УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 12 2018

Часть 1

ISSN 1681-7494

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,653

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322

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» – 70878

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.с.-х.н., проф. Алабушев А.В. (Зерноград); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., проф. Андреев С.С. (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, Андреева Е.С.(Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.т.н., проф. Бейсембаев К.М. (Караганда); д.т.н., проф. Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи); д.с.-х.н., проф. Берсон Г.З. (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.с.-х.н., Горбачева А.Г. (Пятигорск); д.с.-х.н., Горянин О.И. (Самара); д.г.-м.н., проф. Гусев А.И. (Бийск); д.с.-х.н., проф. Данилин И.М. (Красноярск); д.б.н., доцент Долгов А.В. (Мурманск); д.э.н., проф. Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.г.н., проф. Егорина А.В. (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.с.-х.н., проф. Залесов С.В. (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент Захарченко А.В. (Томск); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.б.н., доцент Кавцевич Н.Н. (Мурманск); д.т.н., проф. Калякин С.А. (Донецк); д.с.-х.н., проф. Караев М.К. (Махачкала); д.г.-м.н., проф. Кашаев А.А. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Кобрунов А.И. (Ухта); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.с.-х.н., проф. Костылев П.И. (Зерноград); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.с.-х.н., Коцарева Н.В. (Белгород); д.т.н., доцент Кузяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); Д.б.н., проф. Ларионов М.В. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. Лерер А.М. (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., доцент Нехорошева А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., Никитин С.Н.(Ульяновск); д.с.-х.н., Оказова З.П. (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. Партоев К. (Душанбе); д.с.-х.н., проф. Петелько А.И. (Мценск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., проф. Проездов П.Н. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Сакиев К.С. (Бишкек); д.с.-х.н., доцент Сокольская О.Б. (Саратов); д.т.н., проф. Степанов В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тарасенко А.А. (Тюмень); д.т.н. Теплухин В.К. (Октябрьский); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.с.-х.н., проф. Титов В.Н. (Саратов); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.г.-м.н., проф. Трофименко С.В. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Ульрих Е.В. (Кемерово); д.г.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.т.н., проф. Шантарин В.Д. (Тюмень); д.т.н., проф. Шатов А.А. (Уфа); д.ф.-м.н., проф. Ширапов Д.Ш. (Улан-Удэ); д.т.н., проф. Шишелова Т.И. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Шугунов Л.Ж. (Нальчик); д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А. (Чита); д.г.н., проф. Яковенко Н.В. (Воронеж); д.т.н., проф. Ямалетдинова К.Ш. (Челябинск)

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

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,653

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 28.12.2018
Дата выхода номера – 28.01.2019

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

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

Способ печати – оперативный.
Распространение по свободной цене.
Усл. п.л. 30,13
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/12-2018
Подписной индекс 70878

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАЗОПЕРЕХОДНЫХ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Аймбетова И.О., Сулейменов У.С., Камбаров М.А., Калшабекова Э.Н., Риставлетов Р.А. 9

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО УГЛЯ КАА-ХЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ В ТЯЖЕЛЫХ ВОДНЫХ СРЕДАХ
Монгуш Г.Р., Сапелкина Т.В., Тас-оол Л.Х. 14

СЛОИ ИЗ ПРИВИТЫХ К АКТИВНОМУ УГЛЮ ЭТАНОЛАМИНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПВХ С КОМПЛЕКСАМИ CO (0) ИЛИ NI (0) И H_2SO_4 ИЛИ NAOH НА ТКАНИ
Цивадзе А.Ю., Фридман А.Я., Новиков А.К., Титова В.Н., Явич А.А., Морозова Е.М., Полякова И.Я., Шабанов М.П. 20

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ НЕКОТОРЫХ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА PINUS L. В САРАТОВСКОМ ПОВОЛЖЬЕ
Арестова Е.А., Арестова С.В. 25

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РОСТА ДУБОВО-КЕДРОВЫХ КУЛЬТУР В ЗОНЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ
Бродников С.Н., Лазарева С.М., Хусаинов И.И. 30

ХАРАКТЕРИСТИКА СЕМЯН РАСТОРОПШИ ПЯТНИСТОЙ (SILYBUM MARIANUM (L.)), ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА
Джашеев А-М.С., Джашеева З.А-М., Акбаева Ф.А., Гочияева З.У., Токова Ф.М. 36

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ PAEONIA ANOMALA L., КУЛЬТИВИРУЕМОГО В ГОРНОМ АЛТАЕ
Ельчининова О.А., Бодрошева С.В. 42

МОНИТОРИНГ ВСПЫШКИ РАЗМНОЖЕНИЯ КОРОЕДА ШЕСТИЗУБЧАТОГО – IPS SEXDENTATUS BOERN. НА СОСНЕ СИБИРСКОЙ (УЧАСТОК «МАЛЫЙ АБАКАН» ЗАПОВЕДНИКА «ХАКАССКИЙ»)
Исаева И.Л. 50

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ НОВЫХ СОРТОВ СОИ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ
Казарина А.В., Казарин В.Ф., Атакова Е.А. 57

ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО В УСЛОВИЯХ АГРОЭКОСИСТЕМЫ ЮГА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
Козлов А.В., Уромова И.П. 63

ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ
Крючков С.Н., Иозус А.П., Завьялов А.А. 70

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ В СЕЛЕКЦИИ ЧЕЧЕВИЦЫ
Маракаева Т.В. 75

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ПОСЕВОВ СОИ В ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ
Мелихов В.В., Комарова О.П., Комаров Е.В., Кошкарова Т.С. 81

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ
Михин В.И., Михина Е.А., Михина В.В. 87

ОСОБЕННОСТИ КАМНЕПАДНОЙ И ЛАВИННОЙ АКТИВНОСТИ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ АКТРУ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ) ПО ДАННЫМ ДЕНДРОИНДИКАЦИИ
Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С. 92

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В РЕГУЛИРОВАНИИ БАЛАНСА УГЛЕРОДА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ
Петросян Р.Д., Окорков В.В. 98

СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ
Слепов А.Н., Лагунов А.Н., Коротченко И.С., Бояринова С.П., Первышина Г.Г. 104

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ
Халипский А.Н., Чураков А.А., Абдураимов П.О. 111

Науки о Земле (25.00.00)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ВЗВЕСЕЙ И ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛОГО ОЗЕРА И КРУПНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА БОРЕАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ ВОДОЕМОВ ВЛАДИМИРСКОЙ И ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ)
Гришанцева Е.С., Алехин Ю.В., Дроздова О.Ю., Лапицкий С.А., Демин В.В., Завгородняя Ю.А., Червякова П.С. 117

ТЕНДЕНЦИИ ДИНАМИКИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Дега Н.С., Узденова Х.И. 124

ПРОГНОЗ ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КУСТА ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН С МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫМИ ПОРОДАМИ В УСЛОВИЯХ ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ
Иванов В.А., Рожин И.И. 130

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗОНЫ ВНЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
Кайгородов Р.В., Попова Е.И. 136

ВЗГЛЯД НАСЕЛЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «БОЛЬШОГО ЯКУТСКА»: КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ
Кривошапкина О.М., Яковлева А.В., Черосов М.М., Захарова А.Г., Софронов Р.П., Гоголева П.А., Стручкова С.Г. 143

АНАЛИЗ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И МОНИТОРИНГ СБРОСА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ В КАНАЛИЗАЦИЮ ГОРОДА
Крылова Л.А., Яковлева О.В., Морозенко М.И. 149

КРИОХРАНИЛИЩЕ СЕМЯН РАСТЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ
Кузьмин Г.П., Куваев В.А. 155

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП БАКТЕРИЙ И ИХ ЧИСЛЕННОСТЬ В ПОДЗЕМНЫХ ХОЛОДНЫХ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОДАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ
Лебедева Е.Г., Челноков Г.А., Харитонова Н.А. 162

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АКТИВНОСТИ РАЗЛОМНЫХ ЗОН НА ОСНОВЕ ПОВЕДЕНИЯ МИКРОСЕЙСМ
Лютоев В.А. 168

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗАПАДНОСИБИРСКИХ РЕК НЕФТЕПРОДУКТАМИ ЗА ПЕРИОД 2000–2017 ГГ.
Мезенцева О.В., Волковская Н.П., Захарова В.П., Гурьянова В.В. 175

ФАУНА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД В БУРОЗЕМАХ ПИХТАРНИКА ОСТРОВА РУССКИЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ГЕОСИСТЕМЫ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)
Мухина Т.И., Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф., Ганзей К.С., Киселёва А.Г. 182

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ЯКУТИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА
Николаев А.А., Солдатов С.Н., Егорова Т.Н., Кочмар О.Н. 188

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ДОННОГО САПРОПЕЛЕВОГО ОСАДКА ОЗЕРА ГРЯЗНОЕ (ЮГ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)
Новоселов А.А., Малых А.Г. 194

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УГЛЕНОСНОСТЬ ЫТЫМДЖИМСКОЙ ВПАДИНЫ ГОНАМСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА ЮЖНО-ЯКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА
Рукович А.В. 200

АДАПТАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ
Сулкарнаева Л.Д. 206

МИНЕРАЛЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ
Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г., Степанов А.С. 211

Научный обзор

Химические науки

ИОННЫЕ ЖИДКОСТИ В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ
Чабакова А.К., Щепетова Е.В., Абдурахманова Н.М. 216

Науки о Земле

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ГИДРОБИОНТОВ В УСЛОВИЯХ ОСВОЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА
Агарков С.А., Козьменко С.Ю., Малавенда С.С., Мотина Т.Н. 227

ИЗУЧЕНИЕ КОНФЛИКТОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
Сагова З.М., Межова Л.А., Луговской А.М. 235

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF PHASE TRANSPARENT HEAT-STORING MATERIALS USED IN CONSTRUCTION
Aymbetova I.O., Suleymenov U.S., Kambarov M.A., Kalshabekova E.N., Ristavletov R.A. 9

CHANGES IN THE PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF FINELY-DISPERSED COAL OF THE KAA-KHEM DEPOSIT WITHIN SPECIFIC PARTING LIQUID PROCCES
Mongush G.R., Sapelkina T.V., Tas-ool L.Kh. 14

LAYERS OF ETHANOLAMINE PVC DERIVATIVES WITH COMPLEXES CO (0) OR NI (0) AND H_2SO_4 OR NAOH GRAFTED TO ACTIVE COAL ON A FABRIC
Tsivadze A.Yu., Fridman A.Ya., Novikov A.K., Titova V.N., Yavich A.A., Morozova E.M., Polyakova I.Ya., Shabanov M.P. 20

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

INTRODUCTION EXPERIENCE OF SOME NORTHERN AMERICAN SPECIES OF PINUS L. GENUS IN THE SARATOV VOLGA REGION
Arestova E.A., Arestova S.V. 25

COMPLEX EVALUATION OF THE CONDITION AND GROWTH OF OAK-CEDAR CROPS IN THE AREA OF CONIFEROUS-BROAD-LEADING WOODS OF THE MIDDLE VOLGA REGION
Brodnikov S.N., Lazareva S.M., Khusainov I.I. 30

CHARACTERISTICS OF MILK THISTLE (SILYBUM MARIANUM (L.)) SEED GROWN IN THE CONDITIONS OF THE FOOTHNAL ZONE OF THE NORTHERN CAUCASUS
Dzhasheev A-M.S., Dzhasheeva Z.A-M., Akbaeva F.A., Gochiyaeva Z.U., Tokova F.M. 36

SEED PRODUCTIVITY OF PEONY (PAEONIA ANOMALA L.) CULTIVATED IN THE ALTAI MOUNTAINS
Elchininova O.A., Bodrosheva S.V. 42

MONITORING OUTBREAKS OF IPS SEXDENTATUS BOERN. ON THE PINUS SIBIRICA («MALY ABAKAN» CLUSTER, RESERVE «KHAKASSKY»)
Isaeva I.L. 50

EVALUATION OF PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY PARAMETERS OF NEW SOYBEAN VARIETIES IN RAINFED CONDITIONS OF THE SAMARA TRANS-VOLGA REGION FOREST-STEPPE
Kazarina A.V., Kazarin V.F., Atakova E.A. 57

ASSESSMENT OF AGROECOLOGICAL STATE OF SODDY-PODSOLIC CHERNOZEM UNDER CONDITIONS OF SOUTH NIZHNY NOVGOROD REGION AGROECOSYSTEM
Kozlov A.V., Uromova I.P. 63

GENERATIVE FEATURES OF THE MAIN TREE SPECIES IN THE DRY STEPPE
Kryuchkov S.N., Iozus A.P., Zavyalov A.A. 70

CLUSTER ANALYSIS IN LENTIL BREEDING
Marakaeva T.V. 75

ECOLOGICAL PROTECTION OF SOYBEAN CROPS IN IRRIGATED AGROLANDSCAPES OF THE LOWER VOLGA REGION
Melikhov V.V., Komarova O.P., Komarov E.V., Koshkarova T.S. 81

FORMATION OF PROTECTIVE FOREST PLANTINGS IN THE CENTRAL BLACK EARTH OF RUSSIA
Mikhin V.I., Mikhina E.A., Mikhina V.V. 87

PECULIARITIES OF ROCKFALL AND AVALANCHE ACTIVITY IN THE AKTRU HEADWATER (THE ALTAI MOUNTAINS) BY DENDROINDICATION DATA
Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Kuznetsov A.S. 92

THE INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS IN REGULATING THE CARBON BALANCE OF THE GRAY FOREST SOILS OF VLADIMIR OPOLYE
Petrosyan R.D., Okorkov V.V. 98

DEVELOPMENT STABILITY OF EUROPEAN MOUNTAIN ASH IN CONDITIONS OF KRASNOYARSK TERRITORY (KRAI)
Slepov A.N., Lagunov A.N., Korotchenko I.S., Boyarinova S.P., Pervyshina G.G. 104

THE STUDY RESULTS OF POTATO GROWING ORIGINATED FROM DIFFERENT ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ZONES UNDER CONDITIONS OF KRASNOYARSK FOREST-STEPPE
Khalipskiy A.N., Churakov A.A., Abduraimov P.O. 111

Earth sciences (25.00.00)

COMPARATIVE ANALYSIS OF GEOCHEMICAL COMPOSITIONS OF SUSPENDED MATTER AND BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL LAKE AND LARGE RESERVOIR OF BOREAL CLIMATIC ZONE (BY THE EXAMPLE OF RESERVOIRS OF VLADIMIR AND TVER REGIONS)
Grishantseva E.S., Alekhin Yu.V., Drozdova O.Yu., Lapitskiy S.A., Demin V.V., Zavgorodnyaya Yu.A., Chervyakova P.S. 117

TENDENCIES OF CLIMATE DYNAMICS AT THE TERRITORY OF THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC
Dega N.S., Uzdenova Kh.I. 124

FORECAST FOR THERMAL INTERACTION BETWEEN A GROUP OF GAS WELLS AND PERMAFROST ROCKS IN CONDITIONS OF LENA-VILYUY PETROLEUM PROVINCE
Ivanov V.A., Rozhin I.I. 130

BIOLOGICAL ACTIVITY OF TECHNOGENIC SURFACE FORMATIONS IN THE TRANSPORT ZONE OUTSIDE URBAN AREAS IN TUMEN REGION
Kaygorodov R.V., Popova E.I. 136

POPULATION VIEW ON THE STATE OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE «BOLSHOI YAKUTSK»: CARTOGRAPHIC ASPECT
Krivoshapkina O.M., Yakovleva A.V., Cherosov M.M., Zakharova A.G., Sofronov R.P., Gogoleva P.A., Struchkova S.G. 143

ANALYSIS OF WATER USERS AND MONITORING OF DISCHARGES OF INDUSTRIAL EFFLUENTS INTO CITY SEWERS
Krylova L.A., Yakovleva O.V., Morozenko M.I. 149

SEED VAULT IN PERMAFROST
Kuzmin G.P., Kuvaev V.A. 155

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF DIFFERENT FUNCTIONAL GROUPS OF BACTERIA AND THEIR NUMBERS IN COLD SALINE UNDERGROUND WATERS OF THE PRIMORYE REGION
Lebedeva E.G., Chelnokov G.A., Kharitonova N.A. 162

DEGREE EVALUATION OF FREQUENCY ZONES ACTIVITY ON THE BASIS OF MICROSEISM CONDUCT
Lyutoev V.A. 168

POLLUTION OF THE WEST SIBERIAN RIVERS BY OIL PRODUCTS FOR THE PERIOD 2000–2017
Mezentseva O.V., Volkovskaya N.P., Zakharova V.P., Guryanova V.V. 175

SOIL NEMATODE FAUNA IN BUROZEMS OF FIR-WOOD IN RUSSKY ISLAND AS INDICATOR OF GEOSYSTEM CONDITION (PRIMORSKY TERRITORY)
Mukhina T.I., Pshenichnikov B.F., Pshenichnikova N.F., Ganzey K.S., Kiseleva A.G. 182

ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL GROUNDS OF NATURAL PARK ESTABLISHMENT IN THE LENA AND AMGA INTERFLUVE IN YAKUTIA
Nikolaev A.A., Soldatov S.N., Egorova T.N., Kochmar O.N. 188

FEATURES OF THE MINERAL COMPOSITION OF THE BOTTOM SAPROPELINE SEDIMENT OF THE LAKE GRYAZNOE (SOUTH OF THE TYUMEN REGION)
Novoselov A.A., Malykh A.G. 194

GEOLOGICAL STRUCTURE AND COAL CONTENTS OF THE YTYMDJMSKY HOLLOW OF THE GONAMSKY CARBONIFEROUS AREA OF THE SOUTHERN YAKUT COAL BASIN
Rukovich A.V. 200

ADAPTATION OF ECOSYSTEM SERVICES CONCEPT FOR RUSSIAN CITIES
Sulkarnaeva L.D. 206

MINERALS AND MINERAL COMPOUNDS OF THE SOIL COVER, COPPER DEPOSITS IN THE EASTERN PART OF THE ORENBURG REGION
Chernyakhov V.B., Shcheglova E.G., Stepanov A.S. 211

Scientific review

Chemical sciences

IONIC LIQUIDS IN ORGANIC SYNTHESIS
Chabakova A.K., Shchepetova E.V., Abdurakhmanova N.M. 216

Earth sciences

THE STATE OF BIOLOGICAL FORMS BENTHIC COMM UNITIES UNDER CONDITIONS OF DEVELOPING THE HYDROCARBONS OF THE ARCTIC SHELF
Agarkov S.A., Kozmenko S.Yu., Malavenda S.S., Motina T.N. 227

STUDY OF NATURE MANAGEMENT CONFLICTS IN FOREIGN RESEARCH
Sagova Z.M., Mezhova L.A., Lugovskoy A.M. 235

УДК 547.21:665.637.7:544.3

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАЗОПЕРЕХОДНЫХ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аймбетова И.О., Сулейменов У.С., Камбаров М.А., Калшабекова Э.Н., Риставлетов Р.А.

Международный Казахско-Турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, e-mail: science@ayu.edu.kz

В статье рассмотрены преимущества использования теплоаккумулирующих материалов на основе парафинов и возможности их практического применения в ограждающих энергоактивных конструкциях, энергоэффективных многослойных ограждениях и панелях, а также в строительстве целом. Проведен сравнительный анализ теплофизических свойств фазопереходных теплоаккумулирующих материалов, при этом выявлено, что приемлемыми для практического использования в строительстве по оптимальной теплоемкости, доступности материала, соответствующим условиям эксплуатации температуры фазового перехода материала являются парафины. Технической и научной новизной работы является получение теплоаккумулирующих материалов, с уменьшением тепловых потерь, повышенной теплоаккумулирующей способностью за счет повышения энтальпии фазового перехода, предохраняющие здания от перегрева летом и переохлаждения зимой. В результате исследований выявлено что свойство исследуемых теплоаккумулирующих материалов увеличивать теплоемкость в процессе фазового перехода используют при разработке эффективных стеновых панелей, многослойных ограждающих конструкций со слоем из теплоаккумулирующего материала, а также в аккумуляторах теплоты. На основе результатов исследований выявлена роль температуры используемых при внешней поверхности теплоаккумулирующих материалов в ограждениях конструкций при низкой температуре (до кристаллизации). При этом определен переход теплоаккумулирующих материалов из жидкой в твердую фазу с экзотермическим эффектом. Выявлено, что теплота фазовой трансформации равносильно к теплоте строительного материала. Использование теплоаккумулирующих материалов в ограждающих конструкциях способствует поддержке температуры в климате закрытых площадок в продолжительное время, при этом повышается уровень комфортности зданий за счет экономии тепловых энергий. Результаты исследований могут быть предпосылками к проведению научно-исследовательских работ по разработке капсулированных теплоаккумулирующих материалов для включения в отделочные слои ограждения.

Ключевые слова: теплоаккумулирующие материалы, фазовый переход, конструкции, температура, теплоемкость, кристаллизация

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF PHASE TRANSPARENT HEAT-STORING MATERIALS USED IN CONSTRUCTION

Aymbetova I.O., Suleymenov U.S., Kambarov M.A., Kalshabekova E.N., Ristavletov R.A.

Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, e-mail: science@ayu.edu.kz

The article considers the advantage of using heat-accumulating materials on the basis of paraffins and the possibility of their practical application in enclosing energy-active structures, energy-efficient multi-layer fences and panels, and in general construction. A comparative analysis of the thermophysical properties of phase-transfer heat-accumulating materials has been carried out, it has been found that it is acceptable for practical use in construction in terms of the optimum heat capacity, material availability, and the operating conditions of the phase transition temperature of the material. The technical and scientific novelty of the work is the production of heat-accumulating materials, with a reduction in heat losses, increased heat storage capacity due to an increase in enthalpy of phase transition, protecting buildings from overheating in the summer and overcooling in winter. As a result of the research, that the property of the heat-storage materials under investigation to increase the heat capacity during the phase transition is used in the development of effective wall panels, multi-layered enclosing structures with a layer of heat-accumulating material, and also in heat accumulators, it was revealed. The role of the temperature of the outer surface of the layer of heat-accumulating material is determined, which decreases to the crystallization temperature, where the heat-accumulating material passes from the liquid state to the solid state, releasing the heat of the phase transition, and the temperature of the layer of heat-accumulating materials throughout the entire thickness becomes equal to the phase transition temperature. On the basis of the conducted researches it is revealed that the use of heat-accumulating materials in the enclosing structures retains the internal air temperature of the room for a longer time within acceptable limits, increasing the time of comfortable stay in the room. The results of research may be prerequisites for conducting research work on the development of encapsulated heat-accumulating materials for inclusion in the finishing layer of the fence.

Keywords: heat-accumulating materials, phase transition, structures, temperature, heat capacity, crystallization

Совершенствование приоритетов в энергетической отрасли Казахстана влияет на улучшение энергоэффективности в строительной промышленности страны. Важными параметрами снижения энергопотребления в строительстве являются внедрение новшества и научно-технических инноваций в различных отраслях промышленности народного хозяйства, а также в строительной индустрии, таких как энергосберегательные конструкционные строительные изделия с улучшенными те-

плотехническими свойствами. Прогресс научно-технического новшества в строительной индустрии связан с разработкой теплоаккумулирующих материалов с улучшенными энергосберегательными свойствами, используемых для повышения комфортности и в ограждении конструкций зданий и помещений, приводит к развитию в производстве энергосберегающих строительных материалов, таких как теплоаккумулирующие материалы [1–3].

Перспективным и экономически целесообразным направлением в производстве теплоаккумулирующих материалов является разработка новых энергосберегающих материалов со скрытой формой аккумулирования энергии, к которым можно отнести фазопереходные теплоаккумулирующие материалы [4, 5]. В фазопереходных теплоаккумулирующих материалах передача термической энергии происходит во время фазового перехода, когда материал претерпевает фазовую трансформацию (твердое → жидкое). При трансформации фаз материалов твердое → жидкое теплоаккумулирующие материалы ведут себя как традиционные аккумулирующие материалы, их температура повышается, когда они абсорбируют тепло [6, 7]. В отличие от известных теплоаккумулирующих материалов в фазопереходных теплоаккумулирующих материалах выделение температуры связано с образованием кристаллической формы материала, где аккумуляция тепла происходит из-за распада кристаллической структуры материала при их плавлении.

К фазопереходным теплоаккумулирующим материалам предъявляются ряд требований, особо важные параметры, влияющие на применение их в строительстве: высокая энтальпия плавления и фазовая трансформация теплоаккумулирующего материала (твердое → жидкое); эксплуатационная регламентированная температура плавления и фазовой трансформации при ее высокой стабильности; отличная выработка теплофизических свойств теплоаккумулирующих материалов на протяжении продолжительного цикла плавления и кристаллизации; пассивность по отношению к конструкционным материалам при комбинированном строительстве, удовлетворение норм экологических требований и безопасности при их эксплуатации.

На основе анализа теплофизических свойств различных теплоаккумулирующих материалов проанализируем возможность их использования в качестве фазопереходного теплоаккумулирующего материала в основном из промышленных отходов, обладающего оптимальной удельной теплоемкостью, высокой эксплуатационной надежностью и экономической целесообразностью. Целью исследования являлось изучение динамики охлаждения помещения с теплоаккумулирующим материалом в конструкции стен.

Материалы и методы исследования

При исследовании теплофизических и теплотехнических свойств теплоаккумулирующих материалов их сравнительные анализы указывают на необходимость изучения тех же свойств (теплофизические, теплотехнические) для ряда химических соединений, неорганических и органических веществ [8]. Известно, что используемые в настоящее время в технике теплоаккумулирующие материалы с фазовыми переходами жожно разделить на 4 класса – жирные кислоты, гидраты солей, соединений металлов и парафины (н-алканы).

Жидкие и твердые парафины (ценные соединения н-алканов) соответствуют следующим параметрам: широкодоступны, за счет многотоннажного выделения в качестве побочного продукта при переработке нефти, и имеют высокие эксплуатационные характеристики, неограниченно применяются в технике и нефтехимии [9, 10].

Рассматриваемым нами основным компонентом парафина является алифатический углеводород C_nH_{2n+2} (н-алканы). В качестве основного ценного материала в производстве теплоаккумулирующих материалов являются жидкие парафины, которые состоят из смеси нормальных н-алканов от C_9H_{20} до $C_{40}H_{82}$, температура их кипения в интервале 180–370 °C в зависимости от составных компонентов и примесей. Твердые парафины также состоят из смеси твердых н-алканов от $C_{20}H_{42}$ до $C_{24}H_{50}$, у которых температура кипения составляет в пределах 300–500 °C.

Результаты исследования и их обсуждение

При применении парафинов в качестве теплоаккумулирующих материалов следует иметь в виду, что температура выделения тепла при охлаждении заметно отличается от температуры поглощения. Главное преимущество использования парафина как основу теплоаккумулирующих материалов в том, что их фазовый переход нахо-

дится в области тех температур, регламентированных законодательными органами Казахстана, например, санитарно-гигиеническими нормами для помещений жилых и других общественных помещений, которые в процессе циклического многократного нагрева/охлаждения сохраняют свои теплотехнические свойства, а по экономическим характеристикам выгодно отличаются от чистых н-алканов и других соединений. При этом основным преимуществом использования парафинов в составлении теплоаккумулирующих материалов являются теплотехнические свойства парафина, где при охлаждении экзотермический эффект различается от температуры поглощения.

Теплофизические свойства технических парафинов по литературным данным приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что влияние роста числа атомов углерода от 16 до 50 в н-алканах способствует повышению теплотехнического эффекта фазового перехода и плавления от 18 до 68 °С. Таким образом, парафины характеризуются высокой суммарной теплотой фазового перехода и плавления. Твердые парафины могут иметь два фазовых перехода, в кристаллическом состоянии, с экзотермическим и эндотермическим эффектами при плавлении и испарении. Известно, что в теплоаккумулирующих материалах на основе твердых парафинов при кристаллическом состоянии до осуществления фазового перехода, а также жидкофазном состоянии при плавлении теплоемкость парафина размеренно увеличивается с повышением температуры.

В качестве фазопереходных теплоаккумулирующих материалов могут использоваться и жирные кислоты $CH_3(CH_2)_{2n}COOH$ [8, 11]. При сравнении жирных кислот с парафинами, согласно табл. 2, у них температура и суммарная теплота плавления идентичны, ниже на 24 % коэффициент теплопроводности жирных кислот и удельная теплоемкость 31 %, которым свойственна химическая стойкость соединений с низкой или нулевой степенью переохлаждения. Основными недостатками жирных кислот как теплоаккумулирующих строительных материалов являются: несколько высокие по сравнению с эксплуатационными температурами температуры плавления, а также их высокая стоимость по сравнению с парафинами (в 2,0–2,5 раза).

Вызывает большой интерес использование гидратов солей в теплоаккумулирующих материалах с фазовыми переходами, где их физические свойства солей представлены ниже (табл. 3). Для гидратов солей характерно высокое выделение теплоты фазового перехода (1,5...2,0 раза), низкая удельная теплоемкость (1,5...2,0 раза) и высокий коэффициент теплопроводности (2...4 раза) по сравнению с жирными кислотами, парафинами. Рассматриваемые материалы имеют шанс быть примененными в качестве низкотемпературных аккумулирующих материалов с низкой себестоимостью по сравнению с жирными кислотами, парафинами.

При этом следует отметить, неконгруэнтное плавление рассматриваемых гидратов солей ограничивает их использование, которое и является их главным недостатком. Общеизвестно, что при температуре плавления формируются насыщенная (концентрированная) фазы и малогидратированная твердая фаза с отражательным свойством. Дополнительно гидраты солей в виде расплавов характеризуются переохлаждаемостью, а также большим объемным весом.

Таблица 1

Теплофизические свойства технических парафинов [10]

Количество атомов С	Температура фазового перехода, °С	Суммарная теплота плавления и фазового перехода, Дж/г	Плотность парафинов в жидком состоянии, кг/м^3	Удельная теплоемкость, кДж/кг К	Коэффициент теплопроводности, Вт/м К
9–12	от –9 до –53	184	686	2,1	0,15
13–16	от –6 до 18	196	716	2,1	0,19
16–18	от 18 до 28	212	734	2,1	0,21
16–28	от 42 до 44	214	765	2,1	0,21
20–33	от 48 до 50	218	769	2,1	0,21
22–45	от 58 до 60	221	795	2,1	0,21
24–50	от 66 до 68	221	830	2,1	0,21

Таблица 2

Теплофизические свойства жирных кислот [11]

Кислота	Химическая формула	Температура фазового перехода, °C	Суммарная теплота плавления и фазового перехода, Дж/г	Плотность в жидком состоянии, кг/м^3	Удельная теплоемкость, кДж/кг К	Коэффициент теплопроводности, Вт/м К
Каприловая	$CH_3(CH_2)_6COOH$	16	128	862 (80°C)	–	0,148
Каприновая	$CH_3(CH_2)_8COOH$	32	136	866 (40°C)	–	0,149
Лауриновая	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	42–44	155	870 (50°C)	1,6	0,147
Марисиновая	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	54	158	840 (80°C)	1,6	–
Пальмитиновая	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	63	159	847 (80°C)	–	0,165
Стеариновая	$C_{17}H_{35}COOH$	70	191	–	–	0,172

Таблица 3

Теплофизические свойства гидратов солей [11]

Вещество	Химическая формула	Температура фазового перехода, °C	Суммарная теплота плавления и фазового перехода, Дж/г	Плотность в жидком состоянии, кг/м^3	Удельная теплоемкость, кДж/кг К	Коэффициент теплопроводности, Вт/м К
	$KP \cdot 4H_2O$	18,5	231	1455	1,83	–
Гидрат хлорида кальция	$CaCl \cdot 6H_2O$	29,7	171	1710	–	0,60
Гидрат сульфата натрия	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	32,4	254	1485	1,93	0,54
Гидрат гидрофосфата натрия	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	35,2	280	1420	1,55	0,50
Гидрат нитрата цинка	$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	36,4	147	2065	1,34	–
Гидрат дитионита натрия	$Na_2S_2O_4 \cdot 5H_2O$	48,0	201	1600	1,46	–
Гидрат гидроксида бария	$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	78,0	267	2180	1,17	–
Гидрат хлорида магния	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	116,0	165	1570	1,72	–

Таблица 4

Теплофизические свойства соединений металлов [10]

Соединение	Химическая формула	Температура фазового перехода, °C	Суммарная теплота плавления и фазового перехода, Дж/г
Гидрид лития	LiH	961	2511
Фторид лития	LiF	1118	1030
Фторид натрия	NaF	1273	792
Фторид магния	MgF_2	1236	918
Силицид магния	Mg_2Si	1379	828
Силицид кобальта	$CoSi_2$	1600	864
Силицид титана	$TiSi_2$	1818	1116
Смесь оксидов бериллия и кальция	3BeO-2CaO	1690	936
Смесь оксидов алюминия, бериллия и титана	Al_2O_3-2BeO-4TiO_2	1891	990
Смесь оксидов алюминия, бериллия и магния	Al_2O_3-4BeO-MgO	1918	1440
Смесь оксидов алюминия, бериллия и магния	Al_2O_3-2BeO-MgO	3033	1530
Смесь оксидов бериллия и магния	3BeO-2MgO	2153	2088

В качестве фазопереходных теплоаккумулирующих материалов, в принципе, могут использоваться и ряд соединений металлов. Рассматриваемые 2, 3-компонентные эвтектические составы, используемых в основном в теплоаккумулирующих материалах фазовые переходы и их теплофизические свойства, представлены в табл. 4.

Соединение металлов в виде многокомпонентных фторидов, силицидов, оксидов характеризуются более высокими значениями теплоты фазового перехода в пределах 4–17 раз выше, чем теплота показателей парафинов (н-алканов), жирных кислот и гидратов солей [10]. При этом надо отметить, что температура фазовых переходов и теплофизические свойства рассматриваемых соединений металлов очень высоки (900–2000 °C), они напрямую влияют на высокую стоимость строительных материалов изготавливаемых из них, что является экономически нецелесообразным при их эксплуатации в энергосберегательных ограждающих конструкциях [12, 13].

Заключение

На основе сравнительного анализа теплофизических свойств рассмотренных соединений металлов и других фазопереходных теплоаккумулирующих материалов, выявлено наиболее оптимальная в эксплуатации в строительной индустрии по эффекту теплоемкости, доступности материала, соответствующим условиям эксплуатации температуры фазового перехода материала, стоимости являются парафины. Однако возникает необходимость разработки низкотемпературных теплоаккумулирующих материалов на основе товарных (твердых и жидких) парафинов и н-алканов с требуемыми теплофизическими свойствами, разработки рациональной методики составления многокомпонентных теплоаккумулирующих материалов на основе парафинов, а также изучение их эксплуатационных свойств.

Работа выполнена согласно договору на выполнение научно-исследовательских работ в рамках государственного заказа № 212-5 от 19 марта 2018 г. по теме AP05130618 «Разработка и исследование теплоаккумулирующих материалов на основе товарных парафинов с заданными теплотехническими свойствами для ограждающих конструкций зданий».

Список литературы / References

1. Ukrainczyk N., Kurajica S., Sipusik J. Thermophysical Comparison of Five Commercial Paraffin Waxes as Latent Heat Storage Materials // Chemical & Bio-chemical Engineering Quarterly. 2010. Vol. 24. No. 2. P. 129–137.

2. Коричневская Т.В. Перспективные методы аккумулирования тепловой энергии // Научные труды Одесской национальной академии пищевых технологий. Мин. образования и науки Украины. Одесса, 2010. Вып. 37. С. 236–241.

Korinchevskaya T.V. Promising methods for the accumulation of heat energy // Scientific papers of the Odessa National Academy of Food Technologies. Min. Education and science of Ukraine. Odessa, 2010. Vol. 37. P. 236–241 (in Ukrainian).

3. Михайлик В.А., Снежкин Ю.Ф., Коринчевская Т.В., Парняков А.С., Постников В.А. Теплофизические свойства теплоаккумулирующих материалов на основе органических соединений // Промышленная теплотехника. 2011. Т. 33. № 5. С. 96–103.

Mikhailik V.A., Snezhkin Yu.F., Korinchevskaya T.V., Parnyakov A.S., Postnikov V.A. Thermophysical properties of heat-accumulating materials based on organic compounds // Industrial Heat Engineering. 2011. Vol. 33. № 5. P. 96–103 (in Russian).

4. Babaev B.D. Principles of Heat Accumulation and Heat-Accumulating Materials in Use // High Temperature. 2014. Vol. 52 (5). P. 736–751. DOI: 10.1134/S0018151X14050010/

5. Sari A. Thermal Energy Storage Properties and Laboratory-Scale Thermoregulation Performance of Bentonite/Paraffin Composite Phase Change Material for Energy-Efficient Buildings // Journal of Materials in Civil Engineering. 2017. Vol. 29 (6). DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001775.

6. Александров В.Д., Соболь О.В., Александрова О.В., Покинтелица Е.А., Лойко Д.П., Амерханова Ш.К. Применение фазопереходных теплоаккумулирующих материалов в строительстве // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2016. № 1 (117). С. 5–13.

Aleksandrov V.D., Sobol O.V., Aleksandrova O.V., Pokintelitsa E.A., Loyko Dative, Amerkhanova Sh.K. Application of phase transition thermal storage materials in construction // Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture. 2016. № 1 (117). P. 5–13 (in Russian).

7. Шайкежан А., Калмагамбетова А.Ш. Теплоизоляционные материалы: учебное пособие. Караганда: КарГТУ, 2011. 78 с.

Shaikezhan A., Kalmagambetova A.Sh. Thermal insulation materials: Education guidance. Karaganda: KarGTU, 2011. 78 p. (in Russian).

8. Быстров В.П., Ливчак А.В. Теплоаккумуляторы с использованием фазового перехода // Вопросы экономики теплоэнергетических ресурсов в системах вентиляции и теплоснабжения. Сб. науч. трудов. М.: Изд. ЦНИИЭПИО, 1984. С. 75–90.

Bystrov VP, Livchak A.V. Heat accumulators using a phase transition // Questions of economics of heat and power resources in ventilation and heat supply systems. Sb.nauch.trudov. M.: Izd. ZNIIEPIO, 1984. P. 75–90 (in Russian).

9. Mazlan Abdul Wahid, Seyed Ehsan Hosseini, Hasanen M. Hussen, Hussein J Akeiber, Safaa Saud, Abdulrahman Th. Mohammad. An overview of phase change materials for construction architecture thermal management in hot and dry climate region. Applied Thermal Engineering, 2017. Vol. 112. P. 1240–1259. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.07.032.

10. Хатина Е.В. Динамическая теплоизоляция ограждающих конструкций зданий // Ползуновский вестник. 2011. № 1. С. 224–228.

Khatina E.V. Dynamic thermal insulation of enclosing structures of buildings // Polzunovsky Vestnik. 2011. № 1. P. 224–228 (in Russian).

11. Цымбалюк Ю.В. Исследование процессов с фазовыми переходами материалов с пластинчатыми инклюзивами в тепловых аккумуляторах: дис. ... канд. техн. наук. Астрахань, 2006. 122 с.

Tsymbalyuk Yu.V. Investigation of processes with phase transitions of materials with lamellar inclusions in heat accumulators: dis. ... cand. texn. nauk. Astrakhan, 2006. 122 p. (in Russian).

12. Сулейменов У.С. Закономерности распределения тепловых потоков на наружных поверхностях ограждений зданий // Вестник КазГАСА. 2016. № 4 (62). С. 101–108.

Suleimenov U.S. Patterns of heat flow distribution on the outer surfaces of building fences // Bulletin of KazSABA. 2016. № 4 (62). P. 101–108 (in Russian).

13. Матвеев В.М. Приближенный расчет теплопередачи в аккумуляторах тепла солнечных энергоустановок // Гелиотехника. 1971. № 5. С. 43–45.

Matveyev V.M. Approximate calculation of heat transfer in heat accumulators of solar power plants // Geliotekhnika. 1971. № 5. P. 43–45 (in Russian).

УДК 66.09:662:543:544:547

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО УГЛЯ КАА-ХЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ В ТЯЖЕЛЫХ ВОДНЫХ СРЕДАХ

Монгуш Г.Р., Сапелкина Т.В., Тас-оол Л.Х.

ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов» СО РАН, Кызыл, e-mail: mongush983@mail.ru

В настоящее время уголь Каа-Хемского месторождения обеспечивает основные потребности Республики Тыва. Тувинская горнорудная компания активно ищет новые рынки сбыта своей продукции. Для этого необходимы исследования в области переработки углей. Исследования термохимической переработки каменных углей для получения ценных углеродных материалов определяются необходимостью повышения рентабельности топливно-энергетического комплекса Тувы. В статье для исследования изменения свойств углеродного материала на основе каменноугольного сырья использована технологическая схема, предусматривающая последовательное проведение нескольких процессов: дробление, измельчение и расслоение угля в тяжелых жидкостях; высокотемпературный пиролиз угля со свободным удалением летучих веществ; измерение физико-химических характеристик углеродных материалов. Представлены результаты изменения технических и физико-химических свойств мелкодисперсного угля Каа-Хемского месторождения после расслоения в тяжелых водных средах. Было установлено, что расслоение образца в водной среде хлорида цинка (при 1300 кг/м^2) эффективно для получения малозольных концентратов. При пиролизе наибольшей адсорбционной активностью и удельной поверхностью обладает всплывшая фракция угля. По показателям адсорбционной активности по метиловому оранжевому образец углеродного материала всплывшей фракции угля сопоставим с промышленным активированным углем (КАД молотый), поэтому он может быть рекомендован для очистки газов от пыли и химических соединений. У потонувшей фракции угля было выявлено то, что увеличиваются прочностные характеристики получаемого углеродного материала. Этот факт можно использовать при производстве кокса. Исследование рамановских спектров показало, что при пиролизе угля разрушаются связи в молекулярных фрагментах органической части угля, но в углеродных материалах не успевают выстроиться новые связи массивных углеродных кристаллитов. Это говорит нам, что получаемые углеродные материалы содержит в основном аморфный углерод.

Ключевые слова: каменный уголь, Каа-Хемское месторождение, углеродный сорбент, адсорбционная активность, удельная поверхность, рамановские спектры

CHANGES IN THE PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF FINELY-DISPERSED COAL OF THE KAA-KHEM DEPOSIT WITHIN SPECIFIC PARTING LIQUID PROCCES

Mongush G.R., Sapelkina T.V., Tas-ool L.Kh.

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, e-mail: mongush983@mail.ru

Present day the coals of the Kaa-Khem deposit cover strategic needs of the Republic of Tyva. Tuvanore mining company is aimed in active searching of distribution market areas for its product. Research works on thermochemical coal processing in obtaining high-value carbon-based materials are first-order condition for improving the profitability of fuel and energy sector of Tyva. The paper considers the technological scheme involving thesubsequent driving of several processes: crushing, grinding and layer separation of coal in specific parting liquids; high-temperature pyrolysis of coal with free volatile substancesremoval; measurement of carbon materials physico-chemical characteristics for the analysis in the properties changes of carbon-based material oriented on coal raw materials. The article presents the results of changes in technical and physico-chemical properties of fine carbon of the Kaa-Khem deposit after coal layer separation in specific parting liquids. It was found that the sample layering within zinc chloride (at 1300 kg/m^2) is effective for low-ash concentrates. Float fraction of coal has the highest adsorption activity and specific surface during pyrolysis. Carbon-based material of float coal fraction is comparable with industrial activated carbon (KAD molotyj) according to the adsorption activity indicators for methyl-orange so it can be recommended for gas purification from dust and chemical compounds. Sink fraction of coal demonstrated the growing structural characteristics of the resulting carbon-based material. This fact can be used in the production of coke. Raman spectra study showed that molecular fragment links of the organic part of coal are ruined during coal pyrolysis but new links of massive carbon crystallites can't built fast enough in carbon-based materials. This points to the fact that the resulting carbon-based materials contain mostly amorphous carbon.

Keywords: coal, the Kaa-Khem deposit, carbon sorbent, adsorption activity, specific surface area, Raman spectra

В настоящее время уголь Каа-Хемского месторождения обеспечивает основные потребности Республики Тыва. Тувинская горнорудная компания активно ищет новые рынки сбыта своей продукции. Однако неоднородность состава добываемых углей марки 1ГЖ и 2Г на участках Каа-Хемского разреза ограничивает их сбыт. Для этого необходимы исследования в области переработки углей: коксование, брикетирование, газификация, обогащение, ожижение и т.д.

Исследования термохимической переработки каменных углей для получения ценных углеродных материалов определяются необходимостью повышения рентабельности топливно-энергетического комплекса, а также создания инновационных технологических схем для территорий, находящихся в таких же условиях транспортной и энергетической изолированности, как Республика Тыва [1].

Для дальнейшего использования углей по одному из способов глубокой переработки необходимо провести предварительный комплекс работ. Наиболее доступным способом является гравитационный метод обогащения [2].

Ранее в работе [3] было изучено, что при расслоении угольного шлама в CCl_4 и бензоле в легкой фракции с плотностью менее 1,3 г/см^3, характеризующихся большей ароматичностью, соответствуют фюзенизированным угольным компонентам, в то время как компоненты фракций с повышенным содержанием алифатической составляющей (фракция <1,35 г/см^3) отвечают гелифицированным витринитовым веществам. Было установлено, что увеличение доли фюзенизированных и минеральных компонентов в составе угольных фракций приводит, с одной стороны, к увеличению выхода коксового остатка и его зольности, а с другой стороны – к уменьшению его удельной поверхности и сорбционной активности по метанолу, бензолу и йоду. Для получения углеродных сорбентов целесообразно применять угли с повышенным содержанием гелифицированных витринитовых компонентов.

Целью данной работы является исследование продуктов расслоения мелкодисперсного угля в тяжелых водных средах с выявлением отличий получаемых фракций и возможности применения их в промышленном производстве. Для этого в работе рассмотрены процессы обогащения и переработки образца каменного угля на лабораторной установке в углеродные материалы.

Материалы и методы исследования

Для работы отобрана проба рядового каменного угля Каа-Хемского месторождения Северного участка марки 1ГЖ, с техническими характеристиками: влажность (W^a) – 1,5 %, зольность (A^d) – 10,0 %, содержание серы (S_t) – 0,9 %, содержание летучих веществ (V^{daf}) – 46 %, низшая теплота сгорания (Q_i^r) – 6500 ккал/кг.

Для исследования изменения свойств углеродного материала на основе каменноугольного сырья использована технологическая схема, предусматривающая последовательное проведение нескольких процессов: дробление, измельчение и расслоение угля в тяжелых жидкостях; высокотемпературный пиролиз угля со свободным удалением летучих веществ; измерение физико-химических характеристик углеродных материалов.

Рядовой уголь подвергали дроблению на щековой дробилке до крупности 30 мм и далее измельчали на вибрационном измельчителе Пугачева IVP-200 до частиц с размерами менее 60 мкм, для увеличения удельной поверхности.

Определение и представление показателей фракционного анализа выполнено по ГОСТ 4790-93, сущность которого заключается в расслоении исследуемого угля на фракции в жидкостях различной плотности. Расслоение каменного угля производилось в жидкости, имеющей плотность 1300 кг/см^3, в водном растворе хлорида цинка.

Далее все пробы подвергались стандартным методам технического анализа: ГОСТ 11022-95 – содержание золы A^d (%); ГОСТ Р 55660-2013 – выход летучих веществ V^{daf}(%);ГОСТ 147-2013 – низшая теплота сгорания Q_i^r (ккал/г; ГОСТ 1186-2014 – пластометрические показатели (Y) мм; ГОСТ 32558-2013 (ISO 23499:2008) – насыпная плотность $(BD)^d$ (г/л). Результаты расслоения и характеристика продуктов приведены в табл. 1.

Элементный анализ полученных образцов выполнен на анализаторе ThermoFlash 2000 (табл. 2).

Пиролиз угля проводили в стальных микрореакторах, с отверстием для удаления летучих веществ, которые помещали в зону нагрева муфельной печи, при скорости нагрева 10 °С/мин и изотермической выдержке в течении 2 часов при температуре 900 °С.

Определение *адсорбционной активности* углеродных материалов (X, мг/г) проводилось по метиленовому голубому и метиленовому оранжевому согласно ГОСТ 4453-74 «Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный».

Удельную поверхность исследовали на анализаторе тонкодисперсных веществ «Термосорб F».

Для определения и *оценки прочности* получаемых углеродных материалов были подготовлены цилиндрические пробы диаметром 20 мм и высотой 20 мм. Определение прочности было взято из методики определения нагрузки (силы), при статических испытаниях на сжатие и изгиб кон-

трольных образцов из бетона (ГОСТ 10180), а также других строительных материалов (например, кирпича по ГОСТ 8462) на прессе испытательном гидравлическом ПГМ – 100 МГ4 (1–100 кН). Результаты представлены в табл. 4.

Микроснимки поверхности исходных углей и углеродных материалов были получены на настольном сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM1000 (рис. 1, А, Б).

Спектры комбинационного рассеяния (КР) регистрировались на спектрометре LabRAM HR Evolution, при длине волны возбуждения 532 нм, при использовании объектива ×100 и дифракционной решетки 600 ш/мм. Все спектры регистрировались в одинаковых условиях. Корректность сравнения спектров между собой, с целью проследить динамическое изменение углеродной структуры угля при пиролизе, достигается разложением спектров по одинаковой методике: спектральный диапазон 900–1800 см$^{-1}$; составные колебания описываются комбинированной функцией, состоящей из Ларинцевой и Гауссовой компонент; с минимальным количеством колебаний для описания спектров. Спектры КР угля Каа-Хемского месторождения и углеродных материалов, полученных на его основе, приведены на рис. 2.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 представлены результаты характеристик образцов и показано, что выход всплывшего угля составляет треть доли всей массы образца.

Технические показатели, такие как низшая теплота сгорания, пластометрические показатели, существенных изменений не претерпели. В результате обогащения всплывшая фракция оказалась низкозольной, с высоким выходом летучих веществ. Однако это не повлияло на элементный состав угля (табл. 2).

Насыпная плотность образцов всплывшей (КУ-1300) и потонувшей (КУ + 1300) фракций отличается от исходного образца (КУ) за счет размера частиц и плотности угля. Микроанализ поверхности показал, что на потонувшей части преобладает средний размер частиц около 17 мкм, а на всплывшей части – около 4–6 мкм (рис. 1, А, Б).

Таблица 1

Характеристика образцов

Маркировка образца	Выход продукта γ, %	Зольность A^d, %	Выход летучих V^{daf}, %	Низшая теплота сгорания Q_i^r, ккал/г	Пластометрические показатели Y, мм	Насыпная плотность $(BD)^d$ г/л
КУисх	–	10,5	43,9	7399	20	526
КУ-1300	31	2,3	46	7132	19	503
КУ + 1300	69	15	37	7200	19	566

Таблица 2

Элементный анализ образцов

Маркировка образца	Содержание, мас. %			
	C	H	S	N
КУисх	72,3	5,3	0,4	1,3
КУ-1300	72,2	5,2	0,3	1,3
КУ + 1300	72,6	5,4	0,3	1,4

Таблица 3

Характеристика углеродных материалов

Маркировка образца	Выход кокса, %	Средняя прочность, Мпа	Адсорбционная активность по метиловому голубому, мг/г	Адсорбционная активность по метиловому оранжевому, мг/г	Удельная поверхность, м^2/г
КУМисх	56	5,93	97,72	344,25	98
КУМ-1300	55	5,38	202,14	358,75	137
КУМ + 1300	62,2	6,9	154,54	354,37	75
Актив. уголь. КАД	–	–	218,18	363,37	–

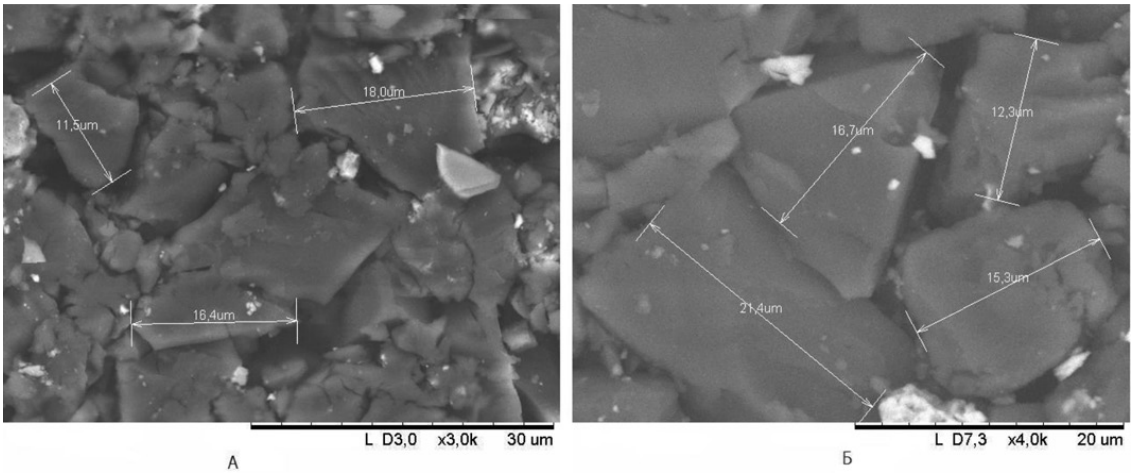


Рис. 1. Микроснимки поверхности каменных углей: А – всплывшая фракция (КУ-1300), Б – потонувшая фракция (КУ + 1300)

Пиролизу подвергались пробы исходного угля (КУисх), всплывшей фракции угля с (КУ-1300) и потонувшей фракции угля (КУ + 1300). Полученные углеродные материалы (КУМ) были испытаны на адсорбционную активность красителей по метиловому оранжевому и метиловому голубому. Для сравнения был выбран активированный уголь КАД молотый, который предназначен для осветления растворов и углевания воды (*получаемый по ТУ 2162-010-79906011-2006*).

Из табл. 3 видно, что выход углеродных материалов примерно соответствует выходу летучих веществ образцов. Показатель адсорбционной активности и удельная поверхность углеродного материала всплывшей фракции угля существенно больше (КУМ-1300: А-202,14 мг/г; Б-358,75 мг/г; 137 м^2/г), чем у углеродного материала исходного каменного угля (КУМисх: А – 97,72 мг/г; Б – 344,25 мг/г; 98м^2/г) и потонувшей фракции угля (КУМ + 1300: А – 154,54 мг/г; Б – 354,37 мг/г; 75м^2/г). Наибольшую прочность на сжатие показала потонувшая фракция угля.

Для сравнения с нашими образцами, в работе [4] ранее были исследованы «зерненые адсорбенты» из углей Каа-Хемского месторождения. Нагрев при температуре до 800 °С и активирование водяным паром и азотом позволило увеличить сорбционную емкость образцов по метиловому голубому до 14 мг/г.

Анализ рамановских спектров образцов показал, что выбранный спектральный диапазон характеризуется двумя основными пиками, которые можно отнести к графитовой (G-пик ~1595 см$^{-1}$) и дефектной (D-пик ~1360 см$^{-1}$) частям структуры углеродного материала. Асимметричность пиков указывает на то, что они являются составными. Согласно литературным данным [5–6], в выбранной спектральной области можно наблюдать сигналы от молекулярных структур смешанного состава sp^3-sp^{2}гибридизованного углерода (R1-пик ~1200 см$^{-1}$ и D5-пик ~1280 см$^{-1}$). В области ~1520 см$^{-1}$ наблюдаются сигналы от междоузельных дефектов вне графитовых слоев (D3-пик). Высокочастотное плечо G-пика характеризуется дефектами графитовой плоскости, в результате чего формируется D`-пик ~1620 см$^{-1}$, из-за которого наблюдается его асимметрия.

Спектральная область >2500 см$^{-1}$ характерна для углеродных структур сигналами о рассеянии второго порядка – обертонами. В спектрах КР отчетливо наблюдается только удвоенное по частоте колебание D-пика для изначального образца угля. Образцы углеродных материалов проявляют сигналы той области спектра лишь на уровне шумов. Это может говорить о том, что при производстве углеродных материалов исчезает трансляционная симметрия в образце, которая наблюдалась в исходном угле. При пиролизе угля разрушаются связи в молекулярных фрагментах органической части угля, происходит выход летучих веществ и отжиг карбоксильных, карбонильных и других функциональных групп, но в данных углеродных материалах не успевает выстроиться новые связи массивных углеродных кристаллитов.

