудничеству в сфере мирного космоса (APSCO), действующей с 2008 года. В Индии располагается штаб-квартира Центра космического научного и технологического обучения в АТР (CCSTEAP) под эгидой UNESCAP [4].

Прорыв, достигнутый в сфере космических технологий, особенно в области средств выведения космических аппаратов на орбиту и прикладных космических систем, рассматривается Китаем и Индией в качестве базы для поступательного наращивания сотрудничества в регионе. Обеспечение странам Азии альтернативного доступа к современным космическим технологиям будет способствовать повышению их технологического потенциала, превращению региона в один из важных центров развития мировой космической промышленности. Эти изменения в долгосрочной перспективе перекроют сложившийся в мире баланс сил.

Следует также подчеркнуть следующее. Индия является новатором в области предоставления уникальных видов космических услуг. Космическая информация используется для анализа и мониторинга данных в таких сферах, как вырубка лесов, борьба с низкой продуктивностью земель, нехватка питьевой воды, истощение ресурсов прибрежной зоны, опасные метеорологические яв-

ления и проч. Индия продает ведущим государствам мира спутниковые платформы. Страна прочно обосновалась на мировом рынке данных дистанционного зондирования, освоила технологию создания межконтинентальных баллистических ракет и т.д. [12]. Хотя еще совсем недавно Индия играла весьма скромную роль в сфере космических исследований. Многие из опыта деятельности Индии и Китая в аэрокосмической отрасли целесообразно позаимствовать современной России, пытающейся восстановить свои былые позиции в сфере космических исследований.

Заключение

Глобализация и инновационное развитие привели к глубоким изменениям в отраслевой и территориальной структуре мирового хозяйства и мировой промышленности. Китай, Индия, Россия и Бразилия уже входят в первую десятку лидеров мировой экономики. Но следует помнить, что промышленные сектора экономики в странах данной группы представляют собой сугубо национальные образования со своими специфичными характеристиками, требующими дифференцированного рассмотрения.

Страны БРИКС находятся в группе лидеров мировой индустрии. Особенно это заметно при анализе динамики производства продукции высокотехнологичных отраслей. Суммарные показатели выпуска продукции высокотехнологичных отраслей в странах БРИКС уже не просто сопоставимы с показателями НАФТА и ЕС, а зачастую значительно их превосходят. На наш взгляд, это лишь подтверждает декларируемый ныне тезис о том, что в ближайшие 20–30 лет именно Китай, Россия, Бразилия, Индия и ЮАР будут оказывать очень значительное влияние на происходящие в мировом сообществе процессы.

Однако необходима активизация сотрудничества стран БРИКС в высокотехнологичной сфере, в том числе в увеличении взаимной торговли средне- и высокотехнологической продукцией, при реализации совместных проектов в наукоемких отраслях.

Список литературы

1. Модернизация и демократизация в странах БРИКС: сравнительный анализ / под ред. И.М. Бусыгиной, И.Ю. Окунева; МГИМО (У) МИД России. – М.: Аспект Пресс, 2015.
2. Перспективы и стратегические приоритеты восхождения БРИКС. Научный доклад к VII саммиту БРИКС / под ред. В.А. Садовниченко, Ю.В. Яковца, А.А. Акаева. – М.: МИСК-ИНЭС-НКИ БРИКС, 2014.
3. Прозоровский А.С. Шестая встреча лидеров стран БРИКС // Запад – Восток – Россия. – 2015. – Ежегодник. – С. 53–54.
4. Прокопенкова И.О. Международное сотрудничество в сфере космических технологий. – URL: <http://riss.ru/analytics/4787/> (дата обращения: 10.02.2016).
5. Родионова И.А., Галкин М.А., Кокуйцева Т.В. Расходы на научные исследования и лидерство стран в производстве и экспорте высокотехнологичных товаров в XXI веке: мир и Россия // ЭТАП: Экономическая Теория, Анализ, Практика. – 2013. – № 3. – С. 41–56.
6. Шарова Е.А. Сотрудничество стран БРИКС в области высоких технологий: состояние и перспективы. – URL: http://old.riss.ru/my-v-smi/4139-perspektivy-innovatsionno-tekhnologicheskogo-sotrudnichestva-stran-briks#.VsV0NFJ_viw (дата обращения: 18.02.2016).
7. Феномен БРИКС: от глобального объекта к глобальному игроку / Е.Д. Фролова, Л.Е. Стровский и др. / под общей ред. Е.Д. Фроловой. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2011.
8. Futron Releases 2014 Space Competitiveness Index. Available at: <http://www.satellitemarkets.com/market-trends/futron-releases-2014-space-competitiveness-index> (accessed 5 February 2016).
9. INDSTAT4 – 2015 edition. Industrial Statistics Database. Available at: https://www.unido.org/data/IndStatBrief/World_Leading_MVA.cfm?print=no&ttype=W6&Country=&Group= (accessed 5 February 2016).
10. Rodionova I. Competitiveness of Countries in the World Innovation Economy: Central-Eastern Europe and Russia // *Quaestiones Geographicae*. – 2013. – Vol. 32, Issue 2. – P. 15–24. Available at: <http://www.degruyter.com/view/j/quageo.2013.32.issue-2/quageo-2013-0010/quageo-2013-0010.xml?format=INT> (accessed 5 February 2016).
11. Rodionova I. World industry in post-industrial society: tendencies and regional shifts // *Miscellanea Geographica – Regional Studies on Development*. – 2014. – Vol. 18. – № 1. – P. 31–36. Available at: <http://www.degruyter.com/view/j/mgrsd.2014.18.issue-1/issue-files/mgrsd.2014.18.issue-1.xml> (accessed 5 February 2016).
12. R&D.CNews: Россия очень сильно отстает от Индии в космосе. – URL: <http://www.gisa.ru/37346.html> (дата обращения 19.02.2016).
13. Science and Engineering Indicators 2016. Appendix (tables 6). Two volumes. Arlington, VA: National Science Foundation, USA, 2016. – URL: <http://nsf.gov>.
14. UNESCO Science report: towards 2030. UNESCO Publishing. – Paris, 2015.

УДК 574.635

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МАКРОФИТОВ РЕКИ УРАЛ В ПРОЦЕССАХ
ОЧИСТКИ ВОДОТОКА ОТ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ****Соловых Г.Н., Винокурова Н.В., Тихомирова Г.М.***ГБОУ ВПО «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации, Оренбург, e-mail: gal.nik.solovix@mail.ru*

Оценка содержания ПХБ в воде, донных отложениях и макрофитах р. Урал. Показаны процессы аккумуляции ПХБ макрофитами, межвидовые различия в их накоплении. Изучена возможность и уровень биоаккумуляции полихлорированных бифенилов макрофитами разных экологических групп. Четкой корреляционной связи между содержанием ПХБ в воде, донных отложениях и макрофитах не выявлено. В период вегетации происходит перераспределение поступающих в водоём загрязнителей между компонентами экосистемы. Выявлен процесс миграции поллютантов в разных компонентах водной среды. Сформулировано практическое предложение в плане усиления процессов биологической очистки водоёмов и водотоков от полихлорированных бифенилов для усиления биологической очистки водоёмов и водотоков путем рекомендации осуществления элиминации фитомассы макрофитов из водных экосистем в осенний период процесса их вегетации.

Ключевые слова: вода, донные отложения, макрофиты, полихлорированные бифенилы, аккумуляция

**BIOLOGICAL ROLE MACROPHYTES OF THE URAL RIVER IN THE CLEANING
PROCESS WATERCOURSES FROM POLYCHLORINATED BIPHENYLS****Solovykh G.N., Vinokurova N.V., Tikhomirova G.M.***State budget educational institution of higher professional education «Orenburg State Medical
University» of Ministry of Health of the Russian Federation, Orenburg, e-mail: gal.nik.solovix@mail.ru*

An assessment of the content of polychlorinated biphenyls in water, sediments and macrophytes of the Ural River. It shows the accumulation of polychlorinated biphenyls macrophytes interspecies differences in their accumulation. It studied the possibility and the level of bioaccumulation of polychlorinated biphenyls macrophytes of different ecological groups. A clear correlation between the content of polychlorinated biphenyls in water, sediments and macrophytes were not identified. During the growing season redistribution of entering water pollutants between ecosystem components. It identified the migration process of pollutants in different components of the aquatic environment. It is formulated practical proposal in terms of enhancing the processes of biological cleaning of ponds and streams from polychlorinated biphenyls to enhance biological treatment of ponds and streams by recommending the implementation of the elimination of phytomass of macrophytes from aquatic ecosystems in the autumn of their vegetation.

Keywords: water, bottom sediments, macrophytes, polychlorinated biphenyls, accumulation

Высшие водные растения благодаря своим морфологическим и экологическим особенностям могут служить биологическим фильтром для поступающих в водоем взвешенных и слаборастворимых органических и неорганических поллютантов [7].

При изучении негативных последствий загрязнения водных экосистем полихлорированными бифенилами (ПХБ) большое значение приобретают исследования взаимосвязи между накоплением и распределением данных поллютантов в компонентах водных экосистем, в том числе и в высших водных растениях, которые живут на мелководьях, не мигрируют, а потому представляют собой удобный объект для наблюдения. По литературным данным исследования с использованием макрофитов в мониторинге токсикантов находятся в стадии накопления информации. Неизученным остается данный вопрос и для р. Урал. Все вышеизложенное и определило цель и задачи нашего исследования.

Цель данного исследования – изучить возможности и уровень биоаккумуляции полихлорированных бифенилов макрофитами разных экологических групп и оценить их роль в процессах биологической очистки от данных поллютантов.

Материалы и методы исследования

Полевые ботанические исследования проводились в период максимального развития растительности – в июне 2013 г. Идентификация макрофитов осуществлялась до вида. Определение растений производилось по определителю [3, 4, 8]. При описании фитоценозов использовались стандартные методики [1, 5].

Суммарное содержание ПХБ в исследуемых образцах макрофитов, воде и донных отложениях определяли хроматографическим методом на хроматографе «Хромос ГХ-1000» на базе испытательной лаборатории Федерального государственного учреждения «Государственный центр агрохимической службы «Оренбургский»». Для оценки содержания ПХБ в макрофитах проводились расчеты коэффициентов биологического поглощения (Кб), коэффициентов специфического относительного накопления.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Уникальные морфологические и экологические особенности высших водных растений способствуют тому, что они могут выступать биологическим фильтратом при поступлении в водоем взвешенных и слаборастворимых органических и неорганических загрязнений [6].

В последние годы всё острее встаёт вопрос о негативных последствиях поступающих в водные экосистемы таких токсиантов, как полихлорированные бифенилы (ПХБ). При этом наибольшее значение приобретают исследования процессов накопления ПХБ в компонентах водных экосистем, среди которых высшие водные растения из-за отсутствия миграции представляют собой наиболее информативный объект для наблюдения, так как, концентрируя ПХБ в значительных количествах, живут на мелководьях и имеют большой период их полувыведения. Проведенный литературный поиск показал, что мониторинговые исследования с использованием макрофитов находятся в стадии накопления информации. Учитывая вышеизложенное, была поставлена задача изучить содержание ПХБ в воде, донных отложениях и макрофитах

доминантных и субдоминантных видов, характерных для различных станций реки Урал на территории Оренбургской области.

Для решения поставленной задачи в ходе экспедиции 2013 г. был осуществлен забор проб воды и ДО в р. Урал не только в районе Оренбурга, но и на протяжении его среднего течения: на 18 разрезах от Оренбурга до Ириклинского водохранилища (таблица).