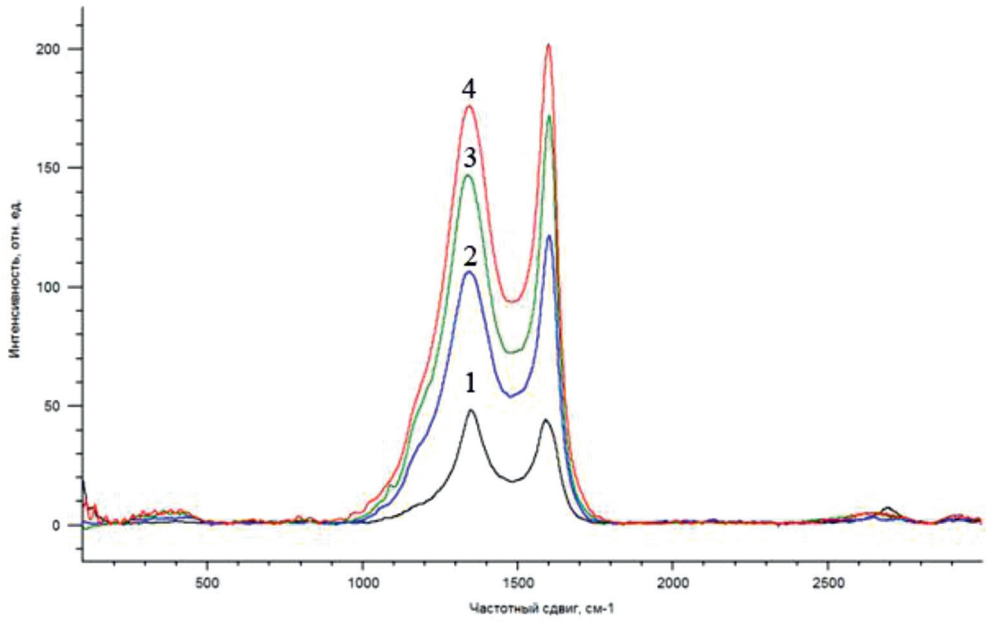


Рис. 2. Спектры КР образцов: 1 – КУ исх.; 2 – КУМ исх.; 3 – КУМ-1300; 4 – КУМ + 1300

По мере преобразования структуры происходит увеличение сечения рассеяния. Рассматривая рассеяние первого порядка, т.е. спектральную область 900÷1800 см$^{-1}$, для углей и углеродных материалов на его основе, можно заметить, что интенсивность D-пика уменьшается по сравнению с общим G-пиком. Составной пик при ~1600 см$^{-1}$ после пиролиза становится более узким и менее асимметричным, т.е. структура углеродного материала более однородна по своему строению, чем структура исходного угля. Положение пика, ассоциирующегося с сигналом о графитовой плоскости, при прокаливании сдвигается от 1589 см$^{-1}$ до 1596 см$^{-1}$, что говорит об уменьшении размеров кристаллитов графитовых структур, т.е. происходит разрушение первоначальной структуры с образованием однородных небольших молекулярных фрагментов. После разделения на углеродные материалы по фракциям, можно заключить следующее: для потонувшей фракции (КУМ + 1300) характерны большие размеры графитовых кристаллитов, чем для всплывшей фракции (КУМ-1300), и в обоих случаях, при разделении, становятся менее заметны сигналы от низкоразмерных графитовых плоскостей. Положение G-пика для первого случая – 1594 см$^{-1}$, а для второго 1585 см$^{-1}$.

Положение D-пика, отвечающего за разупорядоченность углеродной структуры, практически не изменяется. При получении углеродных материалов увеличивается полуширина D-пика, по сравнению с первоначальным углем: 174 см$^{-1}$ и 113 см$^{-1}$. Это свидетельствует о неоднородности дефектной части углеродного каркаса, вызванной разрушением первичной структуры угля. Подобные значения полуширин наблюдаются в обеих фракциях.

Все углеродные материалы характеризуются наличием плеча на D-пике в районе ~1205 см$^{-1}$. Этот факт подтверждает предположение о незавершенности процесса перестройки структуры образцов.

Если за числовую характеристику меры разупорядоченности углеродной структуры брать отношение интенсивностей сигналов от дефектной (ID) и графитовой (IG) частей, то при приготовлении изначального углеродного материала (КУМисх) из угля она увеличивается: от 1,70 до 2,71. Увеличение ID/IG говорит о том, что структура становится менее упорядоченной. Это подтверждает предыдущие рассуждения о разрушении первичной угольной структуры с последующим неполным образованием графитоподобных кластеров. Соотношение ID/IG для обеих фракций схожее – 2,89 для всплывшей и 2,80 для потонувшей. Как и говорилось ранее – в состав потонувшей фракции входят упорядоченные структуры с более протяженными графитовыми кристаллитами.

Выводы

1. Газово-жирный каменный уголь – относительно дешевый и доступный сырьевой источник для получения углеродных сорбентов, так как для получения пористых материалов не требует дополнительных методов активации, достаточно подвергнуть его обогащению и термической обработке в специальных реакторах. В результате проведенных исследований выявлено, что наибольшей адсорбционной активностью обладает всплывшая фракция угля. По показателям адсорбционной активности по метиловому голубому и оранжевому, а также по удельной поверхности образец углеродного материала всплывшей фракции угля (КУМ-1300) сопоставим с промышленным активированным углем КАД молотый, поэтому он может быть рекомендован для очистки газов от пыли и химических соединений и жидкостей.

2. У потонувшей фракции угля было выявлено то, что увеличиваются прочностные характеристики получаемого углеродного материала. Этот факт можно использовать при производстве кокса.

3. Исследование спектров КР показало, что при пиролизе угля разрушаются связи в молекулярных фрагментах органической части угля, но в углеродных материалах не успевают выстроиться новые связи массивных углеродных кристаллитов. Анализ углеродных материалов из углей, после расслоения в тяжелой водной среде на фракции, можно заключить следующее: для потонувшей фракции (КУМ + 1300) характерны упорядоченные структуры с более протяженными графитовыми кристаллитами, чем для всплывшей (КУМ-1300), и в обоих случаях, после расслоения угля, становятся менее заметны сигналы от низкоразмерных графитовых плоскостей. Положение G-пика для первого случая – 1594 см$^{-1}$, а для второго 1585 см$^{-1}$. Это говорит нам, что получаемые углеродные материалы содержат в основном аморфный углерод.

Авторы работы выражают благодарность за помощь в выполнении работы и технических, физико-химических методов анализа: начальнику ОТК Каа-Хемского разреза Ч.М. Иргит, старшему научному сотруднику ИХТТМ СО РАН к.х.н. М.А. Михайленко, научному сотруднику ФИЦ УУХ СО РАН А.П. Никитину.

Список литературы / References

1. Лебедев В.И., Котельников В.И. Эколого-экономические аспекты освоения месторождений каменного угля Улуг-Хемского бассейна (Республика Тыва) // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2010. № 3. С. 240–246.

Lebedev V.I., Kotelnikov V.I. Ecological and economic aspects of the development of coal deposits of the Ulug-Khem basin (Republic of Tuva) // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im.V.P.Astaf'eva. 2010. № 5. P. 240–246 (in Russian).

2. Гришин И.А., Князбаев Ж.С. К проблеме выбора метода обогащения для углей различной стадии метаморфизма // Успехи современного естествознания. 2016. № 1. С. 107–110.

Grishin I.A., Knyazbaev ZH.S. To the problem of choosing the enrichment method for coal of various metamorphism stages // Advances in current natural sciences. 2016. № 1. P. 107–110 (in Russian).

3. Федорова Н.И., Семенова С.А., Измагилов З.Р. Вещественный состав фракций различной плотности, выделенных из каменноугольного шлама // Химия твердого топлива. 2013. № 4. С. 51–56. DOI: 10.7868/S0023117713040063.

Fedorova N.I., Semenova S.A., Izmagilov Z.R. The material composition of the fractions of different density, isolated from coal sludge // Himiya tverdogo topliva. 2013. V. 47. № 4. P. 243–248. DOI: 10.3103/S036152191304006X.

4. Коновалов Н.М., Строгонова Н.В., Янчат Н.Н. Зерненные адсорбенты из углей Каа-Хемского месторождения // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества (научные труды ТувИКОПР СО РАН), 2004. С. 137–140.

Konovalov N.M., Strogonova N.V., YAnchat N.N. Granular adsorbents from coal Kaa-Khem field // Sostoyanie i osvoenie prirodnyh resursov Tuvy i sopredel'nyh regionov Central'noj Azii. Geoehkologiya prirodnoj sredy i obshchestva (nauchnye trudy TuvIKOPR SO RAN), 2004. P. 137–140 (in Russian).

5. Manoj B. A comprehensive analysis of various structural parameters of Indian coals with the aid of advanced analytical tools // International Journal Coal Science and Technology. 2016. Vol. 3. No. 2. P. 123–132. DOI: 10.1007/s40789-016-0134-1.

6. Morga R., Jelonek I., Kruszewska K., Szulik W. Relationships between quality of coals, resulting cokes, and micro-Raman spectral characteristics of these cokes // International Journal of Coal Geology. 2015. Vol.144-145. P. 130–137. DOI: 10.1016/j.coal.2015.04.006.

УДК 544.72:687

СЛОИ ИЗ ПРИВИТЫХ К АКТИВНОМУ УГЛЮ ЭТАНОЛАМИНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПВХ С КОМПЛЕКСАМИ CO (0) ИЛИ NI (0) И H_2SO_4 ИЛИ NAOH НА ТКАНИ

Цивадзе А.Ю., Фридман А.Я., Новиков А.К., Титова В.Н., Явич А.А., Морозова Е.М., Полякова И.Я., Шабанов М.П.

ФГБУН «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина» РАН, Москва, e-mail: sha444@yandex.ru

Синтезированы материалы из хлопковой марли, капсулированной пористыми электрон- и ионопроводящими слоями из микрочастиц активного угля с привитыми этаноламиновыми производными ПВХ с комплексами Ni (0) или Co(0) и H_2SO_4 или NaOH. Измерены электрические сопротивления слоев, их сорбционная емкость при поглощении бензола и гексана, а также константы скорости движения ионов и образования H_2 и O_2 в электрохимических мостиках из этих материалов. Установлено, что в порах со стенками из производных ПВХ находятся координационные фрагменты, в которых центральные атомы окружены тремя или четырьмя этаноламиновыми группами и связывают один сульфат ион и два гидроксид иона, участвующих в движении ионов в мостиках. Атомы металлов находятся на расстояниях, позволяющих движение электронов между ними частицами угля. В поляризованных мостиках образование H_2 и O_2 происходит на частицах угля и на атомах металлов. Производные ПВХ – это сетки из сочлененных циклических аминов. Через эфирные группы они связаны с целлюлозными цепями на поверхности фибрилл ткани и с углеродными структурами на поверхности частиц угля, объединяющих их в электронопроводящие агрегаты. Сетки формируют внешние поры на поверхности слоя и стенки примыкающих к ним внутренних пор. Стенками пор в зоне прививки сеток к углю являются сочлененные циклы, образуемые углеродными и этаноламиновыми структурами. Стенками пор в зоне пришивки слоя являются сочлененные циклы, образуемые пентозами и этаноламиновыми структурами. Этаноламиновые группы в стенках пор связывают ассоциаты ионопроводящих аквакомплексов.

Ключевые слова: слой, уголь, этаноламиновые производные ПВХ, комплексы, кобальт, никель, мостик, проводимость

LAYERS OF ETHANOLAMINE PVC DERIVATIVES WITH COMPLEXES CO (0) OR NI (0) AND H_2SO_4 OR NAOH GRAFTED TO ACTIVE COAL ON A FABRIC

Tsivadze A.Yu., Fridman A.Ya., Novikov A.K., Titova V.N., Yavich A.A., Morozova E.M., Polyakova I.Ya., Shabanov M.P.

A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: sha444@yandex.ru

Materials from cotton gauze encapsulated by porous electron- and ion-conducting layers of active carbon microparticles with grafted ethanolamine PVC derivatives with Ni (0) or Co (0) complexes and H2SO4 or NaOH were synthesized. The electrical resistances of the layers, their sorption capacity during the absorption of benzene and hexane, and the rate constants of the movement of ions and the formation of H_2 and O_2 in electrochemical bridges of these materials are measured. It was found that in the pores with PVC-derived walls there are coordination fragments in which the central atoms are surrounded by three or four ethanolamine groups and bind one ion sulfate and two ion hydroxides involved in the movement of ions in bridges. The atoms of metals are at distances that allow the movement of electrons between them by particles of coal. In polarized bridges, the formation of H_2 and O_2 occurs on particles of coal and on metal atoms. PVC derivatives are articulated cyclic amine networks. Through ether groups, they are associated with cellulose chains on the surface of tissue fibrils and with carbon structures on the surface of coal particles, combining them into electron-conducting aggregates. The grids form the external pores on the surface of the layer and the walls of the internal pores adjacent to them. The walls of the pores in the zone of grafting of grids to carbon are articulated cycles formed by carbon and ethanolamine structures. The walls of the pores in the zone of the sewing layer are articulated cycles formed by pentoses and ethanolamine structures. Ethanolamine groups in the pore walls bind associates of ion-conducting aquacomplexes.

Keywords: layer, carbon, ethanolamine derivatives of PVC, complexes, cobalt, nickel, bridge, conductivity

Создание электроно- и ионопроводящих сорбционно-активных каталитически активных материалов, которые могут быть использованы как электрохимические мостики в водородпроизводящих матрицах, является актуальной проблемой. В настоящее время известны H(+) и OH(-) проводящие полимерные мембраны и ткани, а также электропроводные сорбенты. В работе [1] описывается материал, обладающий протонпроводящими свойствами. Однако такой материал не обладает сорбционными свойствами. Подобный материал описывается и в статье [2], также раскрываются возможности его применения. В [3] производится обработка тканей и придание им свойств ионообменных материалов. Материалы, описанные в ста-

тье [4] обладают также свойствами сорбентов, что повышает возможности их применения. В целом такие материалы имеют большой потенциал для использования. Например, в [5] описывается применение полимерного ионпроводящего материала для создания высококачественных гальванических элементов.

Однако ни один из вышеописанных материалов не является одновременно и проводником, и сорбентом, и люминофором. А кроме того сложно создать такой материал, который также будет проводить ионы H(+) и OH(-).

В [6, 7] было описано образование комплексов Ni (2+) и Co (2+) с этаноламиновыми производными ПВХ и восстановление ионов до Ni (0) или Co (0) в полостях аминных циклов. В неполяризованных мостиках из материалов из хлопковой марли со слоем из активного угля и этаноламиновых производных ПВХ (далее ЦЭ) с H_2SO_4 и NaOH, находящихся в газовой или в жидкой средах между растворами H_2SO_4 или NaOH, движение H^+ и OH^- происходит по эстафетному механизму через систему водородных связей. В катодно- или анодно-поляризованных мостиках в зоне прививки на микрочастицах угля происходит разложение аквакомплексов с образованием H_2 или O_2. При этом в регенерации комплексов участвуют H^+ или OH^-, движущиеся в слое из раствора с анодом или с катодом [6]. Представляло интерес синтезировать материалы, аналогичные ЦЭК и ЦЭГ, не только с соединениями H_2SO_4 или NaOH, но и с комплексами Ni (0) или Co (0) (далее ЦЭКН, ЦЭКК, ЦЭГН и ЦЭГК соответственно). Можно ожидать, что центральные атомы, дислоцированные в стенках всех указанных пор вместе с углем, будут формировать каналы электронной проводимости. В порах содержание H_2SO_4 или NaOH может быть больше, чем в ЦЭК и ЦЭГ, за счет координации SO_4^{2-} или OH. Весьма вероятно, что скорость движения ионов и скорости образования H_2 или O_2 в мостиках из ЦЭКН, ЦЭКК, ЦЭГН и ЦЭГК будет больше, чем в мостиках из ЦЭК и ЦЭГ.

Цель исследования: на основе хлопковой марли синтезировать ЦЭКН, ЦЭКК, ЦЭГН и ЦЭГК, измерить их электрическое сопротивление и сорбционную емкость при поглощении паров бензола или гексана, а также исследовать их как мостики в электрохимических матрицах.

В литературе интересующие нас данные не описаны.

Материалы и методы исследования

Исходные материалы и реактивы: материал из хлопковой марли со слоем из активного угля и этаноламиновых производных ПВХ (ЦЭ), растворы 0,5 моль/л гексаамминакатов Ni (2+) или Co (2+), содержащие 0,75 моль/л $(NH_4)_2SO_4$ и 0,8 моль/л NH_3, раствор 1 моль/л $NaBH_4$, содержащий 3 моль/л NaOH, кислота серная, гидроокись натрия (квалификация «хч», «чда» или «ч»). ЦЭ был синтезирован по методике [7]. Состав: марля – 86,11 %, в слое производных ПВХ – 49,73 %, угля – 50,27 %, содержание этаноламиновых групп 0,86 ммоль/г.

Измерения сопротивления слоя в отрезках материала длиной 5 см проводили с помощью мультиметра MS8233E.

Измерение сорбционной емкости слоя при поглощении паров бензола и гексана проводили весовым методом [7].

Исследование тканей как мостиков в электрохимических матрицах проводили согласно [6]. При определенном напряжении (E) измеряли ток (I) с точностью до 0,1 мА в цепи с неполяризованным мостиком из материалов между двумя сосудами с 3 моль/л растворами H_2SO_4 или с 3 моль/л растворами NaOH с платиновыми электродами в каждом, находящимися на расстоянии 5 см. Затем к участку ткани, находящемуся на воздухе, присоединяли проводник от клеммы (–) или от клеммы (+) и повторяли измерения в катодно и анодно поляризованном мостиках.

Результаты исследования и их обсуждение

Синтез ЦЭКН, ЦЭКК, ЦЭГН и ЦЭГК материалов проводили по следующей методике. Образцы ЦЭ пропитывали в растворе аммиакатов, отжимали фильтровальной бумагой, помещали в раствор боргидрида натрия и выдерживали в условиях выделения водорода до прекращения выделения аммиака, отмывали водой, сушили, выдерживали в 3 моль/л растворе H_2SO_4 или 3 моль/л растворе NaOH, споласкивали водой и сушили. Содержание металлов было определено по ходу синтеза до восстановления ионов путем титрования Трилоном Б. Содержание H_2SO_4 и NaOH было определено кислотно-основным титрованием и весовым методом. Параллельно в тех же условиях были синтезированы ЦЭК и ЦЭГ. Данные приведены в табл. 1. В той же таблице приведены значения сопротивления и сорбционной емкости слоев.

Таблица 1

Характеристики слоя в материалах

Материал	Содержание, ммоль/г		Сопротивление, Ком	Сорбционная емкость ммоль/г	
	металл	H_2SO_4/NaOH		бензол	гексан
ЦЭКН	0,244	3,29	22,4	0,98	0,85
ЦЭКК	0,249	3,32	21,9	0,84	0,63
ЦЭК	–	3,00	28,4	1,25	1,09
ЦЭГН	0,244	5,71	15,3	2,44	2,36
ЦЭГК	0,249	5,70	14,9	≈ 0,14	1,22
ЦЭГ	–	5,18	22,2	5,14	4,71

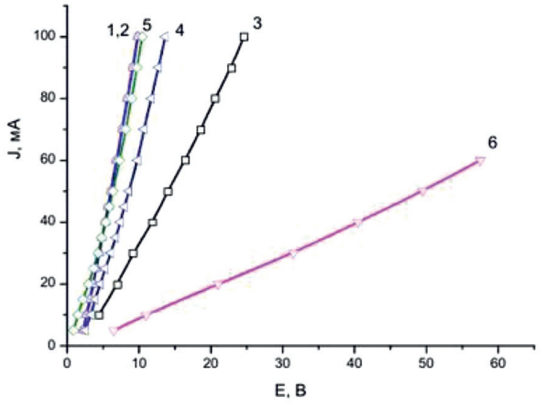


Рис. 1. Вольтамперные кривые для неполяризованных мостиков: 1 – ЦЭКН, 2 – ЦЭКК, 3 – ЦЭК, 4 – ЦЭГН, 5 – ЦЭГК, 6 – ЦЭГ

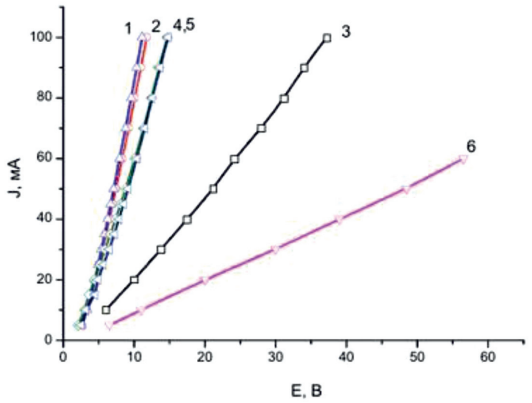


Рис. 2. Вольтамперные кривые для катодно-поляризованных мостиков: 1 – ЦЭКН, 2 – ЦЭКК, 3 – ЦЭК, 4 – ЦЭГН, 5 – ЦЭГК, 6 – ЦЭГ

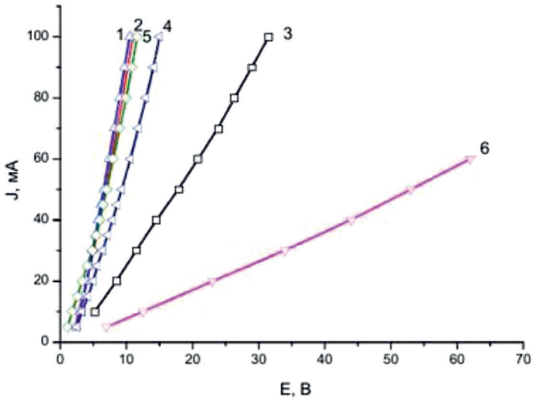


Рис. 3. Вольтамперные кривые для анодно поляризованных мостиков: 1 – ЦЭКН, 2 – ЦЭКК, 3 – ЦЭК, 4 – ЦЭГН, 5 – ЦЭГК, 6 – ЦЭГ

Зависимости тока от напряжения в цепи с мостиками приведены на рис. 1–3. Из кривых (рис. 1) рассчитывали напряжение начала движения ионов в неполяризованном мостике ($E_{Дв}$), константы скорости и ($K_{1Дв}$) и константы ускорения, возникающего вследствие изменения структурной организации водородных связей в поле движущихся зарядов ($K_{2Дв}$), используя уравнение $I/F = K_{1Дв}(E - E_{Дв}) + K_{2Дв}(E - E_{Дв})^2$, где F – число Фарадея, согласно [6]. Из зависимостей (рис. 1 и 2) рассчитывали напряжение начала образования H_2 или O_2 ($E_В$ и $E_К$), констант скорости ($K_{1В}$ и $K_{1К}$) и констант ускорения этих реакций ($K_{2В}$ и $K_{2К}$), используя аналогичные уравнения [1]. Данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики мостиков в электрохимических матрицах

Материал	Неполяризованный мостик			Катодно-поляризованный мостик			Анодно-поляризованный мостик		
	$E_{Дв}$, В	$K_{1Дв}10^5$ г-экв/ В*сек	$K_{2Дв}10^7$ г-экв / В*сек^2	$E_В$, В	$K_{1В}10^5$ г-экв / В*сек	$K_{2В}10^7$ г-экв / В*сек^2	$E_к$, В	$K_{1К}10^5$ г-экв / В*сек	$K_{2К}10^7$ г-экв / В*сек^2
ЦЭКН	1,87	12,4	12,4	2,25	11,26	12,44	2,19	11,2	4,12
ЦЭКК	2,01	11,6	34,2	2,47	10,04	14,4	2,18	9,98	4,80
ЦЭК	2,25	4,6	0,24	2,77	3,12	2,84	2,58	1,74	0,44
ЦЭГН	1,12	7,04	29,6	1,72	6,6	27,5	1,29	6,72	24,6
ЦЭГК	1,0	7,46	24,3	1,21	6,22	10,3	1,2	6,84	19,6
ЦЭГ	1,36	1,05	5,18	1,80	1,1	4,71	1,56	0,96	7,67

Заключение

Выше отмечалось, что окружение этаноламиновыми лигандными группами в комплексах Ni (0) или Co (0) такое же, как в комплексах Ni (2+) и Co(2+) до восстановления. В нашем случае отношение содержания этаноламиновых группировок к содержанию металлов для комплексов никеля равно 3,53, а кобальта – 3,45. Это означает, что в слоях имеются примерно одинаковое число сфер, в которых с центральным атомом связаны три или четыре этаноламиновых группы.

Содержание H_2SO_4 в ЦЭН(H_2SO_4) и в ЦЭК(H_2SO_4), как видно из табл. 1, на 0,29 и на 0,32 ммоль/г больше, чем в ЦЭ(H_2SO_4), а содержание NaOH в ЦЭН(NaOH) и в ЦЭК(NaOH) на 0,53 и на 0,53 ммоль/г больше, чем в ЦЭ(NaOH). Отношение этих разностей к содержанию металлов отвечает числу анионов, координированных к центральным атомам. Следовательно, к Ni (0) или Co(0) координированы примерно один SO_4^{2-} или два OH^-.

Сопротивление ЦЭН(H_2SO_4) и ЦЭК (H_2SO_4), как видно из табл. 1, на 21,1% и на 22,8% больше, чем ЦЭ(H_2SO_4), а ЦЭН(NaOH) и ЦЭК(NaOH) на 31,1% и 32,9% меньше, чем в ЦЭ(NaOH). Это можно объяснить тем, что Ni (0) или Co (0) в порах переходной зоны контактируют как с углеродными структурами, так и с атомами из других пор. В результате этого в слоях имеется разветвлённая система электронной проводимости.

Сорбционная емкость ЦЭН(H_2SO_4) и ЦЭК (H_2SO_4), а также ЦЭН(NaOH) и ЦЭК (NaOH), как видно из табл. 1, меньше чем у ЦЭ(H_2SO_4) и ЦЭ(NaOH). Это указывает на то, что за счет атомов металлов вместе с координированными анионами уменьшается объем сорбционного пространства, в котором находятся молекулы бензола и гексана.

Напряжение, при котором начинается движение ионов или образование H_2 и O_2, в мостиках из ЦЭН(H_2SO_4) и ЦЭК(H_2SO_4) и в мостиках из ЦЭН(NaOH) и ЦЭК(NaOH), как следует из табл. 2, меньше, чем в мостиках из ЦЭ(H_2SO_4) и ЦЭ(NaOH). Величины, на которые уменьшается $E_{Дв}$, $E_В$ и $E_к$ коррелируют со значениями, на которые увеличивается содержание H_2SO_4 или NaOH. Это можно объяснить тем, что координация анионов приводит к уменьшению энергии перехода H_2SO_4 или NaOH из раствора в слой, а так энергии активации реакций электрохимического восстановления или окисления аквакомплексов.

Скорость и ускорение движения ионов, а также скорость и ускорение образования H_2 и O_2 в мостиках из мостиках из ЦЭН(H_2SO_4), ЦЭК(H_2SO_4), ЦЭН(NaOH) и ЦЭК(NaOH) в несколько раз больше, чем в мостиках из ЦЭ(H_2SO_4) и ЦЭ(NaOH). Это подтверждает наше предположение о возможности движения электронов с частиц угля на атомы металлов и наоборот. В этом случае реакций электрохимического восстановления или окисления аквакомплексов происходят не только в зоне прививки производных ПВХ к микрочастицам угля, но и в порах со стенкам из производных ПВХ.

Список литературы / References

1. Stenina I.A., Yaroslavtsev A.B. Low- and intermediate-temperature proton-conducting electrolytes. Inorganic Materials. 2017. V. 53. № 3. P. 253–262. DOI: 10.1134/S0020168517030104.

2. Добровольский Ю.А., Волков Е.В., Писарева А.В., Федотов Ю.А., Лихачев Д.Ю., Русанов А.Л. Протонообменные мембраны для водородно-воздушных топливных элементов // Российский химический журнал. 2006. Т. 50. № 6. С. 95–104.

Dobrovolsky Yu.A., Volkov E.V., Pisareva A.V., Fedotov Yu.A., Lihachev D.Yu., Rusanov A.L. Proton exchange membranes for hydrogen-air fuel cells // Russian Journal of General Chemistry . 2007. V. 77. № 4. P. 766–777. DOI: 10.1134/S1070363207040378.

3. Myriam Chehida, Mohamed Ben Amor, Gerald Pourcelly. Phosphoric acid purification by a membrane process: Electrodeionization on ion-exchange textiles. Separation and Purification Technology. 2006. V. 51 (3). P. 285–290. DOI: 10.1016/j.seppur.2006.02.009.

4. Вольфкович Ю.М., Кононенко Н.А., Черняева М.А., Кардаш М.М., Шкабара А.И., Павлов А.В. Исследование пористой структуры, гидрофильно-гидрофобных и сорбционных свойств волокнистых ионообменных мембран «поликон» и их влияния на ионную селективность // Мембраны. 2008. № 3. С. 8–19.

Volfkovich Yu.M., Kononenko N.A., Chernyaeva M.A., Kardash M.M., Shkabara A.I., Pavlov A.V. Investigation of porous structure, hydrophobic-hydrophilic and sorption properties of ion-exchange membranes «POLYCON» and their influence on ion selectivity // Membrany. 2008. № 3. P. 8–19 (in Russian).

5. Rohan R., Pareek K., Chen K., Cai W., Zhang Y., Xu G., Gao Z., Cheng H. A high performance polysiloxane-based single ion conducting polymeric electrolyte membrane for application in lithium ion batteries. Journal of Materials Chemistry A. 2015. № 3 (40). P 20267–20276. DOI: 10.1039/C5TA02628H.

6. Цивадзе А.Ю., Фридман А.Я., Волощук А.М., Морозова Е.М., Соколова Н.П., Бардышев И.И., Горбунов А.М., Новиков А.К., Петухова Г.А., Полякова И.Я., Титова В.И., Явич А.А. Реакционные электрохимические матрицы на основе электропроводных ионопроводящих адсорбционно-активных тканей // Электрохимия. 2017. Т. 53. № 1. С. 46–55.

Tsivadze A.Yu, Fridman A.Ya, Voloshchuk A.M., Morozova, E.M., Sokolova N.P., Bardyshev I.I., Gorbunov A.M., Novikov A.K., Petukhova G.A., Polyakova I.Ya., Titova V.I., Yavich A.A. Electrochemically reactive matrices based on electron-ion conducting and adsorption-active tissues // Russian Journal of Electrochemistry. 2017. V. 53. № 1. P. 39–48. DOI: 10.1134/S1023193517010153.

7. Цивадзе А.Ю., Фридман А.Я., Волощук А.М., Морозова Е.М., Соколова Н.П., Петухова Г.А., Бардышев И.И., Дорохов А.В., Горбунов А.М., Полякова И.Я., Шапохина О.П., Никитин Е.В. Сорбционно-активные нанопленки полиядерных этанолоцикламных комплексов никеля (2+) и никеля (0) на поверхности поливинилхлоридного покрытия на ткани // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2010. Т. 46. № 5. С. 478–482.

Tsivadze A.Yu., Fridman A.Ya., Voloshchuk A.M., Morozova E.M., Sokolova N.P., Petukhova G.A., Bardyshev I.I., Dorokhov A.V., Gorbunov A.M., Polyakova I.Ya., Shapokhina O.P., Nikitin E.V. Sorption-active nanofilms of polynuclear Ni(2+) and Ni(0) ethanol-cyclam complexes on the surface of polyvinyl chloride coating on cotton // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2010. Т. 46. № 5. P. 550–554. DOI: 10.1134/S2070205110050084.

УДК 630*232:633.937.31:633.877.3(470.44)

ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ НЕКОТОРЫХ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА PINUS L. В САРАТОВСКОМ ПОВОЛЖЬЕ

Арестова Е.А., Арестова С.В.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», Саратов, e-mail: arestova.ea@mail.ru

В статье представлены результаты опыта интродукции трех североамериканских видов рода *Pinus* L.: *P. Banksiana* Lamb., *P. strobus* L., *P. ponderosa* Dougl., в условиях степной зоны. Исследования проводились в дендрарии НИИСХ Юго-Востока, где сформирована коллекция рода сосна, не имеющая аналогов в регионе по дендрологическому составу и возрасту. Дендрарий расположен в черте города Саратова в условиях засушливого юго-востока европейской части России. В процессе работы обобщены результаты испытаний видов рода *Pinus* за период с 1951 по 2018 г. Установлена история введения растений в коллекцию, проведена инвентаризация коллекции, продолжены мониторинговые измерения биометрических показателей, определены показатели генеративного развития. Были использованы методы наблюдения и исследования, общепринятые в учреждениях ботанического и лесохозяйственного профиля, и методики, модифицированные нами для условий региона. Установлено, что все изученные виды испытываются в ходе ступенчатой акклиматизации. За период исследования в коллекции произрастало 7 образцов изучаемых видов. Все образцы вступали в генеративную фазу, причем репродукции начинали плодоносить в более раннем возрасте, чем материнские растения. В работе приведены морфометрические показатели: высота растений, диаметры ствола у основания и таксационный (на высоте 1,3 м), размеры шишек (длина и ширина) и семян (длина, ширина и толщина), показатели качества семян (вес 1000 шт. и всхожесть). Мониторинговые наблюдения и исследования позволили сделать вывод, что прошедшие интродукционные испытания растения показали устойчивость и перспективность в новых для них агроклиматических условиях Саратовского Поволжья.

Ключевые слова: опыт интродукции, североамериканские виды, дендрарий, род *Pinus L.*, морфометрические показатели, мониторинговые наблюдения и исследования

INTRODUCTION EXPERIENCE OF SOME NORTHERN AMERICAN SPECIES OF PINUS L. GENUS IN THE SARATOV VOLGA REGION

Arestova E.A., Arestova S.V.

Agricultural Research Institute for South-East Region, Saratov, e-mail: arestova.ea@mail.ru

The article presents the results of the experience of the introduction of three North American species of the genus *Pinus* L.: *P. Banksiana* Lamb., *P. strobus* L., *P. ponderosa* Dougl. in the conditions of the steppe zone. The studies were carried out in the arboretum of the Research Institute of Agriculture of the South-East, located within the city of Saratov, where a collection of the pine genus was formed, which has no analogues in the region by its dendrological composition and age. In the course of the work, the results of tests of species of the Pinus genus for the period from 1951 to 2018 are summarized. The history of the introduction of plants into the collection is established, an inventory of the collection is carried out, monitoring measurements of biometric indicators are continued, and generative development indicators are determined. Methods of observation and research generally accepted in institutions of botanical and forestry profile and methods modified by us for the conditions of the region were used. It is established that all studied species are tested during step acclimatization. During the study period 7 samples of the studied species grew in the collection. All samples entered the generative phase, and reproductions began to bear fruit at an earlier age than the mother plants. The paper presents morphometric indicators: plant height, stem diameter at the base and taxation (at a height of 1.3 m), size of cones (length and width) and seeds (length, width and thickness), quality indicators of seeds (weight 1000 pieces and germination). Monitoring observations and studies have led to the conclusion that the plants that have passed the introduction tests have shown stability and prospects in the new agro-climatic conditions of the Saratov Volga region.

Keywords: introduction experience, North American species, arboretum, genus *Pinus L.*, morphometric indicators, monitoring observations and studies

В степных и лесостепных районах, где сравнительно небольшой состав аборигенной флоры, проблема биоразнообразия является особенно актуальной. В Саратовском Поволжье родовой комплекс *Pinus* L. представлен только сосной обыкновенной (*P. sylvestris* L.), одной из основных лесообразующих пород в регионе [1].

Пополнить аборигенную дендрофлору возможно с помощью интродукции, привлечением растений других ботанико-географических областей. При этом необходимо чтобы биологические особенности и экологические свойства интродуцентов в достаточно полной мере соответствовали почвенно-климатическим условиям новой среды.

Об успешности интродукции растений позволяют судить долговременные комплексные мониторинговые исследования. Для древесных растений продолжительность испытания иногда длится многие десятилетия: определяется степень развития интродуцента, возможность получения от него семенного потомства и особенности

развития репродукций в ряде семенных поколений. В экспозиции всех акклиматизационных пунктов, наряду с интродуцированными растениями, должны быть включены растения, выращенные из семян местной репродукции. Сделать заключение о перспективности переноса можно только на основании и по результатам интродукционного опыта.

Цель исследования: обобщить многолетний опыт интродукции североамериканских видов рода *Pinus* L. в новых для растений почвенно-климатических условиях Саратовского Поволжья.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в дендрарии НИИСХ Юго-Востока, расположенном в черте г. Саратова в условиях засушливого юго-востока европейской части России.

Условия произрастания растений идентичны. Почвы участка – чернозем южный среднемощный среднесуглинистый. Растения высаживались рядами на прямоугольных площадках по предварительно подготовленной почве. Агротехнический уход заключался только в прополке. Полива, удобрений, обработки против болезней и вредителей не проводилось.

Объектом исследований служили три вида рода *Pinus* L.: *P. Banksiana* Lamb. (сосна Банкса), *P. ponderosa* Dougl. (сосна желтая), *P. strobus* L. (сосна веймутова), естественные ареалы которых расположены на североамериканском континенте, успешно прошедшие акклиматизацию в условиях региона. Виды сильно отличаются по требованиям к экологическим факторам (свету, теплу, влаге, почвенным условиям). Все растения проходят испытание в ходе ступенчатой акклиматизации. Область распространения и экологические требования видов в естественных условиях приведены по литературным источникам [1, 2].

Pinus Banksia Lamb. Самая северная из сосен Северной Америки, занимает практически всю северную часть североамериканского континента. В западной части образует большие леса. Дерево второй величины. Растет на бедных песчаных почвах и скалистых отложениях. Часто образует вторичные леса на местах, где лес уничтожен пожаром. Малотребовательна к почве и влаге, светолюбива, засухоустойчива, весьма морозостойка, недолговечна.

Pinus ponderosa Dougl. Ареал расположен в юго-западной части Северной Америки. На родине является одной из основных лесообразующих пород. Растет на сухих почвах и в долинах, с песчаной и суглинистой каменистой почвой. Не выносит сырых и тяжелых почв. Засухоустойчива и жаростойка, светолюбива. Плохо переносит влажный климат и сильно влажные почвы. Может подмерзать, чувствительна к поздним весенним морозам.

Pinus strobus L. Занимает центральную часть восточной половины континента в пределах США и Канады. На родине дерево первой величины. Самая быстрорастущая порода из всех видов сосен. Образует леса на свежей суглинистой или супесчаной почве. Засушливого климата не переносит. Требовательна к почве и влаге, морозостойка, ветроустойчива, декоративна, выносит затенение.

Обследование роста и состояния проводили по общепринятым в учреждениях ботанического и лесохозяйственного профиля методам наблюдения и исследования [3] и модифицированным нами с учетом условий региона методикам [4]. Биометрические показатели даны по результатам инструментальных измерений растений, которые проводили с момента посадки и до настоящего времени с интервалом в 10 лет.

Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики с применением пакетов программ Agros, MS Exce1.

Результаты исследования и их обсуждение

Коллекция создавалась с 1951 г., состоит из вполне взрослых растений. История введения, пункт мобилизации, вид посадочного материала, срок посадки устанавливались по журналам регистрации и полевым материалам.

Проведенная таксономическая классификация показала, что произрастающие в коллекции виды рода *Pinus* L. относятся к 3 секциям: *Strobus* Shaw. (*P. strobus* L.), *Pseudostrobus* Endl. (*P. ponderosa* Dougl.) и *Banksia* Mayr (*P. Banksiana* Lamb.).

Pinus Banksia в коллекции произрастало 2 образца.

Первый введен в 1955 г., семена были получены из ботанического сада г. Нежин (Украина) в 1952 г. В экспозицию высаживались двухлетние сеянцы. Изначально был посажен 31 экземпляр, впоследствии производились выкопка в порядке изрежевания и для изучения корневых систем. Выпад из коллекции начался после сильных засух 1991 и 1995 г. (ГТК меньше 0,4), после возраста 40 лет.

Таблица 1

Биометрические показатели видов рода *Pinus* (средние значения)

Вид	Год	Кол-во, шт	Высота, м		Диаметр, см			
					0,0		1,3	
			$x \pm m_x$, %	V, %	$x \pm m_x$, %	V,%	$x \pm m_x$, %	V,%
P. Banksiana	1958	31	0,7 ± 0,12	16,2	1,5 ± 0,52	14,2	–	–
	1968	23	3,9 ± 1,24	18,4	14,5 ± 1,11	19,1	8,5 ± 1,01	17,5
	1978	7	7,6 ± 1,32	24,5	17,0 ± 1,23	21,0	10,0 ± 1,47	16,7
	1988	6	9,6 ± 2,11	29,1	23,5 ± 1,45	24,3	12,7 ± 2,03	19,5
P. ponderosa	1978	19	0,2 ± 0,16	14,9	0,5 ± 0,41	16,4	–	–
	1988	19	3,0 ± 0,98	17,8	10,0 ± 1,65	13,7	6,5± 0,61	14,5
	1998	15	5,5 ± 1,28	26,7	16,0 ± 1,34	12,8	12,3 ± 1,63	16,7
	2008	15	8,5 ± 1,59	28,4	28,5 ± 1,56	21,4	18,5 ± 1,26	25,9
	2018	14	13,0 ± 1,67	17,3	30,0 ± 1,87	19,5	23,0± 1,27	17,9
P. strobus	1958	70	0,7 ± 0,15	17,2	1,5 ± 0,25	23,4	–	–
	1968	36	5,1 ± 1,42	19,4	12,0 ± 0,98	17,9	6,8 ± 0,85	14,8
	1978	24	8,7 ± 1,35	26,4	16,5 ± 1,57	27,4	9,7 ± 0,97	24,7
	1988	19	11,2 ± 1,65	27,3	23,0 ± 1,64	19,8	13,1 ± 1,24	16,9
	1998	15	13,0 ± 2,13	21,6	26,0 ± 2,21	21,1	15,8 ± 1,67	18,7
	2008	4	14,5 ± 2,01	19,7	30,0 ± 2,14	22,5	20,0 ± 1,99	17,8
	2018	2	3,8 ± 0,75	38,6	3,5 ± 1,00	40,4	2,3 ± 0,75	47,1

Второй образец вводился весной 2012 г. Высаживали 6-летние саженцы, полученные из Нижневолжской станции по селекции древесных пород ВНИАЛМИ (г. Камышин, Волгоградская область). В настоящее время растения имеют максимальную высоту 4,5 м, диаметры 7,0 / 3,5 см (в числителе приводится диаметр у основания, в знаменателе таксационный диаметр (на высоте 1,3 м)).

Pinus ponderosa в дендрарии произрастает три образца.

Первый введен в коллекцию весной 1978 г. Семена были получены из дендрария Камышинского опорного пункта ВНИАЛМИ (г. Камышин, Волгоградская область) в 1976 г. Регулярно плодоносит, образует жизнеспособные семена.

Второй образец является репродукцией первого. Произрастает в коллекции с 1998 г. Вводился посевом на постоянное место. В настоящее время это одиночно растущий экземпляр, достигающий высоты 6,5 м, диаметров 32,5 / 22,5 см, крона широкая, раскидистая.

Третий образец является репродукцией второго. Произрастает с 2013 г. Представлен 3 экземплярами. Растения достигают высоты 0,9 м, диаметра 2,0 см.

Pinus strobus в экспозиции дендрария имеется 2 разновозрастных образца.

Первый произрастает в коллекции с весны 1954 г. Семена были получены из дендропарка г. Тростянец (Украина) в 1952 г., в экспозицию высаживались 2-летние сеянцы. Изначально было посажено 70 экземпляров. В процессе прореживания, выкопки для изучения корневых систем, рубок осветления растения выкапывались, и к 1978 г. осталось 24 экземпляра. Отпад растений начался после сильной засухи 2002 г. Основная часть образца выпала с 2004 по 2010 г., в возрасте растений с 50 до 56 лет. Представляет особый интерес факт, что у растений активизировалось порослевое побегообразование из спящих почек в приземной части спиленного ствола. В настоящее время эти 2 экземпляра имеют высоты 3,5 и 2,0 м, диаметры 4,5 / 3,0 см и 2,5 / 1,5 см соответственно.

Второй образец представлен одним экземпляром, произрастающим с 2002 г. Является репродукцией первого образца. Имеет высоту 8,5 м, диаметры 24,0 / 14,5 см, хорошо развитую крону.

Результаты биометрических измерений первых, наиболее старых, образцов с момента первой инвентаризации до настоящего времени приведены в табл. 1.

При выращивании в новых географических районах специфичные условия среды могут приводить к изменению жизненной формы, таксационных показателей, продолжительности жизни растений.

Неблагоприятными факторами в нашем регионе являются регулярно повторя-

ющиеся засухи и морозные малоснежные зимы [5]. За период исследований с 1952 по 2018 г. 57% вегетационных периодов были засушливыми (ГТК 0,1–0,7). Этот фактор, по видимому, явился решающим в уменьшении показателей высоты и возраста растений, свойственных им в естественном ареале. Так же можно предположить, что, возможно, сосны вейм и банкса в засушливых условиях достигли своего предельного возраста.

Окончательную оценку успешности интродукции древесных растений можно провести только после вступления их в генеративную фазу. Наличие плодоношения и развитие полноценных семян говорит о полном соответствии биологии растений условиям интродукции.

Растения всех исследуемых видов достигали генеративного возраста. У материнских образцов первое плодоношение было зафиксировано у *P. Banksiana* в 5–7 лет, у *P. strobus* в 15 лет. У *P. ponderosa* начало плодоношения не было зафиксировано, но с 15-летних растений уже собирали семена (указано в делектусе). Плодоношение отмечалось регулярное и обильное (рис. 1, 2). Репродукции начинали плодоносить в более раннем возрасте, чем материнские растения. Всхожесть семян по всем видам сильно варьирует по годам. Приведены данные по лабораторной всхожести за 2014–2016 г. (табл. 2).

Семена регулярно плодоносящих видов передавались для испытания в иных почвенно-климатических условиях. В лесостепную зону (Базарно-Карабулакский дендрарий) – семена *P. strobus* и *P. Banksiana*. В степную зону (Вязовский дендрарий) – семена *P. strobus* и *P. ponderosa*. *P. ponderosa*, благодаря высокой декоративности, вводится в озеленительные насаждения города.

Заключение

Многолетние интродукционные испытания трех североамериканских видов *Pinus* L.: *P. Banksiana* Lamb., *P. ponderosa* Dougl., *P. strobus* L. – показали, что, несмотря на противоположные требования к экологическим факторам в естественных условиях, все изученные виды полностью прошли процесс акклиматизации в засушливых условиях юго-востока Саратовского Поволжья.

Таблица 2

Характеристика плодов и семян видов рода *Pinus*

Вид	Размеры шишек, см			Размеры семян, мм			Вес 1000 шт., г	Всхожесть, %
	длина	ширина		длина	ширина	толщина		
		раскрытой	закрытой					
P. Banksiana	2,7 ± 0,12	3,0 ± 0,13	2,4 ± 0,11	3,5 ± 0,12	2,5 ± 0,17	1,2 ± 0,11	4,44 ± 0,18	43–69
P. ponderosa	8,7 ± 0,26	6,7 ± 0,09	5,1 ± 0,19	7,0 ± 0,17	4,4 ± 0,11	3,4 ± 0,12	34,98 ± 0,16	32–51
P. strobus	11,8 ± 0,32	5,1 ± 0,38	4,4 ± 0,13	7,2 ± 0,04	5,0 ± 0,03	4,0 ± 0,02	20,89 ± 0,17	41–66

Рис. 1. Плодоношение P. Banksiana

Рис. 2. Плодоношение P. ponderosa

Плодоносящие экземпляры, произрастающие в коллекции дендрария НИИСХ Юго-Востока, могут быть использованы в качестве маточных растений для дальнейшего изучения процессов интродукции и создания в регионе постоянной лесосеменной базы.

Список литературы / References

1. Деревья и кустарники СССР. М.Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 1. С. 184–266.

Trees and bushes of the USSR. M.L.: Izd-vo AN SSSR, 1949. T. 1. P. 184–266 (in Russian).

2. Мкртчян М.А., Путенихин В.П. Биологические особенности сосны Банкса, веймутовой и желтой при интродукции в Башкирском Предуралье // Вестник Челябинского государственного университета. 2013. № 7 (298). Биология. Вып. 2. С. 185–186.

Mkrtchyan M.A. Putenihin V.P. Biological features of a pine of Banks, veymutovy and yellow at an introduction in the Bashkir Cis-Urals // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 7 (298). Biologiya. Vyp. 2. P. 185–186 (in Russian).

3. Рысин С.Л., Плотникова Л.С., Немова Е.М., Гринаш М.Н. Мониторинг интродуцированных древесных растений на урбанизированных территориях // Мониторинг природного наследия. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С. 132–168.

Rysin S.L., Plotnikova L.S., Nemova E.M., Grinash M.N. Monitoring of the introduced wood plants in the urbanized territories // Monitoring prirodnogo naslediya. M.: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2009. P. 132–168 (in Russian).

4. Арестова Е.А., Арестова С.В. Оценка адаптации интродуцированных древесно-кустарниковых растений в условиях Саратовского Поволжья (методические рекомендации). Саратов: ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока, 2017. 28 с.

Arestova E.A., Arestova S.V. Assessment of adaptation of the introduced wood and shrubby plants in the conditions of the Saratov Volga region (methodical recommendations). Saratov: FGBNU NIISKH Yugo-Vostoka, 2017. 28 p. (in Russian).

5. Левицкая Н.Г., Иванова Г.Ф., Орлова И.А. Оценка современного состояния агроклиматических ресурсов Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. Т. 13. № 2. С. 10–12.

Levickaya N.G., Ivanova G.F., Orlova I.A. Assessment of the current state of agroclimatic resources of the Saratov region // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Nauki o Zemle. T. 13. № 2. P. 10–12 (in Russian).

УДК 630*228.3(470.4)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РОСТА ДУБОВО-КЕДРОВЫХ КУЛЬТУР В ЗОНЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Бродников С.Н., Лазарева С.М., Хусаинов И.И.

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, e-mail: ilnaz.khusainov@gmail.com

Целью исследования являлось изучение санитарного состояния и роста дубово-кедровых культур в зоне хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья. Объекты исследования – дубово-кедровые насаждения, произрастающие в условиях свежих дубрав. По результатам исследований нами отмечен положительный результат создания смешанных дубово-кедровых культур при условии посадки дуба между рядами кедра на 10 лет позднее. При данных сроках посадки и схеме смешения формируются благоприятные микроклиматические условия для роста дуба. Культуры кедра, созданные чистыми по породному составу, в возрасте 43 лет имеют более высокие показатели производительности, чем смешанные с дубом. Установлено, что производительность дуба в возрасте 33 лет соответствует II классу бонитета. На всех исследуемых участках кедр характеризуется многовершинностью ствола, доля которой составляла 51,5–61,2%. Дуб черешчатый отличается своей прямоствольностью (2,12) и малой многовершинностью (6,4%). Дана комплексная оценка состояния дубово-кедровых насаждений. По запасу и по числу деревьев на всех исследуемых участках преобладают здоровые деревья без признаков ослабления. Процент жизнеспособных деревьев дуба по запасу составляет 90,6%. Свежий отпад представлен только естественным изреживанием древостоя. На всех участках коэффициент стабильности состояния пород имеет значение более 1000 и насаждения характеризуются стабильным состоянием. Естественное возобновление сосны и березы отличается лучшей прогнозной характеристикой, поэтому необходимо удалить данные породы из состава насаждений.

Ключевые слова: сосна кедровая сибирская, дуб черешчатый, лесные культуры, рост, продуктивность, санитарное состояние

COMPLEX EVALUATION OF THE CONDITION AND GROWTH OF OAK-CEDAR CROPS IN THE AREA OF CONIFEROUS-BROAD-LEADING WOODS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Brodnikov S.N., Lazareva S.M., Khusainov I.I.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: ilnaz.khusainov@gmail.com

The aim of the study was to determine the sanitary condition and growth of oak-cedar crops in the zone of coniferous-deciduous forests of the Middle Volga. Objects of study were oak-cedar plantations growing in the conditions of fresh oak forests. According to the results of research, a positive result of creating mixed oak-cedar crops was noted, if oak was planted between rows of cedar 10 years later. With a given planting time and mixing scheme, favorable microclimatic conditions for the growth of oak are formed. Pure bred cedar cultures at the age of 43 years old have higher productivity than one mixed with oak. It has been established that the productivity of oak at the age of 33 years corresponds to the second class of bonitet. In all the studied areas, cedar is characterized by multi-trunk stem, whose share was 51.5-61.2%. The pedunculate oak is distinguished by its straight-barreledness (2.12) and low polythickness (6.4%). A comprehensive assessment of oak-cedar plantations state is given. In terms of stock and number of trees, healthy trees with no signs of weakening predominate in all the studied areas. The percentage of viable oak trees in stock is 90.6%. Fresh mortality is represented only by natural thinning of the stand. In all areas, the coefficient of stability of variety state is more than 1000 and plantations are characterized by a stable state. The natural regeneration of pine and birch is distinguished by a better predictive characteristic; therefore, it is necessary to remove these varieties from plantation composition.

Keywords: siberian cedar, common oak, forest plantation, growth, productivity, sanitary state

Исследования ряда авторов показали что в Среднем Поволжье ухудшается санитарное состояния дубовых насаждений, во всем ареале произрастания дубов гибнут отдельные экземпляры [1]. Поэтому очень остро стоит вопрос сохранения, повышения устойчивости и производительности дубрав Среднего Поволжья. При создании лесных культур дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) основополагающим принципом является обязательное формирование смешанного состава насаждения с преобладанием дуба и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.). Другие древесные породы, такие как клен остролистный (*Acer platanoides* L.) и ильмовые (*Ulmus* L.), являются неустойчивыми к воздействию ряда климатических факторов в условиях Среднего Поволжья, поэтому не могут сформировать благоприятные микроклиматические условия для роста дуба [1]. Для дубово-кедровых лесов Южного Приморья характерен длительный период согосподства кедра и дуба *(Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. и *Quercus*

mongolica Fisch. ex Ledeb.) в течение 70–90 и более лет [2, 3]. Сосна сибирская, или кедр сибирский *(Pinus sibirica* Du Tour), в условиях лесных фитоценозов Среднего Поволжья отличается своей устойчивостью и производительностью [4–6]. Однако в литературе отсутствует информации о выращивании смешанных культур дуба черешчатого совместно с кедром сибирским.

Цель исследования: изучить санитарное состояние и рост дубово-кедровых культур в зоне хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследования

Для оценки состояния и роста насаждений проводились комплексные исследования различных показателей, с учетом рекомендаций И.И. Дроздова и др. [7], И.А. Алексеева и др. [8]. В соответствии с действующими санитарными правилами [9], определялась категория состояния деревьев и древостоя. Дополнительно рассчитан комплексный показатель оценки прогнозной характеристики (коэффициент стабильности состояния) деревьев и древостоя [8]. Для обработки полученных экспериментальных данных использовались методы вариационной статистики и др. [10].

Объектом исследования являлись лесные культуры сосны кедровой сибирской и дуба черешчатого, произрастающие в Руткинском лесничестве Республики Марий Эл. В 2014 г. проведено детальное обследование более 1000 деревьев. Посадка кедра проводилась по дну плужных борозд, в весенний период, с использованием сеянцев. Размещение растений рядовое, с расстоянием между рядами – 3,0 м, а в ряду – 1,0 м. Тип лесорастительных условий – свежие дубравы ($Д_2$). На одном из участков, в возрасте десяти лет, между рядами кедра были высажены сеянцы дуба черешчатого с расстоянием между растениями – 1,0 м. При данной схеме смешения сформировались благоприятные микроклиматические условия для роста дуба.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные, полученные в результате сплошного перечета деревьев на пробных площадях, показывают, что к возрасту 43 лет на участках кедровых культур, изначально созданных чистыми по породному составу, сформировалось высоко-полнотное, неоднородное по своему породному составу насаждение (табл. 1).

Исследования показали, что полученные средние значения показателей высоты дерева и диаметра ствола на высоте 1,3 м дуба черешчатого, высаженного на десять лет позднее между рядами кедра, соответствуют данным таблиц хода роста семенных древостоев дуба II класса бонитета [11].

Анализ морфометрических параметров кроны в исследуемых культурах показал, что деревья кедра и дуба (ПП 3КД) имеют большую протяженность кроны (54,0–58,0%) (табл. 2). Однако средний диаметр кроны кедра в чистых культурах в одном случае меньше на 5,4% (ПП 2К), а в втором – больше на 14,2% (ПП 1К), чем в варианте с дубово-кедровыми культурами (ПП 3КД).

Таблица 1

Таксационная характеристика изучаемых насаждений

Показатели, ед. изм.	Пробная площадь			
	ПП 1К	ПП 2К	ПП 3КД	
Древесная порода	Кедр	Кедр	Кедр	Дуб
Возраст, лет	43	43	43	33
Первоначальная густота посадки, шт/га	3333	3333	3333	3333
Сохранность деревьев, %	16,8	18,2	9,5	15,7
Число деревьев, шт/га	558	607	316	523
Средняя высота деревьев (H), м	14,3	14,7	12,7	12,2
Средний диаметр ствола (D), см	26,0	24,3	22,1	13,7
Показатель напряженности роста (H/D)	0,55	0,60	0,57	0,89
Класс бонитета	II	II	III	II
Сумма площадей сечений, $м^2$/га	33,621	31,723	13,762	8,688
Относительная полнота	0,78	0,77	0,38	0,41
Запас растущего леса, $м^3$/га	231,65	227,82	85,02	57,35
Породный состав насаждений, %	88К6С2Лп2Б2Кл	73К18Б5Яс2Кл1Лп	49К33Д8С7Б2Кл	

Таблица 2

Морфометрические параметры кроны

Показатели, ед. изм.	Пробная площадь			
	ПП 1К	ПП 2К	ПП 3 КД	
Древесная порода	Кедр	Кедр	Кедр	Дуб
Диаметр кроны, м	4,8 ± 0,12	3,9 ± 0,10	4,1 ± 0,21	4,4 ± 0,23
Высота до живого сучка, м	7,7 ± 0,11	8,7 ± 0,14	5,3 ± 0,28	5,2 ± 0,21
Площадь кроны, м^2	18,9 ± 1,01	12,4 ± 0,65	13,8 ± 1,41	16,8 ± 1,71
Протяженность кроны, м	6,4 ± 0,16	5,9 ± 0,16	7,4 ± 0,31	6,6 ± 0,24
Протяженность кроны, %	44,0	40,0	58,3	54,0
Балл кривизны ствола	2,3 ± 0,06	2,3 ± 0,06	2,4 ± 0,11	2,1 ± 0,06
Многовершинность, %*	61,0	51,0	52,0	6,0

Таблица 3

Характеристика общего санитарного состояния насаждений

№ п/п	Порода	В том числе по категориям санитарного состояния, %					
		1	2	3	4	5	6
По запасу, м^3/га							
ПП 1К	88 Кедр	98,4	0,6	0	0	0,2	0,8
ПП 2К	73 Кедр	86,6	7,5	0	0	2,3	3,6
ПП 3КД	49 Кедр	76,4	3,8	0	0	0,7	19,1
	33 Дуб	84,8	1,7	0	–	–	13,5
По числу деревьев, шт/га							
ПП 1К	88 Кедр	88,9	4,2	0	0	2,8	4,2
ПП 2К	73 Кедр	75,0	11,8	0	0	5,3	7,9
ПП 3КД	49 Кедр	50,9	7,3	0	0	1,8	40,0
	33 Дуб	72,0	8,0	0	0	0	20,0

На всех исследуемых участках кедр сибирский отличался многовершинностью ствола, доля которой составляла 51,5–61,2 %. Дуб черешчатый отличается своей прямоствольностью (балл кривизны 2,1) и малой многовершинностью (6,4 %).