В содержании ПХБ в воде и ДО (по рРоссийским нормативам) на всех 18 станциях не были установлены превышения ПДК. Максимальная концентрация поллютантов в воде и в ДО была зафиксирована, как и в предыдущие годы исследования, на ст. «Очистные сооружения» в районе Оренбурга ($0,00081 \pm 0,00022$ и $0,056 \pm 0,03$ мг/кг соответственно). Наиболее низкие значения ПХБ в воде и в ДО ($< 0,0003$ мг/л и $< 0,01$ мг/л соответственно) были зарегистрированы для 10 станций: «Карьер», «Лагерь «Дубки»», «п. Южный Урал, Лагерь «Чайка»», «Турбаза «Прогресс»», «Оренбургский район», «Красногор, Саракташский район», «Алабайтал, Беляевский район», «Никольское, Кувандыкский район», «Орск (городской пляж)», «Ириклинское водохранилище», «отд. Уральское, Кваркенский район».

Содержание ПХБ в воде и ДО и значения коэффициентов донной аккумуляции на станциях реки Урал в районе Оренбурга и на территории Оренбургской области в 2013 г.

Название станции	Концентрация ПХБ		КДА
	в воде	в донных отложениях	
	мг/л	мг/кг	
Очистные сооружения	$0,00081 \pm 0,00022$	$0,056 \pm 0,03$	69,14
Железнодорожный мост	$0,00065 \pm 0,00018$	$0,018 \pm 0,009$	27,69
Автомародожный мост	$0,00075 \pm 0,0002$	$0,016 \pm 0,008$	21,33
Водозабор	$0,00068 \pm 0,00018$	$0,035 \pm 0,02$	51,47
Карьер	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
Лагерь «Дубки»	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
п. Южный Урал, Лагерь «Чайка»	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
п. Черноречье, мост через р. Урал	$0,00041 \pm 0,00011$	$0,017 \pm 0,009$	41,46
Турбаза «Прогресс», Оренбургский район	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
с. Красногор, Саракташский район	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
с. Алабайтал, Беляевский район	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
с. Никольское, Кувандыкский район	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
с. Хабарное ниже г. Новотроицка	$0,00035 \pm 0,00009$	$0,012 \pm 0,006$	34,29
с. Ущелье выше г. Новотроицка	$0,00031 \pm 0,00008$	$0,011 \pm 0,006$	35,48
г. Орск (городской пляж)	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
п. Новоказачий выше г. Орска	$0,00031 \pm 0,00008$	$0,012 \pm 0,006$	38,71
Ириклинское водохранилище	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33
отд. Уральское, Кваркенский район	$< 0,0003$	$< 0,01$	33,33

Оценка содержания ПХБ в ДО, их ответственности допустимой концентрации зарубежных экологических нормативов показала превышение показателя только на двух станциях: на ст. «Очистные сооружения» в 2,8 раза и на ст. «Водозабор» в 1,75 раза. На остальных станциях показатели содержания ПХБ соответствовали допустимым нормативам.

В 2013 г. максимальная аккумулирующая способность была отмечена, как и в 2009 и 2011 годах [2] на ст. «Очистные сооружения», где значение КДА ПХБ соответствовало 69,14, что было несколько выше полученных в предыдущие годы показателей, а также высокие значения КДА были выявлены на ст. «Водозабор» – 51,47, на ст. «п. Черноречье, мост через р. Урал» – 41,46, на ст. «п. Новоказачий выше г. Орска» – 38,71.

Более низкая способность накапливать поллютанты выявлена для тех станций, где отмечено низкое содержание ПХБ в воде и ДО («Карьер», «Лагерь “Дубки”», «п. Южный Урал, Лагерь “Чайка”», «Турбаза “Прогресс”», Оренбургский район», «с. Красногор, Саракташский район», «с. Алабайтал, Беляевский район», «с. Никольское, Кувандыкский район», «г. Орск (городской пляж)», «Ириклинское водохранилище», «отд. Уральское, Кваркенский район»), коэффициент донной аккумуляции на этих станциях был равен 33,33.

Исходя из полученных данных содержания ПХБ в воде, ДО и анализа аккумулирующей способности ПХБ на разных участках реки Урал, на всех исследуемых участках уровень загрязненности токсикантом в 2013 г. можно охарактеризовать как низкий, так как не было существенного превышения ПДК для ПХБ в воде, но по принятым в практике зарубежным нормативам содержание ПХБ в ДО на отдельных станциях превышало норму в несколько раз и отличалось друг от друга по станциям: концентрация поллютантов выше на станциях, расположенных в районе Оренбурга, чем на других станциях среднего течения р. Урал от Оренбурга до Ириклинского водохранилища. Кроме того, прослежена тенденция к повышению в содержании токсикантов в период с 2009 по 2013 г. При этом отмечена достаточно активная аккумуляция ПХБ в ДО, что может вызвать риск вторичного загрязнения реки данными поллютантами, и в конечном итоге привести к неблагоприятным последствиям для жизнедеятельности биоты и нарушить устойчивость самой

экосистемы, а также быть причиной отдаленных неблагоприятных последствий для населения, проживающего на территории среднего течения р. Урал, использующего воду, загрязненную ПХБ даже в малых концентрациях, из-за высокой токсичности данных поллютантов.

Поэтому на следующем этапе исследования определяли содержание ПХБ в макрофитах доминантных и субдоминантных видов, характерных для отдельных станций реки Урал, а далее были проведены расчеты коэффициента биологического поглощения ПХБ макрофитами и коэффициенты специфического относительного накопления ПХБ макрофитами, собранными в реке Урал в районе Оренбурга и на территории Оренбургской области в 2013.

По результатам исследований установлено, что накопление ПХБ макрофитами, произрастающими в р. Урал на территории Оренбургской области, в видовом отношении достоверно различается. Так, среди всех анализируемых представителей растительного сообщества, *Lemna minor* выделяется наилучшей способностью к накоплению ПХБ, коэффициент биологического поглощения колебался от 2096,77 (ст. «п. Новоказачий, выше г. Орска») до 2933,33 (ст. «Турбаза “Прогресс”», Оренбургский район) и в среднем по станциям, где было обнаружено растение, составило 2440,14. Несколько ниже Кб был зарегистрирован для *Ceratophyllum demersum* (от 984,62 на ст. «Железнодорожный мост» до 2967,74 на ст. «с. Ущелье, выше г. Новотроицка»), в среднем по станциям – 1695,32. Высокая способность поглощать ПХБ характеризовала и *Hydrocharis morsusranae*, для которой Кб составил от 677,42 (ст. «п. Новоказачий, выше г. Орска») до 1225,81 (ст. «с. Ущелье, выше г. Новотроицка») или в среднем 1023,3. Все эти виды растений относятся к неукореняющимся гидрофитам и извлекают ПХБ только из водной толщи.

Среди укореняющихся макрофитов (рис. 1) наибольшая способность поглощать ПХБ характерна для *Potamogeton natans* со средним Кб 75,55 и для *Scirpus lacustris* с Кб, равным 71,31. Наименьшая способность накапливать ПХБ наблюдалась для *Nuphar lutea* со средним значением Кб 31,07 и для *Sparganium erectum* с Кб 33,52.

Ряд накопления ПХБ изучаемыми растениями по среднему значению Кб выстраивается следующим образом: *Lemna minor* > *Ceratophyllum demersum* > *Hydrocharis*

morsus-ranae > *Potamogeton natans* > *Scirpus lacustris* > *Potamogeton perfoliatus* > *Potamogeton crispus* > *Zannichellia palustris* > *Typha angustifolia* > *Butomus umbellatus* > *Myriophyllum spicatum* > *Potamogeton lucens* > *Sagittaria sagittifolia* > *Najas marina* > *Sparganium erectum* > *Nuphar lutea*.

Укореняющиеся макрофиты извлекают ПХБ как из донных отложений, так из воды, извлекая и накапливая поллютанты, не только растворенные в воде, но и присутствующие во взвешенно-коллоидном материале водной массы и на поверхности листьев. Замечено, что неукореняющиеся растения накапливают большие количества ПХБ, нежели укореняющиеся, что, вероятно, связано с их физиологическими и морфологическими особенностями, обеспечивающими им высокие сорбционные свойства стеблей и листьев, задерживающие и поглощающие поллютанты из воды. Исходя из сказанного доминантные виды неукореняющихся макрофитов (*Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum*, *Hydrocharis morsus-ranae*) можно считать группой специфических концентраторов ПХБ, и она может быть рекомендована в качестве основного объекта при проведении диагностического мониторинга современного экологического состояния реки Урал. При этом удаление данной растительности из водной среды можно использовать для активации процессов самоочищения и снижения вторичного загрязнения ПХБ.

Анализ коэффициентов специфического относительного накопления ПХБ исследуемых макрофитов показал, что на ст. «Очистные сооружения» и «Чернореченский мост» большей способностью накапливать ПХБ

обладает *Sparganium erectum* (коэффициент 1,08 и 1,37 соответственно), на ст. «Железнодорожный мост» – *Scirpus lacustris* (коэффициент 1,71). На ст. «Автомобильный мост», «с. Красногор, Саракташский район», «с. Алабайтал, Беляевский район» более высокое значение было зафиксировано для *Potamogeton perfoliatus* (коэффициент 1,56; 2,91 и 2,12 соответственно).

Растение *Typha angustifolia* с коэффициентами 1,36 и 1,89 соответственно стало лидирующим по этому значению на ст. «Водозабор» и «Лагерь “Дубки”», тогда как на ст. «Карьер» – *Potamogeton crispus* (коэффициент 1,54), на ст. «Лагерь “Чайка”», «Турбаза “Прогресс”» и «п. Новоказачий, выше г. Орска», Оренбургский район» – *Potamogeton natans* (коэффициент 1,84; 1,54 и 1,77 соответственно), на ст. «с. Никольское, Кувандыкский район» – *Butomus umbellatus* (коэффициент 1,69), на ст. «с. Ущелье, выше г. Новотроицка» и «п. Новоказачий, выше г. Орска» – *Ceratophyllum demersum* (коэффициент 1,78 и 1,92 соответственно), на ст. «г. Орск (городской пляж)» – *Myriophyllum spicatum* (коэффициент 1,55) (рис. 2).

При сравнении средних значений коэффициентов специфического относительного накопления ПХБ для макрофитов, представленные на рис. 2 было показано, что более высокое значение зафиксировано для *Scirpus lacustris* (1,71), *Potamogeton perfoliatus* (1,54) и *Potamogeton natans* (1,51), которые относятся к группе укореняющихся макрофитов. Самые низкие значения наблюдались для *Nuphar lutea* (0,54) и *Hydrocharis morsus-ranae* (0,55).