В табл. 3 показано процентное соотношение категорий состояния лесных культур сосны кедровой сибирской. Как по запасу, так и по числу деревьев во всех насаждениях преобладают здоровые деревья без признаков ослабления. Наибольший процент здоровых деревьев по запасу (86,6–98,4 %), а также по числу деревьев (75,0–88,9 %) наблюдается в монокультурах (табл. 3). Значительно меньшее число здоровых деревьев имеет вариант смешанных дубово-кедровых культур, где по кедру на здоровые деревья приходится всего 76,4 % по запасу и 50,9 % по числу деревьев. Доля здоровых деревьев по дубу составляет 84,8 % по запасу и 72,0 % по числу деревьев. Такое состояние кедра в смешанных культурах можно объяснить большим числом деревьев старого сухостоя, преимущественно естественного отпада, доля которого изменяется до 19,1 % по запасу и от 40,0 % по числу деревьев.

На момент исследования по всем сопутствующим породам отпад был незначительным. Старым сухостоем представлены патологические и случайные отпады кедра. Нами было выявлено, что во время сбора шишек стволы и ветви кедра подвергались механическим повреждениям. Это, скорее всего, и стало причиной случайного отпада. А старый сухостой, по мнению ряда авторов [8], входящий в наличный отпад, в данном случае не только не опасный, но и полезный. Поэтому важно дать характеристику свежего отпада (табл. 4). Исследования показали, что на участках отмечена задержка отпада, свежий отпад представлен только естественным изреживанием древостоя.

Сопоставление фактических и нормативных значений отпада в смешанных кедровых насаждениях в условиях свежих дубрав не выявило никаких отклонений. В культурах кедра, изначально

созданных чистыми по составу, в год на 99–100 живых деревьев приходится 1 дерево естественного отпада, в смешанных дубово-кедровых насаждениях по кедру годичный отпад не зафиксирован, а по дубу на 96 живых деревьев приходится 1 дерево естественного отпада. Значения коэффициентов случайного и патологического годичных отпадов принимали нулевые значения. Анализ данных годичного отпада показал, что все пробные площади относятся к нормально продуцирующим насаждениям (табл. 5).

Взяв за основу шкалу оценки состояния насаждений И.А. Алексеева [8], мы дали оценку насаждениям кедра и получили вывод, что они характеризуется отличным состоянием (табл. 6). Кедр сибирский на всех участках имеет коэффициент жизнеспособности больше 100 и характеризуется отличным состоянием. Это не зависит от породного состава насаждения. Необходимо отметить, что единичные деревья сосны обыкновенной естественного происхождения имеют наибольшие показатели жизнеспособности ($К_ж > 1000$). Дуб черешчатый, при смешении с кедром имеет более высокий процент жизнеспособных деревьев по запасу (90,6 %) и низкий индекс потери жизнеспособности (0,2).

Таблица 4

Распределение отпада по группам причин образования

Пробная площадь		ПП 1К		ПП 2К		ПП 3КД		
Древесная порода		Кедр	Итого	Кедр	Итого	Кедр	Дуб	Итого
Наличный отпад								
Естественный	Nдер	33	33	46	46	16	317	333
	М	2,2	2,2	3,6	3,6	1,7	8,4	10,1
Случайный	Nдер	8	8	18	18	16	16	32
	М	0,1	0,1	4,7	4,7	1,7	1	2,8
Патологический	Nдер	0	0	28	28	48	32	79
	М	0	0	6	6	9,8	4,5	14,3
Суммарный	Nдер	42	42	92	92	79	365	444
	М	2,3	2,3	14,3	14,3	13,2	13,9	27,1
Свежий отпад								
Естественный	Nдер	17	17	18	18	0	16	16
	М	0,44	0,44	1,87	1,87	0	0,46	0,46
Суммарный	Nдер	17	17	18	18	0	16	16
	М	0,44	0,44	1,87	1,87	0	0,46	0,46

Примечание. Nдер. – количество деревьев, шт/га; М – запас отпада, $м^3$/га.

Таблица 5

Коэффициенты годичного отпада

Показатели		Пробная площадь						
		ПП 1К		ПП 2К		ПП 3КД		
Порода		Кедр	Среднее	Кедр	Среднее	Кедр	Дуб	Среднее
Коэффициенты	$K_n^{ест}$	100,5	114,2	99,0	135,6	–	96,0	290,9
	$K_g^{ест}$	10,3	10,3	3,1	3,1	–	3,3	3,3
	$K_m^{ест}$	1576,8	1791,8	365,6	500,9	–	366,6	1110,9
	$K_n^{сум}$	100,5	114,2	99,0	135,6	–	96,0	290,9
	$K_g^{сум}$	10,3	10,3	3,1	3,1	–	3,3	3,3
	$K_m^{сум}$	1576,8	1791,8	365,6	500,9	–	366,6	1110,9

Примечание. Коэффициенты годичного отпада $K_n^{ест}$, $K_g^{ест}$, $K_m^{ест}$ – естественный по количеству деревьев, по площади сечения, по запасу; $K_n^{сум}$, $K_g^{сум}$, $K_m^{сум}$ – суммарный по количеству деревьев, по площади сечения, по запасу.

Таблица 6

Показатели жизнеспособности и прогнозная характеристика насаждений

№ п/п	Долевое участие пород	Q,%	$I_ж$	$I_{пж}$	$К_ж$	$К_{сс}$	Прогнозная характеристика
ПП 1К	88 Кедр	85,7	89,5	0,3	311	9876	Стабильное состояние
	6 Сосна	98,5	98,9	0,1	>1000	19562	Стабильное состояние
	2 Липа	60,1	71,3	0,7	82	2506	Стабильное состояние
	2 Береза	61,7	71,7	0,7	85	3164	Стабильное состояние
	2 Клен	77,6	83,4	0,4	177	15422	Стабильное состояние
	Среднее	85,3	89,2	0,3	475	18503	Стабильное состояние
ПП 2К	73 Кедр	79,2	84,1	0,5	158	6300	Стабильное состояние
	18 Береза	50,0	63,0	1,0	54	2511	Стабильное состояние
	2 Клен	46,4	61,3	1,0	49	4148	Стабильное состояние
	1 Липа	33,5	55,4	1,2	34	798	Удовлетв. состояние
	5 Ясень	50,0	63,0	1,0	54	1507	Стабильное состояние
	Среднее	70,6	77,7	0,6	129	5228	Стабильное состояние
ПП 3КД	49 Кедр	88,4	91,7	0,2	397	11011	Стабильное состояние
	8 Сосна	100	100	0,0	>1000	16153	Стабильное состояние
	7 Береза	92,3	94,3	0,2	606	13397	Стабильное состояние
	2 Клен	50,0	63,0	1,0	54	5225	Стабильное состояние
	33 Дуб	90,6	93,0	0,2	459	8206	Стабильное состояние
	Среднее	88,7	91,5	0,2	470	10438	Стабильное состояние

Примечание. Q,% – процент жизнеспособных деревьев; Iпж – индекс потери жизнеспособности; Ксс – коэффициент стабильности состояния; Кж – коэффициент жизнеспособности; Iж – индекс жизнеспособности.

Анализируемые нами данные таблицы показывают, что все исследуемые древесные породы и насаждения в целом имеют стабильное состояние (Ксс > 1000). Наличие естественного порослевого возобновления липы характеризуется удовлетворительным состоянием. Необходимо сказать, что естественному возобновлению сосны обыкновенной и березы повислой надо дать лучшую прогнозную характеристику, в сравнении с главной породой. Сказанное заставляет полагать, что в будущем существует угроза снижения долевого участия кедра и дуба в составе насаждения, поэтому в дальнейшем необходимо исключать участие сосны и березы в составе рассматриваемых насаждений.

Выводы

Проведённые исследования показали, что опыт смешения дуба черешчатого с кедром сибирским является положительным. Дуб высаживается через 10 лет после посадки кедра, что способствует формированию благоприятных микроклиматических условий для его роста. При этом производительность дуба, произрастающего совместно с кедром, соответствует второму классу бонитета. Отпад деревьев в рассматриваемых культурах представлен только естественным изреживанием древостоя, а исследуемые древесные породы характеризуются стабильным состоянием. Естественное возобновление сосны и березы отличается лучшей прогнозной характеристикой, поэтому необходимо исключить участие данных пород из состава рассматриваемых насаждений.

Список литературы / References

1. Алексеев И.А., Краснов В.Г., Гусева О.Н. Фауты и фаутность леса: монография. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. 404 с.

Alekseev I.A., Krasnov V.G., Guseva O.N. Fauty and the Facility of a Forest: a monograph. Yoshkar-Ola: Volga State Technical University, 2017. 404 p. (in Russian).

2. Кудинов А.И., Гладкова Г.А., Сибирина Л.А., Манько Ю.И., Жабыко Е.В., Бутовец Г.Н. Некоторые итоги реконструкции дубовых лесов в Приморском крае // Успехи современного естествознания. 2016. № 3. С. 79–84.

Kudinov A.I., Gladkova G.A., Sibirina L.A., Manko Yu.I., Zhabyko E.V., Butovets G.N. Some results of the reconstruction of oak forests in the Primorye Territory // Modern advances natural science. 2016. № 3. P. 79–84 (in Russian).

3. Hao Z. et al. Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest. Forest Ecology and Management. 2008. Т. 252. №. 1–3. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.06.026.

4. Ерёмин Н.В., Карасёва М.А., Карасёв В.Н. Агротехнические и физиологические аспекты успешности вы-

ращивания культур сосны кедровой сибирской в Республике Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 1. С. 29–39.

Eremin N.V., Karaseva M.A., Karasev V.N. Agrotechnical and physiological aspects of successful cultivation of Siberian pine pine crops in the Republic of Mari El // Bulletin of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature use. 2010. № 1. P. 29–39 (in Russian).

5. Карасева М.А., Карасёв В.Н., Мухортов Д.И., Лежнин К.Т. Оценка жизнеспособности деревьев сосны кедровой сибирской в интродукционных культурах Среднего Поволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 2. С. 29–40.

Karaseva M.A., Karasev V.N., Mukhortov D.I., Lezhnin K.T., Evaluation of the Viability of Siberian Cedar Pine Trees in Introduction Cultures of the Middle Volga Region, Vol. Series: Forest. Ecology. Nature use. 2018. № 2. P. 29–40 (in Russian).

6. Бродников С.Н., Лазарева С.М. Культуры сосны кедровой сибирской в лесах Среднего Поволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 3 (31). С. 19–29. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.3.19.

Brodnikov S.N., Lazareva S.M. Siberian Stone Pine in the Forests of Middle Volga Region // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature use. 2016. № 3 (31). P. 19–29 (in Russian).

7. Дроздов И.И., Янгутов А. И. Методические рекомендации по изучению лесных культур интродуцированных пород. М.: МЛТИ, 1984. 40 с.

Drozdov I.I., Yangutov A.I, Guidelines for the study of forest cultures of introduced species. M.: MLTI, 1984. 40 p. (in Russian).

8. Алексеев И.А., Гусева О.Н., Курненкова И.П., Чешуин Е.Н. Интегрированная система защиты леса: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГУ, 2013. 416 с.

Alekseev I.A., Guseva O.N., Kurnenkova I.P., Cheshuin E.N. Integrated Forest Protection System: study guide. Yoshkar-Ola: MarSU, 2013. 416 p. (in Russian).

9. Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 № 607 «О Правилах санитарной безопасности в лесах». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217315/ (дата обращения: 25.11.2018).

Resolution of the Government of the Russian Federation of 20.05.2017 № 607 «On the Rules of Sanitary Safety in Forests». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217315/ (date of access: 25.11.2018) (in Russian).

10. Соколов П.А., Черных В.Л. Вариационная статистика: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарПИ, 1990. 104 с.

Sokolov P.A., Chernykh V.L. Variation statistics: uchebnoe posobie. Yoshkar-Ola: MarPI, 1990. 104 p. (in Russian).

11. Гурьев Д.Г. Леса и лесное хозяйство Чувашской АССР. Чебоксары: Чув. кн. изд-во, 1970. 186 с.

Guriev D.G. Forests and forestry of the Chuvash ASSR. Cheboksary: Chuv. Prince Publishing house, 1970. 186 p. (in Russian).

УДК 631.53.01:633.8(470.631)

ХАРАКТЕРИСТИКА СЕМЯН РАСТОРОПШИ ПЯТНИСТОЙ (SILYBUM MARIANUM (L.)), ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

[1]Джашеев А-М.С., [1]Джашеева З.А-М., [2]Акбаева Ф.А., [2]Гочияева З.У., [2]Токова Ф.М.

[1]ООО «Карачаево-Черкесский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Черкесск, e-mail: 0909dams@mail.ru;

[2]Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, Черкесск

Расторопша пятнистая является относительно новой малоизученной культурой для возделывания на юге России, в частности, для сельхозпроизводителей Карачаево-Черкесской республики. Настоящая статья посвящена исследованию биологических, технологических и физико-механических свойств и других характеристик семян расторопши пятнистой, выращенной с 2009 по 2014 г. в предгорном районе Карачаево-Черкесской Республики (КЧР). Полученные результаты проведённых исследований дают возможность утверждать, что этот регион наиболее оптимален для возделывания высококачественного семенного материала. Среднее значение лабораторной всхожести семян расторопши пятнистой, выращенной в предгорном районе КЧР, составило 96 ± 0,6%. По весовым и по размерным усреднённым характеристикам исследуемые семена относятся к крупным: в одном грамме содержится 35–37 штук, эквивалентный размер достигает $l_э$ = от 3 до 4 мм. Показатель абсолютной массы семян расторопши пятнистой находится в пределах 21,9 ± 0,7 г/1000 шт. Норма высева, выраженная в кг/га, и полевая всхожесть зависят от показателя абсолютной массы семян. Прочность семян расторопши пятнистой составила 50–55Н. Этот показатель семян является важным, так как показывает, какую нагрузку может выдерживать семя, не снижая свою всхожесть при ее уборке и переработке. Кожура семян расторопши пятнистой является водопроницаемой и влияет на скорость набухания семян, а температурный фактор при этом оказывает значительное влияние. Семена лучше поглощают воду при температуре 25 °С и набухают за 2–3 дня. Таким образом, температурный режим в пределах +25 °С повышает среднюю полевую всхожесть семян до 90 ± 4%, что важно для определения сроков посева этой культуры.

Ключевые слова: Карачаево-Черкесская Республика, расторопша пятнистая, характеристика семян, коэффициент трения, упругость, прочность, абсолютная масса, эквивалентный размер

CHARACTERISTICS OF MILK THISTLE (SILYBUM MARIANUM (L.)) SEED GROWN IN THE CONDITIONS OF THE FOOTHNAL ZONE OF THE NORTHERN CAUCASUS

[1]Dzhasheev A-M.S., [1]Dzhasheeva Z.A-M., [2]Akbaeva F.A., [2]Gochiyaeva Z.U., [2]Tokova F.M.

[1]Limited liability company Karachay-Cherkessia Research Institute of Agriculture, Cherkessk, e-mail: 0909dams@mail.ru;

[2] North Caucasus State Humanitarian and Technological Academy, Cherkessk

Milk Thistle is a relatively new little-known crop for cultivation in the South of Russia, in particular for agricultural producers of the Karachay-Cherkessia Republic. This article is devoted to the study of biological, technological and physico-mechanical properties and other characteristics of seeds, grown from 2009 to 2014 in the foothills of the Karachaevo-Cherkessia Republic (KChR). The obtained results of the conducted studies make it possible to assert that this region is optimal for the cultivation of high-quality seed material. The average value of the laboratory germination of milk thistle seeds, grown in the foothills of the KCHR was 96 ± 0.6%. According to the weight and sizing features seeds in study are large; one gram contains 35-37 pieces, equivalent size reaches $l_э$ = 3 to 4 mm. The absolute mass index of Milk Thistle seeds was in the range of 21.9 ± 0.7 g / 1000 pcs. Seeding rate expressed in kg / ha and field germination depends on the absolute weight of seeds. The strength of Milk Thistle seeds was 50-55H. This indicator of seeds is important, it shows what load the seed can withstand without reducing its germination during its harvesting and processing. The peel of Milk Thistle seeds is water-permeable and affects the rate of swelling of the seeds, and the temperature factor at the same time has a significant impact. Seeds absorb water better at 25 °C. Seeds swell in 2-3 days. Thus, the temperature regime is within +25 °C increases the average field germination of seeds to 90 ± 4%, which is important for determining the timing of sowing of this crop. The preservation of plants on the field ranged from 30 to 92% over the years.

Keywords: Karachay-Cherkessia Republic, Milk Thistle, characteristics of seeds, coefficient of friction, elasticity of seeds, germination

Рыночные условия вынуждают сельскохозяйственных производителей Карачаево-Черкесской Республики изыскивать новые востребованные культуры и перспективные технологии для их выращивания с целью получения прибыли. Одной из таких культур может стать расторопша пятнистая, спрос на семена которой с каждым годом растет как в России, так и за рубежом. Расширение посевов расторопши, повышение ее урожайности и широкое применение ее в фармацевтической и пищевой отраслях является важной народнохозяйственной проблемой [1, 2]. Семена расторопши пят-

нистой, как и других сельскохозяйственных культур, характеризуются формой, размерами, абсолютной и объёмной массой, коэффициентом трения, сыпучестью, парусностью, упругостью, энергоёмкостью и другими показателями. Однако параметры семян до сих пор носят разрозненный характер и недостаточно полно систематизированы. Порой показатели семян расторопши пятнистой противоречивы, хотя это и естественно, так как они изучаются на местных и районированных сортах, имеющих свои особенности. На их параметры влияет множество факторов, таких как место произрастания, погодные условия, уход за растениями и прочие. Обобщение информации по перечисленным параметрам семян имеет большое значение для прикладного семеноводства, особенно при их перемещении, отборе из полученного урожая посевного материала, при их хранении, проведении предпосевной подготовки, подбора сеялки и высева семян расторопши пятнистой с соблюдением агротехнических требований и другие. Расторопша пятнистая изучается для разных отраслей промышленности учёными в России и за рубежом [3, 4]. В этом направлении учёными России проделана огромная работа. Отсутствие показателей свойств и качества семян расторопши пятнистой, выращенных в условиях предгорной зоны северного Кавказа, в частности в Карачаево-Черкесской Республике (КЧР), рекомендаций по комплексной технологии ее возделывания является сдерживающим фактором широкого распространения возделывания этой культуры в регионе сельхозпроизводителями.

Целью и мотивацией проведения нижепредставленных исследований является изучение свойств семян расторопши пятнистой, выращенных в условиях Карачаево-Черкесской Республики, для прикладного семеноводства.

Материалы и методы исследования

Расторопша пятнистая относится к однолетним травянистым растениям. Технология возделывания этой культуры имеет ряд общих технологических приёмов с яровой пшеницей. С 2009 г. ООО «Карачаево-Черкесский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (КЧНИИСХ) работал в целях изучения и возделывания расторопши пятнистой, из Самарской области в течение четырёх лет (с 2010 г. по 2014 г.) завозили семена этой культуры (сорт Амулет РС-1-3) и высевали на опытном участке КЧНИИСХ площадью 2 га. Опытный участок расположен в предгорной части КЧР, рядом располагались поля с яровой пшеницей. Исследования и испытания с семенами расторопши каждый год проводили на том же месте. Почвенно-климатические условия региона исследования: Карачаево-Черкесская Республика расположена на северных склонах центральной части Кавказских гор, климат континентальный, средняя температура на предгорных районах января от –5 °С до –8 °С, июля +21 °С, осадков выпадает от 550 мм в год, качество почв выщелоченные чернозёмы, мощность их колеблется от 50 до 140 см, содержание гумуса от 3 до 10 %. Продолжительность вегетационного периода – 140–150 дней.

К исследованиям были привлечены специалисты Аграрного института Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии (СевКавГГТА). В программу исследований входили важнейшие показатели качества, которыми являются биологические, технологические, физико-механические свойства и другие характеристики семян расторопши пятнистой, выращенной в предгорной зоне КЧР. Для проведения исследований свойств семян расторопши пятнистой использовались классические, общеизвестные методики с учётом рендомизации [5, 6]. Отбор семян для исследования и испытаний проводился из собранного и очищенного урожая массой 3500 кг по известной методике и рекомендациям осенью после уборки урожая [6].

1. Крупность семян классифицируют по их количеству в 1 г: очень крупные – от 1 до 10 семян; крупные – 10–100; средние – 150–350; мелкие – 600–900; очень мелкие – 1000–2000 семян. Классификация семян по крупности, учитывающей варьирование всех трех размерных показателей: длины, толщины и ширины, производится с использованием среднего эквивалентного размера семян $l_э$. Средний эквивалентный размер семян ($l_э$) определяется по формуле

$$l_э = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}, \text{ мм} \qquad (1)$$

где a, b, c – средние значения длины, ширины и толщины семян.

При такой группировке семян, изменение одного из его размерных показателей вызывает изменение и эквивалентного размера, т.е. крупности семян. Размерные показатели подразделены на 5 групп: очень мелкие до 1 мм; мелкие от 1 до 2 мм; средние от 2 до 3 мм; крупные от 3 до 4 мм; очень крупные больше 4 мм [6]. Под абсо-

лютной массой понимают массу 1000 шт. семян в граммах при стандартной влажности 10 % [9].

2. Объёмной массой семян называют массу семян, выраженную в граммах в одном кубическом сантиметре.

3. Внутренний и внешний коэффициенты трения характеризуют физические свойства семян. Коэффициент внутреннего трения означает трение семян между собой, и определяют его углом естественного откоса. Коэффициент внешнего трения подразделяют на статический – коэффициент трения покоя и на динамический – коэффициент трения движения. Коэффициент внутреннего трения семян, численно равен тангенсу угла естественного откоса семян. В зависимости от значения угла естественного откоса, они подразделяются на четыре группы: семена повышенной сыпучести, у которых коэффициент внутреннего трения $f < 0{,}45$; семена сыпучие $f = 0{,}45–0{,}7$; семена пониженной сыпучести $f = 0{,}7–1{,}0$; семена несыпучие $f > 1$ [6].

4. Аэродинамические свойства семян (сопротивление семян воздушному потоку) принято характеризовать скоростью витания, коэффициентами сопротивления и парусности.

Под скоростью витания обычно понимают скорость воздушного потока, при которой помещённое в него семя находится во взвешенном состоянии. Она определяется по формуле Ньютона, в которой сила (R) приравнивается к весу семени (Q):

$$R = Q = k_n \frac{\gamma}{g} F \upsilon_{кр}^2, \text{ Н}, \qquad (2)$$

где γ – плотность воздуха, кг/м^3; $g = 9{,}81$ м/c^2 – ускорение свободного падения; м/с^2; F – площадь среднего сечения семени, перпендикулярного к направлению воздушного потока (миделево сечение) м^2; $\upsilon_{кр}$ – критическая скорость (скорость воздушного потока, при которой семечко витает), м/с; $k_п$ – коэффициент сопротивления воздушного потока при критической скорости, именуемый коэффициентом парусности, в отличие от коэффициента воздушного сопротивления k при свободном падении тела.

$$k_п = g / \upsilon_{кр}^2, \text{ м}^{-1}. \qquad (3)$$

Скорость витания (критическую скорость) определяют опытным путём в воздушном вертикальном канале; она определялась на порционно-парусном классификаторе ВИМа (Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства).

5. Прочность семян определяется исходя из нагрузок, вызывающих их повреждение со снижением всхожести и урожайности [5].

6. Упругость семян, т.е. свойство восстанавливать после деформации первоначальную форму, проявляется при их соударении и характеризуется коэффициентом восстановления (ε), определяемым по формуле

$$\varepsilon = \frac{u}{\upsilon}, \qquad (4)$$

где u – скорость семени после удара о поверхность; υ – скорость семени во время удара о поверхность. То есть это отношение нормальных составляющих скоростей семени соответственно до и после удара о поверхность [5].

7. Коэффициент восстановления семян определен экспериментально-аналитическим методом, заключающимся в решении дифференциальных уравнений движения семени до и после удара о наклонную плоскость, которая имеет аналитическую зависимость:

$$L = f(v, v_{кр}, \varepsilon), \qquad (5)$$

где L – дальность полёта после отражения; v – скорость до удара; $v_{кр}$ – скорость витания; ε – коэффициент восстановления [1].

8. Скважность (S) измеряется отношением объёма, занятого воздухом в пространстве между семенами, к общему объёму и определяется по формуле

$$S = W - v / W * 100, \qquad (6)$$

где W – общий объем зерновой массы; v – истинный объем твёрдых частиц зерновой массы. При этом объём семян необходимый для расчёта скважистости зерновой массы, определяется путём погружения навески семян в мерную колбу, где находится жидкость, не вызывающая набухания семян (толуол).

9. Коэффициент температуропроводности характеризуется скоростью нагревания или охлаждения зерновой массы и определяется по формуле

$$\lambda = L/cv \text{ м}^2/\text{ч}, \qquad (7)$$

где L – коэффициент теплопроводности зерна, кДж/(ч м °С); c – удельная теплоёмкость, кДж/(кг °С); v – объёмная масса зерна, кг/м^3.

10. Сорбционные свойства семян определяются их большой и активной поглощающей способностью (воды и пара). Влага, обмен между воздухом и зерном прекращается, если парциальное давление водяного пара в воздухе и над зерном одинаково. При этом наступает состояние динамического равновесия.

11. Сортовую чистоту семян определяли как содержание семян определённого сорта в семенной партии, выраженное в процентах и по морфологическим признакам изучаемых семян, сравнивая эти признаки с описанными в литературных источниках [6].

12. Посевная годность, энергия прорастания определяется в лабораторных условиях [6]. Посевная годность семян вычисляется по формуле

$$X = \frac{А \cdot Б}{100}, \%, \qquad (8)$$

где А – всхожесть семян; Б – чистота семян.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Семена расторопши пятнистой, выращенные в КЧР, по весовым характеристикам относятся к крупным, то есть в одном грамме содержится 35–37 штук, и по размерным характеристикам $l_э$ = от 3 до 4 мм тоже попадают в эту группу. У семян расторопши пятнистой толщина и ширина семян оказались более изменчивыми показателями; коэффициент вариации у семян по ширине достигает 17%. Несмотря на это, данное положение не оказывает существенного влияния на величину средних размерных показателей семян, и для подбора класса точности сеялки и для посева. Усреднённые размерные характеристики выращенных семян приведены в таблице в сравнении с показателями для таких же семян в литературном источнике [6] для определения подлинности этих семян.

По данным наших наблюдений в течение четырёх сезонов, показатели абсолютной массы семян расторопши пятнистой менялись в зависимости от влаги в почве в период созревания семян и средний показатель находился в пределах 21,9 ± 0,7 г/1000 шт. при влажности семян 10%, а эталонная цифра составляет 12–18 г [6].

2. Среднее значение объёмной массы семян в период наблюдения с 2009 по 2014 гг. для расторопши пятнистой составило 0,32 ± 0,8 г/см^3 при влажности 10%. Абсолютная и объёмная массы семян являются важными агротехническими показателями для отбора семенного материала и определения нормы высева.

3. Значения статического коэффициента трения (покоя) семян колеблются в пределах: 0,31–0,42; динамический коэффициент трения обычно ниже на 0,05–0,20 статического коэффициента трения. Показатели трения семян зависят от многих факторов: влажности, формы, размеров, скорости перемещения, свойства поверхности и др. Показателем сыпучести семян является коэффициент внутреннего трения. Замечено, что семена расторопши пятнистой искривлённой формы при одинаковой влажности по сыпучести значительно различаются от семян прямой формы. В соответствии с этой классификацией семена расторопши пятнистой можно отнести ко второй группе – сыпучие.

4. Средние аэродинамические показатели семян расторопши пятнистой за 2009–2014 гг. показали скорость витания (критическая скорость), $\upsilon_{кр}$ = 9 – 10 ± 0,9 м/с, коэффициент сопротивления, k = 0,03…0,25 и коэффициент парусности k_n = 0,050…0,120 1/м.

5. Показатель прочности для семян расторопши пятнистой составил 50–55Н при 10% влажности. Показатель прочности семян расторопши пятнистой следует учитывать при определении оптимальных параметров рабочих органов и рабочих режимов технологического оборудования, они варьируются в зависимости от влажности семян и погодных условий. При интенсификации процесса высева важную роль играют упруго – прочностные свойства семян. Применительно к посевным машинам они являются одним из основных исходных показателей, влияющих на качество распределения семян в рядке.

6. Коэффициент восстановления (ε) для семян расторопши пятнистой варьируется в пределах – 0,35...0,47.

Средние размерные показатели семян расторопши пятнистой, полученные за 2009–2014 гг. в сравнении с показателями для определения подлинности таких семян

Культура	Длина, *a* мм	Ширина, *b* мм	Толщина, *c* мм
Расторопша пятнистая, выращенная за 2009–2014 гг.	7,70 ± 0,3	3,10 ± 0,92	2,92 ± 0,42
Показатели для определения подлинности расторопши пятнистой	5–7	3,25	2,75
Разница показаний	0,7 ± 0,3	–0,4 ± 0,92	0,17 ± 0,42

Вид сравниваемых семян расторопши пятнистой: 1 – цвет семян расторопши пятнистой, выращенной в КЧР, 2 – цвет семян расторопши пятнистой, приобретённой в Самарской области

7. Скважность семян расторопши пятнистой составила 54 ± 0,92 %. Скважность является важным физическим свойством семян, как сыпучей среды, которая зависит от ее плотности, геометрических и фрикционных свойств семян. Этот показатель важный и используется в процессе настройки оборудования для сушки.

8. Коэффициент теплопроводности зерновой массы характеризуется как очень низкий, т.е. обладает большой тепловой инерцией. Коэффициент теплопроводности исследуемых семян расторопши пятнистой, колеблется в пределах $6{,}15*10^{-4}$ – $6{,}85*10^{-4}$ м^2/ч. Полученные данные по температуропроводности на семенах расторопши пятнистой совпадают с результатами исследований отечественных авторов [1, 2].

9. Адсорбционные и абсорбционные свойства семян расторопши пятнистой, полученные специалистами ФГБОУ ВО «СевКавГГТА» в КЧР, показали, что семена набухают за 2–3 дня и оптимальный температурный режим для этого составляет +25 °С. Замечено, что семена, находящиеся на хранении 2–3 года при одинаковых условиях с однолетними семенами, набухают медленнее, для них требуется на 25–30 % больше времени. Полученные результаты в КЧР специалистами из ФГБОУ ВО «СевКавГГТА» практически совпали с результатами, полученными в отделе селекции и семеноводства ВИЛАР в 1977–1986 гг.

10. Сортовая чистота семян расторопши пятнистой, выращенных в условиях КЧР, отличается от семян, завезённых из Самарской области: по цвету – 98 ± 1,5 % тёмные (рисунок); по размеру – они длиннее на 0,7 ± 0,42 мм и крупнее, толщина на 0,17 ± 0,3 мм больше. Оба размера более стабильны, ширина семян имеет отклонения ± 0,92 мм, этот показатель изменчив.

11. Сортовую чистоту семян расторопши пятнистой легко довести существующими методами до 96 %, перед их сушкой. Этот показатель, как правило, дополнительно определяют перед посевом в лабораторных условиях.

12. Посевная (хозяйственная) годность семян расторопши пятнистой, выращенных в условиях КЧР, варьировала в пределах 95 ± 0,8 %.

Заключение

1. Полученные результаты проведённых исследований дают основание утверждать, что предгорные зоны Карачаево-Черкесской Республики являются благоприятными для возделывания высококачественного семенного материала расторопши пятнистой для прикладного семеноводства благодаря своим климатическим характеристикам и агрохимическим особенностям почвы полей севооборота (пахотный слой), а также за счёт большего количества солнечных дней.

2. Полученные упруго-прочностные показатели, изменчивость размеров у семян расторопши пятнистой по длине, толщине и ширине, изменения их массы в зависимости от погодных условий и другие показатели не препятствуют применению интенсивных технологических приёмов при возделывании семян расторопши в условиях КЧР.

Список литературы / References

1. Николайченко Н.В. Влияние сроков, норм, способов посева и глубины заделки семян на продуктивность расторопши пятнистой на черноземных почвах Саратовского Правобережья. дис. … канд. с.-х. наук. Саратов, 2011. 196 с.

Nikolaychenko N.V. Influence of terms, norms, methods of sowing and depth of seeding on the productivity of Milk Thistle on the Saratov river Bank chernozem soils: dis. … cand. s.-h. nauk. Saratov, 2011. 196 p. (in Russian).

2. Николайченко Н.В. Расторопша в Поволжье: биология, технология выращивания и применения. Саратов: СГА, 2013. 190 с.

Nikolaychenko N.V. Milk Thistle in the Volga region: biology, cultivation technology and notes. Saratov: SGA, 2013. 190 p. (in Russian).

3. Куркин В.А., Запесочная Г.Г. Расторопша пятнистая. Самара: Офорт, 2010. 118 с.

Kurkin V.A., Zapesochnaya G.G. Milk Thistle. Samara: Ofort, 2010. 118 p. (in Russian).

4. Горлов И.Ф., Серова О.П., Воронцова Е.Н. Инновационные разработки рецептуры мягких сыров с расторопшей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1. С. 71–74.

Gorlov I.F., Serova O.P., Vorontsova E.N. Innovative development of soft cheese recipes with Milk Thistle // Isvestiya nizhnevolzhsky agro-university coplex: science and higher professional education. 2012. № 1. P. 71–74 (in Russian).

5. Кузнецова Е.И., Алещенко М.Г., Закабунина Е.Н. Методы полевых, вегетационных и лизиметрических исследований в агрономии: учебное пособие. М.: ФГОУ ВПО РГАЗУ, 2010. 130 с.

Kuznetsova E.I., Aleschenko M.G., Zakabunina E.N. Methods of field, vegetation and lysimetric research in agronomy: textbook. M.: FGOU VPO PGAZU 2010. 130 p. (in Russian).

6. ГОСТ Р51096 – 97. Семена лекарственных и ароматических культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия. М.: Стандартинформ, 1986. 128 с.

УДК 631.524.84:631.53.01:582.675.1(571.15)

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ PAEONIA ANOMALA L., КУЛЬТИВИРУЕМОГО В ГОРНОМ АЛТАЕ

[1,2]Ельчининова О.А., [1]Бодрошева С.В.

[1]ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», Горно-Алтайск, e-mail: eoa59@mail.ru;

[2]ФГБУН «Институт водных и экологических проблем» СО РАН, Барнаул, e-mail: gafivep@mail.gorny.ru

Определена реальная семенная продуктивность ценного лекарственного, пищевого, декоративного, редкого и исчезающего вида *Paeonia anomala L.* при культивировании в низкогорной и среднегорной зонах Горного Алтая. Семенное размножение, несмотря на свои особенности и трудности ввиду своеобразного развития зародыша, является приоритетным в условиях культуры и единственным – в местах естественного обитания. Основными элементами структуры семенной продуктивности пиона уклоняющегося являются: количество плодов (генеративных побегов) на одном растении, количество семян в одной листовке и в плоде. У *Paeonia anomala L.* плоды апокарпные, относящиеся к листовковым плодам – многолистовки. В исследованных растениях число листовок в многолистовке варьировало от двух до пяти. Количество плодов зависело от возраста растения и места произрастания и колебалось от 14 (5-летние растения) до 25 шт. (20-летние). Обнаружена тенденция уменьшения количества семян в одной листовке от 5 к 3-членной. Установить закономерности по влиянию возраста растений на обсемененность отдельных листовок не удалось. Средняя масса 1000 семян колебалась от 94,1 ± 8,3 до 130,3 ± 7,9 г. У растений 15–20-летнего возраста значительная доля от общего количества семян и их массы приходилась на 5-членные листовки (до 86,4%). У более молодых растений (5, 10-летних) распределение семян по видам листовок более равномерное. Семенная продуктивность была выше в низкогорной зоне, чем в среднегорной. Поэтому семенные плантации *Paeonia anomala L.* целесообразнее размещать в низкогорной зоне.

Ключевые слова: Горный Алтай, возделывание в культуре, листовка, плод (2,3,4,5-членная листовка), масса 1000 семян, семенная продуктивность по количеству и массе семян

SEED PRODUCTIVITY OF PEONY (PAEONIA ANOMALA L.) CULTIVATED IN THE ALTAI MOUNTAINS

[1,2]Elchininova O.A., [1]Bodrosheva S.V.

[1]Gorno-Altaisk State University, Gorno-Altaisk, e-mail: eoa59@mail.ru;

[2]Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, e-mail: gafivep@mail.gorny.ru

Real seed productivity of valuable medicinal, nutritional, decorative, rare and endangered species of *Paeonia anomal L.* growing in the low-and mid-mountain zones of Altai was defined. Seed reproduction, despite its peculiarities and difficulties related to specific corcule development is a priority in terms of culture and the only one in natural habitat. Major elements of the structure of peony seed productivity are the number of fruits (generative shoots) in one plant, the number of seeds in one hose and one fruit. *Paeonia anomala L.* has apocarpous fruits referred to hose fruits, i.e. multifoliolates. In the studied plants, the number of hoses in the multifoliolate varied from two to five. The number of fruits depended on plant age and the place of its growth ranging from 14 (5-year-old plants) to 25 pcs (20-year-old). A tendency towards decline in the number of seeds in one hose (from 5 to 3-members) was found. To establish any age dependence of seeding in a hose turned out to be impossible. The average weight of 1000 seeds ranged from 94,1 ± 8,3 to 130,3 ± 7,9 g. In 15-20 year-old plants, a considerable proportion of total number of seeds and their weight falls on 5-member hoses (up to 86,4%). In younger plants (5 and 10 year-old), the distribution of seeds is more uniform by hose types. Seed productivity was higher in the low- than in the mid-mountain zone. Therefore, it is appropriate to place seed plantations of Paeonia anomala L in the low mountain zone.

Keywords: Altai Mountains, culture cultivation, hose, fruit (2,3,4,5-member hose), weight of 1000 seeds, seeds productivity by quantity and weight

Пион уклоняющийся (*Paeonia anomala L.*) – многолетнее травянистое растение, относящееся к семейству Пионовые (Paeoniaceae), является ценным источником сырья для фармацевтической промышленности, популярным и распространенным декоративным растением, хорошим медоносом. Кроме этого, он применяется в народной медицине, пищевой промышленности. Пион уклоняющийся широко используется в интродукции и ограниченно – в селекции [1–3].

В диком виде в России пион уклоняющийся распространен в таежной зоне европейской части и Сибири. Встречается на Урале, горах Казахстана и Средней Азии. Растет в лесах, на опушках и полянах [4]. В Горном Алтае пион уклоняющийся распространён повсеместно. Наиболее продуктивные заросли встречаются в нижнем поясе гор – 700–1300 м над уровнем моря.

Пион уклоняющийся относится к числу редких и исчезающих видов. С 1975 г. занесен в Красную книгу СССР и подлежит

охране. Внесён в Красную книгу России, в региональную Красную книгу «Редкие и исчезающие растения Сибири».

Для сохранения пиона уклоняющегося в природных местообитаниях необходимо решать вопрос о возделывании его в культуре, что поможет полнее удовлетворить потребности в лекарственном сырье отечественной фармацевтической промышленности и снизить прессинг на естественные фитоценозы. Для этого необходимо иметь достаточный запас посадочного и семенного материала.

Цель исследования: изучение семенной продуктивности *Paeonia anomala L.* в условиях культуры и выявление её особенностей.

Материалы и методы исследования

У *Paeonia anomala L.* плоды апокарпные, относящиеся к листовковым плодам – многолистовки. Данный плод представляет собой совокупность несросшихся между собой листовок, каждая из которых возникает из отдельного плодолистика. Отдельную листовку называют плодиком. При редукции числа плодолистиков до одного многолистовка превращается в листовку (или однолистовку). У пиона уклоняющегося может быть различное число листовок в многолистовке – от одной до восьми. В исследованных нами растениях их количество варьировало от трех до пяти (рис. 1, а–в). В листовке располагаются семена: овальные, почти круглые, блестящие, чёрные, гладкие, с коричневым заметным овальным рубчиком (рис. 1, г).

Основными элементами структуры семенной продуктивности пиона уклоняющегося являются количество плодов на одном растении, количество семян в одной листовке и в плоде. У видов с крупными семенами и относительно небольшим их количеством на растении, в том числе у пиона уклоняющегося, продуктивность рассчитывают на особь. Учитывали реальную семенную продуктивность – число зрелых полноценных семян.

Семенную продуктивность определяли на 10 модельных растениях, полученных из сеянцев, выращенных из семян, в каждом месте культивирования в соответствии с Методическими указаниями по семеноведению интродуцентов [5]. Массу 1000 семян определяли по ГОСТ 34221-2017 [6].

Обработку полученных результатов проводили вариационно-статистическим методом [7]. В работе представлена средняя арифметическая ± ошибка средней арифметической.

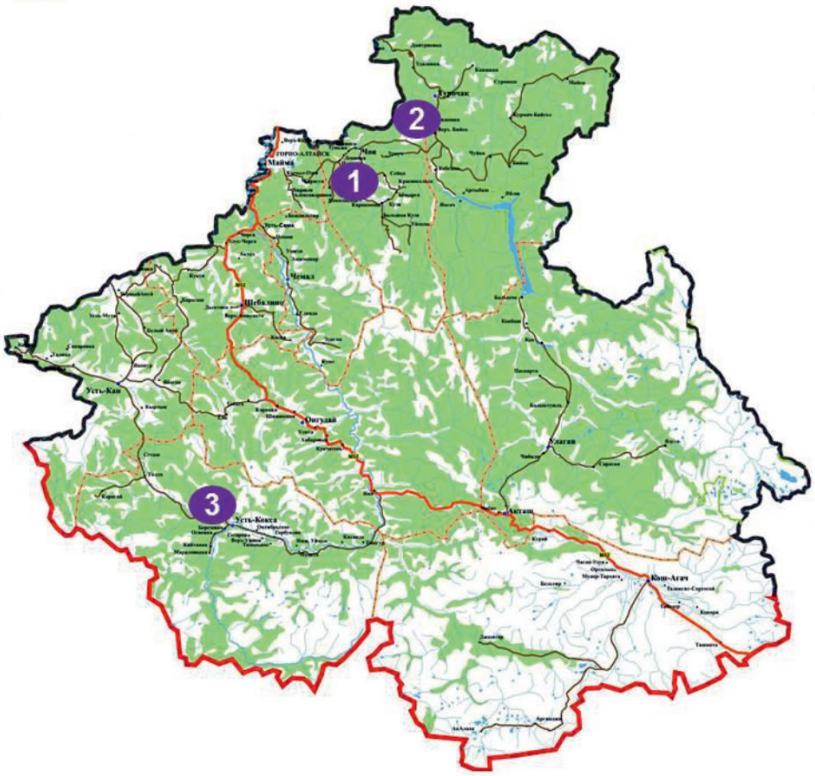
Семенную продуктивность пиона уклоняющегося определяли в Горном Алтае, в низкогорной зоне: Северо-Алтайском и Северо-Восточном Алтайском агроклиматических районах и среднегорной зоне: Центрально-Алтайском агроклиматическом районе (рис. 2), характеристика которых представлена в табл. 1.

В низкогорной агроклиматической зоне представлены умеренно прохладный, недостаточно теплый и умеренно теплый климаты. Умеренно прохладный климат является избыточно влажным, а недостаточно теплый и умеренно теплый – влажным и полувлажным. Среднегорная зона характеризуется как зона с умеренно холодным полусухим климатом [8].

Почвы мест культивирования пиона в низкогорной зоне представлены лугово-черноземными, в среднегорной – черноземом выщелоченным. Оба типа почв характеризуются высоким уровнем плодородия, слабокислой реакцией среды, но различаются по гранулометрическому составу: лугово-черноземные – тяжелосуглинистые, чернозем выщелоченный – легкосуглинистый.

а) 3-членная листовка | б) 4-членная листовка | в) 5-членная листовка | г) семена

Рис. 1. Плоды и семена Paeonia anomala L.



● Места культивирования
1 – Низкогорная зона, Северо-Алтайский агроклиматический район, Майминско-Катунский подрайон, с. Кызыл-Озёк
2 – Низкогорная зона, Северо-Восточный Алтайский агроклиматический район, Бие-Ишинский подрайон, с. Турочак
3 – Среднегорная зона, Центрально-Алтайский агроклиматический район, Уймонско-Катандинский подрайон, с. Усть-Кокса

Рис. 2. Места культивирования пиона уклоняющегося

Таблица 1

Агроклиматическая характеристика мест культивирования пиона уклоняющегося [8]

№ п/п	Агроклиматический		Высота над уровнем моря, м	∑ > 10 °C (°C)	Продолжительность безморозного периода, дни	Атмосферные осадки, мм	Высота снежного покрова, см	$К_{увл.}$ V–VIII
	район	подрайон						
Низкогорная зона								
1	Северо-Алтайский	Майминско-Катунский	250–350	1900–2050	115–120	600–750	20–60	09–1,0
2	Северо-Восточный Алтайский	Бие-Ишинский	300–450	1600–1700	90–100	900–1000	70–90	1,2–1,4
Среднегорная зона								
3	Центрально-Алтайский	Уймонско-Катандинский	900–1000	1450–1500	75–95	450–500	20–30	0,6–0,8

Природно-климатические условия низкогорной и среднегорной зон отвечают требованиям пиона уклоняющегося к условиям произрастания. Пион уклоняющийся – светолюбивое, влаголюбивое и морозостойкое растение, произрастает на любых, достаточно богатых питательными веществами почвах.

Результаты исследования и их обсуждение

Пион уклоняющийся размножается вегетативно и семенами. При вегетативном размножении, которое начинают в 10–12-летнем возрасте, коэффициент размножения невелик (4–8). К тому же процесс вегетативного размножения трудоемкий и продолжительный.

Семенное размножение, несмотря на свои особенности и трудности ввиду своеобразного развития зародыша, является приоритетным в условиях культуры и единственным – в местах естественного обитания.

Количество плодов (генеративных побегов) – одного из элементов семенной продуктивности *Paeonia anomala L.* – зависело от возраста растения и места произрастания и варьировало от 14 (5-летние растения) до 25 шт. (20-летние растения) (табл. 2).

У одновозрастных растений количество плодов было примерно одинаковым: 15-летних – 20,0–22,0 шт., 18–20-летних – 24,2–25,0 шт. вне зависимости от района произрастания. Для сравнения, в оптимальных условиях культуры в лесостепной части Западной Сибири взрослые генеративные особи *Paeonia anomala L.* имели 3–17 побегов [9]. В условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья число генеративных побегов варьировало от 5,3 до 9,1 шт/особь [10]. К сожалению, авторы перечисленных исследований не указали возраст растений.

По возрасту исследуемые нами растения, по данным Е.Л. Нухимовского [11], относятся к молодому генеративному состоянию (до 30 лет). По другим данным [12], продолжительность молодого генеративного состояния составляет 4–10 лет. Следовательно, по этой классификации все исследуемые растения находятся в средневозрастном генеративном состоянии.

У пиона уклоняющегося может быть различное число листовок в многолистовке – от одной до восьми. В исследованных нами растениях их количество изменялось от двух до пяти.

В раскрывающихся многолистовках пиона, которые часто к моменту созревания окрашены в бордовые цвета, находятся черные семена. В табл. 3 указана обсеменённость листовок разных типов плодов пиона уклоняющегося. Обнаружена тенденция уменьшения количества семян в одной листовке от 5 к 3-членной. Установить закономерности по влиянию возраста растений на обсемененность отдельных листовок не удалось. Естественно, что обсемененность 5-членных листовок выше, чем 4- и 3-членных.

Минимальное количество семян было определено в 2017 г., как в низкогорной, так и среднегорной зоне.

По литературным данным, количество семян в листовке может варьировать от 7,0 до 10,2 шт/особь [10]. Г.П. Семёновой [9] при культивировании на юге Западной Сибири в условиях лесостепи установлено, что семенная продуктивность одного побега составляет 9–45 семян.

Таблица 2

Количество плодов пиона уклоняющегося, шт/особь

Возраст, лет/год	Листовки				
	5-членные	4-членные	3-членные	2-членные	Всего
Низкогорная зона					
Майминский район, с. Кызыл-Озек					
15/2015	15,0	2,0	2,0	1,0	20,0
16/2016	9,8	2,2	2,2	1,0	15,3
17/2017	14,8	3,4	2,4	0	20,6
18/2018	20,0	2,7	1,5	0	24,2
Турочакский район, с. Дмитриевка					
5/2015	3,0	4,0	6,0	1,0	14,0
10/2015	7,0	5,0	3,0	1,0	16,0
15/2015	13,0	7,0	2,0	0	22,0
Среднегорная зона					
Усть-Коксинский район, с. Усть-Кокса					
20/2017	21,0	4,0	–	–	25,0

Таблица 3

Распределение семян пиона уклоняющегося по листовкам, шт.

Возраст, лет/год	Листовки							
	5-членная		4-членная		3-членная		2-членная	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2
Низкогорная зона								
Майминский район, с. Кызыл-Озёк								
15/2015	7,7 ± 0,3	36,4 ± 2,5	7,5 ± 7,0	28,3 ± 5,1	6,6 ± 1,0	15,4 ± 2,7	–	–
16/2016	4,5 ± 0,3	22,2 ± 3,1	3,7 ± 0,7	14,7 ± 5,7	3,8 ± 0,4	11,5 ± 1,5	4,2 ± 0,0,6	8,5 ± 1,5
17/2017	3,0 ± 0,2	12,7 ± 1,7	3,9 ± 0,5	13,2 ± 3,9	2,0 ± 0,4	6,0 ± 1,9		
18/2018	6,4 ± 0,3	31,0 ± 3,2	7,2 ± 0,5	28,9 ± 3,3	7,9 ± 0,8	23,9 ± 3,6		
Турочакский район, с. Дмитриевка								
5/2015	7,3 ± 0,5	36,7 ± 4,3	10,4 ± 2,4	31,0 ± 3,9	7,3 ± 0,5	22,0 ± 1,2		
10/2015	9,1 ± 3,4	29,4 ± 5,3	6,5 ± 0,4	26 ± 1,0	5,5 ± 1,3	16,5 ± 6,5		
15/2015	6,2 ± 0,6	27,7 ± 2,0	6,2 ± 0,5	20,7 ± 2,4	4,8 ± 0,4	14,5 ± 2,2		
Среднегорная зона								
Усть-Коксинский район, с. Усть-Кокса								
20/2017	2,7 ± 0,4	13,6 ± 2,0	2,3 ± 0,9	9,0 ± 3,7	–	–		

Примечание. 1* – количество семян в одной листовке; 2** – количество семян в одном плоде.

Таблица 4

Масса 1000 семян пиона уклоняющегося, г

Возраст, лет/год	Листовки			
	5-членная	4-членная	3-членная	2-членная
Низкогорная зона				
Майминский район, с. Кызыл-Озёк				
15/2015	107,7 ± 3,3	120,5 ± 3,8	107,1 ± 5,4	–
16/2016	97,9 ± 4,8	100,0 ± 6,0	97,6 ± 5,8	117,8 ± 8,7
17/2017	109,1 ± 9,3	117,4 ± 19,9	130,3 ± 7,9	–
18/2018	94,1 ± 8,3	99,0 ± 9,3	103,0 ± 9,8	–
Турочакский район, с. Дмитриевка				
5/2015	135,6 ± 7,8	132,1 ± 8,2	139,6 ± 7,1	–
10/2015	110,3 ± 6,5	104,6 ± 9,0	118,6 ± 8,9	–
15/2015	123,1 ± 3,6	124,9 ± 3,3	130,2 ± 5,3	–
Среднегорная зона				
Усть-Коксинский район, с. Усть-Кокса				
20/2017	100,6 ± 0,2	93,3 ± 0,27	–	–

Масса 1000 семян также является одним из основных критериев характеристики посевного материала. Масса 1000 семян – это показатель крупности и выполненности воздушно-сухих семян, выраженный в граммах. Крупные, тяжеловесные семена, имея больший запас питательных веществ, в полевых условиях при прорастании дают мощные всходы, которые в дальнейшем хорошо развиваются и обеспечивают более высокий урожай. На практике массу 1000 семян используют для расчета весовой нормы высева.

По литературным данным масса 1000 семян культивируемого пиона уклоняющегося может варьировать от 80–110 г [13] до 122–130 г [10]. Полученные нами результаты близки к литературным. Средняя масса 1000 семян колебалась от 94,1 ± 8,3 до 130,3 ± 7,9 г (табл. 4).

При этом масса 1000 семян, сформированных в 5-членных листовках в низкогорной зоне, была наименьшей. В среднегорной зоне, наоборот, более полновесные семена были обнаружены в 5-членных листовках.

Таблица 5

Семенная продуктивность растений пиона уклоняющегося

Возраст, лет/год	Листовки								Особь	
	5-членные		4-членные		3-членные		2-членные			
	количество семян, шт.	масса семян, г	количество семян, шт.	масса семян, г	количество семян, шт.	масса семян, г	количество семян, шт.	масса семян, г	количество семян, шт.	масса семян, г
Низкогорная зона										
Майминский, с. Кызыл-Озёк										
15/2015	546,0	58,8	56,6	6,8	30,8	3,3	–	–	633,4	68,9
16/2016	217,6	21,3	32,3	3,2	25,3	2,5	8,5	1,0	283,7	28,0
17/2017	188,0	20,5	44,8	5,2	14,4	1,9	–	–	247,2	27,7
18/2018	620,0	58,3	78,0	7,7	23,1	2,4	–	–	732,8	68,4
Турочакский район, с. Дмитриевка										
5/2015	110,1	14,95	93,0	12,3	110,0	15,35	–	–	313,1	42,6
10/2015	220,5	24,3	182,0	19,05	82,5	9,8	–	–	485,0	53,15
15/2015	332,4	40,9	227,7	28,4	79,75	10,35	–	–	639,5	79,65
Среднегорная зона										
Усть-Коксинский район, с. Усть-Кокса										
20/2018	286,0	28,8	45,0	4,2	–	–	–	–	331,0	33,0

Таблица 6

Доля семян, сформированных в листовках растений пиона уклоняющегося, %

Возраст, лет/год	Листовки							
	5-членные		4-членные		3-членные		2-членные	
	количество семян	масса семян	количество семян	масса семян	количество семян	масса семян	количество семян	масса семян
Низкогорная зона								
Майминский район, с. Кызыл-Озек								
15/2015	86,2	85,3	8,9	9,9	4,9	4,8	–	–
16/2016	76,7	76,1	11,4	11,4	8,9	8,9	3,0	3,6
17/2017	76,0	74,0	18,1	18,8	5,8	6,8	–	–
18/2018	84,6	85,2	10,6	11,2	3,2	3,5	–	–
Турочакский район, с. Дмитриевка								
5/2015	35,2	35,0	29,7	28,9	35,1	36,0	–	–
10/2015	45,5	45,7	37,5	35,8	17,0	18,4	–	–
15/2015	51,9	51,3	35,6	35,7	12,5	12,9	–	–
Среднегорная зона								
Усть-Коксинский район, с. Усть-Кокса								
20/2018	86,4	87,2	13,5	12,7	–	–	–	–

Семенная продуктивность пиона уклоняющегося варьировала по годам и местам произрастания (табл. 5). Она была выше в низкогорной зоне по сравнению со среднегорной. Близкие данные получены при интродукции пиона уклоняющегося в условиях юга Томской области – 599 семян/особь [14]. В условиях Башкирии семенная продуктивность варьировала от 210,0 до 585,0 шт/особь [10]. Элементы семенной продуктивности пиона уклоняющегося, произрастающего в местах естественного обитания, значительно ниже. Так, по данным [15], на северной границе распространения пиона уклоняющегося в Западной Сибири количество генеративных побегов одного среднего растения составило 1,2 ± 0,2 экз. Семенная продуктивность среднего генеративного побега достигала 18,4 ± 5,9 семян, генеративной особи – 22,2 ± 5,7 семян. Масса 1000 семян – около 70 г.

У растений 15–20-летнего возраста во всех районах исследования значительная доля от общего количества семян и их массы приходится на 5-членные листовки (до 86,4 %) (табл. 6).

У более молодых растений (5, 10-летних) распределение семян по видам листовок равномерное.

Заключение

Плоды *Paeonia anomala L.* апокарпные – многолистовки. В исследованных растениях число листовок в многолистовке варьировало от двух до пяти. Количество плодов зависело от возраста растения и места произрастания и колебалось от 14 (5-летние растения) до 25 шт. (20-летние). Обнаружена тенденция уменьшения количества семян в одной листовке от 5 к 3-членной. Установить закономерности по влиянию возраста растений на обсемененность отдельных листовок не удалось. Средняя масса 1000 семян колебалась от 94,1 ± 8,3 до 130,3 ± 7,9 г. По количеству плодов, обсемененности листовок и массе 1000 семян исследуемые особи превосходят дикорастущие и культивируемые в других регионах.

У растений 15–20-летнего возраста значительная доля от общего количества семян и их массы приходилась на 5-членные листовки (до 86,4 %). У более молодых растений (5, 10-летних) распределение семян по видам листовок равномерное.

Семенная продуктивность в низкогорной зоне была выше, чем в среднегорной. Поэтому семенные плантации *Paeonia anomala L.* целесообразнее размещать в низкогорной зоне.

Список литературы / References

1. Ефимов С.В. Род *Paeonia* L. Современные направления интродукции и методы оценки декоративных признаков: автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.05. Москва, 2008. 24 с.