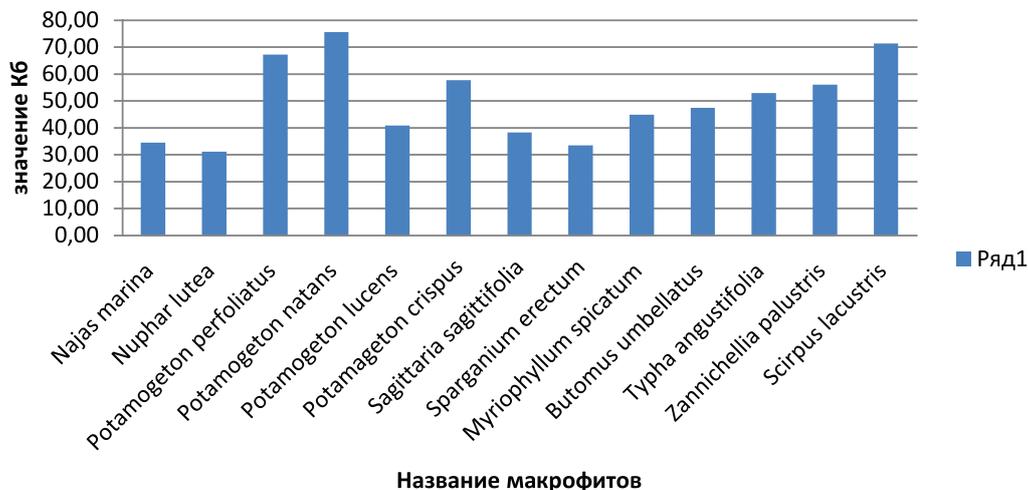


Рис. 1. Средние значения коэффициентов биологического поглощения ПХБ укореняющимися макрофитами

Средние значения коэффициентов относительного специфического накопления ПХБ макрофитами

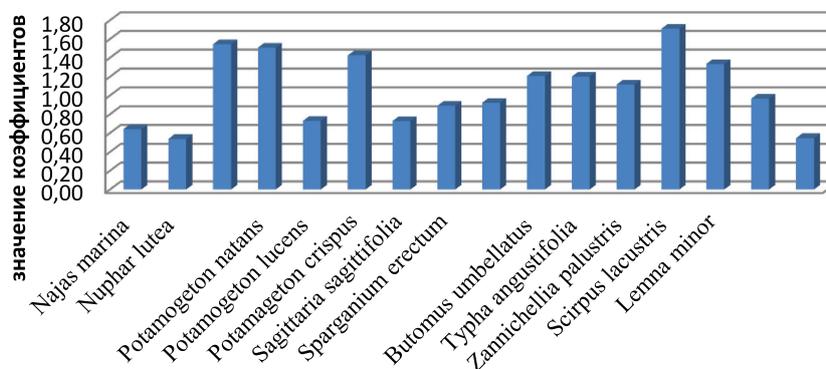


Рис. 2. Средние значения коэффициентов специфического относительного накопления ПХБ макрофитами

Ряд изучаемых макрофитов по среднему значению коэффициентов специфического накопления ПХБ выстраивается следующим образом: *Scirpus lacustris* > *Potamogeton perfoliatus* > *Potamogeton natans* > *Potamogeton crispus* > *Lemna minor* > *Butomus umbellatus* > *Typha angustifolia* > *Zannichellia palustris* > *Ceratophyllum demersum* > *Myriophyllum spicatum* > *Sparganium erectum* > *Potamogeton lucens* > *Sagittaria sagittifolia* > *Najas marina* > *Hydrocharis morsus-ranae* > *Nuphar lutea*.

Полученные данные подтверждают предположение о том, что поступление ПХБ из донных осадков и воды в растения зависит от их биологических особенностей, определяющих отличия в процессах накопления токсикантов в различных видах макрофитов при одинаковом количестве поллютантов в исследуемых водных объектах.

Полученные результаты не выявили прямой корреляционной связи между содержанием ПХБ в воде и ДО и их содержанием в макрофитах, однако установлены межвидовые различия в накоплении ПХБ в макрофитах.

Проведенные исследования грунта и фитомассы макрофитов позволили выявить процессы миграции поллютантов в разных компонентах водной среды. Установлено, что для донных отложений характерно максимальное аккумулярование ПХБ в июне, что, вероятно, связано с переходом загрязняющего вещества из воды, но снижение концентрации ПХБ

в грунтах и воде к сентябрю. Однако в это же время наблюдается увеличение коэффициента биологического поглощения токсиканта макрофитами, что свидетельствует о миграции ПХБ из донных отложений и воды в вегетативные органы растений и максимальном их концентрировании именно в осенний период (в конце периода вегетации). Следовательно, именно в этот период происходит временное выведение загрязняющего вещества из водной среды, но обратное возвращение поллютантов в воду при отмирании макрофитов, а при наличии дополнительного антропогенного загрязнения с каждым годом происходит увеличение накопления ПХБ во всех компонентах водной экосистемы (рис. 3).

Следовательно, комплексное исследование содержания ПХБ в воде, донных отложениях и фитомассе макрофитов в начале и конце вегетативного периода растений позволяет выявить перераспределение в содержании ПХБ в воде и донных отложениях и в вегетативной части растений на всех станциях реки, что подтверждает необходимость использования в процессах экологического мониторинга содержания ПХБ в водоемах не только воду и донные отложения, но и макрофиты в водных экосистемах. Изучение только воды или исследование только донных отложений может дать ложноотрицательный результат в оценке экологического состояния водной экосистемы.

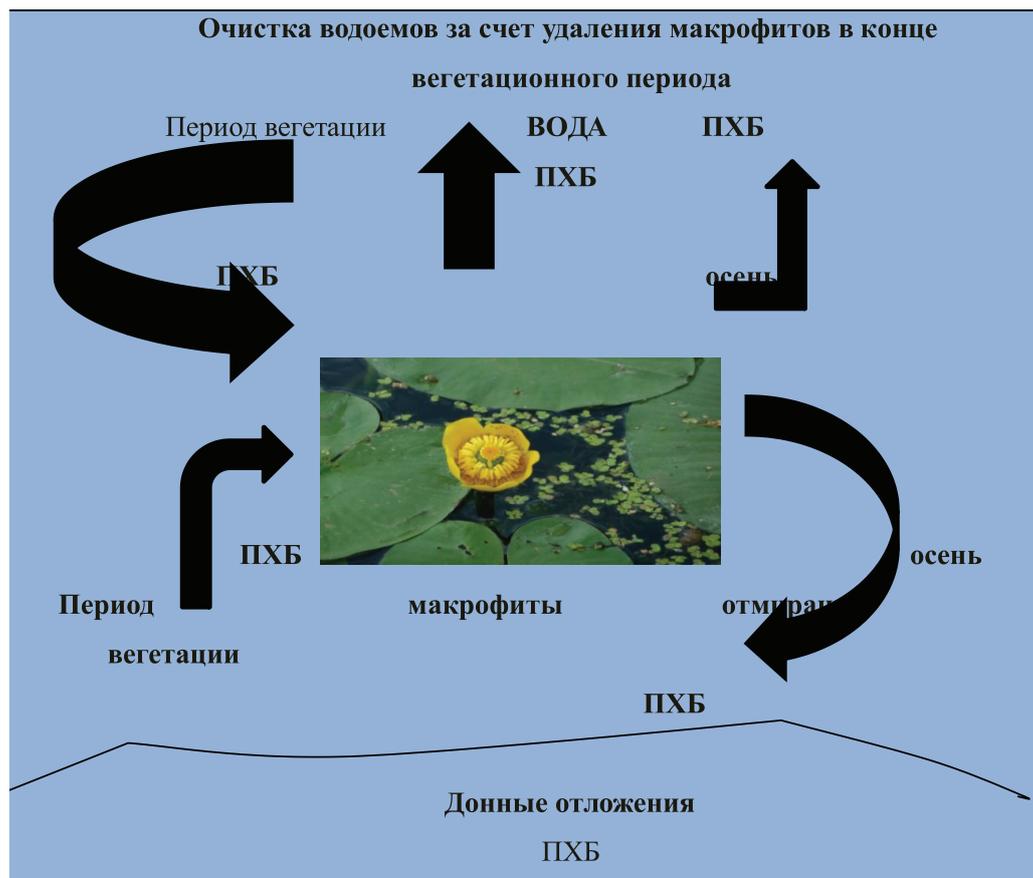


Рис. 3. Процессы миграции и вторичного перераспределения ПХБ в водной экосистеме: вода ↔ макрофиты ↔ донные отложения

Установление факта увеличения содержания токсикантов к концу периода вегетации в фитомассе макрофитов, т.е. накопления в них значительных количеств ПХБ, позволило нам сформулировать практическое предложение в плане усиления процессов биологической очистки водоемов и водотоков от высокотоксического загрязнителя: для усиления биологической очистки водоемов и водотоков рекомендуем осуществлять элиминацию фитомассы макрофитов из водных экосистем в осенний период процесса их вегетации, так как именно в этот время макрофиты максимально аккумулируют данные токсиканты и временно выводят их из водоемов и водотоков. Сохранение же их в экосистеме приводит к тому, что при отмирании макрофитов ПХБ возвращаются в экотоп водоема и аккумулируют в донных отложениях, что является дополнительным потенциальным источником загрязнения водных экосистем.

Выводы

1. Установлено широкое распространение ПХБ в воде и ДО р. Урал на территории Оренбургской области, содержание которых не превышало ПДК для почв и воды, но было выше зарубежных нормативов для донных отложений; максимальный показатель поллютантов зафиксирован в районе г. Оренбурга – «Автомаршрутный мост» (1,55), а минимальный на ст. «Очистные сооружения» (0,54). Выявлена активная аккумуляция ПХБ донными отложениями и четкая сезонная динамика: повышение в весенний и снижение в осенний период, а также тенденция к увеличению содержания ПХБ в период с 2009 по 2013 г.

2. «Макрофиты служат накопителями ПХБ, поступающими в водные экосистемы. Не выявлено четкой корреляционной связи между содержанием ПХБ в воде, ДО и макрофитах, но показаны межвидовые различия в накоплении ПХБ в макрофитах.

Установлены наиболее активные накопители токсикантов *Ceratophyllum demersum* (Кб-2967,74), *Lemna minor* (Кб-2933,33), *Hydrocharis morsus-ranae* (Кб-1225,81).

3. Показано, что в период вегетации происходит перераспределение поступающих в водоём полихлорбифенилов между компонентами экосистемы: снижение их содержания в воде и донных отложениях к осени, но увеличение в макрофитах, что способствует временному выведению ПХБ из экотопа, т.е. осуществляются процессы миграции ПХБ в экосистеме водоёма по цепи «вода – макрофиты – донные отложения».

4. Установление факта активного накопления ПХБ макрофитами позволило рекомендовать комплекс методов фиторе медиации в практику усиления процессов очистки грунтов, природных и сточных вод с использованием макрофитов: для усиления биологической очистки водоёмов и водотоков рекомендуем осуществлять элиминацию фитомассы макрофитов из водных экосистем в осенний период процесса их вегетации

Список литературы

1. Беловская А. П. Высшая водная растительность // Методика изучения биогеоценозов пресных водоемов. – М.: Наука, 1975. – С. 117–132.
2. Винокурова Н.В., Соловых Г.н. К вопросу о роли биологических факторов в процессах самоочищения водной среды природных водоемов от полихлорированных бифенилов // Информационный бюллетень «Здоровье населения и среда обитания». – 2014. – № 8 (257). – С. 23–26.
3. Губанов И.А., Киселёва К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 1. Папоротники, хвощи, плауны, голозерные, покрытосеменные (однодольные). – М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2002. – 526 с.
4. Губанов И.А., Киселёва К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). – М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. – 665 с.
5. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. – Л.: Наука, 1981. – 187 с.
6. Король В.М. Реагирование водных растений на химическое загрязнение воды: автореф. дис. ... канд. биол. Наук. – М., 1985. – 19 с.
7. Куриленко В.В., Осмоловская Н.Г., Новиков А.Н. Биогеохимическая индикация загрязнений // Водные объекты Санкт-Петербурга. – СПб.: Символ, 2002. – С. 141–147.
8. Лисицына Л.И., Папченков В.Г., Артеменко В.И. Флора водоемов волжского бассейна. Определитель сосудистых растений. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – 219 с.