Efimov S.V. Genus *Paeonia* L. Modern directions of introduction and methods of evaluation of decorative features: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.05. Moscow, 2008. 24 p. (in Russian).

2. Кузнецова О.В., Васильева О.Ю., Шауло Д.Н. Интродукция декоративных растений разных жизненных форм в условиях резко континентального климата Западной Сибири // Вестник ИрГСХА. 2011. № 44–1. С. 89–96.

Kuznetsova O.V., Vasilyeva O.Yu., Shaulo N.D. Introduction of ornamental plants of different life forms in the conditions of extreme continental climate of Western Siberia // Vestnik IrGSHA. 2011. № 44–1. P. 89–96 (in Russian).

3. Горобец В. Ф. Пионы (биология, селекция, сорта). Киев: Велес, 2015. 160 с.

Gorobets V. F. Peonies (biology, selection, varieties). Kiev: Veles, 2015. 160 p. (in Russian).

4. Журба О.В., Дмитриев М.Я. Лекарственные, ядовитые и вредные растения. М.: Колосс, 2008. 512 с.

Zhurba O.V., Dmitriev M.Ia. Medicinal, poisonous and harmful plants M.: Koloss, 2008. 512 p. (in Russian).

5. Методические указания по семеноведению интродуцентов. М.: Наука, 1980. 62 с.

Guidelines for seed breeding introductions. M.: Nauka, 1980. 62 p. (in Russian).

6. Семена лекарственных и ароматических культур. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. ГОСТ 34221-2017. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.

7. Авдеев В.И. Современные методы биометрии в исследовании растений: учебное пособие. Оренбург: Изд-во ОГАУ, 2015. 130 с.

Avdeev V.I. Modern methods of biometrics in plant research: textbook. Orenburg: Izd-vo OGAU, 2015. 130 p. (in Russian).

8. Модина Т.Д., Сухова М.Г. Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 180 с.

Modina T.D., Sukhova M.G. Climate and Agroclimatic Resources of Altai. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007. 180 p. (in Russian).

9. Семенова Г.П. Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология, охрана. Новосибирск: Гео, 2007. 408 с.

Semenova G.P. Rare and endangered species of Siberian flora: biology, protection. Novosibirsk: Geo, 2007. 408 p. (in Russian).

10. Реут А.А., Миронова Л.Н. Опыт интродукции *Paeonia anomala* L. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6. С. 310–313.

Reut A.A., Mironova L.N. Experience of *Paeonia anomala* L. introduction // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. № 6. P. 310–313. (in Russian).

11. Нухимовский Е.Л. Основы биоморфологии семенных растений. М.: Недра, 1997. 630 с.

Nuhimovskij E.L. Fundamentals of seed plant biomorphology. M.: Nedra, 1997. 630 p. (in Russian).

12. Комина О.В. Биологические особенности некоторых видов рода *Paeonia* L. при интродукции в лесостепной зоне Западной Сибири: автореф. … дис. канд. биол. наук. Новосибирск, 2014. 22 с.

Komina O.V. Biological features of some species of the genus *Paeonia* L. when introduced in the forest-steppe zone of

Western Siberia: avtoref. … dis. kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2014. 22 p. (in Russian).

13. Яковлев М.С., Некратова Н.А., Гусева Л.И. Пион уклоняющийся, марьин корень, ченга, шегня *Paeonia anomala* L. Биологические особенности растений Сибири, нуждающихся в охране. Новосибирск, 1986. С. 148–178.

Iakovlev M.S., Nekratova N.A., Guseva L.I. *Paeonia anomala* L. Biological features of plants in Siberia in need of protection. Novosibirsk, 1986. P. 148–178 (in Russian).

14. Дьякова Д.В. Особенности биологии *Paeonia anomala* L. и *P. hybrida Pallas* при интродукции на юге Томской области // Евразийский союз ученых. 2015. № 3–7 (12). С. 16–18.

Dyakova D.V. Peculiarities of the biology of *Paeonia anomala* L. and P. *hybrida Pallas* during introduction in the South of Tomsk region // Eurasian Union of scientists. 2015. № 3–7 (12). P. 16–18. (in Russian).

15. Свириденко Б.Ф., Ефремов А.Н., Самойленко З.А. Состояние популяций пиона уклоняющегося *Paeonia anomala* (Paeoniaceae) на северной границе распространения в Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 3 (11). С. 38–46.

Sviridenko B.F., Efremov A.N., Samoilenko Z.A. The condition of the populations of *Paeonia anomala* (Paeoniaceae) at the northern edge of the West Siberian habitat // Tomsk state university journal. Biology. 2010. № 3 (11). P. 38–46 (in Russian).

УДК 630*845:633.877.3:630*907.32(571.513)

МОНИТОРИНГ ВСПЫШКИ РАЗМНОЖЕНИЯ КОРОЕДА ШЕСТИЗУБЧАТОГО – IPS SEXDENTATUS BOERN. НА СОСНЕ СИБИРСКОЙ (УЧАСТОК «МАЛЫЙ АБАКАН» ЗАПОВЕДНИКА «ХАКАССКИЙ»)

Исаева И.Л.

ФГБУ ГПЗ «Хакасский», Абакан, e-mail: reserve@khakasnet.ru

В данной статье приводятся промежуточные результаты мониторинговых исследований на территории государственного природного заповедника «Хакасский», проводимых в высокогорной кедровой тайге, в месте локализации вспышки размножения вторичного стволового вредителя короеда шестизубчатого. В частности, приводятся данные о распространении очага размножения вредителя на заповедной территории, об истории развития очага поражения, а так же приводится гипотеза о стадиях развития поражения внутри древостоя. Посредством визуальных мониторинговых наблюдений за территорией, пораженной вредителем, а также посредствам анализа космоснимков выявлено, что начало поражения приходится на 1997–1998 гг. и возникло сразу в нескольких исходных точках. Годами максимального распространения вредителя являются 2000 и 2010 гг. Внутри древостоя очаг проходит три стадии развития: начало поражения с возникновением небольшого локального очага поражения внутри здорового древостоя, максимальное поражение древостоя, когда очаг увеличивается с максимально возможной скоростью и внешне выглядит как усохший эпицентр, окруженный мощным фронтом усыхания и протяженной зоной предочага с единичными усыхающими деревьями и стадия смыкания границ локальных очагов. В эпицентрах пораженных древостоев усыхание деревьев кедра достигает 90%, здоровые деревья отсутствуют; во фронтальных частях очагов до 30% древостоя является усохшим, до 60% древостоя ослаблено и усыхает, остальная часть древостоя находится в удовлетворительном состоянии; в зонах пред очагов усохших деревьев, как правило, нет. Усыхающие деревья единичны, остальной древостой является либо незначительно ослабленным, либо здоровым. Чем моложе локальный очаг, тем выше скорость его распространения по территории. На этапе смыкания границ локальных очагов увеличения площади поражения, как правило, уже не происходит и дальнейшее распространение зоны поражения происходит за счет образования новых локальных очагов в здоровых древостоях.

Ключевые слова: заповедник «Хакасский», короед шестизубчатый, вторичный стволовый вредитель, вспышка размножения, территория распространения очага поражения, мониторинг вспышки размножения

MONITORING OUTBREAKS OF IPS SEXDENTATUS BOERN. ON THE PINUS SIBIRICA («MALY ABAKAN» CLUSTER, RESERVE «KHAKASSKY»)

Isaeva I.L.

FGBU GPZ «Khakassky», Abakan, e-mail: reserve@khakasnet.ru

This article presents the interim results of the monitoring researches in the territory of the state natural reserve «Khakassky», conducted in highland cedar forest, in the place of localization of breeding outbreak of secondary stem pest Ips sexdentatus. In particular, the data of the pest breeding center in the protected area, history of lesion development, as well as the hypothesis on the development stages of lesion inside the forest are given. By means of visual monitoring observations of the territory, affected by the pests, as well as through analysis of satellite imagery it was revealed that the beginning of lesion falls on the 1997-1998 and originated at several points. The years of maximum pest spread are 2000 and 2010. Inside the forest, the center of pests infection passes three stages of development: the onset of a lesion with the appearance of a small local focus of damage within a healthy stand, the maximum damage of the stand, when the focus increases at the highest possible speed and looks like a shrunken epicenter, surrounded by a strong drying front and an extended zone in front of the focus with individual drying trees and the stage of closing the boundaries of local foci. In the epicenters of the affected forest, the drying of cedar trees reaches 90%, healthy trees are absent; in the frontal parts of the focus up to 30% of the forest is withered, up to 60% of the forest is weakened and shrinks, the rest of the forest is in a satisfactory condition; in the areas before the focus there are no withered trees, as a rule. Withering trees are rare, the rest of the forest is either slightly weakened or healthy. The younger the local focus, the higher the speed of its spread throughout the territory. At the stage of closing the boundaries of local focus the increasing of the lesion area hasn`t occurred, as a rule, and further spreading of the affected area has occurred due to the formation of new local focus in healthy forest.

Keywords: reserve «Khakassky», sexdentatus boern, secondary stem pest, reproduction outbreak, distribution area of the lesion, monitoring of reproduction outbreaks

Антропогенные факторы местного характера в комбинации с экологическими изменениями, в первую очередь глобальным изменением климата, приводят к масштабному усыханию лесов, в том числе вызванному вспышками численности насекомых и болезнетворных организмов [1–3].

Кедр, или сосна сибирская (*Pinus sibirica*), являясь одной из основных средообразующих пород в лесах Сибири, а также благодаря высоким питательным свойствам семян, давно признан ценнейшим деревом. В кедровых лесах Сибири благодаря наличию кедра до сих пор сохранились уникальные комплексы животных [4].

Цель исследования: мониторинг состояния древостоев кедра сибирского участка Малый Абакан заповедника «Хакасский» – месте локализации вспышки размножения вторичного стволового вредителя короеда шестизубчатого – *Ips sexdentatus* Boern.

Поставленной цели соответствовали следующие задачи:

1. Оценить степень усыхания древостоев на выделенных временных пробных площадях, располагающихся в кедровниках, повреждаемых короедом шестизубчатым.

2. Проследить многолетнюю динамику распространения очага размножения вредителя на участке Малый Абакан заповедника по визуальным наблюдениям и снимкам из космоса.

3. Сформулировать прогнозы по развитию вспышки размножения короеда шестизубчатого на территории заповедного участка и в непосредственной близости от него.

Материалы и методы исследования

В пределах исследуемых древостоев, подверженных воздействию короеда шестизубчатого, были заложены 6 временных пробных площадей, выбранных по признаку степени и давности повреждения: 2 пробных площади в центральной части очага с большим числом усохших и усыхающих деревьев, 2 пробных площади во фронтальной части очага с интенсивным действующим усыханием и 2 пробных площади на краю распространения очага с единичными повреждаемыми деревьями.

Для оценки степени усыхания древостоев в пределах пробных площадей выделялась площадка размером 100×100 м, внутри которой производился осмотр каждого дерева и оценивалось их состояние по 6-балльной шкале состояний: К1 – здоровые деревья, К2 – ослабленные деревья, К3 – сильно ослабленные деревья, К4 – усыхающие деревья, К5 – свежий сухостой, К6 – старый сухостой (отработанные стволовым вредителем). При перечете деревьев по 6-балльной шкале категорий состояния помимо общей оценки состояния кроны, ствола, корневых лап, отмечается (путем их осмотра) заселенность стволовыми вредителями с указанием вида насекомого.

Построение карт распространения поражения территории короедом шестизубчатым проводилось на основе дешифрирования космических снимков исследуемой территории. Работы по дешифрированию космических снимков и построению карт осуществлялась ФБУ «Центр защиты леса Красноярского края».

Характеристика исследуемых древостоев

Древостой № 1, с пробными площадями 1–3: кедрово-пихтовый, мохово-разнотравный лес. Склон южной экспозиции. Основными видами древесного яруса выступают *Pinus sibirica* Du Tour., *Abies sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* Ledeb. Подлесок и кустарниковый ярус имеют проективное покрытие до 15%. В первом преобладает *Sorbussibirica* Hedl., во втором – *Caragana frutex* (L.) K. Koch. Травяной ярус имеет проективное покрытие до 80–85%, абсолютно доминирует *Carex macroura* Meinsh. s.str. Очень хорошо развит моховой ярус (проективное покрытие достигает 100%).

Древостой № 2 с пробными площадями 4–6 (устье реки Откыл): кедрово-пихтовый, злаково-разнотравный лес. Склон южной экспозиции. Основными древесными породами выступают *Pinus sibirica* Du Tour., *Abies sibirica* Ledeb. и *Piceaobovata* Ledeb. Подлесок и кустарниковый ярус имеют проективное покрытие до 20%. В первом преобладает – *Sorbus sibirica* Hedl., во втором – *Spiraea chamaedryfolia* L., *Ribes atropurpureum* C.A. Mey. Травяной ярус имеет проективное покрытие до 80–90%, обильно встречаются *Dryopteris expansa* (C. Presl) Fraser-Jenkinset A. Jermy, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., и т.д. Очень хорошо развит моховой ярус (проективное покрытие достигает 80–85%).

Результаты исследования и их обсуждение

1. Оценка состояния пробных площадей.

Пробная площадь № 1. Расположена на второй террасе реки Малый Абакан, у подножия крутого горного склона. В кедровом древостое наблюдается активное поражение, здоровые деревья отсутствуют, так же, как и малоослабленные. 72% древостоя составляют староусохшие деревья, 15% свежий сухостой текущего года отпада, 4% усыхающие деревья и 6% сильно ослабленные. Поскольку большая часть деревьев кедра является старым сухостоем (возраст отпада не менее 2–3 лет), под пологом леса идёт активное зарастание кустарником и травостоем, основу которого составляют злаки, а также наблюдается достаточное количество молодого подроста до 5 лет (кедр, пихта).

Пробная площадь № 2. Располагается по крутому склону горы, идущему от второй террасы реки. Так же наблюдается высокая степень общей захламлённости древостоя. Поскольку выпад деревьев кедра значительно меньше, наблюдается меньшая степень

зарастания кустарником и травостоем. Лесовозобновление хорошее подростом разных пород. Старый сухостой занимает 15% от общего состава древостоя, свежий сухостой 12%, так же как и усыхающие деревья. 58% деревьев находятся в разной степени ослабленности и лишь 3% от состава древостоя не имеют признаков ослабления и следов присутствия стволовых вредителей. Тем не менее, следы присутствия короеда в этой части древостоя более заметны, чем в эпицентре очага, поскольку интенсивное поражение протекает здесь в настоящем времени и повсюду наблюдается большое количество вылетных отверстий насекомых и буровая мука на коре деревьев и у подножия стволов, ярко-рыжие усыхающие вершины кедров, поредение и осыпание хвои у сильно ослабленных деревьев, коры и мелких веток у свежего сухостоя.

Пробная площадь № 3. Положение в рельефе как и у предыдущей пробной площади. По-прежнему сильна захламлённость древостоя ветровалом разного времени отпада. Весь древостой смотрится здоровым, деревья старше 100 лет относятся к категории К2, моложе 100 лет к категории К1. Повсеместно наблюдается хороший подрост как пихтовый, так и кедра. Среди кустарникового яруса встречается только жимолость, и то в незначительном количестве. Травостой почти отсутствует, за исключением редких злаков, поверхность почвы покрыта мхами и плаунами. Как старый, так и свежий сухостой отсутствуют, к абсолютно здоровым и незначительно ослабленным деревьям кедра относятся 80,2% древостоя, 8,9% усыхают и 2,9% являются уже усыхающими.

Пробная площадь № 4. Располагается на первой террасе реки Малый Абакан. В древостое явно преобладает старый сухостой, при этом усыхают даже молодые деревья. Здоровое дерево в пределах пробной площади было найдено лишь одно, младше 50 лет. На фоне сильнейшей захламлённости ветровалом хорошо развит кустарниковый ярус, травянистый ярус так же хорошо развит. Старый сухостой составляет 79% от общего состава древостоя, свежий сухостой 6%, усыхающих деревьев так же 6%, остальной древостой является сильно ослабленным и усыхающим.

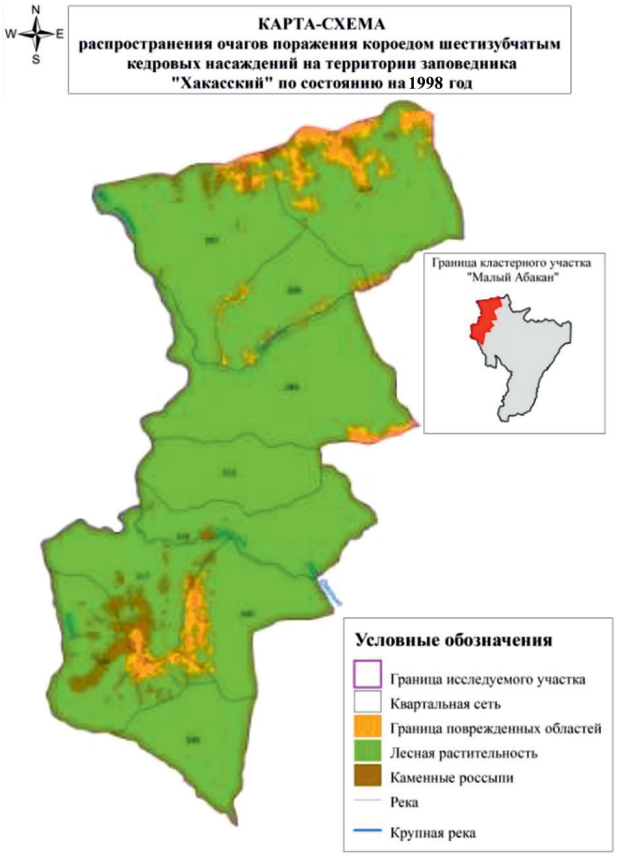


Рис. 1. Карта-схема распространения очага размножения короеда шестизубчатого по состоянию на 1998 г.

Пробная площадь № 5. Располагается на переходе от второй террасы реки Малый Абакан в горный склон. В пределах площади здоровые деревья наблюдаются не только среди молодых, но также и среди зрелых деревьев старше 100 лет. Захламлённость ветровальными деревьями по-прежнему высокая. Под пологом леса наблюдается обильный подрост всех пород деревьев, а также обильный кустарниковый и травянистый ярусы. 77% древостоя в удовлетворительном состоянии, 10% сильно ослаблены или усыхающие и 11% являются старо- или свежеусохшими.

Пробная площадь № 6. Располагается в пределах горного склона. Захламлённые участки перемежаются с относительно чистыми от ветровала участками поверхности. Подрост присутствует, но его заметно меньше, чем в предыдущих пробных площадях. Здоровые и мало ослабленные деревья занимают 90% древостоя, 7% деревьев кедра являются сильно ослабленными и лишь 3% усыхает.

2. Общее текущее состояние территории и история возникновения и распространения вспышки размножения вредителя. По первоначальным результатам визуальных наблюдений и анкетного опроса инспекторского состава заповедника нами предполагалось, что начало вспышки размножения вредителя приходится примерно на 2000–2001 гг., поскольку именно тогда визуально начали отмечаться первые короедные участки в древостоях сосны сибирской в районе кордона «Малый Абакан» одноименного участка [5, 6]. Согласно последним данным, основанным на космоснимках обследуемой территории, заражение древостоев началось несколько раньше и пришлось на 1997–1998 г. (рис. 1). Ошибка в предположениях возникла вследствие того, что зарождение очага произошло не только от сопредельной с заповедником территории, располагающейся по соседнему берегу реки Малый Абакан, а том числе и в глубине лесных массивов самого заповедного участка и не было заметным от реки. В 2000 г., после резкого увеличения пораженной территории заражение стало заметным и в пределах поймы реки Малый Абакан (рис. 2).

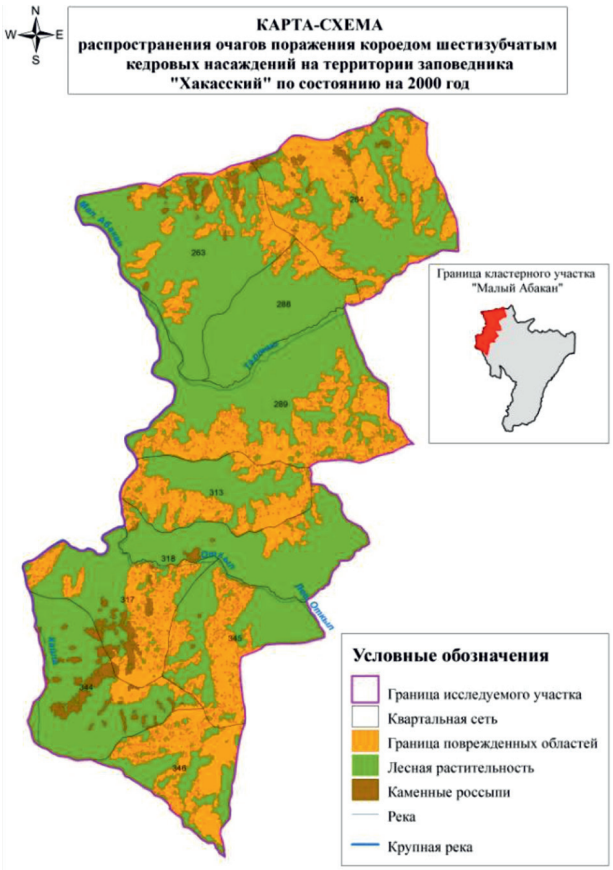


Рис. 2. Карта-схема распространения очага размножения короеда шестизубчатого по состоянию на 2000 г.

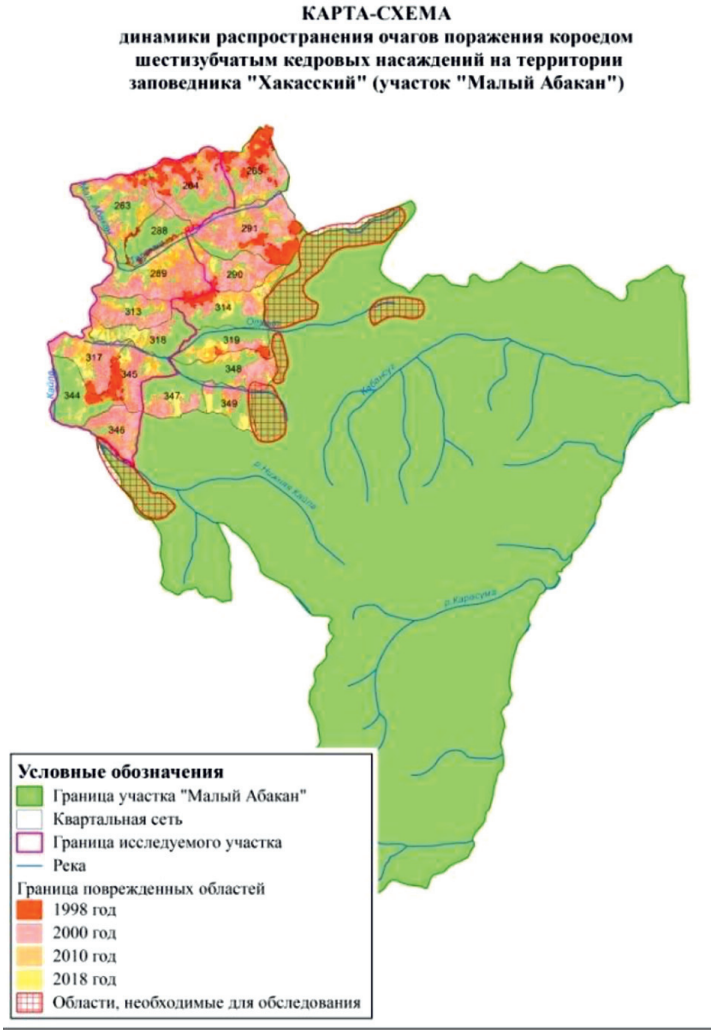


Рис. 3. Карта-схема распространения очага размножения короеда шестизубчатого по состоянию на 2018 г.

Подтвердилось предполагаемое нами место возникновения очага поражения – пойма реки Малый Кизас [5, 6]. Тем не менее имелось ещё несколько мест исходной локализации очагов поражения: территории вдоль русла реки Кайла в среднем течении и в междуречье рек Кайла и Откыл, территории вдоль русла реки Тарташ и территория в междуречье Тарташа и Откыла. Примечательно то, что локализация зарождения очагов была не точечная, а имела достаточную протяженность, что говорит в пользу глобального для всего участка (а скорее всего, гораздо более обширной территории) ослабления древостоя неизвестными причинами.

На текущий момент территория, повреждённая короедом шестизубчатым, более обширна и превышает предполагаемую нами площадь по крайней мере в 2,5 раза (рис. 3).

В ходе визуальных наблюдений за территорией повреждения нами фиксировались резкие приросты поражения древостоев в 2000, 2010 и 2015–2016 гг. и небольшие спады между этими пиками. При обследовании космоснимков территории за разные года, данные наблюдения подтвердились. Так, самый скачок в поражении территорий наблюдается на снимках в 2000 и 2010 гг. (рис. 3).

2. Характеристика динамики развития очага поражения внутри древостоя. Многолетние наблюдения за территорией распространения очага размножения короеда шестизубчатого позволили нам составить представление о характере возникновения и дальнейшей динамики локальных очагов размножения вредителя внутри древостоя. Первоначально внутри ослабленного древостоя появляется группа из небольшого

количества пораженных деревьев, которая хорошо заметна по ярко-рыжим макушкам кедра, поскольку для шестизубчатого короеда характерно вершинное поражение дерева. В последующие 1–3 весенне-летних сезона этот очаг разрастается с постепенным увеличением площади и появлением в центре сухостойных деревьев. Это будущий эпицентр образовавшегося очага.

В дальнейшем площадь локального очага продолжает разрастаться, формируя в центре ядро сухостоя (эпицентр очага), в котором имеются как староусохшие деревья, так и свежий сухостой. Скорость разрастания очага зависит от первоначального запаса вредителя в месте поражения, благоприятности погодных условий и давности возникновения очага (чем младше очаг, тем выше скорость его разрастания). Так, в первые 2–3 сезона после возникновения очага, его площадь ежегодно может увеличиваться в 2–3 раза, в дальнейшем скорость разрастания снижается.

Через 2–5 лет после возникновения локальный очаг поражения древостоя делится на три зоны:

1) усохший эпицентр, с выпадом деревьев 80–100 %,

2) по периметру мощный «фронт» распространения очага с максимумом усыхающих деревьев (его протяженность зависит от длительности развития очага), хорошо заметный по преобладающей рыжей окраске крон деревьев;

3) зона «предочага», самая широкая, содержащая ослабленные древостои с единичными усыхающими деревьями [6] (рис. 4).

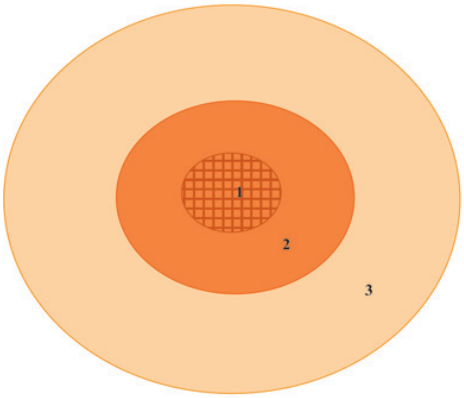
Как правило внутри древостоев одновременно возникает сразу несколько точек поражения и, как следствие, образование нескольких локальных очагов размножения вредителя и усыхания древостоя. Неизбежно в какой-то момент происходит слияние границ этих очагов с образованием сплошь пораженного вредителем и усыхающего древостоя (рис. 4). При этом усыхание деревьев уже происходит хаотично по всему древостою, и в этот момент крайне сложно определить места первоначального возникновения поражения. Ширина перечисленных зон зависит от давности существования очага.

Как правило, дальнейшего «расползания» такого глобального очага по периметру уже не происходит, а если и происходит, то крайне медленно. В то же время внутри очага «доедание» оставшихся неповреждённых деревьев кедра может длиться очень долгое время, поскольку скорость распространения вредителя к этому моменту сильно снижается. Такие древостои остаются в определенном смысле резервами для хранения и накопления вредителя.

Дальнейшее увеличение пораженных площадей происходит в большей степени за счёт образования новых локальных очагов поражения вредителем в здоровых и ранее не затронутых эпидемией древостоях.

Заключение

Исследуемый очаг размножения вредителя является действующим и активно распространяющимся, затухания очага не ожидается. В пределах исследуемых массивов кедрово-пихтовой тайги существует постоянный значительный резерв вредителя, накапливающийся с годами и позволяющий мгновенно заселять ослабленные деревья кедра и сохранять потенциал для возникновения вспышки размножения.



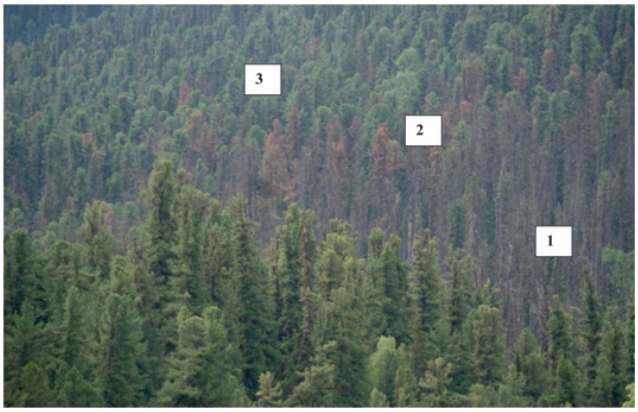


Рис. 4. Схема очага усыхания древостоя в момент вспышки размножения короеда шестизубчатого: 1. Эпицентр очага; 2. Фронт очага; 3. Зона предочага

Локальный очаг размножения короеда шестизубчатого внутри древостоя проходит три стадии развития: начало заражения, максимальное заражение древостоя и стадия смыкания локальных очагов. Процент повреждения древостоев в усохших эпицентрах размножения составляет 80–100 %, из них до 80 % составляет сухостой, остальное – сильно повреждённые и усыхающие деревья. Процент повреждения древостоев в участках с фронтальным поражением составляет 60–70 %, из них 25–30 % – усохший древостой, остальной сильно ослаблен или усыхает. В зонах «предочага» сухостойные деревья отсутствуют, сильно ослабленными и усыхающими являются до 11 % древостоя.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-44-190004 р_а «Оценка состояния кедровых лесов республики Хакасия в месте локализации вспышки размножения вторичного стволового вредителя короеда шестизубчатого (на примере урочища Малый Абакан заповедника Хакасский)».

Список литературы / References

1. Аверенский А.И., Исаев А.П. Формирование группировок стволовых вредителей в очагах сибирского шелкопряда в лесах Центральной Якутии // Поволжский экологический журнал. 2011. № 1. С. 3–13.

Averenskiy A.I., Isaev A.P. Development of Xylophagous Groups in Pesthole Areas of Dendrolimus Superans Sibiricus Tschetv. In Central Yakutia Forests // Povolzhskiy Jornal of Ecology. 2011. № 1. P. 3–13 (in Russian).

2. Грибков А.В., Щур А.В., Кузменкин Д.В. Кедровые леса Алтая под угрозой: проблемы охраны и использования, рекомендации по устойчивому лесоуправлению. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. 64 с.

Gribkov A.V., Shchur A.V., Kuzminki D.V. Altai Cedar forests under threat: problems of protection and use, recommendations for sustainable forest management. M.: WWF, 2014. 64 p. (in Russian).

3. Катаев О.А., Поповичев Б.Г. Лесопатологические обследования для изучения стволовых насекомых в хвойных древостоях: учеб. пособие. СПб.: СпбЛТА, 2001. 72 с.

Kataev O.A., Popovichev B.G. Forest pathology surveys for the study of stem insects inside the forest: textbook. SPb.: SpbLTA, 2001. 72 p. (in Russian).

4. Соколов Г.А. Млекопитающие лесов Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. 256 с.

Sokolov G.A. Mammals of the forests of Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1979. 256 p. (in Russian).

5. Исаева И.Л. Мониторинг размножения короеда шестизубчатого (Ips Sexdentatus Boern) в условиях высокогорной кедровой тайги (участок «Малый Абакан» заповедника «Хакасский») // Мониторинг состояния природных комплексов и многолетние исследования на особо охраняемых природных территориях: Материалы интернет-конференции, посвященной 40-летию Саяно-Шушенского заповедника. Вып 1. Шушенское, 2016. С. 64–66. URL: http://zapovedsever.ru/pdfs/o/2o.pdf (дата обращения: 22.11.2018).

Isayeva I.L. Monitoring IpsSexdentatusBoernin the conditions reproduction of high-mountain cedar taiga («Maly Abakan» section ofreserve Khakassky) // Monitoring of the state of natural complexes and long-term research in specially protected natural areas: Materials of the Internet conference dedicated to the 40th anniversary of the Sayano-Shushensky reserve. Issue 1. Shushenskoye, 2016. P. 64-66. URL: http://zapovedsever.ru/pdfs/o/2o.pdf (date of the application: 22.11.2018) (in Russian).

6. Исаева И.Л. Промежуточные итоги мониторинговых исследований вспышки массового размножения короеда шестизубчатого Ips sexdentatus Boern. в условиях высокогорной кедровой тайги (участок «Малый Абакан» заповедника «Хакасский») // Научные исследования в заповедниках и национальных парках Южной Сибири Новосибирск: СО РАН, 2017 г. Вып. 7. С. 10–16.

Isayeva I.L. Interim results of monitoring studies of the outbreak of mass reproduction of Ips sexdentatus Boern. in conditions of high-mountain cedar taiga («MalyAbakan» section of reserve Khakassky) // Scientific research in reserves and national parks of southern Siberia. Novosibirsk: SO RAN, 2017 Issue. 7. P. 10–16 (in Russian).

УДК 631.524.84:633.34(470.43)

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ НОВЫХ СОРТОВ СОИ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Казарина А.В., Казарин В.Ф., Атакова Е.А.

ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова», Усть-Кинельский, e-mail: kazarinvf@mail.ru, kazarinaav@bk.ru

Актуальным направлением в селекции сои становится создание адаптированных сортов, сочетающих скороспелость, высокую урожайность, технологичность и экологическую пластичность с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам. Для создания таких сортов необходим принципиально новый исходный материал. Поэтому выявление параметров адаптивности и пластичности исходного материала является основным условием эффективного отбора на устойчивость к стрессовым условиям среды. В 2014–2016 гг. в Поволжском НИИСС проведена оценка перспективных линий и сортов сои питомника конкурсного сортоиспытания по урожайности зерна. Цель исследований – изучение параметров урожайности, стабильности и адаптивности новых сортов сои, созданных для неорошаемых условий Самарского Заволжья. Годы исследований значительно различались по гидротермическим условиям в период вегетации культуры, что позволило оценить сорта по параметрам адаптивности. Объектом изучения были 4 сорта: сорт Южанка и перспективные линии С-411, К-613 (селекции ФГБНУ «Поволжский НИИСС»), за стандарт принят сорт СибНИИК-315. Вариабельность периода всходы – созревание была незначительной (V = 5,9–8,8 %), что говорит о слабом влиянии условий среды на общую продолжительность вегетации и характеризует изучаемые сорта как слабо реагирующие на продолжительность светового дня. В наших опытах самую высокую устойчивость к стрессу показали перспективная линия С-411 и СибНИИК-315, эти сорта обеспечили наименьшее снижение урожайности в неблагоприятных условиях 2015 г. (16,2 и 25,3 % соответственно). Высокие значения показателей генетической гибкости отмечены у сорта Южанка (1,85) и линии К-613 (1,72). Наибольшую устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов среды в неорошаемых условиях Самарского Заволжья проявила линия С-411 (V = 9,32, H_{om} = 59,65). По селекционной ценности представляет интерес сорт Южанка и линия С-411.

Ключевые слова: соя, исходный материал, параметры адаптивности, продуктивность, селекционная ценность, скороспелость

EVALUATION OF PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY PARAMETERS OF NEW SOYBEAN VARIETIES IN RAINFED CONDITIONS OF THE SAMARA TRANS-VOLGA REGION FOREST-STEPPE

Kazarina A.V., Kazarin V.F., Atakova E.A.

Federal State Scientific Institution «Volga Research Institute of breeding and seed production named after P.N. Konstantinov», Samara Region, Ust-Kinelsky, e-mail: kazarinaav@bk.ru

The creation of adapted varieties combining precocity, high yield, adaptability and ecological plasticity with resistance to abiotic and biotic stressors becomes an actual direction in soybean breeding. To create such varieties requires a fundamentally new source material. Therefore, the identification of the parameters of adaptability and plasticity of the starting material is the main condition for effective selection for resistance to stress conditions of the environment. In 2014-2016 in Volga Research Institute of breeding and seed production the evaluation of promising lines and varieties of soybean nursery of competitive variety trials for grain yield. The aim of the research is to study the parameters of yield, stability and adaptability of new soybean varieties created for rainfed conditions of the Samara Trans-Volga region. Years of research differed significantly in hydrothermal conditions during the growing season of the crop, which allowed to evaluate the varieties on the parameters of adaptability. The objects of the study were 4 varieties: variety Yuzhanka and promising lines C-411, K-613 (bred by Volga Research Institute of breeding and seed production). The variety SibNIIK-315 was an adopted standard. The variability of germination-maturation period was insignificant (V = 5,9-8,8 %), which indicates a weak influence of environmental conditions on the total duration of vegetation and characterizes the studied varieties as weakly reacting to the duration of daylight. In our experiments, the highest resistance to stress showed promising line C-411 and SibNIIK-315, these varieties have provided the lowest yield reduction in adverse conditions in 2015 (16.2 and 25.3 %, respectively). High values of genetic flexibility indices were observed in Yuzhanka variety (1.85) and K-613 line (1.72). The line C-411 (V = 9,32, H_{om} = 59,65) showed the greatest resistance to adverse environmental factors in rainless conditions of the Samara Trans-Volga region. According to the breeding values grade Yuzhanka and line C-411 are of great interest.

Keywords: soybean, source material, parameters of adaptability, productivity, breeding value, precocity

Последние годы Средневолжье становится заметным регионом по производству соевых бобов. Площади посева сои имеют тенденции к существенному росту [1]. Однако соя как объект селекции в условиях Поволжья представляет собой недостаточно изученную и слабо освоенную в методическом отношении культуру, а созданные в регионе и рекомендованные к возделыванию сорта предназначены в основном для орошаемых условий. В связи с тем, что большая часть посевов сои размещается

в неорошаемых условиях, весьма актуальным направлением в селекции этой культуры становится создание адаптированных сортов, сочетающих скороспелость, высокую урожайность, технологичность и экологическую пластичность с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам [1–3].

В этой связи в адаптивных селекционных программах необходимо уделять особое внимание не только росту потенциальной продуктивности культивируемых растений, но и их способности противостоять действию абиотических и биотических стрессоров. При этом повышение экологической толерантности рассматривается в качестве важнейшего условия реализации потенциальной продуктивности в неблагоприятных почвенно-климатических и погодных условиях [4, 5].

Таким образом, выявление параметров адаптивности и пластичности исходного материала является основным условием эффективного отбора на устойчивость к стрессовым условиям среды.

Цель исследования: изучение параметров урожайности, стабильности и адаптивности новых сортов сои, созданных для неорошаемых условий Самарского Заволжья.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базе ФГБНУ «Поволжский НИИСС» в течение 2014–2016 гг.

Оценивая агроклиматические условия лесостепи Самарского Заволжья, можно отметить, что основным фактором, лимитирующим урожайность сои, является влагообеспеченность в период вегетации. Среднемноголетнее количество осадков в зоне проведения исследований составляет 410 мм, за вегетационный период 234 мм, что позволяет многим сортам, рекомендованным для данного региона, формировать экономически значимый урожай семян без орошения.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным малогумусным среднемощным легкосуглинистым. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы были следующими: содержание подвижного фосфора среднее, обменного калия – очень высокое, легкогидролизуемого азота – от среднего до повышенного, pH солевой вытяжки – 5,2–5,3.

Объектом изучения были: сорт Южанка, включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2018 г., и перспективные линии С-411, К-613 (селекции ФГБНУ «Поволжский НИИСС»).

Наиболее важным из всего комплекса селекционно ценных признаков сои в неорошаемых условиях, наряду с продуктивностью, является продолжительность вегетационного периода. Среди сортов, рекомендованных для возделывания в Средневолжском регионе, СибНИИК-315 (Сибирский НИИ кормов) является самым скороспелым, в связи с этим данный сорт был принят за стандарт в наших исследованиях.

Агротехника в опытах общепринятая для сои в регионе. Предшественник – озимая пшеница. Посев проводили в середине второй декады мая, селекционной сеялкой СН-10Ц широкорядным способом, с междурядьями 45 см, норма высева семян 500 тыс. шт. на гектар, площадь делянок – 25 м², повторность четырехкратная. Все сорта изучались на естественном фоне без внесения удобрений.

Экспериментальная работа проводилась с учетом методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, Международного классификатора СЭВ рода CLYCINE L., а также методических разработок ФГБНУ «Поволжский НИИСС». Адаптивность сортов оценивали по апробированным методикам [6–8].

Метеорологические условия за годы исследований отличались большим диапазоном варьирования, что позволило всесторонне оценить особенности реакции изучаемых сортов сои в различных условиях среды.

В 2014 г. погодные условия на протяжении всего вегетационного периода сои сложились достаточно жесткими (ГТК = 0,35) (табл. 1).

В мае месяце наблюдалась очень теплая, с дефицитом осадков погода. Запасы осенне-зимней продуктивной влаги в почве быстро терялись и к моменту посева сои были весьма недостаточными, ГТК в мае составил 0,36. Отсутствие осадков в первой декаде июля на фоне повышенных среднесуточных температур, отрицательно влияли на рост и развитие сои, осадки второй и третьей декады, близкие к среднемноголетним значениям несколько выправили положение. Июль характеризовался дефицитом осадков и повышенными среднесуточными температурами (ГТК = 0,09). Август так же был сухим и жарким (ГТК = 0,36), только во второй декаде месяца выпало незначительное количество осадков, которые оказались неэффективными для растений сои. Сентябрь был сухим и теплым (ГТК = 0,07).

В мае месяце 2015 г. количество осадков и среднесуточные температуры воздуха были близки к среднемноголетним значениям (ГТК = 0,75). Таким образом, создались благоприятные условия для получения дружных всходов сои. В июне месяце на фоне повышенных температур воздуха (до 36,5 °С) наблюдался резкий дефицит осадков до 54,1 мм (ГТК = 0,01). При таких экстремально сложившихся условиях даже весенняя влагозарядка не спасла растения сои от частичной гибели. В июле среднесуточные значения температуры воздуха были ниже среднемноголетних на 1,6 °С, а количество осадков превышало норму в 1,6 раз (ГТК = 1,30). В августе продолжался недобор положительных температур и осадков (ГТК = 0,36). Сентябрь был жарким и сухим, осадков выпало на 35,8 мм меньше нормы (ГТК = 0,20).

Погодные условия в 2016 г. на протяжении всего вегетационного периода сои складывались достаточно благоприятно (ГТК = 0,99). В мае количество осадков выпало в пределах нормы, превышение среднесуточных температур над среднемноголетними составляла 1,4 °С (ГТК = 0,56). Таким образом, создались благоприятные условия для полевой всхожести семян сои. В июне месяце дефицит осадков составил 42,2 мм на фоне высоких среднесуточных температур (ГТК = 0,21). Сложились экстремальные условия для всех сельскохозяйственных культур, однако значительных признаков угнетения растений сои не наблюдалось. Июль месяц характеризовался среднесуточными температурами, близкими к норме, и достаточным режимом увлажнения (ГТК = 0,78), что положительно сказалось на формировании генеративных органов растений сои. В августе наблюдалось нарастание положительных активных температур, с максимумом до 35,0–37,5 °С в сочетании с недобором осадков в 40,3 мм (ГТК = 0,04). Сентябрь характеризовался как очень влажный и холодный (ГТК = 3,38).

Результаты исследования и их обсуждение

Продолжительность вегетационного периода и его составляющих (вегетативной и генеративной фаз) – важнейшая особенность сорта, которую необходимо учитывать при решении о перспективах выращивания в конкретной зоне. Для лесостепи Самарского Заволжья одним из главных критериев при селекции новых сортов сои является скороспелость. Она заключается в быстром формировании вегетативных и генеративных органов, дружным созреванием, достижением биологической спелости до наступления ненастной погоды [9, 10].

В соответствии с классификацией сортов сои по продолжительности периода всходы – цветение к группе очень раноцветущих (30–35 суток) отнесены сорта СибНИИК-315 и Южанка, к раноцветущим линии С-411 и К-613 (табл. 2).

Таблица 1

Гидротермический коэффициент (ГТК) (по данным Усть-Кинельской метеорологической станции)

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	ГТК (средняя за вегетацию)
2014	0,36	0,78	0,09	0,36	0,07	0,35
2015	0,75	0,01	1,30	0,36	0,20	0,52
2016	0,56	0,21	0,78	0,04	3,38	0,99

Таблица 2

Характеристика вегетационного периода сортов сои, 2014–2016 гг.

Сорт, линия	Всходы – цветение		Цветение – созревание		Всходы – созревание	
	$X \pm t_{05}*Sx_{ср}$	V, %	$X \pm t_{05}*Sx_{ср}$	V, %	$X \pm t_{05}*Sx_{ср}$	V, %
СибНИИК-315	27,6 ± 8,0	23,3	55,4 ± 13,0	18,9	83,0 ± 9,0	8,8
Южанка	31,4 ± 9,6	24,5	62,2 ± 16,3	21,2	93,6 ± 7,3	6,3
С-411	36,2 ± 10,3	22,9	64,0 ± 15,0	18,8	100,2 ± 7,3	5,9
К-613	36,0 ± 10,3	23,0	64,4 ± 15,5	19,4	100,4 ± 8,5	6,9

Примечание: x – среднее значение признака; $Sx_{ср}$ – ошибка выборочной средней; t_{05} – критерий Стьюдента на 5 % уровне значимости; V – коэффициент вариации признака.

Фаза цветения у изучаемых сортов наступала на 28–36 сутки. У линий С-411 и К-613 период всходы – цветение (вегетативная фаза) был длиннее на 4–5 суток (в зависимости от складывающихся гидротермических условий). Все изучаемые сорта имели значительную изменчивость по этому признаку (V = 22,5–24,5 %).

Продолжительность периода цветение – созревание (генеративная фаза) варьировалась в пределах 55–64 суток. Длительность данного периода у сорта Южанка, С-411 и К-613 была на 7–9 суток больше стандарта. Значительное влияние на продолжительность периода цветение – созревание оказывал режим увлажнения.

Избыток осадков в 2015 г. существенно увеличивал генеративную фазу развития у всех изучаемых сортов, а сухая, жаркая погода в 2014 г. способствовала сокращению этого периода. Вариабельность периода цветение – созревание была средней у сортов СибНИИК-315, С-411, К-613 (V = 18,8–19,4 %) и значительной у сорта Южанка (V = 21,2 %).

Общая продолжительность вегетационного периода (всходы – созревание) в среднем от 83 до 100 суток. В группу очень скороспелых (80–90 суток) входил сорт СибНИИК-315, остальные изучаемые образцы оказались среднеспелыми (91–110 суток).

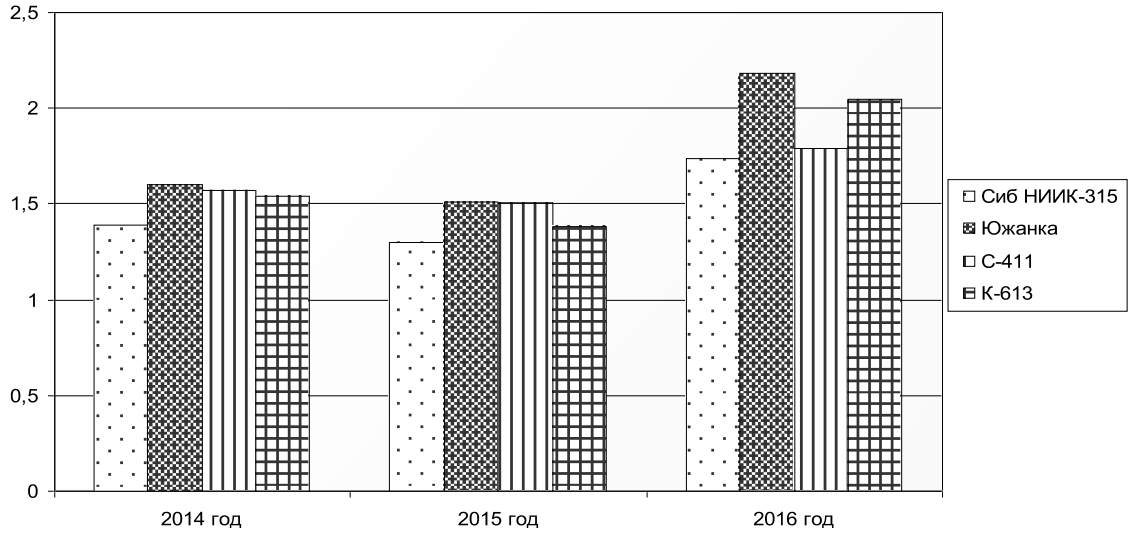
Вариабельность периода всходы – созревание была незначительной (V = 5,9–8,8 %), что говорит о слабом влиянии условий среды на общую продолжительность вегетации и характеризует изучаемые сорта как слабо реагирующие на продолжительность светового дня. Что, несомненно, следует считать положительным фактом, особенно для сортов, предназначенных для неорошаемых условий лесостепи Самарского Заволжья.

Урожайность стандарта СибНИИК-315 в конкурсном сортоиспытании в среднем за 2014–2016 гг. составила 1,48 т/га (рисунок). Для анализа показателей адаптивности были взяты сорта, достоверно превысившие стандарт по продуктивности. Их превышение над стандартом составило от 0,14 до 0,28 т/га. Наибольшую урожайность обеспечил сорт Южанка.

Расчет индекса среды позволил разделить годы исследований на благоприятные и неблагоприятные для выращивания сои. Лучшие условия для роста и развития сложились в 2016 г., индекс среды составил +0,31, менее благоприятным был 2014 г. (индекс среды –0,10), самый неблагоприятным – 2015 г. (индекс среды – 0,21).

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа подтвердили существенное влияние условий года и взаимодействия «генотип – среда» на продуктивность изучаемых сортов. Вклад генотипа в проявление значения признака составил 15,4 %, среды – 73,9 % и их взаимодействия – 7,6 %.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в неорошаемых условиях лесостепи Самарского Заволжья показатели экологической адаптивности сортов имеют особенно большое значение.



Урожайность изучаемых сортов и перспективных линий сои, т/га

Таблица 3

Оценка сортов и перспективных линий сои по параметрам адаптивности, 2014–2016 гг.

Сорт, линия	Стрессо-устойчивость, $x_{lim} - x_{opt}$	Генетическая гибкость, $(x_{opt} + x_{lim})/2$	Коэффициент вариации, V,%	Гомеостатичность, H_{om}	Селекционная ценность, S_c
СибНИИК 315	–0,44	1,52	15,78	21,18	1,10
Южанка	–0,67	1,85	20,65	12,74	1,22
С-411	–0,29	1,65	9,32	59,65	1,36
К-613	–0,67	1,72	22,62	10,72	1,10

Одним из параметров, характеризующих адаптивный потенциал сортов в контрастных погодных условиях Средневолжского региона, является стрессоусточивость, которая определяется разностью между минимальной и максимальной урожайностью. Чем меньше величина этого показателя, тем выше приспособительная способность сорта к неблагоприятным факторам среды.

В наших опытах самую высокую устойчивость к стрессу показали перспективная линия С-411 и СибНИИК-315, эти сорта обеспечили наименьшее снижение урожайности в неблагоприятных условиях 2015 г. (16,2 и 25,3 % соответственно). Более слабая стрессоустойчивость отмечена у сорта Южанка и К-613 (–0,67) (табл. 3).

Показатель генетическая гибкость отражает степень соответствия между генотипом и различными факторами среды. Анализируя полученные данные, установлено, что все изучаемые сорта имели достаточно высокие показатели этого параметра и превышали стандарт.

Наибольшую среднюю урожайность в благоприятных и неблагоприятных условиях обеспечили Южанка (1,85 т/га) и линия К-613 (1,72 т/га), что указывает на высокую компенсаторную способность этих сортов.

Одним из важных показателей, характеризующим устойчивость сортов к воздействию неблагоприятных факторов среды, является гомеостатичность. Гомеостаз – это способность генотипа сводить к минимуму последствия влияния неблагоприятных условий среды. Критерием гомеостатичности сортов можно считать их способность поддерживать низкую вариабельность признаков продуктивности [8].

Связь гомеостатичности (H_{om}) с коэффициентом вариации (V) характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды.

За период исследований наибольшую стабильность в неорошаемых условиях Самарского Заволжья проявила линия С-411 (V = 9,32, H_{om} = 59,65).

Наибольшая вариабельность и низкая гомеостатичность отмечена у линии К-613 (V = 22,62, H_{om} = 10,72), что характеризует эту линию как менее стабильную в условиях региона.

По показателю селекционной ценности выделились сорт Южанка и линия С-411.

Заключение

Таким образом, выделенные в Поволжском НИИСС генотипы сои следует считать источниками скороспелости и слабой фотопериодической чувствительности.

Изучаемые сорта и линии представляют интерес по потенциалу продуктивности (К-613) и комплексу параметров, характеризующих адаптивность и урожайность (Южанка, С-411), и перспективны для включены в селекционные программы по созданию сортов сои, адаптированных к неорошаемым условиям лесостепи Самарского Заволжья.

Список литературы / References

1. Казарин В.Ф., Казарина А.В. Оценка скороспелых сортов сои в лесостепи Среднего Поволжья // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 9. № 12. С. 119–123.

Kazarin V.F., Kazarina A.V. Evaluation of early-ripening soybean varieties in the forest-steppe of the Middle Volga region // Successes of modern science and education. 2016. V. 9. № 12. P. 119–123 (in Russian).

2. Сеферова И.В., Вишнякова М.А. Генофонд сои из коллекции ВИР для продвижения агрономического ареала культуры к северу // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3 (27). С. 41–47. DOI: 10/24411/2309-348X-2018-1030.

Seferova I.V., Vishnyakova M.A. The gene pool of soybeans from the collection of VIR for the promotion of agronomy of the area culture to the North // Legumes and cereals. 2018. № 3 (27). P.41–47 (in Russian).

3. Катюк А.И., Булатова К.В. Корреляционная зависимость признаков семенной продуктивности у коллекционных образцов сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (3). С. 609–613.

Katyuk A.I., Bulatova K.V. Correlation dependence of the characteristics of seed productivity in soybean collection samples in the forest-steppe of the Middle Volga region // Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. 2018. T. 20. № 2 (3). P. 609–613 (in Russian).

4. Жученко А.А. Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации. М.: ФГУП «Типография» Россельхозакадемии, 2012. 583 с.

Zhuchenko A.A. Mobilization of genetic resources of flowering plants on the basis of their identification and systematization. M.: FGUP FGUP «Tipografiya» Rossel`xozakademii, 2012. 583 p. (in Russian).

5. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Самсонова М.Г. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 905–916. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.905 rus.

Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Samsonova M.G. Requirements for raw material for soybean breeding in the context of modern biotechnology // Agricultural biology. 2017. T. 52. № 5. P. 905–916 (in Russian).

6. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды // Генетика. 1985. Т. 21. № 9. С. 1481–1497.

Kilchevskiy A.V., Hotyleva L.V. Method of assessment of adaptive capacity and stability of genotypes, differentiating ability of environment // Genetics. 1985. T. 21. № 9. P. 1481–1497 (in Russian).

7. Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск: Наука, 1976. 189 с.

Pakudin V.Z. Parameters of evaluation of ecological plasticity of varieties and hybrids. Selection theory in plant populations. Novosibirsk: Nauka, 1976. 189 p. (in Russian).

8. Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. 1984. № 1. С. 67–76.

Hangildin V.V., Biryukov S.B. The problem of homeostasis in genetic and breeding research // Genetic and cytological aspects in the selection of agricultural plants. 1984. № 1. P. 67–76 (in Russian).

9. Казарин В.Ф., Казарина А.В., Атакова Е.А. Оценка селекционных образцов сои как исходного материала для селекции в неорошаемых условиях лесостепи Среднего Поволжья // Современные проблемы инновационного развития сельского хозяйства и научные пути технологической модернизации АПК: материалы Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2016. С. 140–144.

Kazarin V.F., Kazarina A.V., Atakova E.A. Evaluation of soybean breeding samples as a source material for breeding in rain-fed conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region // Modern problems of innovative development of agriculture and scientific ways of technological modernization of agriculture: materials of the international scientific-practical conference. Makhachkala, 2016. P. 140–144 (in Russian).

10. Катюк А.И., Зуев Е.В., Зубков В.В. Оценка адаптивности перспективных линий сои в условиях Самарской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1 (49). С. 59–62.

Katyuk A.I., Zuev E.V., Zubkov V.V. Assessment of the adaptability of perspective soybean lines in the conditions of the Samara region // Grain economy of Russia. 2017. № 1 (49). P. 59–62 (in Russian).

УДК 631.452:631.412/.417

ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО В УСЛОВИЯХ АГРОЭКОСИСТЕМЫ ЮГА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Козлов А.В., Уромова И.П.

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

В работе дана оценка агроэкологического состояния почвенного покрова на основе результатов исследования некоторых агрохимических показателей и содержания подвижных соединений тяжелых металлов в черноземных почвах одного из сельскохозяйственных предприятий Нижегородской области. Образцы почвы были отобраны в летний период 2017 г., подготовлены к лабораторному исследованию и проанализированы на определение следующих показателей: обменная и гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, содержание гумуса и подвижных соединений фосфора, содержание подвижных форм тяжелых металлов – цинка, кадмия, свинца и меди. Исследования проведены на базе эколого-аналитического лабораторного комплекса Мининского университета. Было установлено, что обменная кислотность черноземных почв пашни характеризовалась удовлетворительным состоянием (в среднем 5,2 ед. pH_{KCl}), а сумма поглощенных оснований и степень насыщенности ими почвы сохранялись на высоком уровне обеспеченности (более 30 мг-экв/100 г и более 70,1% соответственно). Содержание подвижных фосфатов в почве характеризовалось высоким уровнем обеспеченности, а обеспеченность гумусом почвы исследуемой пашни на всех точках характеризовалась сильной степенью (более 4,5%). В содержании подвижных форм тяжелых металлов не одно из полученных значений не превышало установленные санитарно-экологические нормы. При этом накопление подвижных соединений кадмия и свинца находилось несколько в увеличенном содержании относительно установленных предельно допустимых концентраций. Агроэкологическая характеристика почвенного покрова исследуемого участка предприятия оптимальна за счет невысокого содержания подвижных форм тяжелых металлов и непревышения установленных санитарно-экологических норм. Многолетняя динамика рассматриваемых свойств почвы показала некоторые нисходящие тенденции по годам исследования, но в целом характеризует почвы как почвы с оптимальным для изучаемой территории плодородием.

Ключевые слова: чернозем оподзоленный, агрохимическая характеристика, агроэкологическое состояние, мониторинг показателей утсойчивости почвенного покрова

ASSESSMENT OF AGROECOLOGICAL STATE OF SODDY-PODSOLIC CHERNOZEM UNDER CONDITIONS OF SOUTH NIZHNY NOVGOROD REGION AGROECOSYSTEM

Kozlov A.V., Uromova I.P.

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

The paper assesses the agro-ecological state of the soil cover based on the results of a study of some agrochemical parameters and the content of mobile heavy metals in chernozem soils of one of the agricultural enterprises of the Nizhny Novgorod region. Soil samples were taken in the summer of 2017, prepared for laboratory research and analyzed to determine the following indicators: exchange and hydrolytic acidity, the amount of absorbed bases, the content of humus and phosphorus mobile compounds, the content of mobile forms of heavy metals – zinc, cadmium, lead and copper . The studies were carried out on the basis of the ecological-analytical laboratory complex of the Minin University. It was found that the arable soil's metabolic acidity of chernozem soils was characterized by a satisfactory condition (average of 5.2 units of pHKCl), and the amount of absorbed bases and the degree of soil saturation remained at a high level of provision (more than 30 meq / 100 g and more , 1%, respectively). The content of mobile phosphates in the soil was characterized by a high level of availability, and the provision of soil with the humus of the arable land under study at all points was characterized by a strong degree (more than 4.5%). In the content of mobile forms of heavy metals, not one of the values obtained did not exceed the established sanitary and environmental standards. At the same time, the accumulation of mobile compounds of cadmium and lead was somewhat in an increased content relative to the established maximum permissible concentrations. The agroecological characteristic of the soil cover of the studied site of the enterprise is optimal due to the low content of mobile forms of heavy metals and non-exceedance of the established sanitary and ecological standards. The long-term dynamics of the considered soil properties showed some downward trends over the years of the study, but generally characterizes the soil as a soil with optimum fertility for the study area.

Keywords: soddy-podsolic chernozem, agrochemical characteristic, agroecological state, monitoring of soil sustainability

Сельское хозяйство – одна из основных отраслей деятельности человека, которая обеспечивает население высококачественными продуктами питания. Ведение сельскохозяйственного производства и, в особенности, выращивание зерновых культур является одной из наиболее значимых отраслей растениеводства в России, поскольку наша страна обладает наибольшей площадью земель сельскохозяйственного назначения и характеризуется наличием высокоплодородных черноземных почв [1, 2].

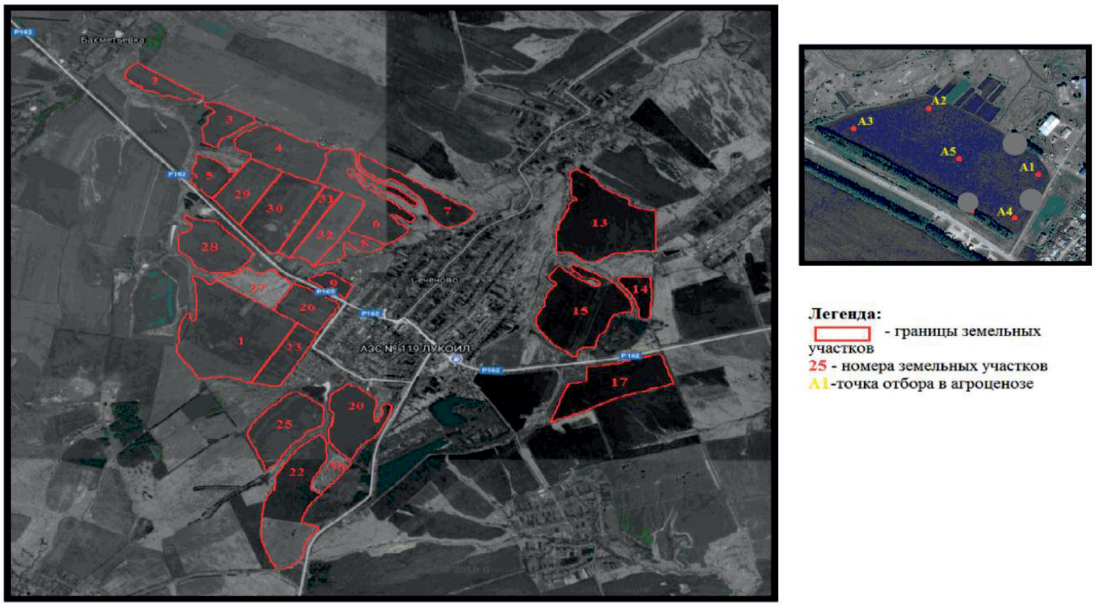


Рис. 1. Картосхема земельных участков ООО «Агрофирма «Сеченовская» и расположение точек отбора проб почвы с исследуемого участка

Растениеводство – исторический вид отраслевого природопользования, который в настоящее время распространен практически повсеместно – от экваториальных до субарктических широт. Как отраслевое природопользование он базируется на использовании различных природных ресурсов (в первую очередь почвенного покрова и воды), в состоянии которых в процессе их эксплуатации возникают значительные изменения [3, 4].

Поскольку почвы являются важнейшим ресурсом человечества, необходимо проводить агроэкологический мониторинг пахотных земель для получения достоверной информации о состоянии их эффективного плодородия и агроэкологической устойчивости с последующим использованием результатов в планировании и проведении агрохимических и мелиоративных мероприятий.

Цель исследования: проведение агроэкологической оценки состояния почвенного покрова пашни за 2017 г. на основе изучения пространственной динамики некоторых показателей плодородия почвы и содержания в ней подвижных соединений тяжелых металлов на примере предприятия ООО «Агрофирма «Сеченовская» Сеченовского района Нижегородской области.

Материалы и методы исследования

По агрономическому делению Нижегородской области зона расположения хозяйства относится к юго-восточному агроклиматическому району. Климатические условия хозяйства благоприятны для выращивания районированных сельскохозяйственных культур и ведения интенсивного земледелия. Среднегодовое количество осадков находится в пределах 450–500 мм, в том числе за теплый период – 349 мм. Продолжительность вегетационного периода составляет 175 дней. Специализация хозяйства – производство зерна.

Почвенный покров пашни исследуемого предприятия представлен черноземами оподзоленными среднемощными среднегумусированными легкоглинистыми несмытыми, образованными на малокарбонатных глинах [5]. За период с 1999 по 2009 г. в хозяйстве планово проводилось два мелиоративных мероприятия по внесению извести (2002 и 2008 гг.) и фосфорсодержащих удобрений (2008 г.). Предполагалось изменение кислотности слабокислых почв до более нейтральной pH-реакции, а также увеличение содержания в них подвижных соединений фосфора. В итоге данные мероприятия показали положительный результат. Обменная кислотность со значения 5,3 ед. pH_{KCl} была нейтрализована до 5,5 ед. pH_{KCl}, а содержание подвижных соединений фосфора увеличилось в среднем на 87 мг/кг.

Для проведения аналитической части работы в летний период 2017 г. проводился

отбор пяти почвенных проб с одного из наиболее интенсивно осваиваемых полей предприятия согласно ГОСТ 28168-89. Площадь поля – 10 га. Образцы отбирали непосредственно с участка пашни (агроценоза) из слоя пахотного горизонта (18 см), расположение точек отбора представлено на рис. 1.

После отбора проб почвы на базе эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды Мининского университета в период лета 2017 г. был проведен их агрохимический и эколого-токсикологический анализ по следующим показателям [6]: обменную кислотность определяли потенциометрическим методом при помощи pH-метра МАРК-903 по ГОСТ 26483-85, содержание гумуса – спектрофотометрическим методом по Тюрину при помощи спектрофотометра ПЭ-5400 ВИ по ГОСТ 26213-91, содержание подвижного фосфора – спектрофотометрически по методу Кирсанова для некарбонатных почв по ГОСТ 26207-91, гидролитическую кислотность почвы и содержание в почве суммы обменных оснований определяли титриметрическим методом по ГОСТ 26212-91 и ГОСТ 27821-88 соответственно. В качестве критериев геоэкологической устойчивости почвенного покрова был выбран уровень содержания в почве подвижных соединений тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия, свинца), которое определяли инверсионно-вольтамперометрическим методом на полярографе TA-Lab по МУ 31-11/05.

Статистическая обработка выполнялась с помощью вариационного анализа данных в программе Excel; аналитическая повторность в опытах трехкратная [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Почвообразовательный процесс в зонах черноземов протекает под покровом травянистой лугово-степной и степной растительности в условиях периодически промывного или непромывного водного режима. Богатая растительность оставляет после себя значительное количество ежегодно оставляемых в почве корневых остатков, что способствует накоплению в ней большого количества перегноя и предгумусовых компонентов.

Несмотря на благоприятные свойства и режимы, определяющие высокий потенциал плодородия черноземных почв, последние имеют и ряд недостатков. Они подвержены засухам и суховеям, а также водной и ветровой эрозии (дефляции). Со стороны показателей питательного режима достаточно часто встречаются черноземные почвы с низким содержанием подвижных соединений фосфора при его значительных валовых количествах. Это является следствием генезиса почв черноземного ряда [5], при котором большая часть фосфора находится в связанном состоянии в виде органофосфатов. С другой стороны, часть черноземов России выпахана в результате интенсивного использования, содержит недостаточное количество гумуса, элементов питания растений, характеризуется низкой степенью оструктуренности. Поэтому для сохранения и повышения их плодородия необходимо проводить комплекс агротехнических, агрохимических и мелиоративных мероприятий, направленных на сохранение и накопление влаги с помощью лесонасаждений, снегозадержания, паровой обработки почвы, а также на использование для орошения воды местного стока и применения различных органических удобрений, минеральных туков и мелиорантов [8].

Главным критерием определения состояния кислотности почвы является ее кислотно-основное равновесие, которое определяется показателями обменной и гидролитической кислотности, а также суммой обменных оснований. Это одни из основных почвенных характеристик, определяющие протекание различных почвообразовательных процессов, а также – доступность растениям различных питательных элементов [9–11].

Результаты определения показателей кислотности почвы и содержания в ней общего количества обменных оснований показаны в табл. 1 и на рис. 2.

Установлено, что в точках A_2, A_3 и A_5 почва характеризовалась среднекислой реакцией, а в A_1 и A_4 – слабокислой [12]. В целом по полученным данным на момент отбора проб почва поля выдержана в оптимальной кислотности, поскольку для черноземных почв оптимальным уровнем кислотности считается уровень не ниже 5,1 ед. pH_{KCl}. Степень насыщенности почвы основаниями, выражаемая отношением их суммы поглощенных катионов (S) к значению емкости обмена ($T = H_г + S$), в целом характеризовалась повышенной (более 70,1 %) и мало отличалась по точкам отбора проб почвы.

Сумма поглощенных оснований находилась на очень высоком уровне обеспеченности почвы (более 30 мг-экв/100 г) и по пространственной вариабельности была выровнена, что изначально обусловлено генезисом черноземного типа почв, который, в свою очередь, представлен карбонатными почвообразующими породами.

Таблица 1

Кислотно-основные показатели почвы в агроценозе

Показатель	Значение по точкам отбора проб					M ± m (V)	Оптимум
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		
Обменная кислотность (pH_{KCl}), ед. pH	5,5	4,9	5,0	5,5	4,9	5,2 ± 0,2 (6)	5,2–6,0
Гидролитическая кислотность ($H_Г$), мг-экв/100 г	5,1	4,1	5,6	5,9	4,6	5,1 ± 0,4 (15)	3,0–3,4
Сумма обменных оснований (S), мг-экв/100 г	31,2	30,7	32,1	31,6	30,9	31,3 ± 0,3 (2)	31,6–37,2
Емкость катионного обмена (T), мг-экв/100 г	36,3	34,8	37,7	37,5	35,5	36,4 ± 0,7 (4)	35,0–40,4
Степень насыщенности основаниями (V),%	86	88	85	84	87	86 ± 2 (2)	78–90

Примечание. M ± m – среднее значение по точкам отбора ± стандартное отклонение, V – коэффициент вариации, %; оптимум (здесь и далее) – средневзвешенное справочное значение показателя относительно черноземных почв оптимального агропедогенеза по Нижегородской области [5] и средней степени их окультуренности.

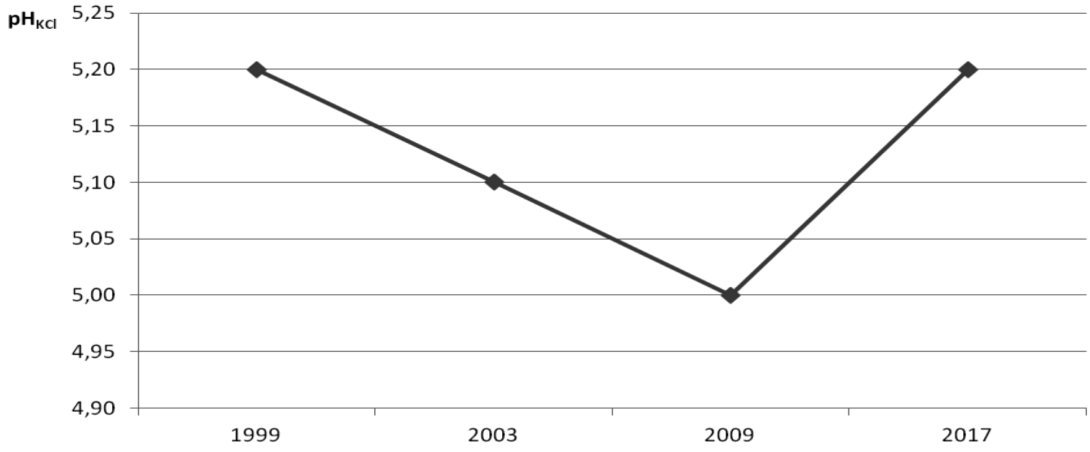


Рис. 2. Динамика обменной кислотности в почве пашни предприятия за 1999–2017 гг.

Таблица 2

Показатели содержания подвижных соединений фосфора и гумусированности почвы в агроценозе

Показатель	Значение по точкам отбора проб					M ± m (V)	Оптимум
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		
Содержание подвижного фосфора (P_2O_5), мг/кг	201	191	216	207	193	202 ± 5 (5)	90–150
Содержание гумуса,%	6,5	6,3	7,3	6,9	6,5	6,7 ± 0,2 (7)	7,6–9,3

Для того, чтобы определить временную вариабельность показателей кислотного режима почвы, необходимо сравнение по годам исследования (рис. 2).

Изначальное отсутствие сдвига водородного показателя почвы от применения известковых материалов в 2002 и 2008 гг., вероятно, было обусловлено высокой буферной силой черноземов, – к 2009 г. произошло существенное повышение обменной кислотности (на 0,2 ± 0,04 ед. pH_{KCl} (V 4%)), которое, однако, впоследствии было резко уменьшено на аналогичный эквивалент.

Немаловажным для изучения агроэкологического состояния пахотных почв является определение их свойств плодородия, в рамках которого были проведены обследования по показателям содержания гумуса как наиболее значимого свойства потенциального плодородия почв и содержания подвижных соединений фосфора, подвижность которого в почвах черноземного ряда может быть первичным

фактором, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур (табл. 2).

Содержание подвижных фосфатов в почве характеризовалось высоким уровнем обеспеченности, а его вариабельность по точкам отбора была средней и составляла 5%. В целом по почве изученного поля нужно отметить, что его фосфатное состояние оптимально и относительно средних значений очевидно было обусловлено проведением фосфоритования в 2008 г.

Последнее существенно способствует пополнению почвенного раствора подвижными соединениями фосфора, которые пролонгированно оказывают позитивное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур (рис. 3).

На графике видно, что до 2009 г. содержание подвижных фосфатов в почве исследуемой пашни было резко уменьшено до уровня повышенной степени обеспеченности, что, вероятно, было обусловлено отсутствием мелиоративных и удобрительных мероприятий в хозяйстве и высоким выносом элемента питания биомассой культурных растений. За период 12 лет (2003–2017 гг.) показатель практически не менялся по причине длительного влияния фосфоритной муки, из которой, в свою очередь, происходит постепенный гидролиз фосфат-анионов из органофосфатов и минеральной части и их переход в почвенный раствор.

Обеспеченность гумусом почвы исследуемой пашни на всех точках характеризовалась высокой степенью (более 4,5%), пространственная вариабельность по точкам отбора – средняя. В точках A_3 и A_4 количество гумуса в почве оказалось наиболее значительным, в остальных – примерно равным между собой. Для наилучшего представления динамики специфического органического веществ в почве на рис. 4 представлен его сравнительный анализ за 1999–2017 гг. На рисунке видно, что, несмотря на высокий уровень обеспеченности почвы пашни гумусом, его динамика по годам исследования неблагополучная и, вероятно, была обусловлена отсутствием применения органических удобрений.

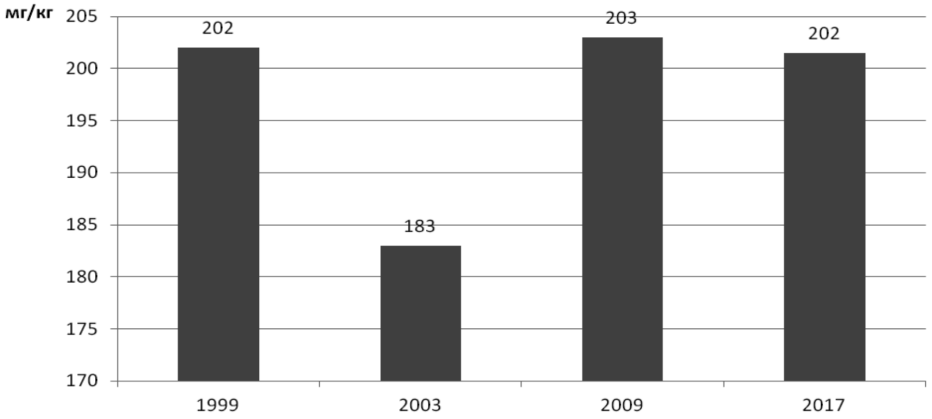


Рис. 3. Динамика содержания подвижных соединений фосфора в почве пашни предприятия за 1999–2017 гг.

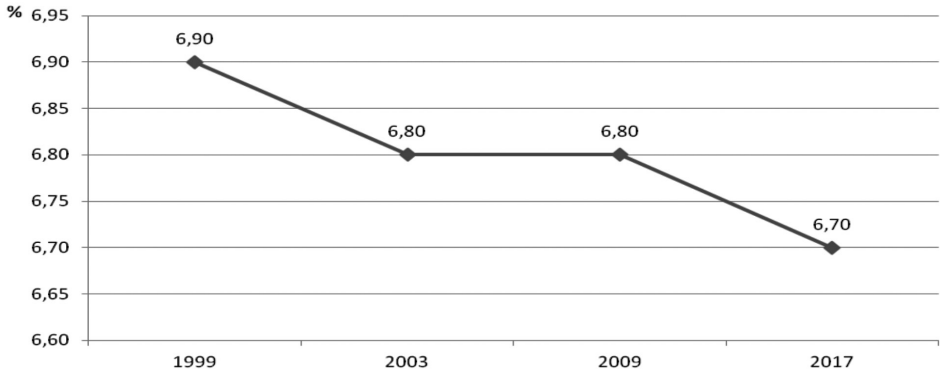


Рис. 4. Динамика содержания гумуса в почве пашни предприятия за 1999–2017 гг.

Таблица 3

Показатели содержания подвижных соединений тяжелых металлов в почве агроценоза

Показатель	Значение в точках отбора проб, мг/кг					M ± m (V)	ПДК, мг/кг
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		
Содержание цинка (Zn)	0,0052	0,0068	0,0050	0,0043	0,0049	0,0052 ± 0,0005 (20)	23,0
Содержание кадмия (Cd)	0,0187	0,0196	0,0117	0,0296	0,0481	0,0255 ± 0,0037 (37)	[1,0]
Содержание свинца (Pb)	0,0192	0,0199	0,0101	0,0295	0,0181	0,0194 ± 0,0041 (40)	6,0
Содержание меди (Cu)	0,2384	0,1904	0,4417	0,1309	0,2321	0,2467 ± 0,0310 (54)	3,0

Примечание. ПДК – предельно допустимые концентрации подвижных соединений тяжелых металлов в почвах согласно ГН 2.1.7.2041-06. В квадратных скобках по нормативному содержанию кадмия в средне- и слабокислых глинистых почвах дано ОДК по ГН 2.1.7.2511-09.

Так, за исследуемый период показатель снизился на 0,2 ± 0,05 %, оставаясь в некоторой ремиссии (на уровне 6,8 %) в течение 2003–2009 гг. Содержание гумуса в почвах является ключевым показателем их потенциального плодородия и агроэкологической устойчивости [13] и поэтому, невзирая на достаточно высокий уровень данного показателя, для поддержания оптимального гумусового режима данные почвы необходимо подвергать обработке дозами органических удобрений, оптимальными для нечерноземных почв (в среднем 20–30 т/га однократно за 6–8-летнюю ротацию зерновых и зернобобовых севооборотов).

Одними из наиболее значимых показателей агроэкологического состояния пахотных почв является содержание в них подвижных соединений тяжелых металлов [14, 15]. В рамках настоящей работы было проведено обследование участка по показателям содержания в почвах подвижных форм цинка, кадмия, свинца и меди (табл. 3).

По данным таблицы видно наличие определенного уровня в содержании подвижных форм всех рассматриваемых экотоксикантов в почвах с достаточно высокой пространственной вариабельностью всех показателей. Нужно отметить, что не одно из значений не превышало установленные санитарно-экологические нормы. При этом накопление подвижных соединений кадмия и свинца находилось несколько в увеличенном содержании относительно установленных ПДК.

Содержание подвижной меди в почве также не превышало установленных норм, но в целом находилось на относительно приемлемом уровне для агроэкосистемы. Определенный уровень меди в пахотных почвах необходим, поскольку его соединения входят в группу микроэлементов питания сельскохозяйственных культур.

Наиболее оптимальное накопление в почвах данного микроэлемента лежит в диапазоне 0,21–0,50 мг/кг почвы [12], извлекаемое ацетатно-аммонийным буферным раствором (pH 4,8). В связи с этим констатируется средняя обеспеченность всего участка подвижной медью с некоторыми вариациями в точках A_2 и A_4.

Заключение

В результате проведенного исследования агрохимического состояния пахотного угодья ООО «Агрофирма «Сеченовская» Сеченовского района Нижегородской области была установлена очень высокая его обеспеченность обменными основаниями, содержанием гумуса и подвижными соединениями фосфора. Агроэкологическая характеристика почвенного покрова исследуемого участка предприятия оптимальна за счет невысокого содержания подвижных форм тяжелых металлов и непревышения установленных санитарно-экологических норм.

Многолетняя динамика рассматриваемых свойств почвы показала некоторые нисходящие тенденции по годам исследования, но в целом характеризует почвы как почвы с оптимальным для изучаемой территории плодородием.

Список литературы / References

1. Жарова Т.Ф. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания предшественников в полевых севооборотах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 2. С. 147–151.

Zharova T.F. Economic and power efficiency of cultivation of predecessors in field crop rotations // Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`x i fundamental`ny`x issledovanij. 2018. № 2. P. 147–151 (in Russian).

2. Матюк Н.С., Беленков А.И., Мазиров М.А., Полин В.Д., Рассадин А.Я., Абрашкина Е.Д. Экологическое земледелие с основами почвоведения и агрохимии. М.: Изд-во РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 189 с.

Matyuk N.S., Belenkov A.I., Mazirov M.A., Pauline V.D., Rassadin A.Ya., Abrashkina E.D. Ecological agriculture with

fundamentals of soil science and agrochemistry. M.: RGAU MSHA publishing house of K.A. Timiryazev, 2011. 189 p. (in Russian).

3. Козлов А.В., Куликова А.Х. Влияние высококремнистых пород на структуру, численность и ферментативную активность целлюлозосапротрофного микробного пула дерново-подзолистой почвы в условиях выращивания озимой пшеницы и картофеля // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (33). С. 56–65.

Kozlov A.V., Kulikova A.K. Influence of high-silicon rocks on the structure, quantity and enzymatic activity of cellulose saprotrophic microbial pool derno-podzolic soil under the conditions of winter wheat and potatoes cultivation // Vestnik Ul`yanovskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii. 2016. № 1 (33). P. 56–65 (in Russian).

4. Козлов А.В., Овезов В.Р., Тарасов И.А. Влияние полного минерального удобрения, Крезацина и кремниевых агроруд на биопродуктивность и структуру урожая озимой пшеницы Московская 39 // Успехи современного естествознания. 2016. № 3. С. 70–73.

Kozlov A.V., Ovezov V.R., Tarasov I.A. Influence of Full Mineral Fertilizer, Krezacin and Silicon Agricultural Ores on the Bioproductivity and Structure of the Harvest of Winter Wheat Moscow 39 // Advances in current natural sciences. 2016. № 3. P. 70–73 (in Russian).

5. Никитин Б.А., Гогмачадзе Г.Д. Пахотные почвы Нижегородской области. Н. Новгород: ННГУ, 2008. 176 с.

Nikitin B.A., Gogmachadze G.D. Arable soils of the Nizhny Novgorod Region. N. Novgorod: UNN, 2008. 176 p. (in Russian).

6. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов: учебно-методическое пособие. Н. Новгород: Мининский университет, 2016. 146 с.

Kozlov A.V. Assessment of an ecological condition of a soil cover and water objects: educational and methodical grant. N. Novgorod: Mininsky university, 2016. 146 p. (in Russian).

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.

Dospekhov B.A. A technique of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). M.: IDES Alliance, 2011. 352 p. (in Russian).

8. Тюлин В.А. Сутягин В.П. Конструирование севооборотов в адаптивно-экологическом земледелии (научный обзор) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 10–2. С. 297–301.

Tyulin V.A. Sutyagin V.P. Designing of crop rotations in adaptive and ecological agriculture (the scientific review) // Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`x i fundamental`ny`x issledovanij. 2017. № 10–2. P. 297–301 (in Russian).

9. Аканова Н.И., Шильников И.А., Ефремова С.Ю., Аваков М.С. Значение химической мелиорации в земледелии и потери кальция и магния из почвы // Проблемы агрохимии и экологии. 2017. № 1. С. 28–35.

Akanova N.I., Shilnikov I.A., Efremova S.Yu., Avakov M.S. The Significance of Chemical Melioration in Agriculture and the Loss of Calcium and Magnesium from the Soil // Problemy` agroximii i e`kologii. 2017. № 1. P. 28–35. (in Russian).

10. Ересько М. Кислотно-основная буферность почв как индикатор устойчивости экосистемы // Земля Беларуси. 2014. № 4. С. 36–44.

Eresko M. The Acid-Base Buffering Capacity of Soils as an Indicator of Ecosystem's Stability // Zemlya Belarusi. 2014. № 4. P. 36–44 (in Russian).

11. Осипов А.И. Научные основы химической мелиорации почв и перспективы их дальнейшего изучения // Агрофизика. 2012. № 3 (7). С. 41–50.

Osipov A.I. Scientific Basis for Soil Chemical Melioration and Prospects for its Further Studies // Agrofizika. 2012. № 3 (7). P. 41–50 (in Russian).

12. Титова В.И., Бусоргин В.Г., Варламова Л.Д., Дабахова Е.В., Ветчинников А.А., Саков А.П., Орлов П.В. Справочник агронома-эколога. Н. Новгород: Издательство «Дятловы горы», 2012. 76 с.

Titova V.I., Busorgin V.G., Varlamova L.D., Dabakhova E.V., Vetchinnikov A.A., Sakov A.P., P.V. Eagles. Reference book by the agronomist-ecologist. N. Novgorod: Izdatel`stvo «Dyatlovy` gory`», 2012. 76 p. (in Russian).

13. Арзиев Ж.А., Шамшиев Б.Н., Жолдошев Б.С. Изучение эффективности действия комплексных гуматизированных минеральных удобрений на хлопчатник // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 6. С. 140–144.

Arziyev Zh.A., Shamshiyev B.N., Zholdoshev B.S. Studying of efficiency of effect of complex gumatizirovanny mineral fertilizers on a cotton// Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`x i fundamental`ny`x issledovanij. 2018. № 6. P. 140–144 (in Russian).

14. Козлов А.В., Селицкая О.В. Значение микроорганизмов в поддержании устойчивости почв к воздействию антропогенных факторов // Вестник Мининского университета. 2015. № 3 (11). URL: https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/90 (дата обращения: 17.11.2018).

Kozlov A.V., Selickaja O.V. Value of microorganisms in maintenance of soils stability to influence of anthropogenesis factors // Vestnik Mininskogo universiteta. 2015. № 3 (11). URL: https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/90 (date of the application: 17.11.2018) (in Russian).

15. Хабиров И.К., Габбасова И.М., Хазиев Ф.Х. Устойчивость почвенных процессов. Уфа: Изд. БГАУ, 2001. 326 с.

Habirov I.K., Gabbasova I.M., Haziyev F.H. Stability of soil processes. Ufa: Prod. BGAU, 2001. 326 p. (in Russian).

УДК 630*161:630*181.522(470.45)

ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ

[1]Крючков С.Н., [2]Иозус А.П., [2]Завьялов А.А.

[1]ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград;
[2]Камышинский технологический институт (филиал) Государственного образовательного учреждения «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru

Происходящее и прогнозируемое изменение климата изменит состояние растительного и животного мира и повлияет на жизнь людей в сторону значительного ухудшения условий их жизнедеятельности и благополучия. Предполагается, что нивелировать климатические аномалии можно созданием мощного барьера лесных насаждений. Важным является вопрос плодоношения адаптированного в заданных условиях материала с целью массового выращивания улучшенного посадочного материала и введение его в защитные лесные насаждения. Однако в условиях сухой степи и периодичность плодоношения и качество семян значительно отличаются от зоны экологического оптимума. Одним из проявлений ускоренного развития древесной растительности в условиях сухой степи является их раннее вступление в стадию плодоношения. Отмечено что одновременно у растений возрастает урожайность, увеличивается масса плодов и они занимают больший процент, чем в умеренной зоне, в биомассе растений. Доброкачественность семян в аридной зоне в связи с большим количеством аномальных абиотических факторов бывает очень низкой, по сравнению с зонами экологического оптимума. Высокий урожай семян сочетается с хорошим качеством у растений с высокой степенью адаптации к местным условиям. Даже при обильных и периодических урожаях слабо акклиматизированные породы дают семена с пониженной жизнеспособностью. Для их широкого распространения необходимо подобрать и предложить современные эффективные технологии вегетативного размножения. При создании селекционных семенных плантаций необходимо учитывать и степень адаптации селекционного материала при высоком урожае и, возможно, невысокое качество селекционного семенного материала.

Ключевые слова: плодоношение, масса плодов, аридная зона, защитные лесные насаждения, грунтовая всхожесть, доброкачественность семян, семенная продуктивность

GENERATIVE FEATURES OF THE MAIN TREE SPECIES IN THE DRY STEPPE

[1]Kryuchkov S.N., [2]Iozus A.P., [2]Zavyalov A.A.

[1]Federal Research Center for Agroecology, Comprehensive Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd
[2]Kamyshinsky Technological Institute (branch) of the State Educational Institution «Volgograd State Technical University», Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru

The current and projected climate change will change the state of flora and fauna and affect the lives of people in the direction of a significant deterioration of their living conditions and well-being. It is supposed that it is possible to level climatic anomalies by creation of a powerful barrier of forest plantings. Important is the issue of fruiting adapted to the given conditions of the material for the purpose of mass cultivation of improved planting material and its introduction into protective forest plantations. However, in conditions of the dry steppe, the periodicity of fruiting and the quality of the seeds differ significantly from the zone of ecological optimum. One of the manifestations of the accelerated development of woody vegetation in the dry steppe is their early entry into the fruiting stage. It is noted that at the same time the yield of plants increases, the weight of fruits increases, and they occupy a greater percentage than in the temperate zone in the biomass of plants. The quality of seeds in the arid zone due to a large number of abnormal abiotic factors is very low compared to the areas of ecological optimum. Plants with a high degree of adaptation to local conditions have a high yield of seeds combined with good quality. Even with abundant and periodic harvests poorly acclimatized breeds give seeds with reduced viability. For their wide distribution it is necessary to pick up and offer modern effective technologies of vegetative reproduction. When creating breeding seed plantations, it is necessary to take into account the degree of adaptation of the breeding material with a high yield, and possibly low quality of the breeding seed material.

Keywords: fruiting, fruit weight, arid zone, protective forest plantations, soil germination, seed quality, seed productivity

Происходящее и прогнозируемое изменение климата в результате глобального потепления изменит состояние растительного и животного мира и повлияет на жизнь людей в сторону значительного ухудшения условий их жизнедеятельности и благополучия. Предполагается, что нивелировать климатические аномалии можно созданием мощного барьера лесных насаждений [1].

В зоне Нижнего Поволжья за последние пятьдесят лет проделана значительная селекционная работа по подбору устойчивых, долговечных и производительных видов форм биотипов деревьев и кустарников,

заложены коллекционные участки, испытательные культуры, лесосеменные плантации первого поколения [2, 3]. Сейчас на первый план выходит вопрос плодоношения отселектированного материала с целью массового выращивания улучшенного посадочного материала и введение его в защитные лесные насаждения. Однако в условиях сухой степи и периодичность плодоношения и качества семян значительно отличаются от зоны экологического оптимума. Здесь растения раньше вступают в стадию плодоношения, урожайность их выше, а качество семян и их всхожесть ниже. Поэтому в данной работе постарались систематизировать и обобщить накопленный опыт.

Целью работы является изучение и обобщение многолетних результатов исследований основных репродуктивных характеристик древесных пород в условиях сухой степи для решения практических задач по повышению урожайности и качества семян некоторых древесных пород, активно используемых в защитном лесоразведении. Полученный материал можно использовать как исходный для расчетов объемов закладки семенных плантаций по породам и их будущей производительности в условиях сухой степи.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2005–2015 гг. на разновозрастных объектах разного породного и видового состава: опытные защитные лесные полосы, коллекционные участки, географические культуры сосны и дуба, лесосеменные плантации, заложенные в период с 1965 по 1985 г. в Волгоградском, Камышинском, Новоаннинском лесхозах, в дендрариях ВНИАЛМИ Волгограда, Камышина и Самары прошедших там адаптацию для существования в тяжелых почвенно-климатических условиях региона. А также насаждениям и произрастающие там, в естественных условиях «Чапурниковская» и «Григорова» балки, являющиеся самыми южными границами ареала дуба в России.

Интенсивность плодоношения оценивалась по методике В.Г. Каппера. [2].

Результаты исследования и их обсуждение

В аридной зоне древесная растительность в результате ускоренного развития под действием неблагоприятных абиотических факторов раньше вступает в стадию плодоношения. Например, береза в сухостепной зоне вступает в стадию плодоношения с 3-х лет в зоне экологического оптимума с 15–20 лет, в лесной зоне дуб черешчатый плодоносит с 25–30 лет, а в аридной зоне с 4–6 лет.

Большинство кустарников зацветают на 2–3-й год или даже в год посадки 1–2-летними сеянцами (табл. 1).

У растений в аридной зоне увеличивается масса плодов, урожайность и семенная продуктивность. В общей биомассе дерева семена занимают больший процент, чем в умеренной зоне.

Таблица 1

Возраст начала плодоношения деревьев и кустарников в разных зонах

Название вида	Природные зоны			
	лесная (по Орлову)	лесостепная (по Миснику)	степная (Куйбышевский дендрарий)	сухая степь (Камышинский дендрарий)
Дуб черешчатый	25	23	10	5–6
Береза повислая	–	8	6	3
Вяз обыкновенный	16	–	6	4
Вяз приземистый	–	–	8	4
Сосна обыкновенная	–	–	10	5
Клен остролистный	17	10	7	6
Клен ясенелистный	11	5	5	4
Лиственница сибирская	14	7	7	–
Липа мелколистная	13	14	9	6
Робиния лжеакация	–	4	4	3
Гледичия обыкновенная	–	23	8	4
Черемуха обыкновенная	10	8	4	4
Смородина золотая	–	4	4	2
Боярышник алтайский	–	12	6	3
Таволга японская	–	4	3	1

В лесной зоне масса 1000 желудей составляет в среднем около 3 кг [2], как показали наши исследования в сухой степи Волгоградской области, она возрастает примерно вдвое. Подобная закономерность отмечена и у других видов деревьев и кустарников (табл. 2).

В аридной зоне под воздействием аномальных абиотических факторов доброкачественность семян бывает очень низкой, значительно ниже, чем в зоне экологического оптимума.

Урожайность и качество семян зависят от экологических условий места произрастания, возраста и состояния дерева, а также других абиотических (освещенность) и биотических (развитие кроны, вредители) факторов. Исследованиями Е.Г. Мининой [4, 5] установлено, что процессы обмена, протекающие в конусе нарастания, определяют сексуализацию и рост побегов у древесных растений. Листья побега, на котором развивается плод, синтезируют питательные элементы, за счет которых осуществляется формирование плода. Поэтому на длинных и облиственных побегах отмечается лучшее плодоношение. Соотношение мужских и женских генеративных органов определяют формирование урожая.

Сексуализация побегов в многолетнем ритме в дубовых древостоях ежегодно меняется, что обуславливает периодичность плодоношения. Некоторые исследователи отвергают само понятие «периодичности плодоношения» у дуба, видя причину неурожая в повреждениях вредной энтомофауной и неблагоприятных погодных условиях [2, 5].

В результате комплексных исследованиях на юго-восточной границе ареала (Волгоградской обл.) в естественных дубравах выделены биотипы с признаками хорошего плодоношения, которые обусловлены генетически [6].

В табл. 3 приводятся результаты наблюдений влияния погодных условий на урожайность дуба.

Таблица 2

Масса 1000 штук семян деревьев и кустарников в различных природных зонах, г

Название пород	Лесостепная станция, Липецкой обл.			Волгоградский дендрарий		
	x, г	S,г	V,%	x, г	S,г	V,%
Арония черноплодная	2,5	0,17	6,8	4,2	0,31	7,4
Робиния лжеакация	19,5	2,06	10,5	22,0	2,84	12,9
Береза	0,35	0,02	5,7	0,37	0,02	5,4
Клен приречный	24,0	1,65	6,88	29,0	1,92	6,6
Клен татарский	43,0	3,02	7,02	47,0	3,08	6,5
Черемуха виргинская	67,0	4,4	6,57	96,4	6,04	6,27
Ясень ланцетный	34,0	1,81	5,32	45,0	2,26	5,02

Примечание. Где x – масса 1000 штук семян, г.; S – среднеквадратическое отклонение, г; V – коэффициент вариации, %.

Таблица 3

Влияние погодных условий на урожай желудей дуба

Годы наблюдений	Закладка мужских соцветий		Закладка женских соцветий		Цветение		Плодоношение, балл	
	средняя температура воздуха, °С	средняя относительная влажность воздуха, °С	средняя температура воздуха, °С	минимальная температура воздуха, °С	осадки, мм	минимальная температура воздуха, °С	средний	среднеквадратическое отклонение
2005	27,3	28	–3,9	–16	0	+2	2,6	0,11
2006	25,3	49	–1	–3,6	7,0	+1	3,5	0,10
2007	27,6	30	–2,7	–7,5	19,2	–1	1,6	0,07
2008	21,1	63	–0,3	–11,3	31,0	–1	0,7	0,02
2009	22,1	56	–1,4	–13,6	22,0	+1	2,0	0,08
2010	24,4	47	0,9	–3,4	11,1	+3	1,9	0,09
2011	20,1	50	3,0	–5,5	0	0	1,8	0,03
2012	22,8	53	3,5	–6	9,2	–3	0	0,006
2013	21,7	53	–3,3	–7,8	12,1	+2	3,2	0,13
2014	22,6	51	2,2	–8,5	23,4	0	1	0,047
2015	23,2	49	–6,4	–17,9	0	+1	3,8	0,13

Таблица 4

Урожайность семян вяза приземистого в защитных лесных насаждениях сухостепной зоны

Годы наблюдений	Погодные условия в период цветения					Плодоношение, средний балл	Среднеквадратное отклон. сред. балла плодонош.
	температура воздуха			осадки, мм	средняя относительная влажность воздуха		
	средняя	минимальная	максимальная				
2009	8,6	2,1	17,4	1,2	58	2,9	0,12
2010	14,1	2,7	26,4	7,4	50	3,3	0,11
2011	13,3	2,6	23,5	17,2	58	2,0	0,09
2012	10,0	–0,6	23,0	0,9	63	3,4	0,11
2013	12,6	–1,6	20,1	11,7	64	2,2	0,09
2014	7,8	–2,2	18,5	38,0	69	1,5	0,07
2015	15,5	6,3	25,1	0,0	49	3,8	0,11

Были рассчитаны коэффициенты корреляции между урожайностью и климатическими характеристиками. Так между плодоношением дуба и температурой в период закладки гаметофита наблюдалась слабая положительная связь ($r = 0,22$), между относительной влажностью в этот же период и плодоношением слабая отрицательная связь ($r = –0,23$). Основным определяющим плодоношение дуба фактором являлась прохладная погода в период закладки женских соцветий в конце февраля – начале марта, между данными факторами связь высокая ($r = –0,75$). В период цветения важным является отсутствие заморозков и дождей, связь между осадками и плодоношением имеет среднее отрицательное значение ($r = –0,54$), а заморозки полностью уничтожают урожай. Так, заморозком до –3 °С в период цветения дуба в 2012 г. урожай был целиком уничтожен, понижение температуры воздуха до –1 °С в 2004, 2007, 2008 гг. привело к серьезному уменьшению урожая. Сочетание благоприятных условий привело к обильному урожаю в 2006, 2013, 2015 гг.

Материалы по урожайности ильмовых представлены в табл. 4.

Наблюдения в защитных и озеленительных насаждениях сухостепной зоны (Волгоградский лесхоз) показали, что высокий и качественный урожай семян вяза приземистого отмечался в годы оптимального сочетания погодных условий, тепла и отсутствия осадков, приходящихся на 2009, 2010, 2012, 2015 гг. Коэффициенты корреляции между средней температурой и средним баллом плодоношения $r = 0,47$; между минимальной температурой и средним баллом плодоношения $r = 0,65$; между максимальной температурой и средним баллом плодоношения $r = 0,58$; между средней относительной влажностью и средним баллом плодоношения $r = –0,74$. К полной потере урожая или резкому его снижению приводят дожди, заморозки, как в 2011, 2012, 2014 гг. (табл. 4). Отсутствие постоянного опылителя обусловливают низкие показатели урожайности и качества семян у отдельных деревьев вяза.

Провели сравнительную оценку характеристик урожайности и доброкачественности семян интродуцентов в Камышинском и Волгоградском дендрариях. Выявлено, что местные и адаптированные к местным условиям виды отличаются хорошей урожайностью и качеством семян. Нежизнеспособные семена при обильном урожае часто продуцируют слабо акклиматизированные породы. В аридной зоне часты случаи периодичности качества плодоношения. Ели, лжетсуга, сосны, береза, лиственница, туя и др. производят качественные семена раз в три и более лет.

Высокое качество семян отмечено у адаптированного семейства розоцветных: арония, вишня, черемуха, груша, сливы. Дифференцированным качеством семян характеризуются боярышники, рябины, яблони, ирга.

Лох, шефердия, орехи (черный, Зибольда), скумпия, сумах, бересклеты, биота восточная, туя западная, как правило, отличаются стабильным и высоким качеством семян (75–95 % жизнеспособности).

Ежегодно большой урожай семян, но с очень низкой жизнеспособностью (6–28 %) продуцируют березы. Желудевый долгоносик, желудевая плодожорка, семяеды, акациевая огневка, вязовый листоед в отдельные годы являются причиной почти полной (до 90–100 %) потери урожая семян у робиний, яблонь, дубов.

В связи с ранним вступлением в фазу плодоношения начало сбора семян ку-

старников и некоторых деревьев (робинии, клена, вяза и др.) можно планировать в засушливом регионе Нижнего Поволжья с 5-летнего возраста (20–30% расчетного урожая), при этом период активного плодоношения сокращается и составляет 10–15 лет в зависимости от породы. Общий срок службы семенных деревьев ограничится 35–45 годами в связи с развитием по скороспелому типу.

При учете плодоношения древесных видов в защитных лесных насаждениях и естественных лесах Н.К. Вехов установил [7], что искусственные лесные насаждения более урожайны, чем естественные в тех же природно-климатических условиях. Опушечные ряды и отдельные деревья отличались наибольшей урожайностью.

Выводы

1. Развитие древесной растительности в аридной зоне по скороспелому типу проявляется в досрочном вступлении в стадию плодоношения. Доброкачественность семян в аридной зоне очень низкая у многих видов, в связи с аномальным воздействием неблагоприятных абиотических факторов.

2. Лучшее плодоношение отмечается на длинных и облиственных побегах. Формирование урожая определяет соотношение мужских и женских генеративных органов.

3. Дожди и заморозки, а также вредители резко снижали плодоношение, а иногда приводили к полной потере урожая.

4. У адаптированных к местным условиям растений высокий урожай семян сочетается с хорошим качеством.

Список литературы / References

1. Проект государственного доклада Минприроды России о состоянии и охране окружающей среды в 2017 году. Министерство природных ресурсов и экологии РФ. URL: http://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovykh_aktov/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_v_2017_godu/?special_version=Y/ (дата обращения: 04.10.2018).

Draft State Report of the Ministry of Natural Resources of Russia on the State and Environmental Protection in 2017. Ministerstvo prirodnykh resursov i ekologii RF. URL: http://www.mnr.gov.ru/docs/proekty_pravovykh_aktov/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_v_2017_godu/?special_version=Y/ (date of access 04.10.2018) (in Russian).

2. Иозус А.П., Крючков С.Н., Морозова Е.В. Селекция и репродукция древесных пород для защитного лесоразведения: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 184 с.

Iozus A.P., Kryuchkov S.N., Morozova E.V. Selection and reproduction of tree species for protective afforestation: a monograph. Volgograd: VolgGTU, 2016. 184 p. (in Russian).

3. Царев А.П. Программы лесной селекции в России и за рубежом: монография. М.: Изд-во Московского гос. ун-та леса, 2013. 164 с.

Tsarev A.P. Forest breeding programs in Russia and abroad: monograph. M.: Izd-vo Moskovskogo gos. un-ta lesa, 2013. 164 p. (in Russian).

4. Минина Е.Г. Биологические основы цветения и плодоношения дуба // Труды Института леса АН СССР. 1954. Т. 17. С. 5–97.

Minina E.G. Biological bases of flowering and fruiting of oak // Trudy instituta lesa AN SSSR. 1954. V. 17. P. 5–97 (in Russian).

5. Родин А.Р., Калашникова Е.А., Родин С.А. Лесные культуры: учебник для студентов вузов. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2011. 316 с.

Rodin A.R. Forest cultures: a textbook for university students. M.: GOU VPO MGUL, 2011. 316 p. (in Russian).

6. Крючков С.Н., Иозус А.П., Морозова Е.В. Семеноводство дуба черешчатого в степной зоне Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22693 (дата обращения: 04.10.2018).

Kryuchkov S.N., Iozus A.P., Morozova E.V. Seed Production of English Oak in the Steppe Zone of the Lower Volga // Modern problems of science and education. 2015. № 6. URL: https://www.science-education.ru/en/article/view?id=22693 (date of access: 04.10.2018) (in Russian).

7. Вехов Н.К. Создание маточно-семенных насаждений древесных и кустарниковых пород // Вопросы выращивания защитных лесных насаждений. М.: Сельхозиздат, 1954. С. 85–117.

Vekhov N.K. Creation of uterine-seed plantings of tree and shrub species // Questions of cultivation of protective forest plantings. M.: Sel`xozizdat, 1954. P. 85–117 (in Russian).

УДК 631.527:635.658

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ В СЕЛЕКЦИИ ЧЕЧЕВИЦЫ

Маракаева Т.В.

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск, e-mail: tanya6334@mail.ru

Изучение хозяйственно ценных признаков чечевицы с целью выделения источников проводили на полях учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ в 2016–2018 гг. Объектом изучения являлись 62 образца коллекции ВИР, ВНИИЗБК и иностранной селекции (Германии, Турции, Канады, Болгарии, Молдовы, Украины, Белоруссии, Казахстана). Стандартом применили сорт Аиду. Использование кластерного анализа по семи наиболее важным хозяйственно ценным показателям предоставило возможность разбить образцы изученной коллекции на 7 групп с разнородной селекционной значимостью. Наиболее перспективными в практическом и селекционном плане следует считать образцы, относящиеся к шестому кластеру, у которых отмечено значительная эксплицированность количественных признаков: по высоте растений (53,2 см), высоте прикрепления нижнего боба (22,0 см), количеству бобов с одного растения (102,2 шт.), количеству семян в бобе (1,5 шт.), массе семян с растения (6,4 г), массе 1000 семян (62,1 г) – и созревающие на 7 дней раньше стандарта. По результатам изучения найдены источники определенных хозяйственно ценных признаков чечевицы для селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири: на сокращение вегетационного периода – Орловская краснозерная, К-2947, К-2982, Светлая; на увеличение устойчивости к ржавчине – Орловская краснозерная, Веховская, Донская краснозерная, Пензенская 14; на увеличение количества бобов с одного растения – Орловская краснозерная, Степная 244, К-2947, Бирюзовая массы семян с одного растения – Орловская краснозерная, Бирюзовая, К-2662, К-2460, К-2692; на увеличение массы 1000 семян – Бирюзовая, К-3034, К-2692; по пригодности к механизированной уборке – Светлая, К-2460, К-2692; по клубенькообразующей способности – Пардина.

Ключевые слова: чечевица, зернобобовые культуры, образец, признак, элементы структуры урожая, кластерный анализ

CLUSTER ANALYSIS IN LENTIL BREEDING

Marakaeva T.V.

Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk, e-mail: tanya6334@mail.ru

Studies of economic valuable characteristics aimed at finding sources were held at training-trial field of the Omsk State Agrarian University in 2016-2018. 62 lentil samples of Vavilov Institute collection, the All-Russia Research Institute of Legumes and Groat Crops (VNIIZBK) collection and foreign breeding (Germany, Turkey, Canada, Bulgaria, Moldova, Ukraine, Belorussia, Kazakhstan) served as a research objects. Variety Aida was used as standard. Using of cluster analysis of seven general economic valuable characteristics allowed to divide the studied collection samples into 7 clusters which have various breeding values. The most prospective in practice and breeding are samples of the sixth cluster. They have maximum parameters of quantitative character: plant height (53,2 cm), height of affixion of the inferior legumes (22,0 cm), number of legumes on a plant (102,2 pcs), number of seeds in a legume (1,5 pcs), seed weight (6,4 gr.), 1000 seeds weight (62, 1 gr.) and term of ripening is in seven days shorter as compared to standard. As a result the sources of individual economic-valuable characteristics of lentils were singled out for breeding under conditions of West Siberia southern forest-steppe for cutback of vegetation period – Orlovskaya red grained, K-2947, K-2982, Svetlaya; for increasing rust resistance – Orlovskaya red grained, Vekhovskaya, Donskaya red grained, Penzenskaya 14; for increasing of number of legumes on a plant – Orlovskaya red grained, Stepnaya 244, K-2947, Biryuzovaya; for mass of seeds from one plant – Orlovskaya red grained, Biryuzovaya, K-2662, K-2460, K-2692; for mass of 1000 seeds increasing – Biryuzovaya, K-3034, K-2692; for suitability for mechanical harvesting – Svetlaya, K-2460, K-2692; for symbiotic activity – Pardina.

Keywords: lentils, grain legume crops, sample, feature, elements of crop yield, cluster analysis

Чечевица является одним из достойных представителей зерновых бобовых культур и выделяется по питательному составу. В настоящее время она выращивается главным образом на зерно, которое более чем на треть состоит из белка. Россия, являющаяся в начале XX века мировым лидером по производству зерна этой культуры, в 2010 г. занимала лишь 17 место, прежде всего из-за сокращения посевных площадей. Сейчас посевы чечевицы в стране занимают всего 6-11 тыс. га [1].

Основная причина сложившегося положения – отсутствие интереса к возделыванию культуры у российских производителей сельхозпродукции из-за несовершенства большинства существующих сортов. К сожалению, отсутствие адаптированных высокопродуктивных сортов местной селекции не дает возможности в полной мере раскрыть биотехнологический потенциал данной культуры. Урожайность зерна за последние пять лет в Омской области не превысила 1,5 т/га. Хотя потенциал сортов, зарегистрированных в реестре селекционных достижений, согласно их описанию, достигает 2,1 т/га [2]. Увеличить данные показатели возможно с помощью изучения сортов

разного эколого-географического происхождения и выделению источников с комплексом хозяйственно ценных признаков для дальнейшей селекции культуры. Генофонд чечевицы разнообразен, что позволяет определить главные векторы ее селекции, направленные на создание сортов нового поколения, максимально соответствующих запросам современного сельскохозяйственного производства [3].

Разнообразие сортов и большое количество изучаемых признаков замедляет подбор родительских форм по необходимому комплексу показателей. Применение современных статистических методов обработки данных позволяет быстрее интегрировать сорта с аналогичными признаками. Принципом обработки результатов послужило «эвклидовое расстояние», представляющее геометрическое расстояние между координатами важных компонентов (показателей) определенного образца. В результате образцы классифицируются в группы по критерию наибольшего подобия. Кластеризация неоднократно применялась в селекции зернобобовых культур – фасоль овощная, фасоль зерновая, горох, нут и др. [4].

Цель исследования: изучение коллекционных образцов чечевицы по совокупности признаков с целью выделения их источников в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Материалы и методы исследования

Практическая часть работы производилась на полях учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ, находящегося в южной лесостепи Западной Сибири в 2016–2018 гг. Исследовалось 62 образца коллекции чечевицы из ВИР, ВНИИЗБК и иностранной селекции (Германии, Турции, Канады, Болгарии, Молдовы, Украины, Белоруссии, Казахстана). Стандартом является сорт Аида. В опыте использовали ручной посев, повторность – четырехкратная, площадь делянки – 1 м^2, размещение делянок – систематическое, глубина заделки семян – 5 см. В 2017 г. в период вегетации увлажнения явно было недостаточно (ГТК = 0,72). В 2016 г. (ГТК = 1,01) и 2018 г. (ГТК = 1,10) выпало обильное количество осадков на фоне положительных температур, что привело к высокой влагообеспеченности растений. Почва опытного участка луговочерноземная среднемощная малогумусовая среднесуглинистая с содержанием гумуса в пахотном слое 3,9%.

Изучение коллекционного материала вели согдасно методике по изучению коллекции зерновых бобовых культур (ВИР, 1975) [5], методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Москва, 1989) [6]. Кластерный анализ отбора образцов по комплексу хозяйственно ценных признаков осуществляли по методу Warde с использованием компьютерной программы Statistica 6. В качестве меры сходства использовали Евклидово расстояние. Иерархически кластерный анализ проведен в модуле Hierarchical Claster Analysis статистического пакета SPSS for Windows 13 [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Серьезным показателем, определяющим приспособленность сорта к условиям климатической зоны, является продолжительность и структура его вегетационного периода [8]. Контроль над вегетационным периодом растений чечевицы, подтвердил его зависимость от обеспеченности растений теплом. При достаточной температуре на фоне умеренной влажности вегетационный период в 2017 г. сократился на 6 суток по сравнению с прохладным и дождливым 2018 г. и насчитывал в среднем 76,7 суток. Величина показателя в 2016 г. равнялась 79,7 суток. Наименьшее значение отмечено у образцов чечевицы Орловская краснозерная, К-2947, К-2982, Светлая.

В селекции всех сельскохозяйственных культур большое внимание уделяется устойчивости растений к болезням. В Западной Сибири значительный урон урожаю чечевицы наносят возбудители фузариоза, корневые гнили и ржавчина. Ржавчина растений чечевицы *Uromyces fabae* D.B. f. Lentis сейчас распространилась как никогда раньше. Его эциальная стадия формируется весной, на нижней стороне листьев и развивается до окончания вегетации, истощая листья, стебли и бобы. Особенно интенсивно заболевание проявляется в начале плодоношения растения, а именно во время формирования урожая. У пораженного растения нарушается процесс фотосинтеза, что приводит к потерям урожайности до 25–27%. Высокая относительная влажность воздуха (90–100%), частые атмосферные осадки, температура воздуха 20–25°С влекут за собой интенсивное развитие болезни [8]. В коллекции чечевицы определенные образцы поражались до 30%. Наибольшей устойчивостью к ржавчине характеризовались Орловская краснозерная, Веховская, Донская краснозерная, Пензенская 14 (до 5%).