УДК 622.276

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

¹Трухина О.С., ²Синцов И.А.¹ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
Санкт-Петербург, e-mail: oksana.truhina@bk.ru;²ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»,
Тюмень, e-mail: ivan_sintsov@mail.ru

В связи с истощением запасов легкоизвлекаемой нефти все большие усилия направляются на создание технологий и способов разработки, позволяющих добывать углеводороды в осложненных условиях. При использовании углекислого газа в качестве вытесняющего агента можно достичь значительного увеличения коэффициента нефтеотдачи. Наибольший эффект при вытеснении нефти двуокисью углерода достигается при смешиваемом вытеснении, которое возможно при пластовом давлении выше давления смесимости. Вытеснение нефти диоксидом углерода представляет собой достаточно сложный процесс, при котором проявляются эффекты массообмена, капиллярные и гравитационные эффекты. Рассмотрен опыт применения углекислого газа для повышения нефтеотдачи на месторождениях России, Венгрии и США. Применение углекислого газа является перспективным методом увеличения нефтеотдачи при наличии надежного источника. Возможно получение углекислого газа путем сжигания углеводородного газа.

Ключевые слова: углекислый газ, метод увеличения нефтеотдачи, нефтяной пласт, месторождение, смешиваемое вытеснение

EXPERIENCE OF CARBONE DIOXIDE USAGE FOR ENHANCED OIL RECOVERY

¹Trukhina O.S., ²Sintsov I.A.¹Federal Budget Educational Institution of Higher Professional Education «National Mineral Resources University (University of Mines)», Saint Petersburg, e-mail: oksana.truhina@bk.ru;²Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Tyumen State Oil and Gas University»,
Tyumen, e-mail: ivan_sintsov@mail.ru

Due to the depletion of easily recoverable oil, more efforts are directed to the development of technologies and methods of development that allow to extract hydrocarbons in the complicated conditions. When using carbon dioxide as the displacement agent can be achieved by significantly increasing recovery factor. The greatest effect on oil displacement is achieved when carbon dioxide miscible displacement, which is possible with the reservoir pressure above the miscibility pressure. Displacement of carbon dioxide oil is a fairly complex process, in which manifest the effects of mass transfer, capillary and gravitational effects. The experience of the use of carbon dioxide for enhanced oil recovery at fields in Russia, Hungary and the United States. The use of carbon dioxide is a promising method of enhanced oil recovery in the presence of a trusted source. Reception of carbon dioxide by burning hydrocarbon gas.

Keywords: carbon dioxide, method of enhanced oil recovery, oil reservoir, field, miscible displacement

В связи с истощением запасов легкоизвлекаемой нефти все большие усилия направляются на создание технологий и способов разработки, позволяющих добывать углеводороды в осложненных условиях. Одним из таких методов является вытеснение нефти путем закачки углекислого газа (CO₂) в пласт. Закачку углекислого газа для повышения нефтеотдачи начали применять с середины пятидесятих годов. За это время были изучены механизмы физико-химического взаимодействия углекислого газа с водой, нефтью и породой; определены особенности вытеснения нефти при использовании двуокиси углерода; рассмотрены преимущества и недостатки по сравнению с другими методами увеличения нефтеотдачи [9]. В отличие от других газов при использовании CO₂ в качестве вытесняющего

агента можно достичь значительного увеличения коэффициента нефтеотдачи. В лабораторных условиях, при неограниченной смесимости, коэффициент вытеснения нефти может достигать 100% [10].

Во многом продуктивный эффект от применения технологии по закачке углекислого газа обусловлен тем, что CO₂ способен растворяться в нефти и пластовой воде в большей степени по сравнению с другими газами. При растворении в нефти углекислый газ способствует увеличению нефти в объеме, что в свою очередь способствует вытеснению остаточной неподвижной нефти [3]. На основании лабораторных экспериментов, проведенных на образцах нефти Радаевского месторождения, было установлено, что при массовом содержании CO₂ в нефти 22,2% ее объемный коэффициент

увеличивается с 1,07 до 1,33 [11]. Закачка углекислоты способствует снижению межфазного натяжения на границе нефть – вода. При растворении в нефти и воде CO_2 улучшается смачиваемость породы водой, что приводит к отмыву нефтяной пленки с поверхности породы, переводя ее из пленочного состояния в капельное, таким образом увеличивая коэффициент вытеснения. Способность углекислого газа растворяться в воде позволяет части CO_2 , обладающего лучшей растворимостью в углеводородных жидкостях, чем в воде, переходить в нефть. При растворении диоксида углерода в воде вязкость воды увеличивается незначительно, а образующаяся при этом угольная кислота (H_2CO_3) растворяет некоторые виды цемента и породы пласта, увеличивая проницаемость. Согласно результатам лабораторных исследований БашНИПИнефть проницаемость песчаников может вырасти на 5–15%, а доломитов на 6–75% [2, 9, 10]. Чем большее количество диоксида углерода содержится в воде, тем более эффективным становится вытеснение нефти. Влияние на степень растворимости углекислого газа в воде оказывает минерализация воды, с повышением степени минерализации снижается растворимость CO_2 в воде [3].

Также преимуществом закачки углекислого газа является способность увеличивать подвижность нефти. В соответствии с законами термодинамики при высокой степени расширения нефти часть адсорбционного слоя нефти в порах освобождается, вязкость под влиянием растворенного газа понижается, и нефть становится подвижной. В большей степени этот эффект проявляется при взаимодействии с высоковязкими нефтями (более 25 МПа·с [8]). Согласно лабораторным исследованиям, чем выше начальное значение вязкости, тем сильнее ее снижение (таблица) [3, 10].

Начальная вязкость нефти, мПа·с	Вязкость нефти при полном насыщении CO_2 , мПа·с
1000–9000	15–160
100–600	3–15
10–100	1–3
1–9	0,5–0,9

Однако на практике вязкость месторождений, на которых применяют закачку CO_2 не достигает таких высоких значений. По анализу проектов по закачке углекислого

газа, реализуемых в мире, вязкость нефти находится в диапазоне 0,4–3,0 МПа·с [10].

В пластовых условиях в зависимости от температуры и давления углекислый газ может находиться в газообразном, жидком, а также сверхкритическом состоянии. Критическая точка характеризуется температурой 31,2°C и давлением 7,2 МПа. При температуре ниже 31,2°C углекислый газ может находиться в жидкой фазе. Значение температуры, при которой двуокись углерода будет находиться в жидком состоянии, может увеличиться до 40°C, если в составе будут присутствовать углеводороды. При температуре выше 31,2°C CO_2 будет находиться в газообразном состоянии при любом давлении. В сверхкритическом состоянии плотность углекислого газа соответствует плотности жидкости, а вязкость и поверхностное натяжение – газу. В таком состоянии CO_2 будет вытеснять нефть со снижением охвата неоднородных пластов, что характерно для маловязкого агента.

Экспериментальным путем было определено, что эффективней закачивать углекислоту в жидком состоянии, а оптимальная пластовая температура должна быть близка к критическому значению. Наибольший эффект при вытеснении нефти двуокисью углерода достигается при смешивающемся вытеснении, которое возможно при пластовом давлении выше давления смесимости.

Давление смесимости зависит от состава нефти и давления насыщения. С повышением давления насыщения, а также при наличии метана или азота в составе нефти давление смесимости увеличивается. Углеводородные газы с высокой молекулярной массой, в том числе этан, помогают снизить давление смесимости. Давление смесимости CO_2 значительно ниже давления смесимости углеводородных газов. Если для вытеснения легкой нефти диоксидом углерода давление смесимости будет в диапазоне 9–10 МПа, то для смешивающегося вытеснения углеводородным газом необходимо от 27 до 30 МПа. В случае, когда давление в пласте не достигает давления смесимости, при взаимодействии диоксида углерода и нефти образуется CO_2 с содержанием легкой фазы нефти и нефть без легких фракций [10].

Вытеснение нефти диоксидом углерода представляет собой достаточно сложный процесс, при котором проявляются эффекты массообмена, капиллярные и гравитационные. При частичной или полной смесимости углекислого газа с нефтью изменяются ее реологические свойства, это

и способствует вовлечению в разработку ранее не задействованных нефтей. На процесс вытеснения нефти диоксидом углерода влияют условия насыщения и предшествующее вытеснение [3, 10].

За период изучения технологии по закачке углекислого газа в пласт с целью повышения коэффициента извлечения нефти были выделены различные подходы к его применению:

- закачка карбонизированной воды;
- непрерывное нагнетание CO_2 ;
- закачка оторочки CO_2 с последующей закачкой воды;
- вытеснение нефти чередующейся закачкой CO_2 и воды;
- вытеснение нефти закачкой комбинированных оторочек химических реагентов и CO_2 .

Основным преимуществом нагнетания карбонизированной воды является относительно низкий расход углекислого газа при закачке в пласт по сравнению с другими вариациями его использования. Оптимальная концентрация углекислоты в воде составляет 4–5%. Лабораторными экспериментами по определению эффективности использования карбонизированной воды, проведенными УфНИИ, было установлено, что вытеснение нефти карбонизированной водой с концентрацией CO_2 5,3% позволяет увеличить нефтеотдачу на 14% по сравнению с вытеснением водопроводной водой [10].

Преимуществом непрерывной закачки углекислого газа является достижение более высокого коэффициента вытеснения по сравнению с другими вариантами применения технологии. Это происходит посредством того, что перед продвигающимся объемом CO_2 формируется вал нефти, свойственный для процессов, происходящих при смешиваемом вытеснении. К недостаткам непрерывной закачки углекислого газа можно отнести вязкостную неустойчивость, которая в некоторых случаях способна значительно снизить коэффициент охвата и привести к раннему прорыву углекислоты [10, 11].

По сравнению с непрерывным вытеснением углекислым газом вариант с чередующейся закачкой CO_2 и воды является более экономичным за счет снижения объема, а следовательно, и затрат на двуокись углерода. Также к преимуществам попеременной закачки можно отнести то, что попеременная закачка углекислого газа и воды может быть эффективной для неоднородных пластов в зависимости от соотношения CO_2 и H_2O [3, 10]. В литературных источниках приводятся результаты лабораторных экс-

периментов, однако также подчеркивается, что эффективность каждого конкретного проекта должна быть основана на экспериментальном опыте, при котором условия были максимально близки к реальным условиям [3]. Мнения специалистов относительно этого варианта закачки диоксида углерода расходятся. Опубликованы результаты лабораторных экспериментов, в результате которых были сделаны выводы, что для однородного пласта при ограниченной смесимости лучшим вариантом по сравнению с чередующейся закачкой будет являться вариант с нагнетанием сплошной оторочки. Также подчеркивается, что попеременное нагнетание углекислого газа и воды снижает конечный коэффициент вытеснения нефти по сравнению с непрерывным нагнетанием [7]. По результатам других экспериментов определено, что для однородного пласта чередующаяся закачка является эффективной, а оптимальный объем оторочки составляет от 9 до 12% порового объема [11]. По мнению авторов данной статьи, после анализа лабораторных и промышленных экспериментов, в том числе на Радаевском месторождении, а также изучения научных трудов, посвященных данному вопросу, эффективность технология чередующейся закачки доказана. А применение такого варианта будет эффективным для неоднородных пластов, хотя степень эффективности может быть различной.

При всех очевидных преимуществах применения технологии по повышению нефтеотдачи путем закачки углекислого газа она имеет и недостатки. По сравнению с заводнением при закачке CO_2 снижается коэффициент охвата. Для снижения проявления такого эффекта возможно использование поочередной закачки воды и двуокиси углерода, а также проведение селективной изоляции определенных интервалов. В свою очередь использование воды поочередно с CO_2 может привести к самому существенному осложнению, которое возможно при закачке углекислоты – коррозии оборудования нагнетательных и добывающих скважин. Еще один минус данной технологии заключается в том, что при неполной смесимости с нефтью CO_2 экстрагирует из нее легкие углеводороды, а в нефти остаются тяжелые фракции, вследствие чего нефть становится малоподвижной, и извлечь ее в дальнейшем будет значительно сложнее.

Следующим недостатком данной технологии является то, что диоксид углерода относится к газам, которые при насыщении их

парами воды могут образовывать кристаллогидраты.

В процессе растворения CO_2 в воде и нефти будет наблюдаться снижение температуры. Степень снижения температуры увеличивается с возрастанием концентрации углекислого газа. Такой температурный эффект при растворении углекислого газа может повлиять на образование асфальтено-смолисто-парафиновых отложений [9, 10].

По некоторым оценкам исследуемой технологии отмечают, что если нет возможности обеспечить доставку диоксида углерода по доступной цене в необходимый срок, то велика вероятность упущения возможности повышения конечной нефтеотдачи. Обеспечение снабжения на поздних сроках, когда месторождение находится уже на более поздней стадии, и наблюдается снижение пластового давления доступно только несмешивающееся вытеснение, эффект от которого в разы ниже, чем при режиме смешивающегося вытеснения, для некоторых месторождений такая оценка вполне оправдана [1]. Отсутствие доступного источника является существенным ограничением для применения технологии по закачке углекислого газа. Для многих месторождений производство и транспортировка CO_2 до объекта может оказаться экономически нерентабельной [9, 10].

В Советском Союзе первые лабораторные эксперименты по применению углекислого газа были проведены ВНИИ и БашНИПИнефть. В 1967 г. закачка CO_2 в виде карбонизированной воды была реализована на Александровской площади Туймазинского месторождения. Общий объем закачки карбонизированной воды составил два поровых объема с концентрацией углекислоты 1,7%. Охват пласта заводнением по мощности увеличен на 30%, приемистость нагнетательных скважин на 10–40%. Удельный эффект от количества закачанного углекислого газа на одну тонну добытой нефти составил – 0,17 т/т [2].

Закачка двуокиси углерода на Радаевском месторождении была начата с 1984 г. В результате реализации проекта по закачке CO_2 на Радаевском месторождении было закачено 787,2 тыс. т CO_2 , что в 2,6 раза меньше проектного объема за данный период. За счет закачки CO_2 к июлю 1989 г. дополнительная добыча нефти составила 218 тыс. т. Удельный эффект от количества закачанного CO_2 равен 0,28 т/т. При подаче двуокиси возникали сложности, которые были связаны с прорывами углекислотопровода. По-

ставки углекислого газа были неравномерными. После многочисленных прорывов его эксплуатация стала невозможной. Это послужило основной причиной прекращения эксперимента в 1988 г [11].

В результате закачки 110 тыс. т жидкого CO_2 на Козловском месторождении удельный эффект равен 0,125 т/т. Похожие проекты по закачке углекислого газа в пласт были реализованы на Сергеевском месторождении в 1984 г., где удельный эффект от закачки к июлю 1989 г. составил 0,23 т/т. Закачанный объем составил 73,8 тыс. т [11]. На Елабужском месторождении закачка CO_2 была начата в 1987 г. Общий объем закачки составил 58,3 тыс. т. Был разработан проект для Ольховского месторождения. При применении данной технологии во всех случаях отмечалось повышение нефтеотдачи. Однако существенные капиталовложения и продолжительный срок до начала окупаемости проектов, а также отсутствие оборудования, которое могло обеспечивать бесперебойную работу при закачке CO_2 , не позволили продолжить дальнейшее развитие технологии в этот период [10, 11].

Широкий опыт применения данной технологии имеется за рубежом. Закачка углекислоты в пласт активно используется США, Канадой, Венгрией, Турцией, Великобританией и другими странами. Уже в августе 1981 года по всему миру, без учета стран СССР, было зафиксировано 27 действующих проектов по закачке CO_2 , девять было завершено и 63 запланировано [5].

В США метод закачки углекислоты испытали в 1978 г. в Техасе в Scirtu и успешно начали внедрять в Пермском бассейне Западного Техаса и на востоке штата Нью-Мексико. В дальнейшем закачка углекислого газа началась и в других регионах, включая месторождения Скалистых гор, Мидконтинента и Мексиканского побережья. Основная часть добычи нефти путем закачки диоксида углерода осуществляется в регионе Пермского залива и составляет порядка 62%. Оставшиеся 38% приходятся на регионы Скалистых гор, Мидконтинента и Мексиканского побережья. В большей степени такие показатели базируются на том, что основные месторождения природного CO_2 расположены в Пермском бассейне, соответственно, углекислый газ может беспрепятственно транспортироваться по газопроводам до ближайших истощенных нефтяных месторождений. Учитывая, что эксплуатационные затраты в данном регионе ниже, чем в остальных, он становится

наиболее востребованным для компаний, осуществляющих закачку CO_2 [4].

По данным на 2014 г. в мире реализуется 136 проектов по закачке углекислого газа, которые осуществляют 30 компаний-операторов. Из них 88 считаются успешными, 18 относят к перспективным проектам, оставшиеся 20 начаты недавно. Десять проектов не удалось реализовать эффективно. Большая часть, а именно 128 из 136, реализуются в США. К самым молодым проектам по закачке двуокиси углерода можно отнести проекты, начатые в 2014 г. на месторождении Slaughter (Smith Igoe), которое находится в штате Техас, США, и обслуживается крупной американской нефтяной компанией Occidental. Несмотря на короткий срок, проект уже считается успешным, а прирост дебита составляет $2,65 \text{ м}^3/\text{сут}/\text{скв}$. Проекты по закачке CO_2 на месторождениях Charlton 19 и Chester 16, расположенных в штате Мичиган, США, разрабатываемые компанией Core Energy, также стартовали в 2014 г.

Месторождения Sacroc и Devonian Unit (North Cross) относятся к самым зрелым проектам по закачке углекислого газа, которые были начаты в 1972 г. и еще не завершены. Месторождение Sacroc расположено в штате Техас, США. Разработку осуществляет компания Kinder Morgan. Прирост дебита $-10,81 \text{ м}^3/\text{сут}/\text{скв}$. Devonian Unit (North Cross), также расположено в штате Техас, США. Компания оператор – Occidental. Прирост дебита $-7,84 \text{ м}^3/\text{сут}/\text{скв}$. [12, 13]. Опыт использования смешивающегося вытеснения в других странах позволяет сделать вывод, что при наличии доступного источника

CO_2 использование технологии может существенно увеличить конечный коэффициент нефтеотдачи месторождений России.

Список литературы

1. Алваро В., Манрик Э. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Планирование и стратегии применения. – М.: ООО «Премиум-инжиниринг», 2011. – 244 с.
2. Бабалян Г.А. Применение карбонизированной воды для увеличения нефтеотдачи – М.: Недра, 1976 – 144 с.
3. Балинт В., Бан А., Долешан Ш. Применение углекислого газа в добыче нефти – М.: Недра, 1977 – 240 с.
4. Байков Н.М. Опыт повышения нефтеотдачи на месторождениях США путем закачки CO_2 // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 11. – С. 141–143.
5. Глазова В.М., Рыжик В.М. Применение двуокиси углерода для повышения нефтеотдачи пластов за рубежом. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 1986 – 45 с.
6. Жданов С.А. Эффективность применения двуокиси углерода на различных стадиях разработки пласта / С.А. Жданов, Е.А. Зискин, Г.Ю. Михайлова // Нефтяное хозяйство. – 1989. – № 12. – С. 34–38.
7. Забродин П.И., Халимов Г.Э. Влияние технологии закачки на механизм вытеснения двуокисью углерода. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 1985 – 48 с.
8. Зимица С.В., Пулькина Н.Э. Геологические основы разработки нефтяных и газовых месторождений: Учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 176 с.
9. Ибрагимов Г.З., Фазлутдинов К.С., Хисамутдинов Н.И. Применение химических реагентов для интенсификации добычи нефти: справочник – М.: Недра, 1991 – 384 с.
10. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. – М.: Недра, 1985 – 308 с.
11. Хисамутдинов Н.И., Ибрагимов Г.З., Телин А.Г. Опыт повышения нефтеотдачи пластов чередующейся закачкой двуокиси углерода и воды. м Вып. 6. – М.: ВНИИОЭНГ, 1986 – 64 с.
12. Koottungal L. Survey: miscible CO_2 continues to eclipse steam in US EOR production. // Oil & Gas Journal. – 2014. – Vol. 112. Issue 4. – С. 78–91.
13. Kuuskraa V., Wallace M. CO_2 -EOR set for growth as new CO_2 supplies emerge. // Oil & Gas Journal. – 2014. – Vol. 112. Issue 4. – С. 66–77.

УДК 502.1:622

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Филонов А.В., Романенко В.О.

*Юргинский технологический институт (филиал), Национальный исследовательский
Томский политехнический университет, Юрга, e-mail: znaesh007@yandex.ru*

Выявлены основные экологические проблемы и отходы, влияющие на окружающую природную среду и человека, от деятельности урановой горнодобывающей промышленности. Рассмотрены основные вещества, загрязняющие воздушный бассейн, подземные воды рудовмещающих горизонтов, а также входящие в состав терриконов поднятой на поверхность породы при традиционных способах добычи и переработки урановых руд и их влияние на человека. Определены задачи для обеспечения развития уранодобывающих производств. В связи с длительностью цикла развития горных предприятий от разведки до добычи, который составляет порядка 20 лет, уже в ближайшее время уранодобывающие компании должны сконцентрировать свое внимание на обеспечении будущего развития уранодобывающих производств, для чего в первую очередь необходимо сформулировать и решить основные задачи, связанные с внедрением современных технологий

Ключевые слова: отходы, горнодобывающая промышленность, загрязняющие вещества, отвалы урановых рудников, подземные воды, атмосфера

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ENTERPRISES MINING INDUSTRY

Filonov A.V., Romanenko V.O.

Yurga Institute of Technology, TPU affiliate Russia, e-mail: znaesh007@yandex.ru

The basic environmental problems and waste affecting the environment and human activities on the uranium mining industry. The main pollutants in the air basin, groundwater ore bearing horizons, as well as a part of a raised heaps on the surface of rock with traditional methods of extraction and processing of uranium ores, and their effect on humans. Defined objectives for the development of uranium production. In the near future uranium mining companies need to focus on ensuring the future development of uranium production, because of the duration of the cycle of mining companies from exploration to production, which is about 20 years. They need to formulate and solve basic problems associated with the introduction of modern technologies.

Keywords: waste, mining industry, pollutants, piles of uranium mines, groundwater, atmosphere

Традиционные способы добычи минерального сырья и его обогащение характеризуются большим объемом отходов. Отходы, размещаемые на значительных территориях, а также сточные воды обогатительных фабрик и шахтные стоки вызывают нарушения и негативные последствия во всех компонентах биосферы – загрязняются воздушный и водный бассейны, в результате чего деградируют земельные ресурсы, исчезают многие виды флоры и фауны. В ходе анализа ряда источников выявились основные экологические проблемы и аспекты, влияющие на окружающую природную среду и человека, как его составляющую [1, 2, 4, 5, 7].