Таблица 1

Элементы структуры урожая коллекционных образцов чечевицы

Образец	Количество бобов с растения, шт.				Масса семян с растения, г				Масса 1000 семян, г			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
Аида, стандарт	58,0	63,0	79,0	66,7	4,1	4,3	5,0	4,5	70,2	70,8	72,2	71,1
Орловская краснозерная	164,0	172,0	176,0	170,7	6,5	7,7	11,6	8,6	40,1	42,2	45,0	42,4
Степная 244	132,0	136,0	148,0	138,7	6,0	6,2	7,2	6,5	24,4	24,0	25,4	24,6
Пардина	115,0	117,0	137,0	123,0	6,2	6,0	6,7	6,3	35,9	36,6	41,0	37,8
К-2947	132,0	129,0	134,0	131,7	6,3	6,2	6,7	6,4	33,8	33,0	33,2	33,3
К-2662	132,0	126,0	130,0	129,3	7,5	7,3	7,5	7,4	33,8	33,2	32,8	33,3
К-3034	96,0	103,0	100,0	99,7	5,7	6,3	6,1	6,0	62,0	62,9	63,4	62,8
Бирюзовая	138,0	148,0	118,0	134,7	7,0	7,2	6,7	7,0	81,6	80,3	82,2	81,4
К-2692	100,0	100,0	95,0	98,3	7,3	7,5	7,2	7,3	75,6	74,3	76,0	75,3
К-2982	88,0	85,0	86,0	86,3	4,5	4,3	4,3	4,4	45,3	45,0	45,6	45,3
К-2460	112,0	110,0	108,0	110,0	8,2	8,0	7,5	7,9	60,9	61,8	58,4	60,4
Светлая	106,0	108,0	106,0	106,7	6,3	6,6	6,4	6,4	47,4	46,0	47,2	46,9
$НСР_{05}$	11,4	11,6	11,8	11,6	0,6	0,6	0,7	0,7	5,1	5,1	5,2	5,1

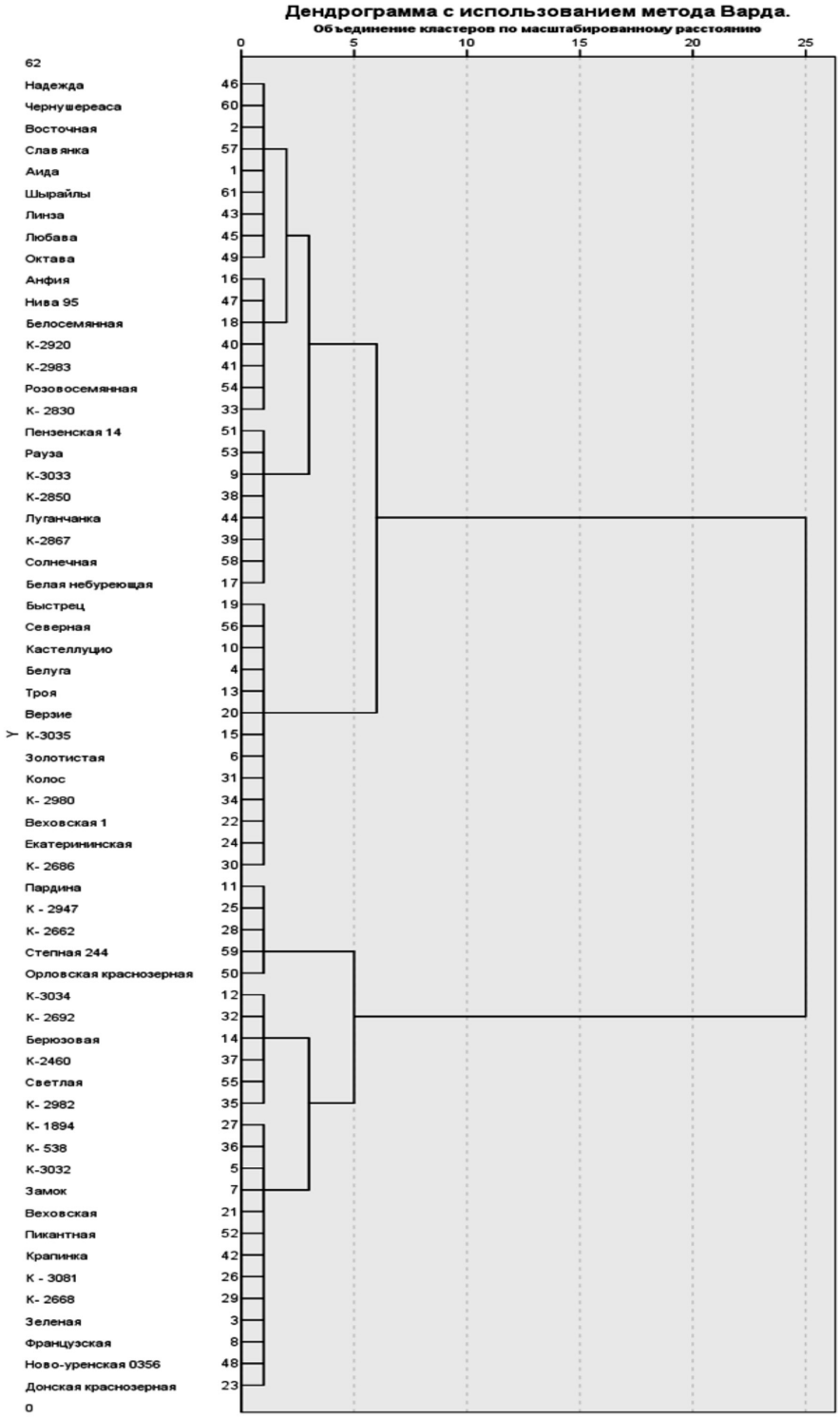
Отдельные элементы продуктивности играют неодинаковую роль в формировании урожая, и чаще всего их величина зависит от экологических условий. Предпочтительно выводить сорта, обладающие высокими показателями элементов структуры урожая, на развитие которых агрометеорологические условия определенной климатической зоны оказывают положительное воздействие.

Выраженность элементов структуры урожая лучших образцов чечевицы представлена в табл. 1.

В среднем за три года исследований выделены образцы с высоким значением определенных компонентов продуктивности: по количеству бобов с одного растения – Орловская краснозерная, Степная 244, К-2947, Бирюзовая (131,7–170,7 шт.), по массе семян с одного растения – Орловская краснозерная, Бирюзовая, К-2662, К-2460, К-2692 (7,0–8,6 г), по массе 1000 семян – Бирюзовая, К-3034, К-2692 (62,8–81,4 г). В производстве чечевицы немаловажную функцию выполняет технологичность возделывания, обусловленная степенью ветвистости и характером ветвления стебля, высотой растений и прикреплением нижнего боба. Немаловажным значением в селекции чечевицы на повышение пригодности к механизированной уборке обладает выведение сортов с длинным стеблем (31–60 см), средней степенью ветвистости и характером ветвления преимущественно в нижнем ярусе [9]. Выделенные коллекционные образцы соответствовали требованиям и имели высоту прикрепления нижнего боба от 15 до 25 см. Убедительное превосходство чечевицы в том, что это ценный диетический и высокобелковый продукт питания. Поэтому важное значение в селекции культуры имеет высокое содержание белка в зерне (26–30 %) [10]. По данному показателю выделились образцы Орловская краснозерная, Аида, К-3034, К-2982, имеющие высокое содержание белка (26,8–29,3 %). Чечевица относится к отличным предшественникам для многих последующих культур, поскольку после ее возделывания в почве отмечается значительное содержание азота вследствие наличия на корневой системе растения азотфиксирующих бактерий. У образца Пардина зафиксирована наибольшая масса азотфиксирующих клубеньков на одном растении (2,26 г). У образцов коллекции чечевицы значение количества азотфиксирующих клубеньков на корнях одного растения изменялось от 19 до 52 шт. Первостепенной задачей в селекционном процессе чечевицы считается отбор перспективных элитных форм с преобладающими значениями хозяйственно ценных признаков по сравнению с районированными сортами. Многомерная статистика позволяет селекционеру дать объективную оценку исходного материала по набору показателей.

Широкое распространение в настоящее время при разделении исходного множества объектов на группы получил кластерный анализ. Использование кластерного анализа по семи наиболее важным хозяйственно

ценным показателям предоставило возможность разбить образцы изученной коллекции на 7 групп с разнородной селекционной значимостью (дендрограмма кластеризации). В отдельный кластер объединены образцы с аналогичным набором признаков внутри кластера и достоверным отличием с другими.



Дендрограмма кластеризации образцов коллекции чечевицы по основным хозяйственно ценным признакам

Таблица 2

Результаты кластерного анализа образцов чечевицы по основным хозяйственно ценным признакам

Показатель	Кластер							Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	
Высота растений, см	42,1	56,3	43,5	44,7	47,0	53,2	45,2	47,4
Высота прикрепления нижнего боба, см	18,2	22,3	19,5	18,0	18,2	22,0	17,2	19,1
Количество бобов с растения, шт.	75,6	63,7	47,5	71,2	145,0	102,2	105,5	87,2
Количество семян в бобе, шт.	1,0	1,4	1,0	1,5	2,0	1,5	1,6	1,4
Масса семян с растения, г	5,4	4,6	3,7	3,7	7,5	6,4	4,8	5,2
Масса 1000 семян, г	72,4	66,6	64,6	39,4	35,5	62,1	34,9	53,6
Продолжительность вегетационного периода, сут	81,3	76,0	80,1	78,0	79,8	77,6	79,2	78,9

Кластер номер один объединил 9 образцов чечевицы, которые характеризуются значением показателей продуктивности, находящимся на уровне среднего (табл. 2): длинным стеблем (42,1 см), количество семян в бобе (1,0 шт.), невысокой массой семян с растения (5,4 г), масса 1000 семян (72,4 г), количество бобов с растения (75,6 шт.), высоким прикреплением нижнего боба (18,2 см) и созреванием на пять суток позднее, чем исследуемые образцы. Образцы второго кластера идентичны по некоторым хозяйственно полезным показателям: количество семян в бобе (1,4 шт.), высокое прикрепление нижнего боба (22,3 см), масса 1000 семян (66,6 г) и скороспелее стандарта на 2 суток по среднему значению.

Коллекционные образцы, у которых отмечена наименьшая выраженность всех хозяйственно ценных признаков, отнесены к третьей группе. Такие образцы необходимо отнести к бесперспективным родительским формам при выведении сортов чечевицы.

Четвертый кластер объединил образцы с продуктивностью и ее элементами ниже среднего по опыту. В пятый кластер отнесены мелкосемянные высокопродуктивные образцы, со средней высотой растения (47 см), высоким прикреплением нижнего боба (18,2 см), наибольшим количеством бобов с растения (145 шт.) и семян в бобе (2 шт.), максимальной массой семян с растения (7,5 г) и массой 1000 семян – 35,5 г.

В шестой кластер вошли крупносемянные образцы, у которых зафиксировано максимальное проявление количественных признаков: высота растений (53,2 см), высота прикрепления нижнего боба (22,0 см), количество бобов с одного растения (102,2 шт.), количество семян в бобе (1,5 шт.), масса семян с растения (6,4 г), масса 1000 семян (62,1 г).

Стоит отметить, что образцы данного кластера созревали на неделю раньше стандарта. Таким образом, образцы – представители шестого кластера наиболее перспективные в селекционной и практической работе по совокупности хозяйственно полезных признаков.

Образцы седьмого кластера, отчасти уступают представителям шестой группы по проявлению хозяйственно ценных признаков, но также являются перспективными в селекции чечевицы по отдельным показателям.

Таким образом, применение кластерного анализа предоставляет возможность группировки изученных образцов чечевицы по совокупности хозяйственно полезных показателей. Результативность и прикладная ценность кластерного анализа в селекционной практике доказывается достоверностью результатов произведенной оценки с традиционным методом.

Выводы

1. Из коллекции чечевицы выделены образцы, рекомендуемые в селекции культуры для условий южной лесостепи Западной Сибири как источники определенных хозяйственно ценных признаков: сокращенный вегетационный период – Орловская краснозерная, К-2947, К-2982, Светлая; на увеличение устойчивости к ржавчине – Орловская краснозерная, Веховская, Донская краснозерная, Пензенская 14; на увеличение количества бобов с одного растения – Орловская краснозерная, Степная 244, К-2947, Бирюзовая массы семян с одного растения – Орловская краснозерная, Бирюзовая, К-2662, К-2460, К-2692; на увеличение массы 1000 семян – Бирюзовая, К-3034, К-2692; по технологичности – Светлая, К-2460, К-2692; по клубенькообразующей способности – Пардина.

2. При выведении сортов чечевицы в качестве исходного материала следует отдавать предпочтение растениям, относящимся к пятому и шестому кластеру.

Список литературы / References

1. Амелин А.В., Кондыков И.В., Иконников А.В. Генетические и физиологические аспекты селекции чечевицы // Вестник ОрелГАУ. 2013. № 1. С. 31–38.

Amelin A.V., Kondykov I.V., Ikonnikov A.V. Genetic and physiological aspects of lentil selection // Vestnik OrelGAU. 2013. № 1. P. 31–38 (in Russian).

2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М., 2016. 505 с.

State record of selection achievements allowed for usage. M., 2016. 505 p. (in Russian).

3. Маракаева Т.В., Горбачева Т.В., Зинич А.В. Чечевица – перспективная зернобобовая культура // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ботанического сада Омского ГАУ, 2017. С. 158–161.

Marakaeva T.V., Gorbacheva T.V., Zinitch A.V. Lentil as a promising legumonious crops // Diversity and Stable Development of Agrobiocenosis of the Omsk Irtysh Land: Digest of National scientific-practical conference devoted to 90-th anniversary of Omsk SAU botanical garden, 2017. P. 158–161 (in Russian).

4. Казыдуб Н.Г., Маракаева Т.В., Коробейникова М.М., Епанчинцев М.В. Отбор перспективных образцов для селекции фасоли с использованием кластерного анализа в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (16). С. 8–14.

Kazydub N.G., Marakaeva T.V., Korobeinikova M.M., Yepanchintsev M.V. Selection of successful samples for pod selection with the usage of cluster analysis under conditions of southern forest-steppe of West Siberia // Herald of Omsk State Agrarian University. 2014. № 4 (16). P. 8–14 (in Russian).

5. Корсаков Н.И., Адамова О.А., Будакова В.И. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Л.: ВИР, 1975. 59 с.

Korsakov N.I., Adamova O.A., Budakova V.I. Methodical instructions to studies of leguminous and cereal crops collections. L.: VIR, 1975. 59 p. (in Russian).

6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 197 с.

Methods of state variety testing of agricultural crops. The release of the second. Cereals, groats, legumes, maize and fodder crops. M., 1989. 197 p. (in Russian).

7. Бююль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. СПб.: ДиаСофтЮП, 2005. 608 с.

Byuyul A., Tsefel P. SPSS: Art of Data Processing. Analysis of statistics data and reconstruction of hidden consistent patterns. SPb.: DiaSoftUP, 2005. 608 p. (in Russian).

8. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 6–13.

Zotikov V.I., Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Naumkin V.V. Leguminous plants – important factor for stable ecologically-oriented agriculture // Legumes and groat crops. 2016. № 1 (17). P. 6–13 (in Russian).

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

Dospekhov B.A. Procedure of field experience (with basics for statistic processing of research results) M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p. (in Russian).

10. Хавалойес П. Зернобобовые. Питательные зерна устойчивого будущего. ФАО, 2016. 196 с.

Khavaloiyes P. Leguminous crops. Nutritious grain of stable future. FAO, 2016. 196 p. (in Russian).

УДК 632.7:633.34:631.67(470.4)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ПОСЕВОВ СОИ В ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Мелихов В.В., Комарова О.П., Комаров Е.В., Кошкарова Т.С.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Волгоград, e-mail: komarova62@rambler.ru

В статье представлены результаты исследований по уточнению видового состава энтомофауны фитояруса и герпетобия в агроценозе сои. Предложен алгоритм системы защиты посевов сои от вредителей, болезней и сорняков. Установлено, что в энтомоценоз сои входит более 400 видов насекомых, в том числе 184 вида фитофагов, из которых 176 многоядных вредителей, 7 – олигофагов и 1 монофаг, питающийся только на сое. Массовыми видами фитофагов на посевах сои в условиях Нижнего Поволжья являются луговой мотылек и табачный трипс, отмечены повреждения бобов акациевой (бобовой) огневкой. Наиболее многочисленными энтомофагами, обитающими в напочвенном ярусе сои, являются представители семейства жужелиц, их зарегистрировано 110 видов. В стеблестое многочисленны хищные клопы – набисы и ориусы, хищные трипсы, жуки и личинки тлевых коровок, а также перепончатокрылые – представители семейств *Ichneumonidae*, *Pteromalidae*, *Tetrastichidae*, *Scelionidae*. Рассмотрены подходы к концепции экологической системы защиты сои, которая направлена не на уничтожение вредных видов, а на сохранение и поддержание собственной устойчивости агробиосистемы. Предложены экономические пороги вредоносности (ЭПВ) для фитофагов, обитающих в орошаемых агроценозах сои. Отмечено, что в условиях орошения ЭПВ возрастают в связи с лучшей водообеспеченностью растений и, как следствие, большей устойчивостью к повреждениям фитофагов. Разработан алгоритм защитных мероприятий при возделывании сои в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья. Дана оценка значимости элементов интегрированной защиты растений – агротехнических, биологических, химических и организационно-хозяйственных мер борьбы.

Ключевые слова: соя, фитофаги, энтомофаги, агроландшафт, орошение, Нижнее Поволжье

ECOLOGICAL PROTECTION OF SOYBEAN CROPS IN IRRIGATED AGROLANDSCAPES OF THE LOWER VOLGA REGION

Melikhov V.V., Komarova O.P., Komarov E.V., Koshkarova T.S.

All-Russian research institute of irrigated agriculture, Volgograd, e-mail: komarova62@rambler.ru

Results of researches to elaborate the species composition of phytotier entomofauna and gerpetobionts in a soybeans agrocenosis are presented in article. The algorithm of the protection system of soybeans against pests, diseases and weeds is offered. It has been established that the entomocenosis of soybeans includes more than 400 species of insects, including 184 species of phytophages, of which 176 polyphagous pests, 7 – oligophages and 1 monophage, feeding only on soy. Mass species of phytophages on soybean crops in the conditions of the Lower Volga region are meadow moth and tobacco thrips, damage to beans by acacia (legume) moth is noted. The most numerous entomophages living in the ground layer of soybean are representatives of the family of Carabidae, 110 species are registered. In phytotier predatory bugs –nabis and orius, predatory trips, bugs and larvae of Coccinellidae and Hymenoptera as well – representatives of the families *Ichneumonidae*, *Pteromalidae*, *Tetrastichidae*, *Scelionidae*, are numerous. The approaches to the concept of an ecological system for the protection of soybean, which is aimed not at the destruction of harmful species, but at the preservation and maintenance of the agrobiosystem's own stability, are considered. The economic thresholds of injuriousness (ETI) for the phytophages inhabiting agricultural lands irrigated soybeans are offered. It is noted that in irrigation conditions ETI increase due to better water availability of plants and, as a result, greater resistance to damage of phytophages. The algorithm of protective measures for soybean cultivation in irrigated agricultural landscapes of the Lower Volga region is developed. The assessment of the importance of elements of integrated plant protection – agrotechnical, biological, chemical, organizational and economic measures of control is given.

Keywords: soybean, phytophages, entomophages, agrolandscape, irrigation, Lower Volga area

Соя является важнейшей зернобобовой культурой, самой распространенной в мире по площади возделывания [1]. Площадь посевов сои в мире достигает 115 млн га, а в России – 2,2 млн га. По прогнозам Российского Соевого Союза к 2020 г. площадь сои должна возрасти до 4 млн га [2]. Необходимость расширения площадей этой культуры обусловливается ее большим кормовым, пищевым и техническим значением. Значима роль сои и как азотфиксирующей культуры. Посевы сои улучшают почвенную структуру, обогащают почву азотом и в связи с этим соя – один из лучших предшественников для зерновых колосовых культур [3].

Почвенно-климатические условия Нижнего Поволжья благоприятны для возделывания сои. Достаточные ресурсы тепла, оптимальная влагообеспеченность в условиях орошения позволяют получать до 3,5 т/га зерна сои при строгом выполнении элементов технологии возделывания культуры [2].

Одним из важнейших резервов повышения урожайности сои является научно обоснованная защита ее от вредителей и болезней. Необходимость защиты сои не подлежит сомнению, поскольку известно, что фитофаги снижают урожайность от 30 до 50 % [3, 4]. По мнению ряда авторов, накопление комплекса вредных насекомых и рост их вредоносности связаны с нарушением севооборотов, снижением объемов применения удобрений, средств защиты, а также с бесконтрольным ввозом в регионы семенного материала из-за рубежа, что создает условия для распространения и развития болезней и вредителей. В связи с этим проблема защиты посевов от патогенов выходит в ряд наиболее актуальных [3, 5].

Цель исследования: на основании изучения видового состава энтомокомплекса сои, фенологических, биологических особенностей, динамики численности фитофагов и энтомофагов разработать систему защиты посевов сои от вредителей в условиях орошения.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились нами на стационаре «Волго-Донской» ФГБНУ ВНИИОЗ в ФГУП «Орошаемое» (г. Волгоград) в 1988–2017 гг. Климат региона исследований засушливый, резко континентальный. Почвы светло-каштановые, тяжелосуглинистые. Способ орошения – дождевание с поддержанием предполивной влажности почвы на уровне 70–75 % НВ в расчетном слое 0,4 м.

Учеты насекомых проводили в агроценозах сои методом кошения энтомологическим сачком и почвенными ловушками Барбера по общепринятым и усовершенствованным методикам [6, 7].

Результаты исследования и их обсуждение

На посевах сои, введенной в севообороты в Нижнем Поволжье в 1980-х гг., нами отмечено более 400 видов насекомых, в том числе 184 вида фитофагов. Из-за нестабильности площадей посева этой ценной бобовой культуры на юге России энтомоценоз культуры еще не сформировался, здесь отмечаются в основном многоядные фитофаги – 176 видов, 7 видов олигофагов и 1 монофаг, питающийся только на сое.

В других регионах европейской части России (в частности, на Кавказе, в Краснодарском крае, в Центральном районе России), где соя, как и в Нижнем Поволжье – интродуцированное растение, посевы сои также характеризуются отсутствием узкоспециализированных вредителей, а энтомофауна формируется за счет перехода аборигенных популяций многоядных насекомых к развитию на этой культуре, в первую очередь – за счет видов, обитающих на культурных (люцерна, свекла, пшеница) и диких (бобовые и другие) растениях, а также на древесных породах и кустарниках семейства бобовых, произрастающих в лесополосах [1, 5, 8–10]. На Дальнем Востоке, где соя возделывается длительное время, энтомоценоз этой культуры практически сформировался [11].

Энтомофауна в орошаемых агроценозах сои в Нижнем Поволжье представлена следующим комплексом доминирующих видов: отряд Orthoptera – *Gryllus desertus* L., *Calliptamus italicus* L., отряд Homoptera – *Aphis crassivora* Koch., *A. fabae* Scop., отряд Hemiptera – *Nabis ferus* L., *Polymerus cognatus* Fieb., *P. vulneratus* Pz., *Dolycoris baccarum* L., отряд Thysanoptera – *Aeolothrips intermedius* Bagn., *Thrips tabaci* Lind., отряд Coleoptera – *Bembidion properans* Steph., *Poecilus puncticollis* Dej., *Harpalus rufipes* De Geer., *H. distinguendus* Duft., *Amphimallon solstitialis* L., *Selatosomus latus* F., *Agriotes gurgistanus* Fald., *A. medvedevi* Dol., *Adonia variegata* Gz., *Tentyria nomas* Pall., *Pedinus femoralis* L., *Opatrum sabulosum* L., *Pimelia subglobosa* Pall., *Phyllotreta vittula* Redt., отряд Lepidoptera – *Ostrinia nubialis* Hbn., *Pyrausta sticticalis* L., *Agrotis segetum* Schiff., отряд Neuroptera – *Chrysopa carnea* Steph., отряд Diptera – *Syrphus ribesii* L., *Metasyrphus corollae* F., *Tachina vernalis* R.-D. Соя в регионе является новой культурой, поэтому формирование энтомокомплексов на ней только начинается и дополнительно к основному ядру видов-доминантов специфические фитофаги и энтомофаги пока не отмечены.

К наиболее массовым и опасным вредителям на посевах сои в Нижнем Поволжье относится луговой мотылек (*Pyrausta sticticalis* L.), численность которого в годы вспышек на орошаемых посевах сои максимально составляла до 390 гусениц на 1 м^2. Не менее опасным вредителем в агроценозе сои является и табачный трипс (*Thrips tabaci* Lind.) – полифаг с широким спектром кормовых растений, отмечены повреждения бобов акациевой (бобовой) огневкой (*Etiella zinkenella* Tr.).

По данным литературных источников в других регионах европейской части Рос-

сии среди вредителей на посевах сои доминируют хлопковая совка, шалфейная совка и акациевая огневка [1], паутинный клещ, озимая совка, луговой мотылек [3], стальниковая и донниковая совки, соевая плодожорка [12], люцерновая совка, соевая полосатая блошка, соевый листоед [8], клубеньковые долгоносики [10].

На Дальнем Востоке вредоносны как многоядные виды: луговой мотылек, подгрызающие совки, растительноядные клопы, так и специализированные вредители: соевая плодожорка, соевая полосатая блошка, листоеды, почвенный минер, соевая тля, паутинный клещ, нематоды [12].

Из энтомофагов, обитающих в травостое сои, наиболее многочисленны в видовом отношении и активны хищные клопы – набисы и ориусы (*Nabis ferus* L., *Orius niger* Wolff.), хищный трипс *Aeolothrips intermedius* Bagn., жуки и личинки тлевых коровок (сем. *Coccinellidae*). Среди энтомофагов герпетобия преобладают представители семейства жужелиц (*Carabidae)*, 109 видов которых зарегистрировано на посевах сои. Большинство представителей видов этого семейства – активные хищники [13, 14]. Результатами наших исследований установлено, что доминирующими в этом семействе были 5 видов: *Calosoma auropunctatum* Hbst., *Poecilus cupreus* L., *Poecilus sericeus* F.-W., *Pseudoophonus rufipes* L., *Harpalus distinguendus* Duft. В наших сборах они составили около 80%, а среди доминирующих видов более половины отловленных экземпляров (52%) относились к *Calosoma auropunctatum*. Доминантные виды по характеру питания – активные хищники (роды *Calosoma, Poecilus*), для представителей родов *Pseudoophonus* и *Harpalus* характерно смешанное питание.

Концепция экологической системы защиты сои заключается в сохранении и поддержании собственной устойчивости агробиосистемы и направлена не на уничтожение вредных видов, а на конструирование экологически устойчивых агроэкосистем с задачей фитосанитарной оптимизации агробиоценозов. Система включает элементы интегрированной защиты растений – комплекс агротехнических, биологических и химических мер борьбы.

На основании проведенных исследований сформулированы основные принципы комплекса мероприятий по защите сои от вредителей в условиях орошения в Нижнем Поволжье:

– соблюдение правил карантина: недопущение завоза вредителей, отсутствующих на территории России, с семенным материалом из-за рубежа (зерновки рода *Callosobruchus* spp);

– выполнение организационно-хозяйственных мер: хозяйственное освоение неиспользуемых земель вблизи посевов, соблюдение пространственной изоляции;

– мониторинг фитосанитарного состояния соевого агроценоза: периодические наблюдения и обследование полей, мест резерваций вредителей, своевременное установление сроков проведения профилактических и защитных мероприятий;

– соблюдение технологии возделывания сои и качественное проведение агротехнических приемов в оптимальные сроки. При этом создаются условия для роста и развития растений, одновременно сдерживаются развитие и вспышки массового размножения вредителей, повышается устойчивость растений к их повреждениям;

– максимальное применение биологического метода в системе защиты сои от вредных организмов, в том числе использование естественных ресурсов энтомофагов за счет ленточных посевов нектароносов, в первую очередь фацелии по краям поля, для их привлечения и обеспечения имаго паразитических перепончатокрылых питанием;

– рациональное применение химических средств защиты сои на основе анализа энтомоценоза сои, с учетом ожидаемого развития фитофагов и экономических порогов их вредоносности.

Однако наилучший результат по защите посевов сои от вредителей и болезней можно достичь при формировании высокой конкурентоспособности агроценоза [10]. Основные методы в системе защитных мероприятий в посевах сои – агротехнические и организационно-хозяйственные, как непосредственно, так и опосредованно снижающие численность и вредоносность фитофагов и повышающие устойчивость растений к вредителям. В качестве примера по влиянию агротехнических приемов на численность популяции акациевой огневки можно привести ранневесеннее боронование, снижающее ее численность на 20–25%, также при проведении осенних поливов достигается гибель 80–90% зимующих стадий вредителя. Разработка нехимических способов защиты посевов актуальна также и для сохранения полезной фауны. Химические средства защиты растений должны применяться лишь при острой необходимости, с учетом состояния травостоя. Химическому методу отводится ведущая роль

в устранении потерь при массовых вспышках размножения таких многоядных видов вредителей, как луговой мотылек.

При таком подходе использование химической защиты посевов оправдано только при превышении фитофагами экономических порогов вредоносности (ЭПВ), и с обязательным учетом экологических последствий такого применения. ЭПВ – достаточно относительный показатель, так как на его величину влияют экологические условия, гидротермический режим, нормы высева, густота травостоя, сроки сева, устойчивость сорта, синхронность развития фитофагов и повреждаемой ими культуры, а также численность полезных видов энтомокомплекса. Все эти факторы необходимо учитывать при мониторинговых обследованиях и принятии по его результатам решения о проведении или отмене обработок согласно критерию ЭПВ. Следовательно, для каждого конкретного поля экономические пороги вредоносности фитофагов могут существенно изменяться. В процентном отношении это изменение может составлять 16–75%. В орошаемых условиях ЭПВ возрастает в связи с улучшенной водообеспеченностью растений, что позволяет повысить устойчивость растений к фитофагам (табл. 1).

В табл. 2 изложен алгоритм разработки защитных мероприятий в посевах сои, возделываемых на орошаемых землях. Приведенные алгоритмы должны постоянно уточняться с учетом конкретно складывающихся условий для каждого региона, хозяйства и даже поля, особенностей зональной агротехники, накопления опыта, появления более эффективных и современных препаратов. Более широко в орошаемых условиях должен применяться биологический метод защиты посевов, и только в исключительных случаях необходимо использовать пестициды.

Таблица 1

ЭПВ основных фитофагов в орошаемых агроценозах сои

Вид	Фаза роста и развития растений	Экономический порог вредоносности
Проволочники	всходы	5 личинок на 1 м^2
Озимая совка	всходы	5–8 гусениц на 1 м^2
Клубеньковый долгоносик	всходы	8–10 экз/м^2
Люцерновая совка	ветвление	8–10 гусениц на 1м^2
Луговой мотылек	ветвление	5 гусениц
Паутинный клещ	цветение – созревание бобов	10–12 клещей на 100 листьев
Бобовая огневка	цветение – созревание бобов	5 гусениц на 1 растение
Хлопковая совка	цветение – созревание бобов	8–10 гусениц на 10 растений
Соевая плодожорка	цветение – созревание бобов	2–3 яйца на растение при 5%-ном заселении растений

Таблица 2

Примерные защитные мероприятия при выращивании сои в условиях орошения

Сроки	Мероприятия	Цель проводимых мер
После уборки предшественника	Первое лущение вслед за уборкой предшественника на глубину 0,06–0,08 м, второе, при необходимости – после появления сорняков – на 0,08–0,10 м. Внесение удобрений под вспашку по почвенной диагностике. Вспашка – на 0,20–0,22 м. Культивация на 0,06–0,08 м	Уничтожение зимующих вредителей, запашка растительных остатков
Допосевной период	Весенняя культивация зяби при массовом прорастании сорняков на глубину 0,06–0,08 м на невыровненных с осени полях	Ликвидация гребнистости, уничтожение зимующих сорняков
	Предпосевная обработка с внесением и заделкой гербицидов* проводится с учетом зональных рекомендаций на глубину заделки семян	Борьба с однолетними сорняками. Резко снижается заболеваемость бактериозом и фузариозом
Перед посевом или заблаговременно	Протравливание семян против комплекса болезней и вредителей фунгицидами и инсектицидами + 0,2 кг нитрагина на гектарную норму. В аридной зоне Юго-Востока России предпосевные поливы	Предупреждение поражения фузариозом, аскохитозом, церкоспорозом, бактериозом, переноспорозом и другими болезнями, а также повреждения проволочниками и ложнопроволочниками, личинками хрущей

Окончание табл. 2

Сроки	Мероприятия	Цель проводимых мер
В день посева	Опудривание семян биопрепаратами	Предупреждение заболевания бактериозом
Сев	Сев в оптимальные для каждого района и сорта сроки, рекомендованной нормой высева, с оптимальной глубинной заделки во влажный слой почвы	Повышение полевой всхожести, получение дружных и здоровых всходов
Одновременно с посевом сои или сразу после него	Ленточный посев нектароносов (фацелия) по краям поля или по опушкам прилегающих лесополос	Привлечение энтомофагов и увеличение их численности на поле
В период всходов	Боронование по всходам при образовании 1–3 настоящих листьев	Уничтожение проростков сорняков
	В фазу 3–4 листьев опрыскивание инсектицидами при достижении фитофагами ЭПВ; 1–2 междурядные культивации или окучивание на глубину 0,06–0,08 м	Уничтожение однолетних сорняков, снижение численности популяции табачного трипса
В период вегетации	Опрыскивание посевов инсектицидами при достижении вредителями ЭПВ	В борьбе с комплексом листогрызущих вредителей (хлопковая, люцерновая, стальниковая совки, луговой мотылек, репейница, листовертки, табачный трипс, паутинный клещ и пр.)
	Проведение поливов в период кладки яиц луговым мотыльком и окукливания акациевой огневки	Достигается гибель 80–90% личинок акациевой огневки. Создаются неблагоприятные условия для откладывания яиц лугового мотылька
	Опрыскивание посевов фунгицидами	Предотвращение развития септориоза, аскохитоза и других заболеваний
Бобообразование	Обработки биопрепаратами, а при необходимости одним из разрешенных инсектицидов при достижении вредителями ЭПВ	Против гусениц, повреждающих репродуктивные органы (акациевая огневка, совки люцерновая, хлопковая и др.)
	Обработка посевов акарицидами при достижении вредными организмами ЭПВ	Против паутинных клещей
Перед уборкой	Опрыскивание посевов десикантами при побурении бобов нижнего и среднего ярусов	Десикация
После уборки	Сбор и вывоз растительных остатков в процессе уборки или сразу после нее. Вспашка	Заделка пожнивных остатков, уничтожение зимующих вредителей и возбудителей болезней
	Влагозарядковые поливы на участках, где размножалась акациевая огневка	Предотвращение развития вредителя (гибель в осенне-зимний период при этом достигает 80–90%)

Примечание: *В борьбе с сорняками, болезнями и вредителями применяются только препараты, включенные в действующий «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации».

Заключение

Исследованиями установлено, что в энтомоценоз сои входит более 400 видов, в том числе 184 вида фитофагов из которых 176 многоядных вредителей, 7 – олигофагов и 1 монофаг, питающийся только на сое. Массовыми видами вредителей в агроценозах сои в Нижнем Поволжье являются луговой мотылек и табачный трипс, отмечены существенные повреждения бобов акациевой (бобовой) огневкой.

Наиболее многочисленными энтомофагами, обитающими в напочвенном ярусе сои, являются представители семейства жужелиц. В травостое из энтомофагов отмечены хищные клопы – *Nabis* spp. *Orius* spp, хищные трипсы – *Thrips* spp., тлевые коровки – *Coccinella* spp., а также перепончатокрылые – виды из семейств *Ichneumonidae*, *Pteromalidae*, *Tetrastichidae*, *Scelionidae*.

В предложенном алгоритме защитных мероприятий при возделывании сои в условиях орошения основной акцент направлен

на создание устойчивой агробиосистемы за счет повышения численности и активности полезных видов энтомофауны. Использование химического метода защиты при этом оправдано только при превышении фитофагами экономических порогов вредоносности и с обязательным учетом экологических последствий такого применения.

Список литературы / References

1. Костюков В.В., Наконечная И.В., Кошелева О.В., Аполонина Т.М., Ивченко В.М., Щербаков Н.А., Команцев А.А. Апробация в производственных условиях технологии безынсектицидного контроля вредителей сои и стевии в Краснодарском крае // Энтомологическое обозрение. 2015. Т. 94. № 2. С. 282–289.

Kostjukov V.V., Nakonechnaja I.V., Kosheleva O.V., Apolonina T.M., Ivchenko V.M., Shherbakov N.A., Komantsev A.A. Testing Non-Insecticidal Control of Soybean and Stevia Pests in Terms of Production Technology in Krasnodar Territory // Entomologicheskoe obozrenie. 2015. T. 94. № 2. P. 282–289 (in Russian).

2. Толоконников В.В., Новиков А.А., Кошкарова Т.С., Иленева С.В. Методы селекции и семеноводства сои в условиях орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 86–90.

Tolokonnikov V.V., Novikov A.A., Koshkarova T.S., Ileneva S.V. Methods of Selection and Seed Seeds in Irrigation Conditions // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 3 (47). P. 86–90 (in Russian).

3. Лукомец В.М., Пивень В.Т., Кочегура А.В., Дряхлов А.И., Бушнева Н.А. Болезни, вредители и сорняки на посевах сои в Краснодарском крае и меры борьбы с ними // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2007. № 1 (136). С. 66–75.

Lukomets V.M., Piven V.T., Kochegura A.V., Dryakhlov A.I., Bushneva N.A. Diseases, pests and weeds on soybean crops in the Krasnodar Territory and measures to combat them // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. 2007. № 1 (136). P. 66–75 (in Russian).

4. Лысенко Н.Н., Лысенко С.Н., Наумкин В.П. Экологические предпосылки формирования вредной энтомофауны соевого агроценоза в Орловской области // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. Т. 35. № 2. С. 2–10.

Lysenko N.N., Lysenko S.N., Naumkin V.P. Ecological prerequisites for the formation of the harmful entomofauna of soybean agrocenosis in the Oryol region // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. T. 35. № 2. P. 2–10 (in Russian).

5. Пушня М.В., Ширинян Ж.А. Новый опасный вредитель сои в Краснодарском крае // Защита и карантин растений. 2015. № 10. С. 27–29.

Pushnja M.V., Shirinjan Zh.A. New harmful pest of soybean in the Krasnodar Krai // Zashhita i karantin rastenij. 2015. № 10. P. 27–29 (in Russian).

6. Артохин К.С. Метод кошения энтомологическим сачком // Защита и карантин растений. 2010. № 11. С. 45–48.

Artohin K.S. Entomological sweep-net method // Zashhita i karantin rastenij. 2010. № 11. P. 45–48 (in Russian).

7. Mykhailenko I.L., Smetana O.M. Method to study soil mesofauna as part consortium ecosystem // Питання біоіндикації та екології. 2014. № 19–1. С. 151–156 (in Ukrainian).

8. Сальникова Н.Б. Устойчивость к болезням и вредителям сортов сои, различных по географическому происхождению // Зерновое хозяйство России. 2016. Т. 48. № 6. С. 63–65.

Sal'nikova N.B. Resistance to diseases and pests of soybean varieties of various geographical origin // Zernovoe hozjajstvo Rossii. 2016. T. 48. № 6. P. 63–65 (in Russian).

9. Василенко А.И., Девяткин А.М. Сорная растительность и вредители в посевах сои Центральной зоны Краснодарского края // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко (г. Краснодар, 19–23 июня 2017 года). Кубанский ГАУ, 2017. С. 322–323.

Vasilenko A.I., Devjatkin A.M. Weed vegetation and pests in soybean crops of the Central zone of the Krasnodar Territory // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: materialy H Vserossijskoj konferencii molodyh uchenyh, posvjashhennoj 120-letiju I.S. Kosenko (g. Krasnodar, 19–23 ijunja 2017 g.). Kubanskij GAU, 2017. P. 322–323 (in Russian).

10. Делаев У.А., Зезиев У.Г., Шишхаев И.Я., Абасов М.Ш. Меры борьбы с сорняками, болезнями и вредителями на посевах сои // Вестник Чеченского государственного университета. 2017. № 2 (26). С. 17–19.

Delaev U.A., Zeziev U.G., Shishhaev I.Ja., Abasov M.Sh. Measures to control weeds, diseases and pests in soybean crops // Vestnik Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. № 2 (26). P. 17–19 (in Russian).

11. Тишкова А.Г., Золотарева Е.В. Болезни и вредители сои в Хабаровском крае // Защита и карантин растений. 2017. № 5. С. 27–28.

Tishkova A.G., Zolotareva E.V. Diseases and pests of soybeans in the Khabarovsk region // Zashhita i karantin rastenij. 2017. № 5. P. 27–28 (in Russian).

12. Дубровин А.Н., Новосадов И.Н. Проблемы использования приемов борьбы с основными вредителями и болезнями сои // Защита и карантин растений. 2015. № 11. С. 32–34.

Dubrovin A.N., Novosadov I.N. Problems with methods used to control main soybeans pests and diseases // Zashhita i karantin rastenij. 2015. № 11. P. 32–34 (in Russian).

13. Комаров Е.В., Карпова Т.Л. Состав, структура, распределение комплексов герпетобионтных жесткокрылых (Coleoptera) в орошаемом агроландшафте // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–11. С. 2350–2356.

Komarov E.V., Karpova T.L. Composition, structure, distribution of herpetobiont Coleoptera (Carabidae) in irrigated agricultural landscape // Fundamental'nye issledovanija. 2014. № 12–11. P. 2350–2356 (in Russian).

14. Комаров Е.В., Карпова Т.Л. Жужелица волосистая *Pseudoophonus rufipes* Deg. (Coleoptera, Carabidae) на полях Волгоградской области и некоторые особенности ее пищевой специализации // Успехи энтомологии в СССР: жесткокрылые насекомые: материалы 10 съезда Всесоюзного энтомологического общества (г. Ленинград, 11–15 сентября 1989 г.). Л., 1990. С. 72–74.

Komarov E.V., Karpova T.L. Ground beetle hairy Pseudoophonus rufipes Deg. (Coleoptera, Carabidae) on the fields of the Volgograd region and some features of its food specialization // Uspehi jentomologii v SSSR: zhestkokrylye nasekomye: materialy 10 s'ezda Vsesojuznogo jentomologicheskogo obshhestva (g. Leningrad, 11–15 sentjabrja 1989 g.). L., 1990. P. 72–74 (in Russian).

УДК 630*266(470.32)

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ

Михин В.И., Михина Е.А., Михина В.В.

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

Преобразование и сохранение аграрных ландшафтов является первоочередной задачей государственного плана. Искусственные линейные насаждения в условиях Центрально-Чернозёмного региона произрастают на площади около 600 тыс. га. В своём составе представлены быстрорастущими породами различной ширины, конструкции и параметров создания. Для тополей при формировании лесомелиоративных систем принимать первоначальную густоту размещения растений не более 4000 шт/га. Узкие берёзовые лесные полосы (2–3 ряда) формируют ажурно–продуваемую структуру. Лучший рост по высоте (на 12,6%) и сохранность (на 9,1%) отмечаются в лесополосах с большей площадью питания растений. В средневозрастных насаждениях сформировался выпуклый поперечный профиль. По аэродинамическим характеристикам он является более эффективным. В лесных полосах ясень зелёный и вяз обыкновенный до 32 лет растут в высоту с среднегодовым приростом 0,39–0,44 м/год. Различия в показателях роста у ясеня зелёного и вяза обыкновенного на чернозёме обыкновенном прослеживаются с 14 лет, на черноземе выщелоченном – с 20 лет. Полезащитные лесные полосы в дневной период в сухую жаркую погоду способствуют повышению относительной влажности приземного слоя воздуха на 1,5–8,7%. Наибольшее значение выявлено среди лесных полос продуваемой структуры (8,7%). Зона активного влияния распространяется до 8–13 Н высот. С увеличением покрытия ландшафта лесополосами наблюдается тренд прироста продуктивности сельхозкультур. Такие изменения статистически достоверно происходят до облесённости 2,75%. Активное реагирование на изменения в облесённости территорий проявляет пшеница озимая. При разности в лесистости 0,25% различия в приросте по пшенице озимой равны 1,86 ц/га, ячменя – 1,26 ц/га. Далее практических изменений не наблюдается.

Ключевые слова: структура насаждений, рост, сохранность, эколого-мелиоративное влияние, влажность воздуха, урожай

FORMATION OF PROTECTIVE FOREST PLANTINGS IN THE CENTRAL BLACK EARTH OF RUSSIA

Mikhin V.I., Mikhina E.A., Mikhina V.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, e-mail: lesomel@yandex.ru

The transformation and preservation of agricultural landscapes is a priority state plan. Artificial linear plantations in the conditions of the Central Black Earth region produce about 600 thousand square meters ha. The plantations are presented by fast-growing breeds of available width, design and creation parameters. For poplars, when forming forest-reclamation systems, the initial density of plant placement is no more than 4000 pieces / ha. Narrow birch forest belts (2-3 rows) form an openwork-blown installation. The best growth in height (by 12.6%) and safety (by 9.1%) were recorded in forest belts with a large amount of plant nutrition. In the middle-aged stands, a convex transverse profile was formed. By aerodynamic characteristics, it is more efficient. In the forest belts, green ash and common elm up to 32 years old grow in height with an average annual increase of 0,39-0,44 m / year. Differences in growth rates in green ash and common elm on ordinary chernozem can be traced from 14 years, on leached chernozem – from 20 years. Protective forest belts in the daytime in dry hot weather contribute to an increase in the relative humidity of the surface air layer by 1,5-8,7%. The highest value was found among the forest belts of the purged structure (8.7%). The zone of active influence extends to 8-13 N heights. With an increase in the coverage of the landscape by forest belts, there is a trend of increase in the productivity of crops. Such changes occur statistically reliably up to a percent forest cover of 2,75%. An active response to changes in the afforestation of territories is shown by winter wheat. With the difference in the forest cover of 0,25%, the differences in the increase in winter wheat are 1,86 centner per hectare, barley – 1,26 centners per hectare. Further practical changes are not observed.

Keywords: structure of plantings, growth, preservation, ecological and meliorative influence, air humidity, yield

Формирование систем защитных лесных насаждений предопределено особенностью почвенно-климатических условий и эрозионных процессов в ландшафте. Теоретические и практические аспекты размещения линейных насаждений, оптимума их на водосборной площади, подбор ассортимента древесных пород и кустарников приводятся в работах П.Н. Проездова, Д.А. Маштакова [1], В.И. Турусова, А.А. Лепёхина, А.С. Чеканышкина [2].

Преобразование и сохранение аграрных ландшафтов является первоочередной задачей государственного плана [1]. Защитные насаждения обладают эколого-мелиоративными свойствами, изменяют микроклимат и биотические свойства почвенного плодородия, что способствует повышению

продуктивности искусственных фитоценозов [3]. Ландшафты формируются с учётом растительности [4].

Цель исследования: научно обосновать параметры формирования защитных насаждений на основе их лесокультурной и лесоводственно-мелиоративной оценки.

Материалы и методы исследования

В границах Белгородской, Воронежской, Липецкой областей в течение последних 27 лет выполнены комплексные исследования лесомелиоративных насаждений на черноземах (типичном, выщелоченном, обыкновенном) с изучением биометрических показателей роста и в межполосных клетках на метеопунктах относительной влажности приземного слоя воздуха, урожая основных сельскохозяйственных культур, его структуры и качества [1, 5], что позволит установить наиболее эффективные в лесомелиоративном плане лесные полосы. Экспериментальные материалы полевых исследований обработаны современными методами вариационной статистики, полученные результаты имеют высокую достоверность [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Искусственные линейные насаждения в условиях Центрально-Чернозёмного региона произрастают на площади около 600 тыс. га. В своём составе представлены быстрорастущими и долговечными породами, различной ширины, конструкции и параметров создания.

Древесные породы в лесополосах обладают различным ростом в зависимости от агротехнических и лесокультурных приёмов создания (табл. 1).

В защитных линейных насаждениях из тополя бальзамического (Тбз – *Populus balsamifera* L.) в возрасте 30 лет имеются различия в росте, сохранности породы при различных параметрах первоначальной густоты создания (пробн. площади 38 и 74). При различии только в одну тысячу растений на 1 га при первичном создании уже в средневозрастных насаждениях отмечается снижение в сохранности породы на 11,2 %, средней высоты на 7,3 %. В лесных полосах формируется продуваемая структура. Следовательно, для тополей при формировании лесомелиоративных систем нужно установить первоначальную густоту размещения растений не более 4000 шт/га. Патологическое состояние тополей находится в зависимости от структуры лесополос, их возраста. В обследованных насаждениях отмечается незначительное поражение стволовыми болезнями и вредителями.

Берёзовые (Бп – *Betula pendula* Roch.) по составу лесные полосы (2–3 ряда) формируют ажурно-продуваемую структуру (пробн. площади 58 и 68). В средневозрастных насаждениях при густоте создания 4000 и 3333 шт/га (размещение растений 2,5x0,7 м и 3,0x1,0 м) установлено, что лучший рост по высоте (на 12,6 %) и сохранность (на 9,1 %) отмечаются в лесополосах с большей площадью питания растений. Таким образом, для чистых берёзовых полезащитных лесных полос при их формировании принимать размещение растений 3,0x1,0 м (густота – 3333 шт/га).

В общей оценке берёза является сравнительно устойчивой к болезням и вредителям. В насаждениях учтено более 10 % деревьев с механическими повреждениями. Среди болезней листьев почти во всех лесополосах встречается бурая пятнистость листьев. Среди листогрызущих насекомых на берёзе в небольшом количестве обнаруживается бородавчатый берёзовый пилильщик. На ветвях отмечен цитоспоровый некроз, который вызывает отмирание отдельных ветвей в нижней части кроны.

Таблица 1

Характеристика насаждений на чернозёме типичном

№ п/п	Схема смешения пород / Число рядов	Размещение посад. мест / Ширина, м	Порода	Густота, шт/га	Сохранность		Возраст, лет	Высота, м	Бонитет
					шт/га	%			
38	Тбз-Тбз-Тбз-Тбз/ 4	2,5x0,8 / 10	Тбз	5000	1925	38,5	30	20,4	Ia
58	Бп-Бп /2	2,5x0,7 / 5	Бп	4000	2032	50,8	28	15,1	Ia
68	Бп-Бп/ 2	3,0x1,0 / 6	Бп	3333	1996	59,9	28	17,0	Ia
74	Тбз-Тбз-Тбз-Тбз/ 4	2,5x1,0 / 10	Тбз	4000	1988	49,7	30	22,0	Ia

Комплексные противоэрозионные насаждения включают прибалочные, приовражные и стокорегулирующие лесополосы. Берёза повислая в смешанных прибалочных и стокорегулирущих насаждениях выращивается совместно с акацией белой, вязом мелколистным, ясенем обыкновенным, дубом черешчатым, клёном ясенелистным, лохом узколистным, акацией жёлтой, лещиной обыкновенной. Возраст насаждений 19–30 лет, размещение посадочных мест 2,5х0,7 м, густота посадки 5714 шт/га. Высокую устойчивость в смешанных лесополосах с берёзой проявляют ясень обыкновенный, клён ясенелистный, акация белая, акация жёлтая. К этому возрасту в насаждениях сформировалась плотная или ажурно-непродуваемая конструкция. При этом в жёстких условиях овражно-балочных систем берёза повислая имеет самую высокую энергию роста в сравнении с другими древесными породами, за исключением тополя бальзамического. На чернозёме оподзоленном среднегумусном, среднемощном, тяжелосуглинистом в возрасте 30 лет берёза превышает по диаметру акацию белую в 1,6 раза, ясень обыкновенный – в 2,3 раза, вяз мелколистный – в 2,7 раза; по высоте соответственно в 1,4; 1,7 и 1,5 раза. На делювиальных почвах склонов балок в возрасте 28 лет средний диаметр берёзы в 1,4 раза, а средняя высота в 1,2 раза выше, чем у вяза мелколистного.

В ясенёво-дубовых лесополосах, где ясень обыкновенный растёт в качестве сопутствующей породы к дубу, он имеет достаточно высокие показатели роста и создаёт условия для роста и развития главной породы. В 27-летних лесополосах при ширине междурядий 1,5 м и смешении в ряду сохранность у ясеня и дуба незначительная (29 и 18%). При такой ширине междурядий и смешении ясеня и дуба в ряду совместное их выращивание является нецелесообразным. При более редкой густоте посадки к этому возрасту в ясенёво-дубовых насаждениях формируется продуваемая структура. В возрасте 37–90 лет средний диаметр, а в отдельных насаждениях и средняя высота дуба черешчатого выше, чем у ясеня обыкновенного.

В защитных насаждениях древесные породы имеют различия в росте с учётом расположения по профилю (табл. 2).

В лесополосах отмечаются различия в показателях роста отдельных рядов. У вяза обыкновенного (Во) установлено превышение по высоте на 12,1% центральных рядов над опушечными и отставание в росте по диаметру средних рядов по отношению к крайним на 3,9% (пробн. площадь 85). Аналогичные закономерности установлены и для акации белой (Акб). Средняя ветрозащитная высота больше в центральных рядах на 3,6% по отношению к опушечным рядам. При этом средний диаметр в крайних рядах также больше на 2,85% по сравнению с показателем средних рядов (пробн. площадь 92).

Ясень зелёный (Яз) в возрасте 40 лет (пробн. площадь 101) имеет лучший рост по высоте (на 5,5%) в средних рядах и наибольшие показатели по диаметру в опушечных рядах (на 4,6%). В таких средневозрастных насаждениях сформировался выпуклый поперечный профиль. По аэродинамическим характеристикам он является более эффективным, что позволяет лесным полосам проявлять максимальные мелиоративные свойства.

В лесных полосах имеются различия в росте в зависимости от почвенных условий (табл. 3). Анализ годичного прироста по данным модельных деревьев показал, что для вяза обыкновенного и ясеня зелёного до 32 лет среднегодовой прирост по высоте равен 0,39–0,44 м/год.

В возрасте 14–20 лет активность в росте уже уменьшается. Различия в показателях роста на чернозёме обыкновенном прослеживаются с 14 лет, на чернозёме выщелоченном – с 20 лет. Данные изменения предопределяются климатическими факторами и почвенными условиями (наибольшее содержание гумуса (4,3%) имеет чернозём выщелоченный и, соответственно, выше биометрические показатели роста пород).

Таблица 2

Показатели роста различных пород в разных частях лесных полос на чернозёме обыкновенном

№ п/п	Возраст, лет	Порода	Опушечные ряды		Средние ряды		Различия, %	
			Биометрические показатели				по высоте	по диаметру
			высота, м	диаметр, см	высота, м	диаметр, см		
85	38	Во	18,2	22,9	20,4	22,0	12,1	3,9
92	42	Акб	22,5	25,2	23,3	24,5	3,6	2,8
101	40	Яз	16,4	19,7	17,3	18,8	5,5	4,6

Таблица 3

Рост по высоте древесных пород в искусственных линейных насаждениях

Возраст насаждения, лет	Тип почвы			
	Выщелоченный чернозём		Обыкновенный чернозём	
	ясень зелёный	вяз обыкновенный	ясень зелёный	вяз обыкновенный
4	0,8	1,1	0,6	1,0
8	3,2	3,9	3,0	3,5
12	4,2	4,9	4,0	4,6
16	5,0	6,0	4,9	5,9
18	5,5	7,1	5,4	6,7
20	7,1	8,1	6,4	7,4
26	9,0	10,8	8,7	9,8
32	13,1	14,3	12,5	13,4

Таблица 4

Особенности влияния полезащитных насаждений на относительную влажность воздуха, %

Структура насаждений	Период	В лесных полосах	В зоне влияния 5Нн-0-0Нз	Не защищённых участках, 35–40Нз	Различия приполосных зон, %
П	День	50,2	55,6	47,0	+8,7
Аж-П	День	47,8	51,7	46,6	+5,1
Аж	День	51,1	52,4	48,5	+3,9
Н	День	49,9	55,1	53,6	+1,5

Примечание. Структура лесных полос: П – продуваемая, Аж-П – ажурно-продуваемая, Аж – ажурная, Н – непродуваемая (плотная).

Защитные лесные насаждения преобразуют агротерритории. Линейные лесополосы являются рубежами по формированию пространственных структур в системе лесомелиоративных комплексов. Они изменяют экологические условия на прилегающих территориях. В вегетационный период в приполосных зонах отмечается изменение во влажности приземного слоя воздуха (табл. 4).

Полезащитные лесные насаждения в дневной период в сухую жаркую погоду способствуют повышению относительной влажности приземного слоя воздуха на 1,5–8,7 %. Наибольшее значение выявлено среди лесных полос продуваемой структуры (8,7 %). Лесополосы плотной структуры оказывают наименьшее воздействие, где увеличение влажности составляет лишь 1,5 %. Линейные насаждения ажурной и ажурно-продуваемой структуры по своим мелиоративным параметрам показывают средние значения (3,9–5,1 %).

Зона активного влияния распространяется до 8–13 Н высот. Исследования по влиянию лесополос на относительную влажность приземного слоя воздуха проведены при подходе ветрового потока 80–85°. Достоверность в показателях обеспечена на высоком уровне.

При создании и формировании лесомелиоративных систем учитывается особенность обустройства ландшафтов лесными полосами. Лесистость пашни и показатель урожайности сельскохозяйственных культур имеют тесную связь. Для выявления такой закономерности вышеуказанные показатели сгруппированы с лесистостью от 0,75 % до 3,25 % с учётом почвенного плодородия в 80 баллов (табл. 5).