От деятельности урановой горно-добывающей промышленности в первую очередь страдают работники предприятий (шахтеры, операторы оборудования и т.п.), а во вторую – жители окрестных населенных пунктов и природа.

Оно включает:

- загрязнение шахтных вод ураном и другими радионуклидами;
- слив сточных вод в грунтовые воды;

- смыв дождями радионуклидов с загрязнённых территорий и разнос их по окружающей среде;

- поступление радона из шахт, отвалов отработанной породы и хвостохранилищ;

- выщелачивание радионуклидов из хвостов с последующим стоком их в природные воды;

- эрозию систем хвостохранилищ с рассеянием токсинов ветром и водой;

- загрязнение подземных и поверхностных вод ядовитыми нерадиоактивными веществами, такими как тяжелые металлы и реагенты, используемые при переработке руды.

Трассером уранового загрязнения может быть изотопное отношение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, которое в рудах и рудных остатках близко к равновесному значению, а в поверхностных грунтовых водах существенно превышает его величину [6].

В Европе урановая руда добывалась либо в открытых карьерах, либо в подземных шахтах. При этом с пользой использовано только 0,1% руды, всё остальное – отходы. Сразу после Второй мировой войны

уран извлекали из неглубоких месторождений, потом – из глубоких шахт. Со снижением цен на уран на мировом рынке подземная горная промышленность стала нерентабельной и большинство шахт было закрыто. В активный период горной промышленности большие количества воздуха, загрязненного радоном и пылью, были перенесены в воздушный бассейн. К примеру, в 1993 г. из шахты Schlem-Alberoda (Саксония, Германия) в воздушный бассейн было вынесено $7,43 \cdot 10^9$ м³ (то есть скорость загрязнения составляла 235 м³/с) воздуха со средней концентрацией радона 96000 Бк/м³.

Основными веществами, загрязняющими воздушный бассейн, при традиционных способах добычи и переработки урановых руд являются:

- пыль, образующаяся в процессе добычи, транспортировки, дробления руд, складирования в отвалах и длительного хранения хвостов гидрометаллургических производств, в том числе пыль, содержащая радиоактивные вещества. К радиоактивным веществам в рудничной пыли относятся долгоживущие излучатели (U, Ra, Po, Io, RaD, Th), которые могут оказывать вредное воздействие на живые организмы при вдыхании загрязненного рудничного воздуха вблизи вентиляционных установок и точек сброса воздуха из зоны производства;

- газы, выделяющиеся при взрывных работах и в результате химического взаимодействия реагентов с рудами и полупродуктами в процессе гидрометаллургической переработки (CO₂, CO, H₂S, окислы азота, NH₃, пары H₂SO₄ и др.).

Несмотря на хорошо организованное пылеподавление на подземных горных работах (содержание пыли в рудничной атмосфере не превышает 1 мг/м³) при перегрузках, транспортировке и дроблении руд, а также при складировании забалансовых руд, пустых пород и хвостов в воздушный бассейн попадают только с одного рудника средней производительности вместе с гидрометаллургическим заводом десятки тонн пыли в год. Особенно заметное количество пыли поступает в атмосферу в процессе ведения открытых горных работ из-за больших объемов вскрыши и сложности пылеподавления в зимний период.

Понизив дозу для шахтеров, вентиляция увеличила радиационную нагрузку на жителей окрестных посёлков. Важно, что это нагрузка продолжалась и после закрытия шахт, поскольку вентиляцию осуществляют в течение довольно длительного пери-

ода консервации рудника и его затопления. В 1992 г. уровни радона для жителей города Schlem в Саксонии были значительно понижены путём изменения шахтной вентиляции: загрязненный воздух стали выбрасывать далеко от жилых массивов. В Болгарии закрытая урановая шахта расположена прямо на окраине деревни Eleshnitsa, так что в жилых домах радона много. Считают, что 30% случаев возникновения рака лёгкого в год среди 2600 жителей деревни связаны с близостью шахты. Но радон и урановая пыль, выбрасываемая вентиляцией шахты, не только непосредственно увеличивают радиационную нагрузку на население. Анализ различных пищевых продуктов, выращенных в Ronneburg (уранодобывающий район в Тюрингии), показал, что потребление местной пищи вносит достаточно высокий дозовый вклад 0,33 мЗ ежегодно, в основном из-за пшеницы, выращенной у выхода шахтной вентиляции.

Помимо загрязнения атмосферного воздуха, предприятия горнорудной промышленности вносят вклад в загрязнение водного бассейна. Большие количества грунтовой воды непрерывно выкачиваются из урановых шахт, чтобы держать их сухими в ходе добычи. Эта вода сливается в реки, ручьи и озера. Так, в отложениях рек в районе Ronneburg концентрации радия и урана равны 3000 Бк/кг, т.е. в 100 раз выше естественного фона. В Чехии длительное загрязнение отложений реки Ploucnic вызвано плохой очисткой шахтных вод уранового рудника Hamr I, эксплуатируемого до 1989 г. Долина реки загрязнена на отрезке 30 км. Дозы, полученные от γ -радиации, достигают в максимуме 3,1 Гр/ч, т.е. в 30 раз выше фона. В реке Lergue во Франции сточные воды уранодобывающего комплекса Herault привели к концентрациям 226 Ra в отложениях 13000 Бк/кг, что практически равно концентрации радия в самой урановой руде.

В части охраны поверхностных и особенно подземных вод в случае добычи урана методами подземного выщелачивания мнения экспертов неоднозначны. Расхождения в оценках являются следствием того, что при подземном выщелачивании на протяжении ряда лет разработки месторождения в подземные воды рудоносных горизонтов для создания необходимых концентраций растворяющего реагента заканчиваются десятки и сотни тысяч серной кислоты или другого растворителя. При растворении загрязнения в общем плане ввод такого

количества растворителя вполне закономерно дает основание говорить о загрязнении подземных вод. В результате физико-химических процессов подземного выщелачивания в технологических растворах (продуктивном и рабочем) некоторые компоненты накапливаются в количествах, значительно превышающих предельно допустимые концентрации для вод, используемых в питьевых и хозяйственных целях. В условиях сернокислотного выщелачивания такими компонентами являются:

1) составляющие растворителя SO_4^{2-} и кислотность среды;

2) продукты выщелачивания – как радиоактивные U, Ra, Po, RaD, так и стабильные Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , и другие катионы;

3) технологические продукты переработки растворов – NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- (в зависимости от применяемого способа десорбции смолы) [3].

В рудовмещающем горизонте обрабатываемого участка месторождения подземные воды претерпевают существенное изменение в солевом составе. Это относится, в частности, к таким компонентам, как Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , урану и кислотности (pH). Рост содержания в пределах обрабатываемых рудных тел относится к категории, предусмотренной технологическим регламентом, без которого невозможно осуществлять добычу урана. Процесс перевода урана в раствор происходит непосредственно в рудном теле, в обвод-

ненном рудовмещающем горизонте, в определенном ограниченном пространстве этого горизонта. Загрязнение подземных вод технологическими растворами за пределами обрабатываемой части месторождения по рудовмещающему и смежным водоносным горизонтам.

Как правило, на гидрогенных месторождениях рудовмещающий горизонт отделен от смежных водоносных горизонтов водоупорными толщами, исключая перетекание выщелачивающего и продуктивного растворов в смежные водоносные горизонты. Важным мероприятием, предотвращающим перетекание соленосодержащих вод в смежные горизонты, является качественно выполненная изоляция их от рудовмещающего горизонта при сооружении скважин. Сущность изоляции состоит в правильной цементации затрубного пространства.

Экологическую опасность представляют и отвалы урановых рудников (рис. 1). Ненужная порода извлекается из открытых карьеров при вскрытии рудного тела, при строительстве подземных шахт, при прокладке штреков через нерудные зоны. Терриконы поднятой на поверхность породы обычно содержат больше радионуклидов, чем окружающие породы.

Некоторые из них – те же урановые руды, но с содержанием урана ниже рентабельности добычи, в свою очередь зависящей от современной технологии и экономики.

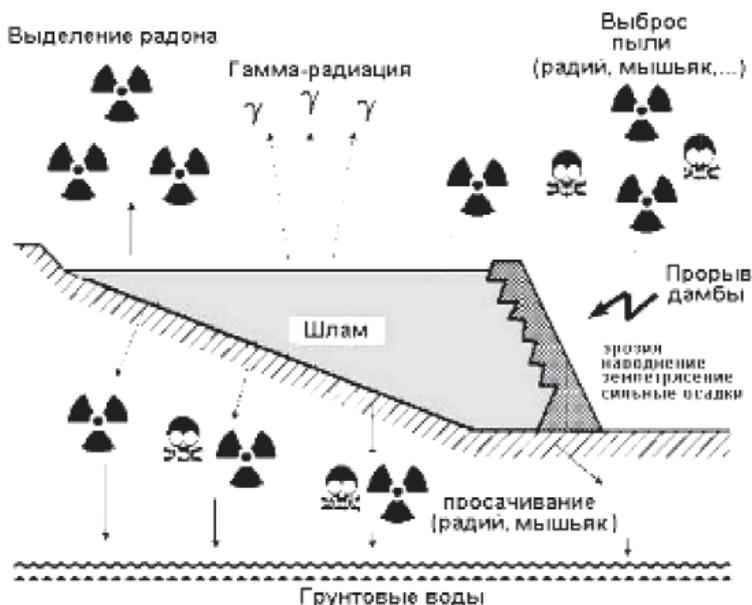


Рис. 1. Опасность отвалов предприятий урановой горнорудной промышленности

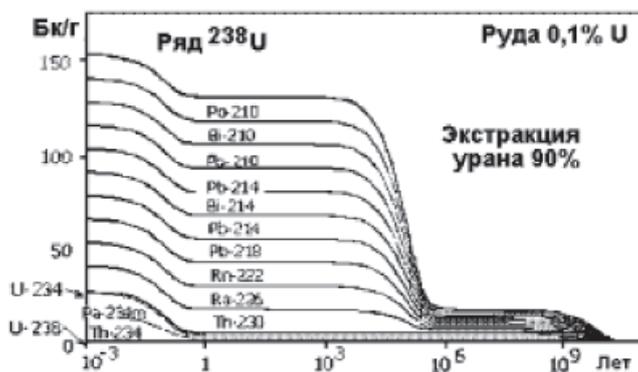


Рис. 2. Изменение во времени активности некоторых радионуклидов в отвалах урановых руд

Все эти скопления отходов представля- ют опасность для местных жителей, так как и после закрытия рудников в них продолжа- ется генерация радона, который выделяется и перемещается в среду обитания (рис. 2).

Кроме того, ряд токсинов (не обязатель- но радиоактивных) вымываются из террико- нов и загрязняют грунтовые воды. К приме- ру, отвалы пустой породы при шахте Schlem имеют объём 47 миллионов м³ и занимают 343 гектара. Причём отвалы находятся в вер- ховьях наклонной долины, внизу плотно заселённой. Результат: средняя концентра- ция радона в воздухе населённых пунктов 100 Бк/м³, а в некоторых – выше 300 Бк/м³. Это даёт дополнительные случаи рака лёгко- го (20 и 60 соответственно) на 1000 жи- телей. Для южной части г. Ronneburg по- жизненный дополнительный риск рака легкого равен 15 случаям на 1000 жителей. Учитывая быстрое распространение радона с ветрами, существует риск жителей более широкого ареала: дополнительный риск рака легкого составляет 6 случаев ежегодно в пределах радиуса 400 км.

Из-за малых содержаний урана в рудах пе- рерабатывающие гидрометаллургические про- изводства с учетом санитарных зон занимают значительные площади, а объемы хвостохра- нилищ равны по количеству добываемым и пе- рерабатываемым товарным рудам. Хвостох- ранилища не только полностью исключают большие площади земель из хозяйственного использования, но и являются очагами постоян- ной опасности из-за пылеобразования: с од- ного квадратного метра поверхности хвостов в год уносится от 90 до 250 кг пыли.

Другая проблема – утечка токсинов из отвалов горной породы. Например, вод- ные утечки из отвалов в Schlem/Aue рав- ны 2·10⁶ м³ ежегодно, половина из которых втекает в грунтовую воду. Так называемая пустая порода часто перерабатывается в гравий или цемент с целью использования в строительстве железных или автомобиль- ных дорог. В результате радиоактивность

рассеивается по большому региону. В Че- хии материал с концентрациями урана до 200 г на тонну и концентрациями радия до 2,22 Бк/г использовали для дорожного стро- ительства вплоть до 1991 г.

В связи с длительностью цикла разви- тия горных предприятий от разведки до до- бычи, который составляет порядка 20 лет, уже в ближайшее время уранодобывающие компании должны сконцентрировать свое внимание на обеспечении будущего разви- тия уранодобывающих производств, для чего в первую очередь необходимо решить следу- ющие основные задачи, связанные с внедре- нием современных технологий. А именно: обеспечение комплексности и полноты осво- ения недр, предполагающее полное исключе- ние потерь сырья и минимизацию количества отходов, путем переработки их во вторичные ресурсы, а также извлечение сопутствующих ценных компонентов. Это позволит повысить рентабельность производства и привлечь до- полнительные средства для организации при- родно-охранных мероприятий, в целях сни- жения воздействия антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Список литературы

1. Бубнов В.К. Извлечение металлов из замагазиниро- ванной руды в блоках подземного и штабелях кучного выщелачивания / В.К. Бубнов, А.М. Капканщиков, Э.К. Спирин – Целиноград: Жана-Арка, 1992 – 307 с.
2. Бубнов В.К. Теория и практика добычи полезных ископаемых для комбинированных способов выщелачивания. / В.К. Бубнов, А.М. Капканщиков, Э.К. Спирин – М.: Акмола, 1992 – 522 с.
3. Заболотский К.А. Оптимальный комплекс гидрогео- логических и геоэкологических исследований месторожде- ний металлов в корях выветривания применительно к от- работке их способом подземного выщелачивания: автореф. дис. ... канд. – Екандтеринбург: УГГУ, 2008 – 91 с.
4. Мамилев В.А. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980 – 248 с.
5. Ташлыков О.Л. Организация и технология ядерной энергетики. – М.: Энергоатомизд, 1995 – 327 с.
6. Титаева Н.А. Геохимия изотопов радиоактивных элемен- тов (U, Th, Ra): автореф. дис. ... д-ра. – М.: МГУ, 2002. – 23 с.
7. Чесноков Н.И., Петросов А.А. Системы разработки месторождений урановых руд. – М.: Атомиздат, 1972 – 22 с.

УДК 911

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РФ

Чибилёв А.А.

*Институт степи Уральского отделения Российской академии наук,
Оренбург, e-mail: oren-icn@mail.ru*

Оценка с эколого-географических позиций возобновляемых стратегических природных ресурсов и выявление перспектив их рационального использования вот уже третье десятилетие остаются важными для Российской Федерации, а в условиях современной геополитической обстановки их актуальность только возрастает. В статье рассматриваются возобновляемые стратегические природные ресурсы – природные ресурсы экосферы (климатические, земельные, водные, лесные, ландшафтное и биологическое разнообразие), позволяющие обеспечить устойчивое развитие региона (страны) в обозримом будущем (ближайшие десятилетия; время одного поколения). Эти ресурсы являются ключевыми в процессе диверсификации экономики страны, их рациональное использование способствует наращиванию природного капитала и социально-экономического потенциала территорий. Помимо производственных функций они оказывают экосистемные услуги, обеспечивают экологическую безопасность и инновационную привлекательность регионов страны. В статье рассматриваются субъекты Российской Федерации от Республики Крым на западе до Алтайского края – на востоке, включающие территорию единого Европейско-Западно-Сибирского степного массива протяжённостью около 4 тыс. км.

Ключевые слова: регионы степной зоны, стратегические ресурсы, пространство, климат, земельные ресурсы, водные ресурсы, лесные ресурсы, ландшафтное и биологическое разнообразие

RENEWABLE STRATEGIC NATURAL RESOURCES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Chibilov A.A.

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: oren-icn@mail.ru

Eco-geographical assessment of renewable strategic natural resources and identify prospects for their rational use, now important for the Russian Federation, and in today's geopolitical environment, their relevance only increases. The article discusses the renewable strategic natural resources – the natural resources of ecosphere (climate, land, water, forest, landscape and biological diversity), to ensure the sustainable development of the region (country) in the foreseeable future (the next decades; the time of one generation). These resources are key in the diversification of the economy, their rational use contributes to the enhancement of natural capital and socio-economic potential of the territories. In addition to the production functions they provide ecosystem services, provide environmental safety and innovative attractiveness of regions of the country. The article deals with the subjects of the Russian Federation from Republic of Crimea in the West to the Altai territory in the East, including the territory of a single European-West Siberian steppe array length of about 4 thousand km.

Keywords: regions of the steppe zone, strategic resources, geographic space, climate, land resources, water resources, forest resources, landscape and biological diversity

Решение социально-экономических и экологических проблем регионального развития в последние два десятилетия неразрывно связано с концепцией устойчивого развития. В планетарном масштабе основы концепции заложены на международных саммитах в 1992 г. (Рио-де-Жанейро), 2002 г. (Йоханнесбург), 2012 г. (Рио-де-Жанейро), на международной конференции по изменению климата в 2015 г. (Париж) и др. В России на федеральном уровне, как, впрочем, и на региональном, в программах стратегического развития территорий всё чаще декларируются принципы устойчивого развития. Большая роль отводится решению вопросов рационального использования природно-ресурсного потенциала, экологизации природопользования, сниже-

ния негативного техногенного и антропогенного воздействия на окружающую среду и т.п. В этой связи от научного географического сообщества требуются комплексные исследования в изучении проявления глобальных природных и социально-экономических процессов и их влияния на ухудшение экологического состояния территорий различного уровня.

В последнее время такие исследования, в частности проводимые Институтом географии РАН, посвящены стратегическим ресурсам и проблемам диверсификации экономики страны [4].

Оценка с эколого-географических позиций возобновляемых стратегических природных ресурсов и выявление перспектив их рационального использования вот уже

третье десятилетие остаются важными для Российской Федерации, а в условиях современной геополитической обстановки их актуальность только возрастает.

Под возобновляемыми стратегическими природными ресурсами (ВСПР) автором понимаются природные ресурсы экосферы (климатические, земельные, водные, лесные, ландшафтные и биологическое разнообразие), позволяющие обеспечить устойчивое развитие региона (страны) в обозримом будущем (ближайшие десятилетия; время одного поколения). Эти ресурсы являются ключевыми в процессе диверсификации экономики страны, их рациональное использование способствует наращиванию природного капитала и социально-экономического потенциала территорий. Помимо производственных функций ВСПР оказывают экосистемные услуги, обеспечивают экологическую безопасность и инновационную привлекательность регионов страны. Структура элементов ВСПР по различным природным зонам различна. В некоторых биомах наблюдается дефицит того или иного их вида, однако несмотря на наблюдающуюся гетерогенность данных структур, все они выполняют средобазующие функции.

Пожалуй, одним из самых неблагоприятных в экологическом отношении биомов страны является степная зона. Эта территория долгое время являлась природным полигоном для глобальных государственных проектов, негативные экологические последствия реализации которых, как, впрочем, и социально-экономические, были в значительной мере недооценены. Сегодня эти последствия сформировали целый комплекс проблем национального масштаба: депопуляция населения, деградация почв, опустынивание, уменьшение водных ресурсов, сокращение биологического разнообразия, образование не востребуемого с точки зрения социально-экономического развития земельного фонда и т.д. Для российской экономики снижение природного потенциала обширной приграничной территории в сложившихся геополитических условиях является крайне недопустимым и требует принятия срочных и главных действенных мер.

Решение проблем рационального использования природно-ресурсного потенциала регионов степной зоны на южных рубежах России тесно переплетаются с вопросами экономической, экологической, продовольственной, энергетической и промышленной безопасности, а в конечном

итоге – национальной безопасности страны. В сложившихся условиях определение приоритетов развития ВСПР регионов степной зоны – одна из первоочередных задач, требующих приложения усилий отечественных географов, экономистов и экологов.

Говоря о регионах степной зоны в административно-территориальном аспекте, мы рассматриваем субъекты Российской Федерации от Республики Крым на западе до Алтайского края – на востоке, включающие территорию единого Европейско-Западно-Сибирского степного массива протяжённостью около 4 тыс. км (рис. 1) [8]. Из 22 выделяемых субъектов степной зоны 6 регионов, в площади территории которых степной биом занимает менее 1/3, условно можно считать квазистепными – Белгородская область, Республика Калмыкия, Республика Башкортостан, Курганская область, Омская область и Новосибирская область. Однако настоящее исследование без учёта этих территорий было бы в недостаточной степени комплексным и репрезентативным.

Важнейшим стратегическим ресурсом рассматриваемого мезорегиона является само его пространство. Степное пространство в географическом и коммуникационном смысле имеет важное значение для страны, благодаря своей трансграничности, наличию большого количества разнообразных широтных связей. Площадь исследуемой территории составляет около 1,66 млн км² (около 9,7% от площади РФ), на которой проживает более 48 млн человек. Из 22 субъектов приграничными являются 19, общая протяжённость их сухопутных границ с Украиной, Грузией, Азербайджаном и Казахстаном – более 7,5 тыс. км. Перспективы использования этого пространства, обладающего большой вариативностью для создания транспортных коридоров и магистралей различного уровня, для размещения объектов производительных сил, организации инфраструктуры урбанизированных территорий, формирования систем расселения населения и т.д., с точки зрения наращивания социально-экономического потенциала регионами весьма значительны.

Возможности устойчивого развития регионов степной зоны во многом определяют климатические ресурсы (солнечной энергии, тепла и влаги, ветровые, рекреационно-климатические). В основном засушливые территории степных регионов характеризуются повышенным показателем солнечной радиации и значительными тепловыми ресурсами.



Рис. 1. Степные регионы России

Продолжительность солнечного сияния в регионах степной зоны РФ составляет более 2000 часов в год. Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность находится в пределах 4000–5200 МДж/м² в год, с коэффициентом инсоляции в диапазоне 3,5–4,5 кВт·ч/м²·день. Наиболее перспективными с точки зрения развития солнечной энергетики являются Республика Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край и Волгоградская область.

Исследуемая территория характеризуется дефицитом влаги, одного из ключевых стратегических ресурсов устойчивого развития. Годовое количество осадков около 300–800 мм, а среднегодовая разность осадков и испаряемости от –400 до –100 мм. Сумма температур воздуха выше 10 °С в регионах степной зоны колеблется от 1800 до 3200 °С.

Сдерживающим фактором развития ветровой энергетики в степной зоне являются относительно слабая среднегодовая скорость ветра (3–7 м/с) и непостоянство ветровых потоков. По нашему мнению, перспективы использования ветровой энергии при относительно невысокой себестоимости имеют территории Республики Крым и Калмыкии, Краснодарского края, Ростовской, Волгоградской и Оренбургской областей.