Сельскохозяйственные культуры (пшеница озимая, ячмень) за вегетационный период формируют различный урожай в зависимости от лесистости пашни. При этом самые минимальные показатели биомассы (22,1 ц/га и 18,2 ц/га) отмечаются в ландшафтах, где облесённость равна 0,75 %. С увеличением покрытия ландшафта лесополосами наблюдается тренд прироста продуктивности сельхозкультур. Такие изменения статистически достоверно происходят до облесённости 2,75 %. Активное реагирование на изменения в облесённости территорий проявляет пшеница озимая. При разности в лесистости 0,25 % различия в приросте по пшенице озимой равны 1,86 ц/га, ячменя – 1,26 ц/га.

Далее практических изменений уже не наблюдается, что свидетельствует об оптимальном показателе, к которому следует стремиться при создании законченных систем лесных полос на пашне.

Таблица 5

Формирование урожая сельскохозяйственных культур в лесоаграрных ландшафтах с различной облесённостью пашни, %

Почва, баллы	Полезащитная лесистость пашни, %					
	0,75 / 2,25	1,00 / 2,50	1,25 / 2,75	1,50 / 3,00	1,75 / 3,25	2,00 / 3,50
Пшеница озимая						
80	22,1 / 34,2	27,1 / 35,1	30,8 / 35,1	32,0 / 35,2	33,0 / 35,2	33,6 / –
Ячмень						
80	18,2 / 26,7	21,6 / 27,6	22,8 / 28,1	23,9 / 28,2	24,8 / 28,2	25,9 / –

Выводы

Защитные насаждения являются элементами по конструированию аграрных территорий при адаптивно-ландшафтной системе земледелия. В искусственных линейных насаждениях в возрасте 28–30 лет при густоте посадочных мест 3333–5000 шт/га и ширине насаждений 5,0–10,0 м сохранность лесообразующих пород составляет 38,5–59,9%. В защитных лесополосах отмечается закономерность в формировании поперечного профиля. Для вяза обыкновенного, акации белой и ясеня зелёного в возрасте 38–42 лет средние ряды выше на 3,6–12,1%, чем опушечные, и их диаметр соответственно меньше на 2,8–4,6%. Вязово-ясенёвые лесные полосы на чернозёме выщелоченном обладают наибольшим ростом в высоту по отношению к насаждениям в условиях чернозёма обыкновенного. В таких лесополосах прирост в высоту составляет 0,39–0,44 м/год, где активность роста уже снижается с возраста 14–20 лет. Искусственные линейные насаждения в приполосных зонах в вегетационный период повышают влажность приземного слоя воздуха на 1,5–8,7%. Тренд прироста биомассы пшеницы озимой и ячменя прослеживается до 2,75% полезащитной лесистости пашни. При совершенствовании лесомелиоративных систем рекомендуется использовать быстрорастущие породы (тополя, берёзу повислую) с густотой 3333-4000 шт/га растений, шириной насаждений до 10,0 м, что позволит сформировать оптимальный поперечный профиль и структуру.

Список литературы / References

1. Проездов П.Н., Маштаков Д.А. Агролесомелиорация. Саратов: Амирит, 2016. 472 с.

Proezdov P.N., Mashtakov D.A. Agrolesomelioraciya. Saratov: Amirit, 2016. 472 p. (in Russian).

2. Турусов В.И., Лепёхин А.А., Чеканышкин А.С. Опыт лесной мелиорации степных ландшафтов: монография. ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП». Воронеж: Истоки, 2017. 228 с.

Turusov V.I., Lepyokhin A.A., Chekanyshkin Ampere-second. Experience of forest melioration of steppe landscapes: monograph. FGBNU «NIISX CzChP». Voronezh: Istoki, 2017. 228 p. (in Russian).

3. Михин В.И., Михина Е.А., Михин Д.В. Роль полезащитных насаждений в преобразовании ландшафтов Центрального Черноземья // Лесотехнический журнал. 2015. Т. 5. № 4 (20). С. 43–50. DOI: 10.12737/17401.

Mixin V.I., Mixina E.A., Mixin D.V. The Role of Shelter Spaces in the Transformation Landscapes of Central Chernozem // Lesotexnicheskij zhurnal. 2015. T. 5. № 4 (20). P. 43–50 (in Russian).

4. Lewis S.L., Edwards D.P., Galbraith D. Increasing human dominance of tropical forests // Science. 21 Aug 2015. Vol. 349. Issue 6250. P. 827–832. DOI: 10.1126/science.aaa9932.

5. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. М.: ЦБНТИ Гослесхоз СССР, 1984. 60 с.

6. Кердяшов Н.Н. Вариационная статистика: учебное пособие. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. 131 с.

Kerdyashov N.N. Variation statistics: uchebnoe posobie. Penza: RIO PGAU, 2018. 131 p. (in Russian).

УДК 630*424.1:633.877(571.15)

ОСОБЕННОСТИ КАМНЕПАДНОЙ И ЛАВИННОЙ АКТИВНОСТИ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ АКТРУ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ) ПО ДАННЫМ ДЕНДРОИНДИКАЦИИ

Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С.

ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем» СО РАН, Томск, e-mail: sanikol1@rambler.ru, savchuk@imces.ru, kas.sgs@mail.ru

Лавины, камнепады и обвалы – факторы, трансформирующие ландшафты, экосистемы и их элементы. Регулярные наблюдения за ними в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) отсутствуют. Цель работы – выявить особенности камнепадной и лавинной активности в верховьях р. Актру дендроиндикационными методами. Исследования были проведены на лавинном конусе и обвально-осыпном участке левого борта долины р. Актру. На каждом обследованном участке преобладает один тип склонового процесса. Использовались три метода дендроиндикации склоновых событий: травматический, анатомический, дендрометрический. Установлено, что лавинный комплекс характеризуется повышенной лавинной активностью. Эта активность хорошо датируется дендрометрическим методом на протяжении 66 лет (1951–2016 гг.) и травматическим методом в последнее десятилетие. Высокая частота схода лавин на этом конусе подтверждается и фитоценотическим методом. В динамике количества деревьев с резкими изменениями прироста за 66 лет выделено 4 полных цикла (1956/57–1972/73, 1973/74–1988/89, 1989/90–2001/02 и 2002/03–2014/15 гг.) и половина еще одного (1950/51–1955/56 гг.). Это свидетельствует о 15-летней цикличности лавинной активности, которая хорошо согласуется с цикличностью осадков мая, как наиболее лавиноопасного месяца. Достоверной погодичной корреляции между количеством деревьев с изменениями прироста и суммой осадков за зимний период и май не обнаружено. Участок обвально-осыпного склона характеризуется низкой камнепадной активностью с пространственной и временной случайностью камнепадов. Обвалы и камнепады, вызванные мощным землетрясением 2003 г., четко датируются тремя методами дендроиндикации одновременно.

Ключевые слова: камнепад, обвал, лавина, дендроиндикация, годичные кольца, кедр, лиственница, Алтай

PECULIARITIES OF ROCKFALL AND AVALANCHE ACTIVITY IN THE AKTRU HEADWATER (THE ALTAI MOUNTAINS) BY DENDROINDICATION DATA

Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Kuznetsov A.S.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, e-mail: sanikol1@rambler.ru, savchuk@imces.ru, kas.sgs@mail.ru

Avalanches and rockfalls are the factors transforming landscapes, ecosystems and their components. There are no constant monitoring observations in the Aktru headwater (the Severo-Chuisky Range, the Altai mountains, Russia). The goal of the research is to find peculiarities of rockfall and avalanche activity in the Aktru headwater by dendroindication methods. The study was made on the avalanche and rockfall accumulation zone sites on the left slope of the Aktru river valley by dendroindication methods: traumatic, anatomic and dendrometric ones. The avalanche basin is characterized by increased avalanche activity which is well dated by the dendrometric method for 66 years (1951–2016) and the traumatic method in the last decade. The high avalanche frequency on this cone is confirmed by the phytocenotic method. In the dynamics of the tree numbers with the abrupt growth changes, 4 full cycles (1956/57–1972/73, 1973/74–1988/89, 1989/90–2001/02 and 2002/03–2014/15) and half of one more (1950/51–1955/56) were found for the last 66 years that indicated a 15-year cycle of avalanche activity which is generally similar with the cyclicity of the precipitation in May as the most avalanche-hazardous month. No significant annual correlation was found between the number of trees with growth changes and the precipitation during the winter period and in May. The rockfall slope site is characterized by low rockfall activity with its spatial and temporal randomness. The rockfalls caused by the 2003 powerful earthquake are clearly dated by three dendroindication methods at the same time.

Keywords: geomorphic process, rockfall, avalanche, dendrogeomorpholody, tree ring, Siberian stone pine, Siberian larch, Altai Mountains

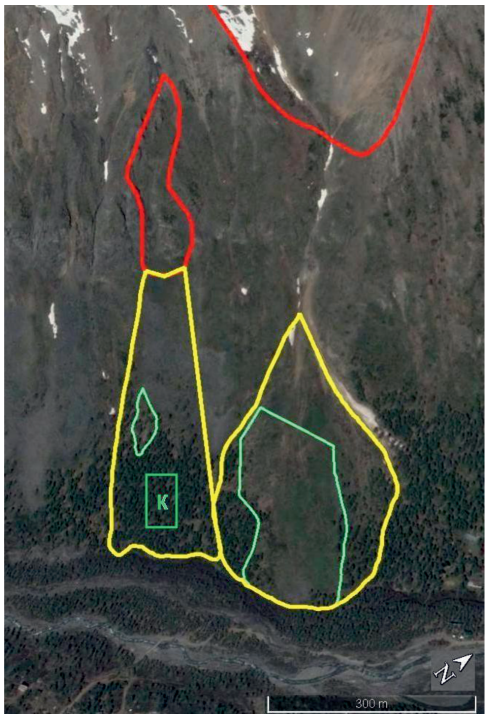
Верховья р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) являются высокогорной территорией, на которой постоянно протекают склоновые процессы, в том числе камнепады/обвалы и лавины. Они преобразуют ландшафты и экосистемы и их элементы вплоть до их полного разрушения. Двигающийся с высокой скоростью или влекомый снежной массой обломочный материал различного размера повреждает или уничтожает растительность на своем пути, в первую очередь деревья, накапливаясь у подножия склонов на днище долины р. Актру. Регулярные наблюдения за камнепадами/обвалами и сходом лавин в районе исследований не проводились. Информация о них скудна и отрывочна. Поэтому важное значение приобретают косвенные методы их идентификации и датирования, среди которых дендроиндикационные являются наиболее перспективными [1–4].

Цель работы: выявление особенностей камнепадной и лавинной активности в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) дендроиндикационными методами.

Материалы и методы исследования

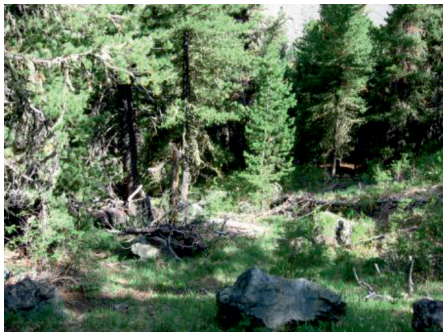
Выбор объектов исследования связан с необходимостью подбора участков склона с преобладанием на них одного типа склонового процесса. Такие участки преимущественно сосредоточены на левом более пологом склоне долины р. Актру. Дендроиндикация склоновых явлений возможна только в местах произрастания в первую очередь деревьев. В верховьях р. Актру днище долины и склоны до 2300 м занимают леса из кедра (*Pinus sibirica* Du Tour) и лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.). Выше по склонам лес сменяется тундрой с травяно-кустарниковой растительностью. Между лесом и тундрой располагается лесотундровый экотон, где деревья растут группами и одиночно [4 и др.]. Климат района описан ранее [4, 5]. Материал был собран на конусе лавинной аккумуляции (далее – лавинный конус) и обвально-осыпном склоне, расположенных на левом склоне долины р. Актру недалеко от географической станции Томского госуниверситета (рис. 1, А). На первом участке модельные деревья отбирались внутри и по периферии лавинного конуса, на втором – по периферии каменного «прочеса» и с валежа в его нижней части. Контролем служили деревья, растущие в нижней части лесного массива в аккумулятивной области склона.

Всего отобрано 164 древесных образца (керны с живых деревьев, спилы с погибших), взятые через поврежденные и неповрежденные участки ствола и ветвей 50 травмированных деревьев кедра и лиственницы (таблица), произрастающих в зоне воздействия лавин и камнепадов. Ширина годичных колец (радиальный прирост) на кернах измерялась на измерительном комплексе LINTAB с точностью 0,01 мм. Полученные индивидуальные ряды прироста перекрестно датировались как между собой, так и контролем [6]. Прирост контрольных деревьев дополнительно сравнивался с региональной кривой.



А

Б



В

Рис. 1. Схема (А) расположения на космоснимке лавинного комплекса (справа) и обвально-осыпного участка (слева) на левом борту долины р. Актру. Границы зон зарождения отмечены красным цветом, зон аккумуляции – желтым, обследованных участков – зеленым. К – контрольный участок. Фото лавинного конуса (Б) и нижней части каменного «прочеса» (В)

Характеристика собранного материала

Участок	Годы обследования	Количество			
		обследованных деревьев	древесных образцов	годичных колец	выявленных откликов
лавинный	2015, 2018	35	109	50–276	37ТР, 14СМ, 198ПР*
обвально-осыпной	2014, 2018	15	55	53–342	26ТР, 9СМ, 3РД, 24ПР
контрольный	1999, 2018	22	40	134–381	–

Примечание. *Отклики: ТР – травмы дерева, СМ – засмоление годичных колец, РД – реакционная древесина, ПР – резкие изменения прироста.

Датирование склоновых событий (лавин, камнепадов/обвалов) проводилось с помощью трех методов дендроиндикации: травматической, дендрометрической, анатомической [2, 6]. Травматическая индикация осуществлялась по травмам, которые представляют собой обдир коры до древесины, облом ветвей, слом ствола на разной высоте вплоть до основания ствола. Индикация проводилась на основе датирования последнего годичного кольца перед травмой [4]. Анатомическая индикация выполнялась по наличию реакционной древесины и засмоленным годичным кольцам, которые появляются после повреждения деревьев. Засмоление охватывает кольца около ран, полученных деревом. Дендрометрическая индикация проводилась по резким и продолжительным изменениям радиального прироста травмированных деревьев. Прирост этих деревьев анализировался в сравнении с таковым нетравмированных (контроль). Это позволило минимизировать влияние климатических факторов. Такой спад прироста наблюдается в текущем году, если воздействие пришлось на период активного роста клеток древесины (июнь-июль текущего года) и на следующий год, если воздействие было до сезона вегетации (с августа предыдущего года по май – начало июня текущего года). Глубина восстановления склоновых событий составляет 66 лет (1951–2016 гг.).

В работе использовались ряды среднемесячной температуры и сумм месячных осадков метеостанции Актру (2150 м над ур. м.) за 1957–1994 гг. и Кош-Агач (70 км от Актру, 1758 м над ур. м.) за 1951–2014 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Лавины в верховьях р. Актру могут неоднократно сходить в течение всего периода залегания снега с пиком активности весной: в перигляциальной зоне левого борта – это апрель-май. Камнепады/обвалы обычны в бесснежный период (в основном осенью), но могут сопровождать и сход мокрых лавин. По наблюдениям очевидцев, обвалы и камнепады на покрытых снегом склонах случаются часто [4].

Хорошо видимым в полевых условиях признаком склоновых событий являются травмы ствола, которые традиционно используются при дендроиндикации склоновых событий [2–4]. Они часто сопровождаются засмолением годичных колец около открытых ран деревьев. Просмотр колец кедра и лиственницы с кернов, взятых с травмированных секторов ствола, показал, что их засмоленность зависит от размера полученных деревом ран. На всех кернах деревьев кедра, взятых через небольшие открытые раны ствола (от 10 до 300 см^2) или рядом с ними, зафиксировано от 1 до 10 засмоленных колец от периферических слоев древесины к сердцевинным. Зарастание каллюсной тканью таких ран с краев идет достаточно быстро. Деревья с открытыми ранами ствола более крупного размера (более 300 см^2 и охватывающие большую часть диаметра ствола) чаще имеют сухую древесину без смолы в кольцах и длительное время не зарастают, редко имеют 1–2 засмоленных кольца. У лиственницы аналогичная картина. Следовательно, наличие засмоленных годичных колец на кернах свидетельствует о получении деревом травм ствола в прошлом. Они обычно диагностируют раны небольшого размера, достаточно быстро заросшие каллюсной тканью и не видимые снаружи во время осмотра ствола. Реакционная древесина обнаружена только у трех относительно молодых деревьев. Из-за редкой встречаемости в дальнейшем не анализировалась.

Анализ динамики радиального прироста травмированных деревьев показал, что его изменения четко выделяются на фоне динамики контрольных деревьев. Они представляют собой резкое снижение (реже увеличение) прироста в зависимости от рас-

положения взятого древесного образца на стволе дерева и степени нарушения целостности особи. Эти изменения, как правило, являются продолжительными – от 2 до 10 лет, иногда до 20 лет.

Первый обследованный участок – лавинный, расположен в зоне аккумуляции лавинного комплекса. Его очаг с многочисленными понижениями рельефа в зонах ветровой тени, которые благоприятствуют снегонакоплению, расположен на восточном склоне вершины Кызылташ на высоте 2500–3000 м. Площадь области лавинообразования – 332 тыс. м^2. Снег сходит по лавинному лотку, врезанному в склон трога. Конус выноса площадью 86 тыс. м^2 и углом наклона 15° опирается на дно долины (2150 м) и сложен мелкообломочным материалом (рис. 1, А, Б). Его поверхность покрыта травяно-кустарниковой растительностью, среди которой встречаются одиночные деревья кедра высотой до 15 м. Последние сильно травмированы: обычны не только травмы ствола и обломы отдельных ветвей, но и слом ствола на разной высоте от верхушки до его основания. Деревья кедра и лиственницы 23 м высотой, растущие по периферии конуса выноса, являлись частью лесного массива, разделенного конусом на два фрагмента.

Большая часть зафиксированных травм деревьями получена в последнее десятилетие (2007/08–2014/15 гг.), в другие годы количество деревьев с травмами и засмоленными кольцами незначительно. Суммарно обеими методами восстанавливается только 17 лет со сходами лавин (рис. 2, А, *1–2*). Практически у всех обследованных деревьев отмечены неоднократные резкие изменения относительного прироста. В течение 53 лет из 66 имеется хотя бы одно дерево с таким откликом на внешнее воздействие (рис. 2, А, *3*). Результаты по датированию событий, полученные всеми тремя методами дендроиндикации, совпадают только в 4 случаях: 1962/63, 1986/87, 2010/11 и 2013/14 гг.

Очевидцами на этом конусе зафиксирован сход двух крупных лавин – весной 1966 [7] и в декабре 2009 г. [4]. Обе лавины дошли до днища долины: первая уничтожила часть деревьев кедра, вторая – крупный подрост кедра и лиственницы, растущий на конусе, и несколько деревьев лиственницы в его нижней части. Лавина 2009/10 гг. хорошо выявляются травматическим и дендрометрическим методами, а лавина 1965/66 гг. – только дендрометрическим. Деревья с травмами, по которым можно было бы оценить размер лавины 1965/66 г., нами не обнаружены.

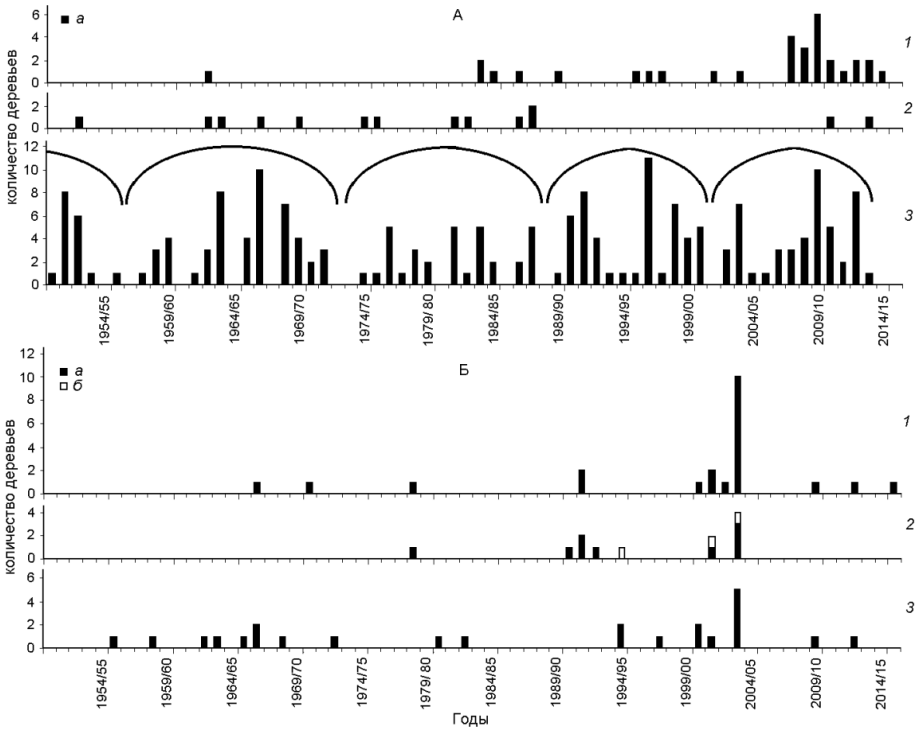


Рис. 2. Лавинная (А) и камнепадная (Б) активность в верховьях р. Актру по данным дендроиндикации. Методы индикации: 1 – травматическая, 2 – анатомическая (а – по засмоленным годичным кольцам, б – по реакционной древесине), 3 – дендрометрическая. Дугами обозначены циклы

В динамике количества деревьев резкими изменениями прироста за 66 лет (рис. 2, А, *3*) выделено 4 полных цикла (1956/57–1972/73, 1973/74–1988/89, 1989/90–2001/02 и 2002/03–2014/15 гг.) и половина еще одного (1950/51–1955/56 гг.). Это свидетельствует о 15-летней цикличности лавинной активности. Достоверной связи между количеством деревьев с изменениями прироста и суммой осадков за зимний период и май, как наиболее лавиноопасный месяц, не обнаружено. Для ее выявления требуются посуточные данные по осадкам. Но она в целом согласуется с цикличностью осадков мая.

Таким образом, повышенная лавинная активность хорошо датируется дендрометрическим методом на протяжении всего изученного отрезка времени и травматическим методом в последнее десятилетие. Высокая частота схода лавин на этом конусе подтверждается и фитоценотическим методом – один и более раз в 10 лет [8].

На участок обвально-осыпного склона щебнистый материал и/или крупные глыбы поступают с денудационной части крутого склона отрога высотой 2350–2560 м и площадью 15 тыс. м^2. Аккумулятивный склон северо-восточной ориентации, его площадь – 96,8 тыс. м^2, крутизна – 15° (рис. 1, А, В). В область аккумуляции материал поступает в результате осыпания и обвалов горных пород, при сходе «прыгающих» лавин, а также сноса материала водотоками во время снеготаяния и после прохождения дождей. Верхняя часть аккумулятивного склона занята травяно-кустарниковой растительностью с группами деревьев высотой 6–18 м. Здесь преимущественно задерживается мелкий материал, в том числе и щебнистый. Нижняя часть этого склона занята лиственнично-кедровым лесом с деревьями высотой до 24 м. Обследованный участок представляет собой каменный «прочес», расположенный в средней части области аккумуляции на верхней границе леса и имеет форму языка, внедряющегося в лесной массив (2195–2215 м). Он находится на фронте основной траектории прохождения крупно-глыбистого материала, поступающего с крутого склона.

Большая часть травм, полученная живыми деревьями, их массовая гибель (сохранился валеж в нижней части каменного «прочеса», рис. 1, В), а также засмоленные годичные кольца зафиксированы после вегетационного сезона 2003 г., а резкие изменения прироста приурочены к следующему сезону. В остальные годы количество деревьев с этими признаками было незначительным (рис. 2, Б). Суммарно тремя методами дендроиндикации выявлено всего 23 года с камнепадами из 66, а с помощью трех методов одновременно обвалы/камнепады зафиксированы только в 2001/02 и 2003/04 гг. Невысокая камнепадная активность связана с тем, что даже при обвале до деревьев в изученной части обвально-осыпного склона доходит относительно небольшое количество крупных обломков горных пород и соответственно травмируются единичные деревья. В целом о пониженной камнепадной активности в настоящее время в нижней части этого аккумулятивного склона свидетельствует наличие сомкнутого старовозрастного лиственнично-кедрового леса без внешних признаков воздействия камнепадов на растительность.

Повышенное количество деревьев с разными типами отклика пришлось на год, когда произошло самое крупное за последнее столетие землетрясение на Алтае (27 сентября 2003 г., магнитуда 7,3, интенсивность сотрясения 9–10 баллов [9]). Оно вызвало камнепады и обвалы в верховьях р. Актру и, в частности, на обследуемом участке. По левому борту упавшие глыбы были относительно небольшого размера (рис. 1, В) по сравнению с правым [4].

Таким образом, обвалы и камнепады, вызванные мощным землетрясением 2003 г., четко датируются травматическим, анатомическим и дендрометрическим методами одновременно. Но пространственная и временная случайность обвалов/камнепадов затрудняет их выявление и датирование в другие годы.

Заключение

Рассмотрена камнепадная и лавинная активность в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) дендроиндикационными методами и выявлены их особенности на участках склона с одним типом наблюдаемого склонового процесса. Лавинный комплекс характеризуется повышенной лавинной активностью, которая хорошо датируется дендрометрическим методом на протяжении 66 лет (1951–2016 гг.) и травматическим методом в последнее десятилетие. Высокая частота схода лавин на этом конусе подтверждается и фитоценотическим методом. Участок обвально-осыпного склона характеризуется низкой камнепадной активностью. Но обвалы и камнепады, вызванные мощным землетрясением 2003 г., четко датируются всеми

тремя методами дендроиндикации одновременно. Пространственная и временная случайность обвалов/камнепадов затрудняет их выявление и датирование в иные годы.

Список литературы / References

1. Tumajer J., Treml V. Meta-analysis of dendrochronological dating of mass movements. Geochronometria. 2013. Vol. 40 (1). P. 59–76. DOI: 10.2478/s13386-012-0021-5.

2. Corona Ch., Lopez Saez J., Stoffel M., Bonnefoy M., Richard D., Astrade L., Berger F. How much of the real avalanche activity can be captured with tree rings? An evaluation of classic dendrogeomorphic approaches and comparison with historical archives. Cold regions science and technology. 2012. Vol. 74-75. P. 31–42. DOI: 10.1016/j.coldregions.2012.01.003.

3. Stoffel M., Bollschweiler M., Vázquez-Selem L., Franco-Ramos O. Palacios D. Dendrogeomorphic dating of rockfalls on low-latitude, high-elevation slopes: Rodadero, Iztaccíhuatl volcano, Mexico. Earth surface processes and landforms. 2011. Vol. 36(9). P. 1209–1217. DOI: 10.1002/esp.2146.

4. Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С. Особенности датирования селей, лавин и камнепадов в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) по травмам деревьев // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2017. № 4. С. 35–47.

Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Kuznetsov A.S. Dating of debris flows, avalanches and rockfalls in the Aktru headwater (Severo-Chuisky Range, the central Altai Mountains) by tree unjuries // Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology. 2017. № 4. P. 35–47 (in Rusian).

5. Timoshok E.E., Timoshok E.N., Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Filimonova E.O., Skorokhodov S.N., Bocharov A.Yu. Monitoring of high altitudinal terrestrial ecosystems in the Altai Mountains. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 48. P. 1–9. DOI: 10.1088/1755-1315/48/1/012008.

6. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Ч.1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: ИЦ КрасГУ, 2000. 80 с.

Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirdyanov A.V., Kruglov V.B., Mazepa V.S., Naurzbaev M.M., Khantemirov R.M. Methods of dendrochronology. Part 1. Basis of dendrochronology. Collection and determination of tree ring information. Krasnoyarsk: ITSKrasGU, 2000. 80 p. (in Russian).

7. Душкин М.А. Лавины в верховьях долины Актру // Гляциология Алтая. Томск: Изд-во Томского ун-та. 1974. Вып 8. С. 39–59.

Dushkin M.A. Avalanches in the Aktru headwater // Gljaciologija Altaja. Tomsk: Izd-vo Tomsk un-ta, 1974. Vyp. 8. P. 39–59 (in Russian).

8. Николаева С.А., Белова (Диркс) М.Н. Фитоценотическая оценка местообитаний в местах схода селей и лавин в верховьях р. Актру (Горный Алтай) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 40. С. 181–201. DOI: 10.17223/19988591/40/11.

Nikolaeva S.A., Belova (Dirks) M.N. Phytocoenotic assessment of ecotopes on avalanche tracks and debris flow deposits in the Aktru river upper reaches // Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologiya. 2017. № 40. P. 181–201 (in Russian).

9. Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия. Горно-Алтайск: РИО, 2004. 183 с.

Altai (Chuya) earthquake: prediction, characteristics, repercussion. Gorno-Altajsk: RIO, 2004. 183 p. (in Russian).

УДК 631.8:631.417.1(470.314)

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В РЕГУЛИРОВАНИИ БАЛАНСА УГЛЕРОДА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

Петросян Р.Д., Окорков В.В.

ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», Новый, Владимирская обл., e-mail: petrosyan_rafael@mail.ru

На основе расчетного баланса приведены результаты исследований возможности накопления органического углерода в серых лесных почвах Владимирского ополья. Использовали данные по влиянию различных систем удобрения на урожайность ячменя и яровой пшеницы, вынос ими азота основной и побочной продукцией, который определял размеры минерализации органического вещества почвы при возделывании сельскохозяйственных культур. В приходной части баланса углерода установлены размеры гумификации пожнивных и корневых остатков, соломы и органических удобрений. Выявлено, что применение $N_{30}P_{30}K_{30}$ под ячмень по сравнению с контролем позволяло снизить размеры отрицательного баланса углерода с –0,80 до –0,02 т/га. Дальнейший рост доз NPK до $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$ обеспечивал положительный баланс органического вещества серых лесных почв. В 1-й год при внесении органических удобрений (40 т/га навоза) под яровую пшеницу расчетное накопление органического углерода составило 1,08 т/га, при сочетании с N_{40-60} – 1,41 т/га. За две ротации 7- и 8-польных зернотравяного и зернотравяно-пропашного севооборотов одни минеральные удобрения в дозах ($N_{43-48}P_{34-42}K_{34-42}$) и одни органические удобрения в дозе 40 т/га навоза за севооборот не обеспечивали положительный баланс гумуса. При двойной дозе NPK сочетании органических удобрений (40, 60 и 80 т/га за севооборот) с одинарной дозой NPK наблюдали положительный баланс гумуса. Органоминеральные системы удобрения являются наиболее эффективными в аккумуляции гумуса в серых лесных почвах Ополья. В выполнении международных обязательств по сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу ключевая роль должна отводиться почвам.

Ключевые слова: почвенный органический углерод, изменение климата, Парижское климатическое соглашение, баланс углерода, удобрения

THE INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS IN REGULATING THE CARBON BALANCE OF THE GRAY FOREST SOILS OF VLADIMIR OPOLYE

Petrosyan R.D., Okorkov V.V.

Federal State Budgetary Institution «Upper Volga Federal Agrarian Scientific Center», Novyy, Vladimir region, e-mail: petrosyan_rafael@mail.ru

Taking into account the calculated balance the studies` results of the of accumulation of organic carbon possibility in the gray forest soils of Vladimir Opole are presented. The data on the effect of various fertilizer systems on the yield of barley and spring wheat, the removal of nitrogen by their main and secondary products, which determined the size of mineralization of soil organic matter in the cultivation of crops were used. The size of humification of crop and root residues, straw and organic fertilizers has been established in the input part of the carbon balance. It was found that the use of fertilizer $N_{30}P_{30}K_{30}$ for barley compared with the control allowed to reduce the size of the negative carbon balance from -0.80 to -0.02 t/ha. Further increase in the dose of NPK to $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$ provided a positive balance of organic matter of gray forest soils. In the 1st year, when organic fertilizers were applied (40 t / ha manure) for spring wheat, the calculated accumulation of organic carbon was 1.08 t / ha, when combined with N40-60 – 1.41 t / ha. For two rotations of 7- and 8-field grain-grass and grain-grass-tilled crop rotations, some mineral fertilizers in doses ($N_{43-48}P_{34-42}K_{34-42}$) and only organic fertilizers in a dose of 40 t / ha of manure per crop rotation did not provide a positive humus balance. At a double dose of NPK, a combination of organic fertilizers (40, 60 and 80 t/ha per crop rotation) with a single dose of NPK, a positive humus balance was observed. Organic-mineral fertilizer systems are the most effective in the accumulation of humus in the gray forest soils of the Opole. Soil should play a key role in meeting international commitments to reduce carbon dioxide emissions into the atmosphere.

Keywords: soil organic carbon, climate change, Paris climate agreement, carbon balance, fertilizers

Основным критерием повышения плодородия почв и производства сельскохозяйственной продукции является сохранение и увеличение запасов почвенного органического углерода. Для достижения этого необходим переход к углерод-сберегающему и углерод-восстановительному земледелию. Этим обеспечивается и смягчение изменений климата за счет уменьшения концентрации парниковых газов в атмосфере.

Международная и отечественная практика сельскохозяйственного производства накопила огромный опыт по регулированию в почвах содержания органического углерода [1–4]. Среди основных мероприятий предлагают: минимизацию обработок почвы, внесение органических удобрений, сокращение паров, применение севооборотов с возделыванием многолетних трав, а также агролесомелиорацию или строительство живых изгородей и буферных лесных полос.

Перечисленные подходы по сохранению и увеличению содержания органического углерода в пахотных почвах могут выступать в качестве ближайшей задачи международной инициативы «4 промилле» по смягчению изменений климата в России [5].

На пахотных серых лесных почвах Нечерноземья ежегодная минерализация органического вещества под различными группами сельскохозяйственных культур, рассчитанная на основании выноса ими почвенного азота и скорректированная данными отечественных и зарубежных длительных опытов, составляет (т/га): под зерновыми культурами 0,5–1,0, пропашными 1,5–2,5, чистым паром 2–3,5. Однако эти усредненные данные не учитывают генетических особенностей серых лесных почв Владимирского ополья и влияния применяемых удобрений, погодных условий.

Цель исследования: оценить возможность управления балансом органического углерода пахотных серых лесных почв путем оптимизации систем удобрения.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были взяты длительные стационарные полевые опыты, заложенные на серой лесной почве Владимирского ополья на территории Владимирского НИИСХ. В геоморфологическом отношении Ополье представляет собой средневысотную междуречную равнину, перекрытую чехлом лессовидных суглинков, расчлененную густой овражно-балочной сетью. Территория характеризуется умеренно теплым летом, умеренно-холодной зимой и хорошо выраженными осенними и весенними сезонами.

Исследуемый полевой опыт (агроландшафт), заложенный в 1996 г., обладает высоким производственно-технологическим разнообразием (рисунок). Варианты опыта различаются системами обработки почвы (4) и удобрения (4), культурами разного уровня интенсификации 6-польных севооборотов.

Сбор данных выполнялся по регулярной сетке с шагом 7 м. Содержание углерода в слое 0–20 см почвы определяли по методу И.В. Тюрина. Урожайность учитывалась парцеллярным способом (по 3 парцеллы с 1 м^2 на пробной площадке) на ячмене и яровой пшенице.

В опыте изучали 4 уровня применения минеральных удобрений:

1) нулевой (экстенсивный) – без минеральных удобрений;

2) поддерживающий (нормальный) – $N_{30}P_{30}K_{30}$;

3) интенсивный – $N_{60}P_{60}K_{60}$;

4) высокоинтенсивный – $N_{90}P_{90}K_{90}$.

В схеме опыта было предусмотрено применение различных доз органических удобрений (подстилочный навоз в дозах 40, 60 и 80 т/га за севооборот). Нами оценено применение 40 т/га навоза за севооборот.

На основе данных по урожайности культур рассчитывался баланс органического вещества в почве (в пересчете на углерод). Он выполнялся по методике, предложенной в работах [6]. Детализация приходно-расходных статей баланса сделана на основе рекомендаций Крылатова и др. (1998) [6]. Расчеты выполнены при возделывании культур на серой лесной почве на фоне отвальной (общепринятой) обработки почвы.

В другом стационарном полевом опыте, заложенном в 1991–1993 гг. [7], также изучали влияние различных систем удобрения на изменение гумусового состояния серых лесных почв Ополья. При этом содержание и изменение гумуса оценивали непосредственным определением по методу И.В. Тюрина.

В 1-й ротации 8-польного зернотравяно-пропашного севооборота провели известкование по полной гидролитической кислотности (5 т/га известняковой муки). Во 2-й и 3-й ротациях изучали последействие известкования.

Результаты исследования и их обсуждение

Баланс углерода под ячменем варьировал от –0,80 до 0,05 т/га. Отрицательный баланс углерода (–0,80 т/га) отмечен на нулевом фоне применения минеральных удобрений (табл. 1). Его значения определялись незначительными размерами приходных статей баланса, включая относительно небольшое накопление углерода за счет гумификации корневых остатков (0,32 т/га) и поступающих пожнивных остатков (0,11 т/га). За счет измельченной и разбрасываемой соломы накопление углерода составило (0,67 т/га). На фоне перечисленных низких показателей приходных статей баланса углерода выявлены высокие размеры минерализации органического вещества почвы (1,90 т/га углерода). Они вызваны высокой урожайностью ячменя (5,45 т/га зерна), в несколько раз превышающей среднюю урожайность по стране, при отсутствии внесения минеральных удобрений, в первую очередь азотных.

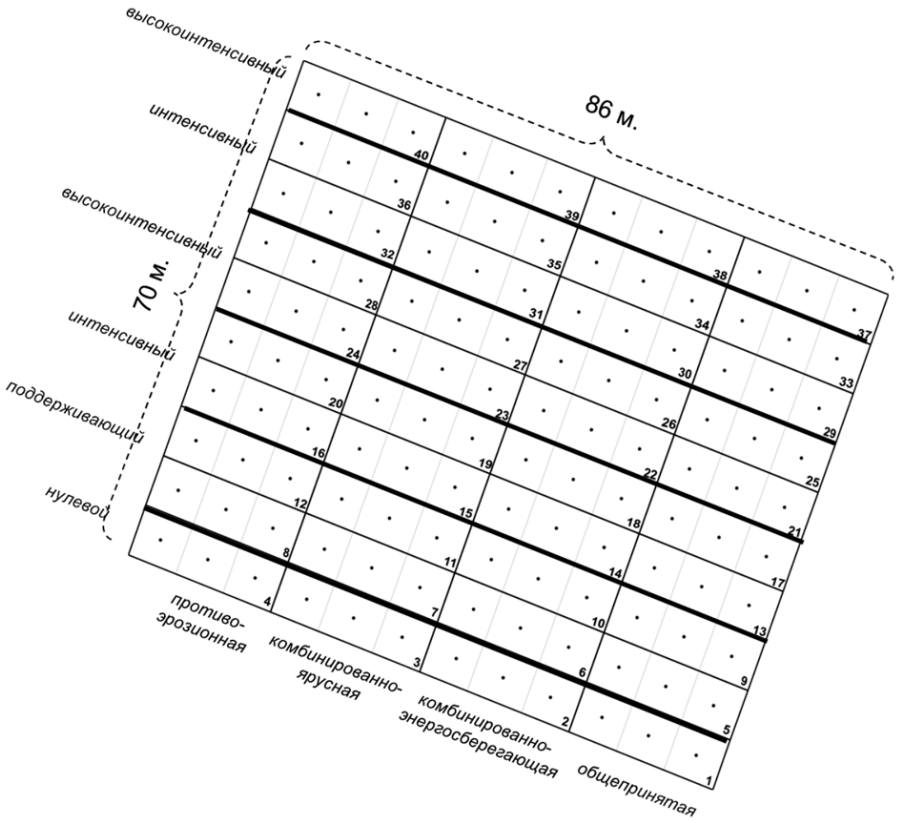


Схема 1-й повторности стационарного полевого опыта

Баланс углерода с применением минеральных удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ колебался в пределах нулевых значений (от –0,02 до 0,05 т/га). Приходные статьи баланса также особо не различались между собой. Накопление углерода варьировало за счет гумификации корневых остатков в пределах (0,32–0,34 т/га), пожнивных остатков – (0,1–0,12 т/га) и гумификации соломы – (0,65–0,71 т/га). Значения минерализации органического вещества почвы значительно уменьшились (на 40 %) в сравнении с нулевым фоном применения удобрений и варьировали в пределах (1,04–1,13 т/га), что объясняет важную роль применения минеральных азотных удобрений в достижении нулевого положительного баланса углерода в почве. Основная роль минеральных удобрений заключалась в снижении размеров минерализации органического вещества почвы при формировании урожая сельскохозяйственных культур. Также выявлено оптимальное количество применяемых минеральных удобрений на поддерживающем фоне ($N_{30}P_{30}K_{30}$), при котором сохраняются высокие значения урожая культуры ячменя (5,27 т/га) и нулевой баланс углерода.

Стоит отметить, что с увеличением доз применяемых минеральных удобрений не наблюдали значительных изменений в количестве накапливаемого углерода за счет гумификации растительных остатков (корневые и пожнивные остатки, солома).

Баланс углерода под яровой пшеницей, идущей по унавоженному черному пару (40 т/га), колебался от 1,08 до 1,41 т/га. Приходные статьи баланса углерода в зависимости от применяемых систем удобрения значительно не различались между собой. Они составляли: гумификация корневых остатков (0,19–0,21 т/га), пожнивных остатков (0,08–0,09 т/га), соломы (0,32–0,35 т/га).

Значения минерализации органического вещества без применения удобрений составили 0,94 т/га углерода, что значительно выше (на 30 %), чем при их внесении (0,60–0,68 т/га С). Снижение урожайности яровой пшеницы по сравнению с ячменем с 5,45 до 1,93 т/га зерна уменьшило размеры минерализации органического вещества почвы (с 1,90 до 0,94 т/га С). Под яровую пшеницу

было внесено 40 т/га подстилочного навоза, что обеспечивало накопление 1,4 т/га углерода. В итоге баланс углерода в этом варианте составил 1,08 т/га.

На поддерживающем фоне применения удобрений внесение 40 т/га с N_{40}аммиачной селитры привело к значительному снижению минерализации органического вещества почвы (с 0,94 до 0,60 т/га углерода), обеспечив положительный баланс углерода (1,41 т/га).

На высокоинтенсивных фонах при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{90}P_{90}K_{90}$и $N_{120}P_{120}K_{120}$произошло существенное увеличение урожайности зерна яровой пшеницы (с 1,93 до 2,53 т/га). Минерализация органического вещества почвы снизилась с 0,94 до 0,63 т/га углерода. Однако без внесения органических удобрений баланс углерода в опыте был близок к нулевому (0,01–0,04 т/га).

В пахотном слое серой лесной почвы 0–20 см запасы углерода варьировали от 39,2 до 42,7 т/га, что свидетельствует о высоком потенциальном плодородии этих почв. Наблюдается тенденция их увеличения при органоминеральных системах удобрения.

Полученные расчетные данные баланса углерода органического вещества подтверждаются результатами исследований в длительном полевом стационарном опыте Владимирского НИИСХ (ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ») [7–9]. В нем влияние различных систем удобрения за 15-летний период наблюдений на состояние гумуса изучали непосредственным его определением (табл. 2).

Видно, что без применения минеральных удобрений в период относительной стабилизации органического вещества его содержание в пахотном слое 0–20 см за 15 лет уменьшилось на 0,180 % (4,68 т/га гумуса) или 2,72 т/га углерода. Объемная масса серой лесной почвы 1,30 г/см^3. Фосфорно-калийное удобрение $P_{34-42}K_{34-42}$уменьшало размеры снижения гумуса на 27,8, а полное минеральное удобрение ($N_{43-48}P_{34-42}K_{34-42}$) – на 69,4 % (до –0,055 %). При использовании двойной дозы NPK баланс гумуса был близок к нулевому значению.

Таблица 1

Эффективность влияния удобрений на структуры баланса углерода

Урожай зерна, т/га	Удобрения	Баланс углерода, т/га	Минерализация, т/га	Запасы углерода, т/га	Гумификация пожнивных остатков, т/га	Гумификация корневых остатков, т/га	Гумификация соломы, т/га
Почва – серая лесная, культура – ячмень, обработка почвы – отвальная							
5,45	–	–0,80	1,90	Не опр.	0,11	0,32	0,67
5,27	$N_{30}P_{30}K_{30}$	–0,02	1,10		0,11	0,32	0,65
5,89	$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,04	1,13		0,12	0,34	0,71
5,44	$N_{60}P_{60}K_{60}$	0,05	1,04		0,11	0,32	0,66
Почва – серая лесная, культура – яровая пшеница, обработка почвы – отвальная							
1,93	Навоз 40 т.	1,08	0,94	41,4	0,08	0,19	0,35
2,06	Навоз 40 т. + N_{40}	1,41	0,60	42,7	0,08	0,20	0,33
2,27	Навоз 40 т. + N_{60}	1,41	0,61	42,1	0,09	0,21	0,32
2,35	$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,04	0,63	39,5	0,09	0,22	0,36
2,53	$N_{120}P_{120}K_{120}$	0,01	0,68	39,2	0,09	0,23	0,37

Таблица 2

Изменение содержания ОВ в 2013–2014 гг. по сравнению с 1998–1999 гг. на фоне последействия известкования, % (поля 1 и 2, ячмень) [8]

Доза навоза за севооборот, т/га	Минеральные удобрения				Среднее по органическим удобрениям, $НСР_{05}$ = 0,020 %
	0	PK	NPK	2NPK	
0	–0,180	–0,130	–0,055	0,020	**–0,086**
40	–0,080	–0,080	0,050	0,080	**–0,008**
60	–0,015	–0,005	0,070	0,110	**0,040**
80	0,065	0,070	0,100	0,120	**0,089**
Среднее по минера-льным удобрениям, $НСР_{05}$ = 0,020 %	–0,052	–0,036	0,041	0,082	

Применение 40 т/га подстилочного навоза за ротацию севооборота и сочетание его с фосфорно-калийными удобрениями не обеспечивало положительный баланс гумуса. Лишь при сочетании 40 т/га навоза за ротацию с применением одинарной и двойной доз полного минерального удобрения наблюдали положительный баланс органического вещества (0,050–0,080 % гумуса).

Близкий к нулевому значению баланс органического вещества и углерода получен при использовании 60 т/га подстилочного навоза за ротацию севооборота и сочетания его с фосфорно-калийными удобрениями (снижение содержания гумуса от –0,015 до –0,005 % от исходного). Применение за ротацию 80 т/га подстилочного навоза увеличивало содержание гумуса на 0,065 % от исходной величины, а сочетания 60 и 80 т/га его с одинарной и двойной дозами полного минерального удобрения – на 0,070–0,120 % (или на 1,06–1,81 т/га С).

На фоне внесения 4-х доз органических удобрений (0, 40, 60 и 80 т/га за ротацию 7- и 8-польных севооборотов) применение одинарной дозы NPK обеспечивало положительный баланс гумуса 0,041 %, а двойной дозы NPK – на 0,082 %. На фоне применения 4-х доз минеральных удобрений (0, PK, NPK и 2NPK) подстилочный навоз в дозах 60 и 80 т/га увеличивал содержание гумуса соответственно на 0,040 и 0,089 % от исходного значения.

В отношении сохранения и повышения содержания органического углерода и повышения окупаемости элементов питания удобрений [7] наиболее эффективны органоминеральные системы удобрения при сочетании одинарной дозы NPK ($N_{43-48}P_{34-42}K_{34-42}$) с 40–80 т/га подстилочного навоза за ротацию 7- и 8-польных зернотравяных и зернотравяно-пропашных севооборотов.

Выводы

В многолетнем стационарном опыте изучено влияние систем удобрения на приходные и расходные статьи баланса углерода в серых лесных почвах Владимирского ополья. На контроле (без применения удобрений) под ячменем установлен отрицательный баланс углерода. Он обусловлен высокой минерализацией органического вещества почвы (1,90 т/га С) при получении урожая зерна ячменя 5,45 т/га. Применение полного минерального удобрения под ячмень в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ по сравнению с контролем позволяло снизить размеры отрицательного баланса углерода с –0,80 до –0,02 т/га. Дальнейший рост доз NPK до $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$ обеспечивал положительный расчетный баланс органического вещества серых лесных почв.

В первый год при внесении органических удобрений в дозе 40 т/га навоза под яровую пшеницу расчетное накопление углерода органического вещества составило 1,08 т/га, при сочетании их с N_{40-60} – до 1,41 т/га.

За две ротации 7- и 8-польных зернотравяного и зернотравяно-пропашного севооборотов одни минеральные удобрения в дозах ($N_{43-48}P_{34-42}K_{34-42}$) и одни органические удобрения в дозе 40 т/га навоза за севооборот не обеспечивали положительный баланс гумуса. При двойной дозе NPK, сочетании органических удобрений (40, 60 и 80 т/га за севооборот) с одинарной дозой NPK наблюдали положительный баланс углерода. Органоминеральные системы удобрения являются наиболее эффективными в накоплении органического вещества в серых лесных почвах Ополья.

Список литературы / References

1. Bernoux M., Paustian, K. Climate Change Mitigation. In: Banwart, S.A., Noellemeyer, E., Milne, E., eds. Soil Carbon: Science, management and policy for multiple benefits. SCOPE Series 71. CABI, Wallingford, UK. 2015. P. 224–234.

2. Stolbovoy V., Carbon in agricultural soils of Russia. 2002. pp. 301–306. In Smith, C.A.S. (ed.) Soil Organic Carbon and Agriculture: Developing Indicators for Policy Analyses. Proceedings of an OECD expert meeting, Ottawa Canada. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa and Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. 329 p.

3. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 223 с.

Semenov V.M., Kogut B.M., Soil organic matter. M.: GEOS, 2015. 223 p. (in Russian).

4. Столбовой В.С. Почвенные ресурсы России – современные вызовы: материалы научной конференции XXI Докучаевские молодежные чтения «Почвоведение – мост между науками». Санкт-Петербург, 2018. С. 24–41.

Stolbovoy V.S. Russia's soil resources are modern challenges: proceedings of the scientific conference XXI Dokuchaevsky youth reading «Soil science – the bridge between the sciences». St. Petersburg, 2018. P. 24–41 (in Russian).

5. Minasny B., Malone B.P., McBratney A.B., Field D.J., Odeh I., Padarian J., Stockmann U., Angers D.A., McConkey B.G., Arrouays D., Martin M., Richer-de-Forges A.C., Chambers A., Chaplot V., Chen Z.-S., Tsui C.-C., Cheng K., Pan G., Das B.S., Gimona A., Savin I., Stolbovoy V. et al., Soil Carbon 4 PER MILLE, Geoderma. 2017. V. 292. P. 59–86.

6. Носов С.И., Юдицкий Б.А, Бондарев Б.Е., Первушина В.Н. Динамика баланса гумуса на пахотных землях Российской Федерации. М.: Госкомзем России, 1998. 60 с.

Nosova S.I., Yuditsky B. A., Bondarev B.E., Pervushina V.N. Dynamics of humus balance in arable lands of the Russian Federation. M.: Goskomzem Rossii, 1998. 60 p. (in Russian).

7. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Приемы комплексного использования средств химизации в севообороте на серых лесных почвах Верхневолжья в агротехно-

логиях различной интенсивности. ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». Суздаль, 2017. 176 с.

Okorkov V.V., Fenova O.A., Okorkova L.A. Receptions of the integrated use of chemicals in the crop rotation on the gray forest soils of the Upper Volga region in agricultural technologies of varying intensivity. Vladimirsky Research institute of Agriculture. Suzdal, 2017. 176 p. (in Russian).

8. Окорков В.В., Окоркова Л.А., Фенова О.А. Удобрения и тренды в плодородии серых лесных почв Верхневолжья. ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ». Иваново: ПресСто, 2018. 228 с.

Okorkov V.V., Okorkova L.A., Fenova O.A. Fertilizers and trends in fertility of gray forest soils Upper Volga region. Federal State Budgetary Institution «Upper Volga Federal Agrarian Scientific Center». Ivanovo: PresSto, 2018. 228 p. (in Russian).

9. Петросян Р.Д., Шилов П.М., Ильин А.Л., Марков А.А., Шаркевич В.В. Пространственная неоднородность содержания органического вещества в серых лесных пахотных почвах Владимирского Ополья // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 12. С. 48–50.

Petrosyan R.D., Shilov P.M., Il'in A.L., Markov A.A., Sharkevich V.V. Spatial heterogeneity of the organic matter content in the gray forest arable soil of Vladimir Opolye // Dostizheniya nauki i texniki APK. 2016. V. 30. № 12. P. 48–50 (in Russian).

УДК 630*161:634.18(571.51)

СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

[1]Слепов А.Н., [1]Лагунов А.Н., [2]Коротченко И.С., [1]Бояринова С.П., [3]Первышина Г.Г.

[1]ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Железногорск, e-mail: info@sibpsa.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, e-mail: kisaspi@mail.ru;

[3]ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: eva_apple@mail.ru

В статье приведены результаты по стабильности развития листовых пластинок древесных растений, отобранных с различных по степени антропогенной нагрузки территорий Сибири. Растительные объекты исследования сравнивали базовым способом нормировки статистических данных. Дисперсионный анализ позволил выявить, что у листьев рябины обыкновенной обнаруживалась наибольшая асимметрия в ширине листа и расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка. Следовательно, у листовых пластинок рябины обыкновенной наиболее чувствительными оказались показатели: ширина листа и расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка. Наибольшие значения интегрального показателя флуктуирующей асимметрии обнаружены у листовых пластинок рябины обыкновенной, взятых на незначительном удалении от предприятия АО «Русал Саяногорский алюминиевый завод» (ИФА = 0,044), угольного разреза «Бородинский», Красноярский край (ИФА = 0,033). Показано, что береза повислая обладает более высокой чувствительностью к воздействию антропогенных факторов по сравнению с рябиной обыкновенной. Отмечено, что билатеральный признак ширины левой и правой половинок листовой пластинки более выражен у рябины обыкновенной, возможно, степень варьирования ширины левой и правой половинок листовой пластинки рябины обыкновенной может быть применима при оценке состояния окружающей среды. Показано, что различное состояние урбанизированных сред не определяет снижения стабильности развития популяций рябины обыкновенной, а может указывать на толерантность их к загрязнителям, присутствующим в окружающей природной среде. Это является основанием для рекомендации рябины обыкновенной в системе озеленения территорий с высокой степенью воздействия негативных антропогенных факторов, например санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

Ключевые слова: рябина обыкновенная, стабильность развития, асимметрия, Красноярский край, антропогенное загрязнение

DEVELOPMENT STABILITY OF EUROPEAN MOUNTAIN ASH IN CONDITIONS OF KRASNOYARSK TERRITORY (KRAI)

[1]Slepov A.N., [1]Lagunov A.N., [2]Korotchenko I.S., [1]Boyarinova S.P., [3]Pervyshina G.G.

[1]Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Emergencies Ministry of Russia, Zheleznogorsk, e-mail: randow2010@yandex.ru;

[2]Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, e-mail: kisaspi@mail.ru;

[3]Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: eva_apple@mail.ru

The article presents the results on the development stability of leaf plates of woody plants selected from territories of the Siberia different by their degree of anthropogenic load. Plant objects in study were compared by the basic method of normalization of statistical data. Dispersion analysis revealed that the leaves of mountain ash were found to have the greatest asymmetry in the width of the leaf and the distance between the bases of the first and second veins of the second order. Consequently, in leaf blades of mountain ash ordinary, the following indicators turned out to be the most sensitive: width of the leaf and the distance between the bases of the first and second veins of the second order. The highest values of the integral indicator of fluctuating asymmetry were found in leaf plates of mountain ash, taken at an insignificant distance from the company AO «Rusal Sayanogorsk aluminum factory» (IFA = 0,044), coal mine «Borodino» Krasnoyarsk Krai (IFA = 0,033). It has been shown that weeping birch has a higher sensitivity to the effects of anthropogenic factors compared to mountain ash. It is noted that the bilateral sign of the lamina width of the left and right halves is more pronounced in mountain ash. Perhaps the degree of variation in the leaf width of the left and right halves of mountain ash may be applicable when assessing the state of the environment. It is shown that a different state of urbanized environments does not determine a decrease in the stability of the development of mountain ash populations, but may indicate their tolerance to pollutants presented in the natural environment. This is the basis for recommending mountain ash in the system of landscaping areas with a high degree of impact of negative anthropogenic factors, such as sanitary protection zones of industrial enterprises.

Keywords: mountain ash, developmental stability, asymmetry, Krasnoyarsk Territory, anthropogenic pollution

В последние годы значительное внимание уделяется оценке качества окружающей среды, особенно урбанизированных территорий, с использованием методов фитоиндикации и, в частности, путем определения флуктуирующей асимметрии (ФА) листовых пластинок растений. Несмотря на то, что наиболее часто при использовании данной методики в качестве модельных объектов выбирают растения с зубчатым краем

листа [1–3], авторы применяют и растения с цельными краями листьев [4, 5], а также растения со сложными листьями [6], листовые пластинки с обрезанных и необрезанных растений тополя бальзамического [7]. В то же время в работах М.В. Козлова с соавторами [8] обращается внимание на то, что получение корректных оценок флуктуирующей асимметрии требует применения трудоемких и достаточно высокоточных измерений, и использование статистических методов обработки полученных результатов. В частности, отмечено, что снижение погрешности измерения возможно при использовании вместо измеряемых счетных признаков, модельных объектов с более крупными листьями и других.