К основным функциям рекреационно-климатических ресурсов степной зоны, богатых солнечной радиацией, относятся оздоровительно-лечебная и спортивно-туристская. Применение солнечных и воздушных ванн на территории степных курортов

Республики Крым, Республики Калмыкии, Краснодарского края, Ставропольского края, Ростовской области и Оренбургской области может сочетаться с купанием в солёных водоёмах. Исключительным богатством и разнообразием отличаются минеральные воды и лечебные грязи в пределах степной зоны. Лечебные грязи степной зоны представлены преимущественно иловыми сульфидными в южных районах Челябинской, Курганской, Омской областей, юго-западных районах Новосибирской области и Алтайского края. За счёт низкой влажности на отдыхе в степной зоне относительно легко переносится высокая температуры воздуха. Теплый воздух вызывает расширение сосудов кожи. Артериальное давление снижается, содержание эритроцитов в периферической крови повышается. Климатическое лечение на степных курортах обычно сочетают с питьем кумыса (кумысолечением). Показаниями к лечению на степных курортах являются хронические плевриты, хронические бронхиты, туберкулез [3].

Агроклиматические ресурсы степных регионов в основном характеризуются засушливым вегетационным периодом, со значением гидротермического коэффициента 0,5–1,0 и вероятностью засух 25–50%. Развитие на обширных равнинных просторах степной зоны земледельческо-животноводческого типа сельского хозяйства, преимущественной специализацией которого является производство озимых и яровых зерновых культур, со значительной долей подсолнечника, мясомолочного скотоводства и овцеводства, обуславливает

современную структуру земельных ресурсов степных регионов. Распределение земельного фонда в регионах степной зоны по категориям происходит в пользу земель сельскохозяйственного назначения (71 %) (рис. 2).

явным превышением пределов вовлечения земель в пахотное использование. Низкий биоклиматический потенциал степных земель юго-востока России в совокупности с нерациональным природопользованием

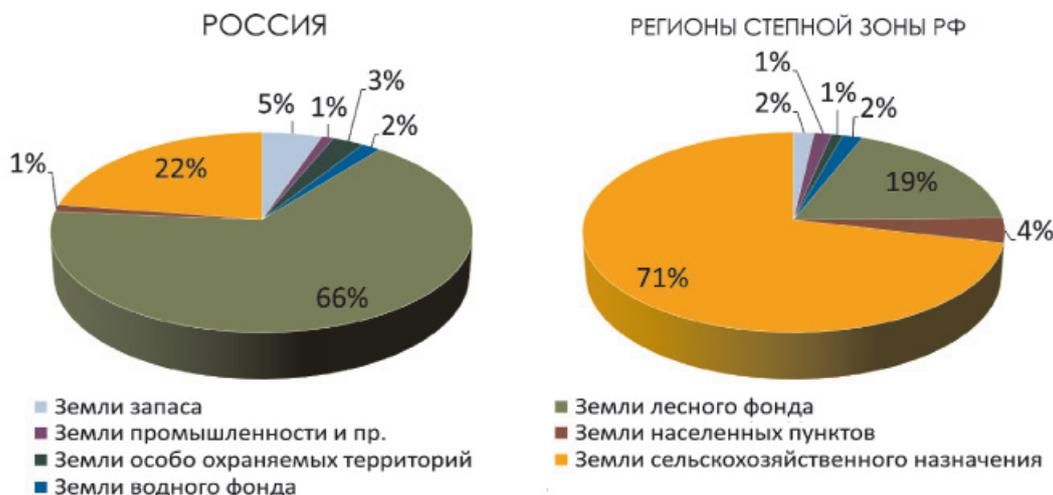


Рис. 2. Структура земельного фонда РФ и регионов степной зоны по категориям земель в 2014 году

Производственное использование чернозёмов степи и лесостепи сформировало главные сельскохозяйственные зоны нашей страны. Среди исследуемых субъектов наибольшая доля земель сельскохозяйственного назначения в структуре региональных земельных фондов отмечается в Ставропольском крае и Республике Калмыкия – 92,3%, в Оренбургской области – 88,4%, в Ростовской области – 87,5%, в Саратовской области – 84,8%. В регионах степной зоны традиционно высок удельный вес посевных площадей всех сельскохозяйственных культур в площади территории региона. В Белгородской области этот показатель составляет 52,8%, в Воронежской – 48,9%, в Краснодарском крае – 48,4%, в Ставропольском крае – 46,0%. Совокупность почвенно-климатических условий региона благоприятна для возделывания озимой пшеницы (в том числе сильных сортов), подсолнечника на семена, кукурузы на зерно [1]. Средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур в 2013 году по рассматриваемым регионам составила 23,8 ц/га. Характеризуя поголовье крупного рогатого регионов степной зоны, отметим что его общее поголовье составило в 2013 году 8 911,5 тыс. голов (45,6% от общероссийского показателя). На протяжении нескольких десятилетий степная зона отличалась

привёл к возникновению проблем устойчивого степного землепользования (потеря сельхозугодиями их социально-экономической привлекательности → массовый заброс пахотных земель → образование маловостребованного фонда земель → сокращение сельского населения). Эти процессы способствовали развитию глобального ландшафтно-экологического кризиса и обезлюдиванию степных территорий [7].

Для конкурентоспособного социально-экономического развития регионов степной зоны (на долю которых приходится более 30% всей используемой свежей воды в России) необходимо решение проблемы рационального использования водных ресурсов. Из нескольких видов водных ресурсов главным представляется речной сток, служащий базой для развития водного хозяйства регионов. Степная зона РФ располагается на территории четырех крупных речных бассейнов Оби, Дона, Урала и Волги. Преобладание степного биома в площади речного бассейна наблюдается на водосборах рек Урала (73,6%) и Дона (68,5%).

Значения показателей удельной водообеспеченности регионов степной зоны незначительны (до 100 тыс. м³/чел. в год). Речной сток в южном направлении уменьшается, а неравномерность его распределения в течение года усиливается. Сток малых

рек тут сильно зависит от количества выпадающих осадков, поэтому велико число пересыхающих водотоков [6].

Неравномерность в распределении водных ресурсов сглаживается за счёт их резервирования в водохранилищах и привлечения подземных или поверхностных вод для водоснабжения населения и хозяйства. По количеству искусственных водоёмов выделяются Ставропольский край (4,3 тыс.), Воронежская область (2,6 тыс.), Краснодарский край (2,2 тыс.) и Оренбургская область (1,7 тыс.). В крупных водохранилищах степной зоны сосредоточено около 156 км³ пресной воды, что составляет около 17% от суммарного объёма всех водохранилищ России.

Необходимо отметить, что регионы с малой водообеспеченностью являются приграничными с Республикой Казахстан и Украиной. В связи с этим для решения проблем совместного использования трансграничных водных объектов, необходима разработка межгосударственных бассейновых соглашений.

Значение водных ресурсов в социально-экономическом развитии степных регионов со временем будет только возрастать. В то же время регулирование речного стока для развития хозяйства на территории соседних субъектов или реанимирование советских проектов переброски стока сибирских рек может привести к снижению не только естественных эксплуатационных ресурсов, но и необходимых экологических расходов, что негативно сказывается на состоянии ландшафтно-гидрологических систем регионов [2].

Несмотря на то, что степное пространство России характеризуется невысоким показателем лесистости, лесные ресурсы являются стратегическими для устойчивого развития исследуемых регионов. Основная функция лесных ресурсов здесь не производство древесины, а выполнение защитной и средообразующей роли, участие в формировании природно-экологического каркаса территории.

Лесистость рассматриваемого мезорегиона составляет около 17,8% (без учёта квазистепных регионов – 12,2%), при общероссийском показателе – 46,5%. В степных регионах России сосредоточено 29 343 тыс. га лесопокрываемой территории, это лишь 3,7% от общей площади лесов страны. Лесные ресурсы степи выполняют исключительную роль

в сдерживании процессов аридизации, являются островами (коридорами) местобитания ценных видов флоры и фауны. Качественные характеристики и разнообразие видового состава степной древесно-кустарниковой флоры обуславливают перспективы социально-экономического использования недревесных ресурсов (рекреационные услуги, сбор ягод, грибов, лекарственного сырья, промысловая и спортивно-любительская охота и т.д.). Например, в настоящее время в рамках импортозамещения представляется актуальной реализация проектов по производству фитопрепаратов из растений степной флоры.

Степные ландшафтные и биологические ресурсы даже несмотря на произошедшую вековую антропогенную трансформацию степной зоны характеризуются значительной ценностью. Биосферные функции степных ландшафтов и их экосистемные услуги обладают перспективным эффектом для природно-хозяйственных комплексов и населения [5] – от стоимости ежегодной фитопродукции и депонирования углерода до рекреационно-оздоровительного эффекта степных ландшафтов. Главная же задача ближайших поколений – сохранить степной ландшафт как устойчивую к экологическим угрозам среду обитания человека. Важным элементом в решении проблем степного природопользования и в сохранении его ландшафтов и биоразнообразия является дальнейшее развитие сети охраняемых территорий с различным уровнем заповедного режима. Учитывая физико-географическое и геополитическое положение рассматриваемого степного мезорегиона, сегодня нужно больше внимания уделять проектированию экосетей (экокоридоров), включающих территории регионального, национального и международного уровня. Однако, даже если включить все значительные нераспаханные степные территории в состав природно-заповедного фонда (как это, например, сделано в Украине), без государственной политики в отношении вышеприведённых стратегических ресурсов это не решит существующие проблемы степного биома в целом. Приведённые выше природные стратегические ресурсы устойчивого развития степного пояса России нуждаются в дальнейшем изучении, охране и рациональном вовлечении в экономику регионов. Многие

функции и свойства их элементов нуждаются в стоимостной переоценке, необходима разработка мероприятий по увеличению социально-экономической привлекательности степных территорий и совершенствованию их природно-экологического каркаса.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Изучение историко-географических и социально-экономических аспектов освоения и развития степного пространства России и Евразии».

Список литературы

1. Матюк Н.С., Николаев В.А., Полин В.Д., Савоскина О.А. Агроэкологические основы севооборотов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 226 с.
2. Падалко Ю.А. Анализ эффективности использования водных ресурсов в регионах степной зоны Российской Федерации // Степи Северной Евразии: материалы VII международного симпозиума. – Оренбург: ИС УрО РАН, ПД «Димур», 2015. – С. 611–613.
3. Пасынков Е.И. Физиотерапия. – М.: Изд-во «Медицина», 1994. – 280 с.
4. Стратегические ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и её регионов / под ред. В.М. Котлякова, А.А. Тишкова. Краткие итоги реализации Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 13 в 2012–2014 гг. – М.: Институт географии РАН, 2014. – 166 с.
5. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. – М.: Наука, 2005. – 309 с.
6. Чибилёв А.А. Лик степи. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 192 с.
7. Чибилёв А.А. (мл.) Социально-экономические предпосылки образования не востребованного земельного фонда в постцелинных регионах степной зоны // Проблемы региональной экологии. – М.: ИД «Камертон», 2013. – № 2. – С. 195–202.
8. Чибилёв А.А. (мл.) Интегральная оценка современного состояния и изменений природной среды степных регионов России на основе геоинформационного анализа и картографирования // Проблемы региональной экологии. – М.: ИД «Камертон», 2014. – № 5. – С. 7–11.