На наш взгляд, перспективным является направление, предложенное в работе В.И. Полонского и И.С. Поляковой [4], связанное с определением наиболее чувствительных показателей билатеральных (измеряемых) признаков при оценке антропогенной нагрузки на городскую среду. Так, авторы установили, что при использовании в качестве модельного объекта листьев сирени венгерской оценка качества окружающей среды может быть произведена на основании установления степени варьирования ширины правой и левой половин листа.

Цель исследования: определить наиболее чувствительные показатели билатеральных признаков листовых пластинок рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) в условиях урбанизированных территорий Красноярского края.

Материалы и методы исследования

Модельным объектом являлись полносформированные листья рябины обыкновенной, собранные в период 2–9 сентября 2017 г. в ряде урбанизированных территорий Красноярского края (табл. 1).

Выбор территорий был обусловлен следующими причинами:

– опытные участки 1, 3, 5: сбор образцов проводили в условиях городской среды, но в удалении от промышленных предприятий, на расстоянии не менее 50 м от автотрасс;

– опытный участок 2: сбор образцов осуществляли вблизи угольного разреза «Бородинский» Канско-Ачинского угольного бассейна;

– опытный участок 4: условно фоновый (территория Академгородка г. Красноярска);

– опытный участок 6: сбор образцов проводили в незначительном удалении от предприятия АО «Русал Саяногорский алюминиевый завод») (рис. 1).

Поскольку листья рябины обыкновенной сложные, проводили отбор образцов длиной 17–18 см, с 9–11 сидячими широколанцетными зубчатыми по краю листиками. Измерению подвергали один листик с правой стороны листа, длиной 4–5 см. В настоящем исследовании нами была использована широко распространенная методика [8, 9], на основании которой для анализа осуществляли отбор не менее 200 шт. листьев на каждом рассматриваемом участке. Данная операция выполнялась с южной и западной стороны кроны (средняя часть) с 5–10 растений. Листья отжимали между слоями фильтровальной бумаги и гербаризировали. Для обмера использовали листовые пластинки, не имеющие механического повреждения или деформации. Измерения выполняли линейкой с точностью 0,5 мм. Измерения проводились пятью участниками, информация о месте сбора листьев была зашифрована. На листовых пластинках осуществляли промеры пяти стандартных [9, 10] метрических билатеральных признаков:

j_1 – ширины левой и правой половинок листовой пластинки;

j_2 – расстояния от основания листовой пластинки до конца жилки второго порядка;

Таблица 1

Месторасположение опытных участков

№ опытного участка	Место произрастания растения	Количество листьев, взятое для измерения
1	г. Боготол, Красноярский край	226
2	Угольный разрез «Бородинский», Красноярский край	251
3	ЗАТО г. Зеленогорск, Красноярский край	239
4	г. Красноярск, Октябрьский район	256
5	г. Красноярск, Свердловский район	259
6	г. Саяногорск, Республика Хакассия	219

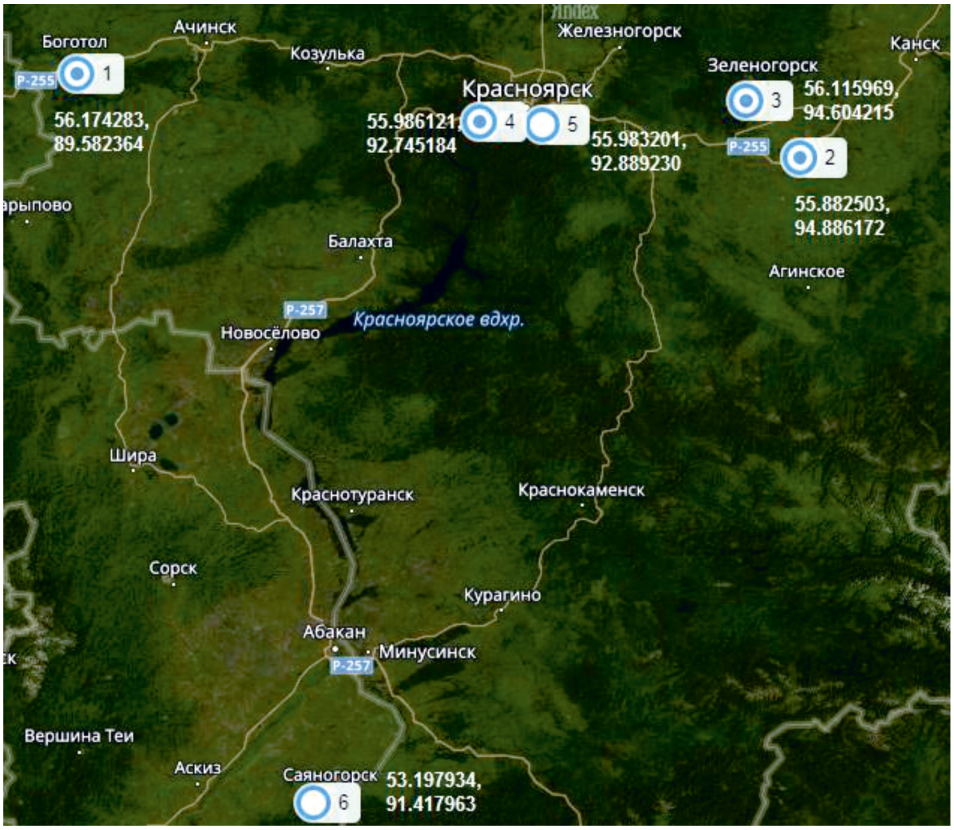


Рис. 1. Карта-схема отбора растительных проб на территории Красноярского края

Таблица 2

Формулы расчета показателей флуктуирующей асимметрии и интегральных признаков

Одной особи по одному признаку	Выборки по одному признаку	Одной особи по всем признакам	Интегральный индекс
$fa_{ij} = (t_{Lij} - t_{Rij})$ $t_{Lij} = (L_{ij} - ML)/SL_j$ $tR_{ij} = (R_{ij} - MR_j)/SR_j$	$fa_{ij} = S^2_{faij}$	$fa_i = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} fa_{ij}$	$Fa = S^2_{fai}$

Примечание. M и S – средняя арифметическая и стандартное отклонение билатерального признака по всем выборкам, участвующим в сравнении, S^2_{faij} – дисперсия разности сторон.

j_3 – расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка;

j_4 – расстояния между концами первой и второй жилок второго порядка;

j_5 – угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Ранее А.А. Зориной [11] было установлено, что объекты разного качества можно сравнивать при использовании базового способа нормировки статистических данных, статистическая обработка данных проводилась с его использованием (табл. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты дисперсионного анализа, представленные в табл. 3, показали, что у листьев рябины обыкновенной наблюдалась большая асимметрия в ширине листа (j_1) и расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка (j_3). Для остальных рассматриваемых метрических билатеральных признаков зафиксированы меньшие значения показателей асимметрии.

Таблица 3

Показатели флуктуирующей асимметрии листьев рябины обыкновенной, произрастающих в условиях урбанизированных территорий Красноярского края

№ опытного участка	fa_j					Fa
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$	
1	0,176	0,091	0,140	0,061	0,065	0,023
2	0,167	0,071	0,117	0,040	0,057	0,033
3	0,214	0,099	0,181	0,039	0,057	0,011
4	0,141	0,051	0,084	0,029	0,030	0,009
5	0,219	0,094	0,158	0,058	0,050	0,010
6	0,259	0,105	0,124	0,061	0,069	0,044

Таблица 4

Факториальные нагрузки на метрические билатеральные признаки листовой пластинки рябины обыкновенной

Показатели	Факторные нагрузки на признаки до вращения факторов		Факторные нагрузки на признаки после варимаксного вращения факторов	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
$j = 1$	–0,879	–0,076	0,764	0,440
$j = 2$	–0,967	–0,234	0,927	0,361
$j = 3$	–0,630	–0,732	0,936	–0,239
$j = 4$	–0,837	0,123	0,616	0,580
$j = 5$	–0,910	0,237	0,610	0,715
FA	–0,530	0,821	–0,034	0,977
Информационные вклады факторов	3,919	1,342	3,075	2,186

Как известно, развитие листовых пластинок древесных растений в значительной степени определяется условиями их произрастания и, в частности, уровнем оказываемого антропогенного воздействия. Поскольку сбор растительного сырья был осуществлен в ограниченный период времени, а рассматриваемые территории мало отличаются по климатическим характеристикам, любые стрессовые факторы в окружающей природной среде, приводящие к увеличению онтогенетического шума, могут вызывать дестабилизацию морфогенеза листовой пластинки древесных растений [4]. Проведенный нами факторный анализ показал: ведущую роль в полученных различиях интегрального показателя флуктуирующей асимметрии оказывает именно антропогенный фактор (выбросы автотранспорта, алюминиевого завода, добыча угля). С первым фактором (выбросы автотранспорта) наибольшей связью связаны такие показатели, как ширина левой и правой половинок листовой пластинки, расстояние от основания листовой пластинки до конца жилки второго порядка, расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка. Со вторым фактором (выбросы от алюминиевого завода) наиболее сильно связаны такие показатели, как угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка и интегральный показатель флуктуирующей асимметрии (табл. 4).

Выявили, что менее всего подвержены действию факторов: выбросы от автотранспорта, промышленных предприятий опытные участки № 4 (условно фоновый) и № 5 (г. Красноярск, Свердловский район). На участке № 3 (ЗАТО г. Зеленогорск, Красноярский край) наибольшая автотранспортная нагрузка, по сравнению с участками № 1, 5 и 6. На участке № 6 превалирует фактор – выбросы от предприятия, так как сбор образцов проводили в незначительном удалении от предприятия АО «Русал Саяногорский алюминиевый завод») (рис. 2).

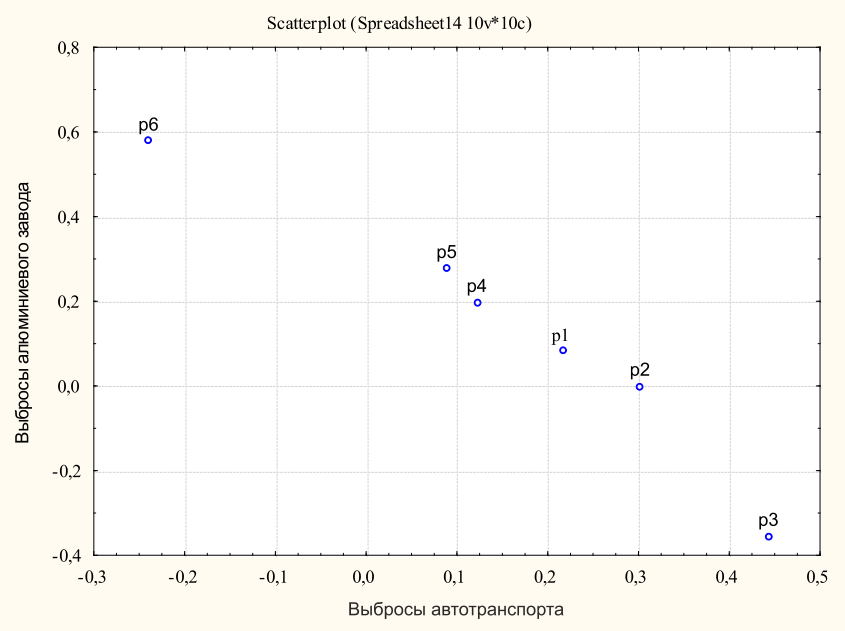


Рис. 2. Проекция изучаемых опытных участков (р1-р6 – номера участков в соответствии с табл. 1) на факторные оси (2D) (выполнено в программе Statistica v6.0)

Таблица 5

Сравнительный анализ показателей ФА листьев рябины обыкновенной и листьев березы повислой, произрастающих на территории Свердловского района г. Красноярска

Объекты исследования	fa_j					Fa
	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$	
Рябина обыкновенная	0,219	0,094	0,158	0,058	0,050	0,010
Береза повислая [данные согласуются с 12]	0,113	0,381	0,268	0,563	0,074	0,047

Ранее отмечалось, что в качестве индикатора состояния окружающей среды может выступать береза повислая [2] вследствие ее высокой чувствительности к действию поллютантов. Сравнительный анализ показателей флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой и рябины обыкновенной (табл. 5) свидетельствует о том, что береза повислая действительно обладает более высокой чувствительностью к неблагоприятным условиям по сравнению с рябиной обыкновенной. Однако такой билатеральный признак, как вариабельность ширины левой и правой половинок листовой пластинки, более выражен у рябины обыкновенной.

Основываясь как на данном признаке, так и на интегральном показателе флуктуирующей асимметрии, можно произвести следующее ранжирование рассматриваемых территорий с точки зрения состояния окружающей среды. Наиболее благоприятные условия для произрастания деревьев зафиксированы в районе Академгородка г. Красноярска (условно фоновый участок), незначительные отклонения – в Свердловском районе города Красноярска и ЗАТО г. Зеленогорск Красноярского края. Сбор растительного сырья в данном случае производился на достаточном удалении от источников антропогенного воздействия. Повышенное значение рассматриваемого показателя (0,033) было обнаружено у растений, произрастающих на небольшом удалении от угольного разреза «Бородинский». Поскольку добыча угля на данном разрезе ведется открытым способом, о чем свидетельствует рисунок (рис. 3), возможно ухудшение экологической обстановки вследствие попадания в атмосферу шахтных газов, а также твердых и газообразных веществ от горящих отвалов. Наибольший интегральный показатель ФА (0,044) выявлен в г. Саяногорске (республика Хакассия) у растений, произрастающих на незначительном удалении от АО «Русал Саянский алюминиевый завод».

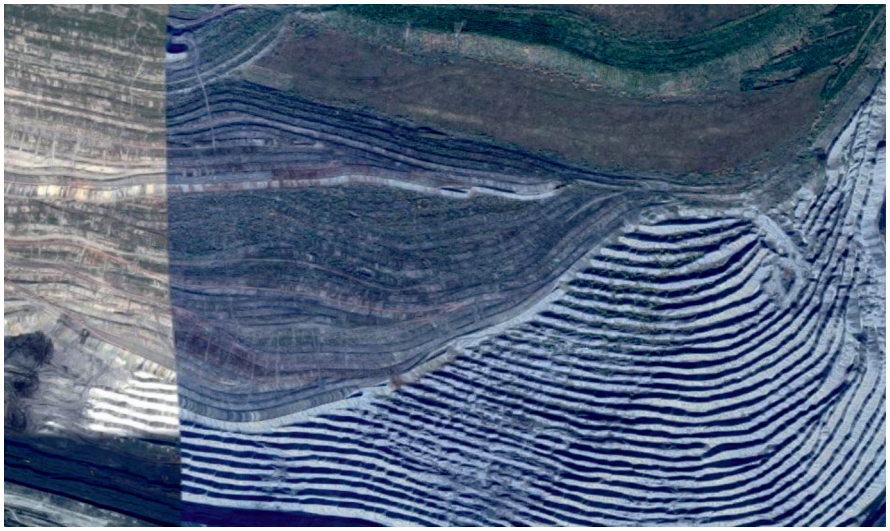


Рис. 3. Открытые карьеры угольного разреза «Бородинский», Красноярский край (скриншот выполнен в приложении Google Карты)

В то же время следует отметить, что ранжирование территорий по степени антропогенного воздействия на основании изучения флуктуирующей асимметрии листовых пластинок рябины обыкновенной проводить нецелесообразно в связи с их пониженной чувствительностью по сравнению с березой повислой. Однако можно рассматривать вопросы озеленения как городских территорий, характеризующихся повышенной антропогенной нагрузкой, так и санитарно-защитных зон промышленных предприятий за счет высадки данного дерева.

Выводы

1. Более чувствительным показателем по сравнению с листовой пластинкой березы повислой при оценке состояния окружающей среды может служить степень варьирования ширины левой и правой половинок листовой пластинки рябины обыкновенной.

2. Сравнительный анализ показателей и интегральных индексов флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой и рябины обыкновенной, произрастающих в Свердловском районе г. Красноярска, выявил разную степень нарушения стабильности развития видов. Вследствие этого возможно озеленение городских территорий, а также территорий вблизи источников антропогенного загрязнения путем высаживания рябины обыкновенной.

Список литературы / References

1. Гуртяк А.А., Углев В.В. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 1. С. 200–204.

Gurtyak A., Uglev V.V. Assessment of a condition of the environment of the urban area with use of a birch povisly as the bioindicator // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2010. V. 317. № 1. P. 200–204 (in Russian).

2. Низкий С.Е., Сергеева А.С. Флуктуирующая асимметрия листьев березы плосколистной в качестве индикатора экологического состояния селитебной территории // Вестник КрасГАУ. 2012. № 5. С. 221–223.

Nizky S.E., Sergeyeva A.S. Fluctuating Asymmetry of the Flat-Leaved Birch Leaves as an Environmental Indicator of a Settlement Territory // Vestnik KrasGAU. 2012. № 5. P. 221–223 (in Russian).

3. Хузина Г.Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*Tilia cordata* L.) // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о земле. 2011. № 3. С. 47–52.

Huzina G.R. Characteristic of the fluctuating asymmetry (FA) of bilateral features for a leaf of a small-leaved Linden (*Tilia cordata* L.) // Bulletin of the Udmurt university. Biology. Sciences about the earth. 2011. № 3. P. 47–52 (in Russian).

4. Коротченко И.С. Биоиндикация загрязнения районов г. Красноярска по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки вяза приземистого // Вестник КрасГАУ. 2015. № 11. С. 67–72.

Korotchenko I.S. Bioindication of Pollution of Districts of Krasnoyarsk in Size of the Fluctuating Asymmetry of the Sheet Plate of Siberian Elm // Vestnik KrasGAU. 2015. № 11. P. 67–72 (in Russian).

5. Полонский В.И., Полякова В.С. Сирень венгерская – перспективный биоиндикатор для сравнительной оценки степени загрязнения городской среды // Вестник КрасГАУ. 2014. № 2. С. 89–92.

Polonskiy V.I., Polyakova V.S. Hungarian Lilac the Perspective Bioindicator for Comparative Assessment of the Urban Environment Pollution Degree // Vestnik KrasGAU. 2014. №. 2. P. 89–92 (in Russian).

6. Klisaric N.B., Miljkovic D., Avramov S., Zivkovic U. Fluctuating asymmetry in Robinia pseudoacacia leaves – possible in situ biomarker? Environ. Sci. Pollut. Res. 2014. V. 21. № 22. P. 12928–12940. DOI:10.1007/s11356-014-3211-2.

7. Попельницкая И.М., Попов А.О. Флуктуирующая асимметрия листьев тополя бальзамического (Populus bal-

samifera L.) в городской среде // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 72–78.

Popelnitskaya I.M., Popov A.O., Fluctuating asymmetry of poplar (Populus balsamifera) in the urban environment // Advances in current natural sciences. 2017. № 12. P. 72–78 (in Russian).

8. Козлов М.В. Исследование флуктуирующей асимметрии растений в России: мифология и методология // Экология. 2017. № 1. С. 3–12. DOI: 10.7868/S0367059717010103.

Kozlov M.V. Plant studies on fluctuating asymmetry in Russia: Mythology and methodology // Russian Journal of Ecology. 2017. T. 48. № 1. P. 1–9. DOI: 10.1134/S1067413617010106.

9. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. Методическое руководство для заповедников. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V., Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Chubinishvili A.T. Health of the environment: assessment technique. The methodical management for reserves. M.: Center for environmental policy of Russia, 2000. 66 p. (in Russian).

10. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ: распоряжение Росэкологии от 16 октября 2003 г. № 460-р. М., 2003. 24 с.

Methodical recommendations about performance of assessment of quality of the environment about a condition of living beings: Rosekologiya's order of October 16, 2003 №. 460-r. M., 2003. 24 p. (in Russian).

11. Зорина А.А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии // Принципы экологии. 2012. Т. 1. № 3. С. 24–47.

Zorina A.A. Methods of statistical analysis of the fluctuating asymmetry // Principles of ecology. 2012. V. 1. № 3. P. 24–47 (in Russian).

12. Первышина Г.Г., Коротченко И.С., Волхонская М.С. Стабильность развития интродуцента – ореха маньчжурского в сравнении с березой повислой в условиях города Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2017. № 11. С. 178–185.

Pervyshina G.G., Korotchenko S.I., Volkhonskaya M.S. Developmental stability of introduced species – manchurian nut in comparison with betula pendula in the conditions of the city of Krasnoyarsk // Vestnik KrasGAU. 2017. № 11. P. 178–185 (in Russian).

УДК 631.52:633.491(571.51)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Халипский А.Н., Чураков А.А., Абдураимов П.О.

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, e-mail: khalipskiya@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы, связанные с хозяйственной оценкой сортов картофеля в зависимости от региона происхождения. Работа выполнена в 2016–2017 гг. в Красноярском крае. Почва опытного участка – агрочернозём выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый. Изучены 18 сортов, объединённых в эколого-географические группы по происхождению: Красноярский край, Кемеровская область, Западная Сибирь, Европейская часть России, Германия, Нидерланды. По количеству клубней в кусте выделились сорта Памяти Рафика (13 шт., Красноярский край), Гала, Аризона (14 шт., Германия), Невский (15 шт., Европейская часть России) при показателях стандартов: среднераннего Лина – 12 шт., среднеспелого Тулеевский – 8 шт. Продуктивность более 1300 г на куст имели сорта Красноярского края (Красноярский ранний, Памяти Рафика), Кемеровской области (Танай), Нидерландов (Аризона), Ленинградской области (Накра). Наибольшую среднюю массу клубня имели сорта Арамис, Тулеевский, Арроу. Крупноклубнёвые сорта имели менее 10 клубней в клоне. Максимальную среднюю урожайность имели сорта из Красноярского края (48,4 т/га), на втором месте из Кемеровской области (40,7 т/га), на третьем из Нидерландов (39,8 т/га). По содержанию крахмала выявлено значительное варьирование в пределах изученных сортов. Минимальное значение показателя зафиксировано у сортов Арроу (10,2%) и Коломба (10,6%). Эти сорта могут быть рекомендованы для диабетического питания. Высоким содержанием крахмала характеризовались сорта Накра (20,1%) и Хозяюшка (20,9%). Установлено, что максимальная рентабельность получена у сортов, созданных в Красноярском крае (193%).

Ключевые слова: урожайность, качество, содержание крахмала, рентабельность, группа спелости, селекция

THE STUDY RESULTS OF POTATO GROWING ORIGINATED FROM DIFFERENT ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ZONES UNDER CONDITIONS OF KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

Khalipskiy A.N., Churakov A.A., Abduraimov P.O.

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, e-mail: khalipskiya@mail.ru

The article reveals some issues related to the economic assessment of potato varieties, depending on the region of its origin. The research was carried out during 2016–2017 in the Krasnoyarsk region. The soil of the experimental plot is agricultural chernozem leached medium-power medium-humus heavy loamy. Eighteen varieties were studied, grouped by their ecological-geographical places of origin: Krasnoyarsk region, Kemerovo region, Western Siberia, the European part of Russia, Germany, the Netherlands. In terms of the number of tubers in the bush, varieties of Pamyati Rafiq (13 pcs., Krasnoyarsk region), Gala, Arizona (14 pcs., Germany), Nevsky (15 pcs., the European part of Russia) were selected, compared to the standard breeds: the mid-maturity Lina (12 pcs.), mid-season Tuleyevsky (8 pcs.). varieties of the Krasnoyarsk Territory (Krasnoyarsk Early, Pamyati Rafiq), Kemerovo Region (Tanai), Netherlands (Arizona), Leningrad region (Nakra) shown the productivity of more than 1300 g per bush. The Aramis, Tuleyevsky and Arrow varieties had the highest average tuber weight. Large cultivars had less than 10 tubers in the clone. The varieties from the Krasnoyarsk region are on the first place by the crop-production power (48.4 t / ha), the second place took the varieties from the Kemerovo region (40.7 t / ha), and the third place took varieties from the Netherlands (39.8 t / ha). The starch content revealed a significant variation within the studied varieties. The minimum value of the indicator was recorded in the breeds Arrow (10.2%) and Colomba (10.6%). These varieties can be recommended for diabetic nutrition. High starch content was found in the varieties Nakra (20.1%) and Hozyaushka (20.9%). It was established that the maximum profitability was obtained from varieties created in the Krasnoyarsk region (193%).

Keywords: yield, quality, starch content, profitability, ripeness group, breeding

Многообразие применения картофеля требует использования большого разнообразия сортов с различными качествами, которые реализуются в его сортах и технологиях возделывания. Картофелю, по мнению Е.А. Симакова, достойно принадлежит третье место среди культур мирового потребления, после пшеницы и риса, и четвертое место по объему производства [1].

В связи с этим важная роль в создании сортов отводится созданию исходного материала, его изучению и оценке в различных питомниках. Для этой работы создаются коллекционные питомники, которые формируются на основе мировых коллекций [2].

В настоящее время коллекция сортов картофеля Красноярского государственного аграрного университета насчитывает около 180 образцов. Она включает современные и стародавние селекционные сорта различного географического происхождения, а также местные формы [3].

Расширение ассортимента и повышение качества картофеля тесно связано с созданием и внедрением в производственный процесс новых высокопродуктивных сортов. Особое значение для успешного решения столь многогранной проблемы имеет разработка вопросов изучения коллекций исходного материала картофеля с целью вовлечения их в селекционный процесс путем выявления лучших для создания родительских пар.

Цель исследований: оценить сорта картофеля различного происхождения по продуктивности и качеству.

Задачи исследований:

– провести сравнительную оценку сортов картофеля по продуктивности;

– дать оценку сортов картофеля по качеству;

– дать экономическую оценку сортам картофеля по группам происхождения.

Материалы и методы исследования

Изучено 18 сортов картофеля различных групп спелости и регионов происхождения (табл. 1), 16 из которых внесены в Государственный реестр селекционных достижений и допущены для возделывания в различных регионах Российской Федерации. Не имеют допуска сорта Гурман и Памяти Рафика.

Географические группы составлены таким образом, что включают ранние и среднеспелые сорта, а также устойчивые и восприимчивые к нематоде.

Из 18 представленных сортов: 2 очень ранних, 3 раннеспелых, 4 среднеспелых и 8 среднеранних.

Почва опытных участков представлена агрочерноземом выщелоченным среднемощным среднегумусным, тяжелосуглинистым. Предшественник – чистый ранний пар. Подготовка пара состояла из весенней культивации стерни зерновой культуры Вспашку пара с оборотом пласта выполняли в конце второй начале 3 декады июля, по мере появления сорняков проводили культивацию пара. На следующий год весной – ранневесеннее боронование. Перед посадкой картофеля проводили глубокое рыхление плоскорезом КПГ 2-1 на глубину 25–27 см.

Посадку картофеля осуществляли вручную по схеме 30×90 см после того, как почва на глубине заделки посадочного материала достигнет +10 °С. В 2016 г. – 26 мая, в 2017 г. – 2 июня. Опыты закладывали в однократной повторности с посадкой двух стандартов: для раннеспелых сортов – Красноярский ранний, для среднеспелых – Накра. За вегетационный период проводили прополку и окучивание вручную. Уборку картофеля проводили после отмирания ботвы (естественного или вынужденного).

Таблица 1

Характеристика изучаемых сортов картофеля

Наименование сорта	Происхождение	Устойчивость к нематоде	Группа спелости
Красноярский ранний	Красноярский край	rv	раннеспелый
Арамис	Красноярский край	rn	среднеспелый
Памяти Рафика	Красноярский край	rn	среднеспелый
Тулеевский	Кемеровская область	rv	среднеспелый
Танай	Кемеровская область	rn	среднеранний
Кемеровчанин	Кемеровская область	rn	среднеранний
Накра	Томская область	rv	среднеспелый
Хозяюшка	Омская область	rn	среднеспелый
Лина	Новосибирская область	rv	среднеранний
Адретта	Германия	rv	среднеранний
Гала	Германия	rn	среднеранний
Вега	Германия	rn	раннеспелый
Аризона	Нидерланды	rn	среднеранний
Коломба	Нидерланды	rn	очень ранний
Ароу	Нидерланды	rn	раннеспелый
Метеор	Европейская Россия	rn	очень ранний
Невский	Европейская Россия	rv	среднеранний
Гурман	Украина	rv	среднеранний

Примечание. rn – сорта, устойчивые к нематоде, rv – сорта, не устойчивые к нематоде.

При уборке вели подсчёт числа кустов на делянке. Определяли число стеблей и их массу, число нетоварных и товарных клубней, их массу с каждого куста.

Для определения содержания крахмала отбирали средний образец весом не более 1000 г каждого сорта. Анализы выполнялись в Красноярской зональной химико-технологической лаборатории. Статистическую обработку урожайных данных и элементов структуры урожая вели по общепринятой методике [4], используя метод дисперсионного анализа. Экономическую эффективность рассчитывали согласно технологическим карам и фактическим ценам, складывающимся в годы исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Важным селекционным и хозяйственно-биологическим признаком сорта картофеля является количество товарных семенных клубней в клоне.

Для всех образцов коллекции характерна сильная внутрилинейная изменчивость продуктивности, количества клубней, вызванная неблагоприятными погодными условиями. В основном все изученные образцы отличались высоким количеством клубней в кусте (более 10 шт.), за исключением сортов Тулеевский, Арамис и Арроу. Эти сорта, имея более низкое число клубней, отличались их высокой массой (табл. 2).

Установлено, что большее число клубней в клоне формировали сорта из Германии.

Другим важнейшим показателем, формирующим урожай картофеля, является масса клубней одного клона. Оценка картофеля по массе клубней с одного клона (табл. 3) показала, что этот показатель изменяется как в зависимости от сорта, так и по годам.

В 2016 г. по массе клона ни один из сортов картофеля не превзошел стандартный сорт картофеля Красноярский ранний, районированный с 1994 г. в 5, 10, 11 агроклиматических зонах России.

В 2017 г. сорта Танай (Кемеровская область), Аризона (Голландия) и Невский (Ленинградская область) имели достоверную прибавку к стандарту.

Объединив сорта в группы по эколого-географическому происхождению (табл. 4) были получены данные по урожайности в группах. Средняя урожайность за 2 года самой высокой была у сортов по происхождению из Красноярского края.

На втором месте по урожайности были сорта из группы европейской части России, особенно сорт Невский. Этот сорт в условиях Красноярского края характеризуется стабильно высокой урожайностью на протяжении ряда лет [5].

Таблица 2

Оценка сортов картофеля по числу товарных клубней в клоне

Сорт	2016 г.	2017 г.	Среднее
Красноярский ранний, стандарт	12	10	11
Арамис	9	8	9
Памяти Рафика	14	12	13
Тулеевский	9	7	8
Танай	12	12	12
Кемеровчанин	11	9	10
Накра	12	10	11
Хозяюшка	10	8	9
Лина	13	11	12
Адретта	13	11	12
Гала	15*	13	14
Вега	12	10	11
Аризона	15*	13	14
Коломба	12	10	11
Арроу	8	6	7
Метеор	10	8	9
Невский	16*	14*	15
Гурман	12	10	11
$НСР_{05}$	2	3	

Примечание. * прибавка достоверная.

Таблица 3

Оценка сортов картофеля по общей массе клубней с одного клона, г

Сорт	2016 г.	2017 г.	Среднее
Красноярский ранний	930	1810	1370
Арамис	441	1500	871
Памяти Рафика	905	1759	1302
Тулеевский	448	800	624
Танай	896	2011*	1453
Кемеровчанин	513	1250	881
Накра	681	1332	1006
Хозяюшка	699	1051	866
Лина	237	1340	789
Адретта	577	1354	965
Гала	453	1036	745
Вега	776	1459	906
Аризона	996	2186*	1591
Коломба	677	1160	889
Арроу	457	502	479
Метеор	502	1500	1001
Невский	742	1926*	1334
Гурман	363	1489	926
$НСР_{05}$	36	58	

Таблица 4

Оценка сортов картофеля по урожайности по группам происхождения сорта, т/га

Эколого-географическая зона происхождения сорта	2016 г.	2017 г.	Среднее
Красноярский край	30,3	66,4	48,4
Кемеровская область	26,9	56,0	40,7
Западная Сибирь	21,6	53,9	37,7
Европейская часть России	20,8	65,4	43,1
Германия	24,1	48,8	36,4
Нидерланды	28,4	51,3	39,8
$НСР_{05}$ к стандарту Красноярский ранний	0,23	0,56	

Таблица 5

Оценка сортов картофеля по содержанию крахмала, %

Сорт	2016 г.	2017 г.	Среднее
Красноярский ранний	15,1	11,2	13,2
Арамис	16,9	16,4	16,6 *
Памяти Рафика	20,2	15,1	17,6 *
Тулеевский	10,8	12,8	11,8
Танай	15,7	13,9	14,8
Кемеровчанин	16,2	14,5	15,3
Накра	20,7	19,4	20,1 *
Хозяюшка	21,6	20,3	20,9 *
Лина	15,2	16,2	15,7
Адретта	17,8	17,4	17,6 *
Гала	12,7	13,4	13,0
Вега	14,2	11,4	12,8
Аризона	13,0	17,4	15,2
Коломба	11,6	9,7	10,6
Арроу	10,2	10,2	10,2
Метеор	20,6	13,1	16,8*
Невский	13,2	13,2	13,2
Гурман	10,3	13,6	12,0
$НСР_{05}$	3,2	4,2	

Примечание. * сорта с высоким содержанием крахмала.

Таблица 6

Оценка сортов картофеля по экономической эффективности в зависимости от группы происхождения, среднее за 2016–2017 гг.

Группа происхождения сортов	Урожайность, ц/га	Себестоимость, руб./ц	Уровень рентабельности, %
Красноярский край	484	4102	193
Кемеровская область	407	4451	169
Западная Сибирь	377	4651	158
Европейская часть России	431	4329	177
Германия	364	5301	125
Нидерланды (Голландия)	398	5041	138

В селекции на улучшение качества картофеля важная роль принадлежит тем сортам, которые в комплексе обладают ими [6]. При оценке сортов по показателям качества мы учитывали в первую очередь содержание крахмала.

В статье Коршунов с соавторами [7], ссылаясь на работу С.М. Прокошева, 1947 г., пишут, что среди пищевых веществ клубней картофеля крахмал занимает ведущую роль. Он составляет 70–80% сухой массы клубня, или 95–99% всего количества накапливаемых картофелем углеводов

Оценка сортов картофеля по содержанию крахмала показывает, что его содержание в процентах меняется как в зависимости от сорта, так и по годам (табл. 5).

Содержание крахмала – важный, но не единственный показатель, определяющий вкусовые качества столовых сортов. В наших исследованиях отличные вкусовые качества были у сортов Красноярский ранний, Гала, Коломба, Арроу, Тулеевский, Вега, Танай, характеризующихся средним содержанием крахмала (табл. 5).

Сорт, по мнению Л.А. Калининой, А.В. Новикова [8] – наиболее эффективное и доступное средство повышения урожайности и качества продукции в изменяющихся экономических условиях.

Оценка сортов картофеля по урожайности, себестоимости и уровню рентабельности (табл. 6) показала, что лучшими по этим показателям были сорта из Красноярского края и Европейской части России.

Полученный уровень урожайности картофеля, даже в условиях невысокой цены реализации (12 руб/кг продовольственного картофеля), позволяет считать культуру высокодоходной. Уровень рентабельности производства варьировал, в зависимости от группы происхождения сортов, от 125 до 193%.

Выводы

1. Установлено, что лучшей селекционной проработкой по всем показателям (урожайность, качество, экономическая эффективность) обладают сорта сибирской селекции.

2. Лучшей экономической эффективностью обладают сорта по происхождению из Красноярского края и Европейской части России.

Рекомендации селекционным учреждениям

1. Рекомендовать сорта картофеля для включения их в селекцию на продуктивность: Красноярский ранний, Памяти Рафика, Аризона, Танай, Невский.

2. При селекции на повышенное содержание крахмала – Памяти Рафика, Накра, Хозяюшка, Адретта и Метеор.

Список литературы / References

1. Симаков Е.А. Как вырастить ранний картофель // Вестник овощевода. 2009. № 1. С. 44–47.

Simakov E.A. How to grow early potatoes // Vestnik ovoshchevoda. 2009. № 1. P. 44–47 (in Russian).

2. Рычков В.А. Бурлов С.П. Селекция ранних и среднеранних сортов картофеля // Проблемы устойчивого развития регионального АПК: материалы научно-практической конференции. 2006. С. 79–82.

Rychkov V.A. Burlov S.P. Selection of early and sredneranny grades of potatoes // Problems of sustainable development of regional agrarian and industrial complex: materials of a scientific and practical conference. 2006. P. 79–82 (in Russian).

3. Чураков А.А., Халипский А.Н., Ступницкий Д.Н., Абдураимов П.О. Направления селекции и особенности оригинального семеноводства картофеля в Красноярском ГАУ // В сборнике: Адаптивность сельскохозяйственных культур в экстремальных условиях Центрально- и Восточно-Азиатского макрорегиона материалы симпозиума с международным участием, 2018. С. 73–84.

Churakov A.A., Khalipskiy A.N., Stupnitskiy D.N., Abduraimov P.O. Directions of selection and features of the original potato seed in the Krasnoyarsk State Agrarian University // In the collection: Adaptability of crops in extreme conditions of the Central and East Asian macroregion symposium materials with the international participation, 2018. P. 73–84 (in Russian).

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 2012. 352 с.

Dospekhov B.A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromisdat, 2012. 352 p. (in Russian).

5. Халипский А.Н. Изучение экологического эффекта разных сортов картофеля // Докл. и сообщ. генетико – се-

лекционной школы (19-23.04.1999). РАСХН. Сиб. отделение СибНИИРС. Новосибирск, 2000. С. 338–340.

Khalipskiy A.N. Study of the environmental effect of different varieties of potatoes // Dokl. i soobshch. genetiko – selektsionnoy shkoly (19-23.04.1999). RASKhN. Sib. otdeleniye SibNIIRS. Novosibirsk, 2000. P. 338–340 (in Russian).

6. Симаков Е.А. Современные тенденции развития селекции на улучшение питательной ценности картофеля // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 10. С. 44–50.

Simakov E.A. Current trends in the development of breeding for improving the nutritional value of potatoes // Uspekhi sovremennoy nauki. 2017. V. 2. № 10. P. 44–50 (in Russian).

7. Коршунов А.В., Филиппова Г.И., Гаитова Н.А., Митюшкин А.В., Кутовенко Л.Н. Управление содержанием крахмала в картофеле // Аграрный вестник Урала. 2011. № 2. С. 47–50.

Korshunov A.V., Filippova G.I., Gaitova N.A., Mityushkin A.V., Kutovenko L.N. Control of Starch Content in Potato // Agrarny vestnik Urala. 2011. № 2. P. 47–50 (in Russian).

8. Калинина Л.А., Новиков А.В. Спрос на картофель в Иркутской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 3–7.

Kalinina L.A., Novikov A.V. Demand for potatoes in the Irkutsk region // Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2012. № 2. P. 3–7 (in Russian).

УДК 551.312.48(470.314+470.331)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ВЗВЕСЕЙ И ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛОГО ОЗЕРА И КРУПНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА БОРЕАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ ВОДОЕМОВ ВЛАДИМИРСКОЙ И ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ)

Гришанцева Е.С., Алехин Ю.В., Дроздова О.Ю., Лапицкий С.А., Демин В.В., Завгородняя Ю.А., Червякова П.С.

Московский государственный университет им. Ломоносова, Москва, e-mail: shes99@mail.ru

В статье приведены результаты определения микроэлементного состава и проведен сравнительный геохимический анализ состава взвешенного вещества и донных осадков малого озера во Владимирской области (оз. Ершевик) и крупного водохранилища в Тверской области (Иваньковское водохранилище). Полевое опробование проводилось в июле 2017 г. Определение микроэлементного состава геохимических образцов проводилось с применением метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Важным направлением исследований являлось изучение распространенности редкоземельных элементов (РЗЭ) в донных осадках и взвеси малого озера Ершевик и Иваньковского водохранилища. Исследование микроэлементного состава донных осадков малого озера и крупного водохранилища показало их большое сходство и близость к составу глин Русской платформы. Существенное различие в содержании микроэлементов в донных осадках было получено для элементов группы тяжелых металлов для которых, по-видимому, большое значение имеет антропогенное поступление. Установлены основные формы нахождения микроэлементов (Mo, Cd, Pb, Th, U, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, La, Ce) в донных осадках и взвешенном веществе водоемов с применением схемы последовательных экстракций по методу Тессье с анализом состава твердой и жидкой фазы методом ИСП-МС. Полученные закономерности в соотношении форм нахождения микроэлементов свидетельствуют о том, что определяющую роль в миграции микроэлементов и их накоплении в составе донных осадков как в малых озерах, так и в крупных водохранилищах играют процессы сорбции и соосаждения на оксигидроксидах железа и марганца и образование ассоциированных с Fe и Mn органоминеральных соединений.

Ключевые слова: донные осадки, взвесь, геохимический состав, формы нахождения элементов, Иваньковское водохранилище, озеро Владимирской области

COMPARATIVE ANALYSIS OF GEOCHEMICAL COMPOSITIONS OF SUSPENDED MATTER AND BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL LAKE AND LARGE RESERVOIR OF BOREAL CLIMATIC ZONE (BY THE EXAMPLE OF RESERVOIRS OF VLADIMIR AND TVER REGIONS)

Grishantseva E.S., Alekhin Yu.V., Drozdova O.Yu., Lapitskiy S.A., Demin V.V., Zavgorodnyaya Yu.A., Chervyakova P.S.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail:shes99@mail.ru

The article presents the results of determining the trace element composition and a comparative geochemical analysis of the composition of suspended matter and sediments of small lakes of the Vladimir region (oz.Ershevik) and large reservoir in Tver region (Ivankovskoe reservoir). Field testing was conducted in July 2017. The microelement composition of geochemical samples was determined using the inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) method. An important area of research was the study of the prevalence of rare earth elements (REE) in bottom sediments and suspended matter of small lakes of the Vladimir region and the Ivankov reservoir. The study of the microelement composition of bottom sediments of a small lake and a large reservoir showed their great similarity and proximity to the composition of clays of the Russian platform. A significant difference in the content of trace elements in bottom sediments was obtained for elements of the group of heavy metals for which anthropogenic input seems to be of great importance. The basic forms of trace elements (Mo, Cd, Pb, Th, U, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, La, Ce) in bottom sediments and suspended matter of water bodies were determined using the scheme of sequential extraction by the Tessier method. The obtained regularities in the ratio of forms of trace elements indicate that the decisive role in the migration of trace elements and their accumulation in the composition of bottom sediments in small lakes and in large reservoirs is played by the processes of sorption and co-deposition on iron and manganese oxyhydroxides and the formation of organomineral compounds associated with Fe and Mn.

Keywords: sediments, suspended matter, geochemical composition, the speciation of the elements, Ivankovskoe reservoir, lake in the Vladimir region

Данная работа направлена на решение фундаментальной проблемы типизации и сравнительного геохимического анализа составов вод, донных отложений и взвесей в водотоках и водоемах бореальной климатической зоны на эталонных объектах Европейской части России. Целью работы было исследование геохимического состава и сравнительный анализ составов донных осадков и водной взвеси малого водоема во Владимирской области и крупного водохранилища в Тверской области, а также

изучение форм нахождения микроэлементов. Важным направлением исследований являлось изучение распространенности редкоземельных элементов (РЗЭ) в донных осадках и взвеси в водоемах Владимирской и Тверской областей. Исследование распространенности РЗЭ в водных экосистемах представляет большой интерес в связи с их использованием в качестве индикаторов геохимических процессов при изучении миграции и особенностей их фракционирования в системе вода – взвесь – донные осадки. Надежных данных о геохимическом составе речных взвесей, полученных с применением современных аналитических методов все еще недостаточно [1]. Иваньковское водохранилище является одним из основных источников питьевого водоснабжения Московского региона и оценка его экологического состояния имеет большое практическое значение для планирования рационального использования водных ресурсов и оценки антропогенного воздействия в связи с прогрессирующим хозяйственным освоением.

Материалы и методы исследования

Опробование водоемов проводилось в июне 2017 г. Для исследования были выбраны малое озеро во Владимирской области (оз. Ершевик) как эталонный объект водоема первичной гидрографической сети и крупный конечный водоем речного стока – типичное равнинное водохранилище средней полосы России – Иваньковское водохранилище в Тверской области (рис. 1, 2). Озеро Ершевик находится во Владимирской области на водосборном бассейне р. Клязьма, которая дренирует заболоченные территории. На Иваньковском водохранилище опробование проводилось на двух участках с различными гидродинамическими обстановками: в мелководном плесе (створ Безбородово) с озерным режимом и в створе Мелково, где режим водохранилища приближен к речному.

Отбирали верхний слой донных осадков (0–5 см) при помощи трубки ГОИН. Пробоподготовку и анализ проводили по методике [2]. Образцы взвеси накапливали в процессе фильтрации большеобъемных проб воды (50 л) из придонного горизонта на мембранных фильтрах (МФАС-ОС-1 Владипор) с диаметром пор 0,22 мкм. Взвесь и донные осадки разлагали в смеси кислот $HF + HNO_3 + HCl$. Содержание микроэлементов определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (прибор ELEMENT-2, ThermoFinnigan). Определение форм нахождения микроэлементов проводили по схеме последовательных экстракций по методу Тессье [3].

Рис. 1. Схема расположения станций опробования донных осадков и взвеси в Иваньковском водохранилище: 1 – створ Безбородово, 2 – створ Мелково

Рис. 2. Схема расположения станций опробования донных осадков и взвеси оз. Ершевик

Результаты исследования и их обсуждение

Как известно, взвешенное вещество является исходным материалом для образования донных осадков [4]. Геохимический состав взвешенного вещества отражает современный состав терригенной и биогенной составляющих, поступающих в настоящее время в водоем, в то время как геохимический состав донных осадков дает общую интегральную оценку и характеризуют результат длительных процессов осадконакопления на последних стадиях его формирования.

Исследование общего химического состава донных осадков водоемов показало, что их макросостав близок к составу четвертичных отложений Русской равнины [1, 5]. Различие в составе исследуемых донных отложений и четвертичных отложений Русской равнины состоит в более высоких содержаниях TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, K_2O и в меньшем количестве кремнезема в донных отложениях. Это является следствием высокого содержания глинистых минералов в составе донных отложений. Кроме того, донные осадки отличаются более высокими содержаниями органического вещества. Содержание $C_{орг}$ в донных отложениях и взвеси створа Мелково составляло 2 и 3,2 %; в донных осадках и взвеси створа Безбородово 1,7 и 4,8 %; в донных осадках и взвеси оз. Ершевик 10,7 и 3,8 % соответственно.

Содержания микроэлементов в донных осадках и взвеси водоемов представлены в таблице. Как видно, донные осадки исследуемых водоемов имеют схожий микроэлементный состав. Различие проявляется в более высоких концентрациях микроэлементов, которые относятся к группе тяжелых металлов (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, W, Pb) в донных осадках оз. Ершевик. Это, вероятно, связано с антропогенным поступлением этих элементов с загрязненными водами р. Клязьма во время паводков. Донные осадки створа Мелково характеризуются самыми низкими концентрациями большинства микроэлементов, что объясняется интенсивной переработкой донных осадков в активных гидродинамических условиях и с вымыванием тонкодисперсной илистой фракции, с которой сорбционно связаны микроэлементы.

Сравнение микроэлементного состава донных осадков и взвеси Иваньковского водохранилища показывает, что во взвеси содержится больше V, Cr, Co, As, Sb, Th, U, Ni, Zn, а также Mn, Fe, $C_{орг}$. Полученные данные о геохимическом составе взвеси Иваньковского водохранилища близки к имеющимся в литературе данным для взвешенного вещества р. Волга [1]. Как показали наши исследования, в составе взвеси из придонного горизонта литогенная составляющая преобладает над биогенной. Взвесь створа Безбородово характеризуется высоким содержанием Al, Sc, Ti. Терригенные частицы, поступающие в водоем с поверхностным и речным стоком с водосборной территории и в результате береговой абразии в большом количестве содержатся в составе взвеси мелководного створа Безбородово. Для взвешенного вещества створа Безбородово получены самые высокие содержания большинства микроэлементов (Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Cs, Ba, Pb, Th, U). Высокая доля биогенной составляющей, источником которой служит преимущественно фитопланктон, получена для взвешенного вещества малого озера Ершевик, для которого получены высокие содержания биофильных элементов (P, $C_{орг}$), а также Zn и Cd.

Сравнительная характеристика микроэлементного состава донных осадков и взвеси водоемов Тверской и Владимирской областей

Элементы, мг/кг	Глины Русской платформы, [1]	Североамериканский сланец (NASC), [6]	Иваньковское вдхр., створ Мелково		Иваньковское вдхр., створ Безбородово		Озеро Ершевик	
			донные осадки n = 6	взвесь n = 3	донные осадки n = 6	взвесь n = 3	донные осадки n = 6	взвесь n = 3
Be	2,8	–	0,8	0,9	1,6	2	2,1	0,4
P	790	560	487	1067	1050	1051	8774	2661
Sc	15	14,6	58	5	76	80	69	2
Ti	5100	4200	1336	2262	5626	4593	4264	476
V	120	–	29	44	90	111	126	28
Cr	76	130	22	32	69	91	343	33
Mn	970	460	465	1258	1188	1817	1019	4500
Co	19	27	3,7	6,7	13,5	17,9	27	9,2
Ni	47	58	8,2	13,7	28,6	36,9	101	12,3
Cu	36	–	35,7	34,1	41,8	52,5	201	9,6
Zn	52	–	100	134,9	137,9	163	424	199
As	9,3	28	7,8	12,7	13,6	19	58	24,9
Se	0,36	–	2,5	3,8	2,6	2,6	2,5	3,5
Rb	130	125	48,5	40,2	88,3	102	72,8	8,3
Y	31	–	9,3	10,6	22,8	30,7	27,7	4,5
Zr	190	200	56	113	151	189	133	16
Nb	11	–	4	6,8	18,4	23	14,3	1,6
Mo	1,6	–	0,9	0,7	1,4	1,5	3,6	0,8
Ag	0,2	–	0,5	0,8	0,7	0,8	2,2	0,3
Cd	1,0	–	0,3	0,5	0,4	0,4	9	0,7
Sn	3,5	–	1,7	5,4	3,2	4,6	33,6	0,8
Sb	1,0	2,09	0,3	0,9	0,6	0,9	3,5	1,0
Te	1,0	–	0,3	0,3	0,3	0,3	1,7	0,3
Cs	10	5,16	0,9	1,4	3,2	3,8	3,8	0,5
Ba	460	636	347	264	481	570	436	189
La	37,5	32	11,5	15,4	28,8	36,3	30	4,4
Ce	74,8	73	24,2	33,7	62,7	81,3	67	10,2
Pr	8,6	7,9	2,9	3,9	7,2	9,2	7,7	1,2
Nd	32,2	33	10,7	14,9	26,9	34,7	30,3	4,9
Sm	6,2	5,7	2,1	2,8	5,2	6,6	5,9	1
Eu	1,3	1,24	0,6	0,6	1	1,4	1,6	0,2
Gd	5,2	5,2	1,8	2,2	4,1	5,8	5,2	0,9
Tb	0,79	0,85	0,3	0,4	0,7	0,9	0,8	0,1
Dy	4,88	6	1,7	2	4,0	5,6	4,8	0,8
Ho	0,96	1,36	0,3	0,4	0,8	1,2	0,9	0,2
Er	2,78	3,4	0,9	1,1	2,4	3,2	2,7	0,4
Tm	0,41	0,5	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,1
Yb	2,73	3,1	1	1,1	2,1	3,1	2,5	0,4
Lu	0,41	0,48	0,1	0,2	0,3	0,5	0,4	0,1
Ta	1,4	1,2	0,8	1,3	3,2	4,2	2,8	0,3
W	2,6	2,1	0,6	1	1,6	2,1	13,2	2,4
Tl	1,3	–	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,1
Pb	14	–	16,2	16	23,8	29,5	61,5	14,6
Bi	0,38	–	0,1	0,4	0,2	0,3	1,1	0,1
Th	10	12,2	2,9	4,7	8,6	11	8,4	1,1
U	4,5	2,66	0,8	1,1	1,9	2,5	4,9	0,8

Примечание: n – количество проб, «-» – нет данных.

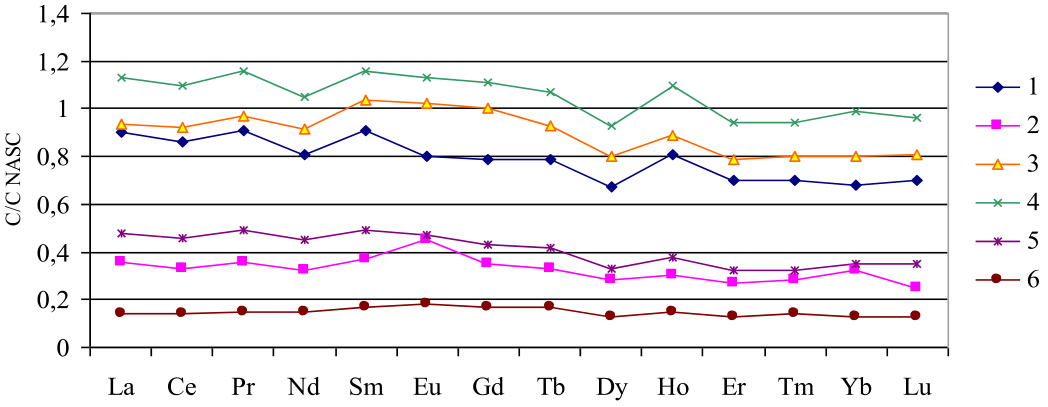


Рис. 3. Профили распределения концентраций редкоземельных элементов в донных осадках и взвеси водоемов Тверской и Владимирской областей, нормированных к североамериканскому сланцу (NASC): 1 – донные осадки Безбородово, 2 – донные осадки Мелково, 3 – донные осадки оз. Ершевик, 4 – взвесь Безбородово, 5 – взвесь Мелково, 6 – взвесь оз. Ершевик

Сравнительные профили распределения концентраций редкоземельных элементов в донных осадках и взвеси водоемов приведены на рис. 3. Полученные данные о распространенности редкоземельных элементов в донных осадках и взвеси оз. Ершевик и Иваньковского водохранилища позволили установить следующие закономерности. Суммарные содержания РЗЭ в исследуемых водоемах составляют: 146 и 190 мг/кг для донных осадков и взвеси створа Безбородово в Иваньковском водохранилище; 58 и 79 мг/кг для донных осадков и взвеси створа Мелково в Иваньковском водохранилище; 160 и 25 мг/кг для донных осадков и взвеси озера Ершевик. Концентрации легких РЗЭ для всех исследованных водоемов превышают концентрации тяжелых РЗЭ, составляя 88–91% от общего содержания РЗЭ, что хорошо согласуется с имеющимися данными для геосферы в целом [7]. Самые высокие значения содержаний РЗЭ, близкие к соответствующим значениям для глин Русской платформы и данным [1] для р. Волги, были получены для донных осадков створа Безбородово и оз. Ершевик. Это свидетельствует о поступлении РЗЭ в донные осадки за счет их выщелачивания из горных пород территории водосбора в составе литогенных частиц взвеси. Профили распределения РЗЭ в донных осадках и взвеси Безбородово, а также донных осадках оз. Ершевик однотипны по своей конфигурации и отражают состав РЗЭ пород территории водосбора. Для донных осадков и взвеси створа Мелково были получены значения в среднем в два раза ниже средних содержаний РЗЭ в глинах Русской платформы [1, 5]. Это объясняется тем, что в активных гидродинамических условиях створа Мелково, где речной режим, происходит интенсивная переработка донных осадков и вымывание мелкодисперсных частиц взвеси с сорбированными на них РЗЭ и не происходит накопления РЗЭ в составе донных осадков. Такая же закономерность была ранее отмечена для других микроэлементов. Самые низкие значения содержаний РЗЭ были получены для взвеси оз.Ершевик, они были в 6–8 раз ниже соответствующих значений для глин Русской платформы. Это связано с тем, что в летний период во взвеси здесь преобладает биогенная составляющая и состав РЗЭ отражает уровень их содержания в фитопланктоне. Поскольку в донных осадках оз.Ершевик были получены высокие содержания РЗЭ, а во взвеси низкие, поступление РЗЭ и других микроэлементов в озеро происходит в составе терригенного осадочного вещества в период паводков.

Результаты определения форм нахождения микроэлементов в донных осадках и взвеси водоемов Владимирской и Тверской областей показали, что суммарная доля миграционно-способных форм микроэлементов от их валового содержания составляет от 4 до 94%. Полученные результаты имеют большое экологическое значение, так как дают информацию о количестве металлов, которые непрочно удерживаются в составе донных осадков, т.е. позволяют оценить опасность вторичного загрязнения поверхностных вод. Для донных осадков мелководного залива в створе Безбородово доля миграционно-способных форм микроэлементов от валового содержания состав-

ляла: 10–20% для U, V, La, Ce, Cu, Cr; 20–50% для Ni, Mo, Pb, Sr, Co, Zn; и достигала самых больших значений для Cd 92%. На участке водохранилища с речным гидродинамическим режимом в створе Мелково, который расположен ниже по течению от г. Тверь и испытывает антропогенную нагрузку в результате поступления промстоков, в донных осадках получены более высокие значения содержания миграционно-способных форм Mo, Cr, Co, Ni, Zn по сравнению с донными осадками створа Безбородово. В донных осадках малого оз. Ершевик для большинства микроэлементов были получены такие же соотношения форм нахождения микроэлементов, как в донных осадках Иваньковского водохранилища. Исключение составили V, U, Co, Ni, Cu, Zn, Sr для которых были получены более высокие значения содержания миграционно-способных форм, которые вероятно связаны с техногенным поступлением.

Общие закономерности выявленные для форм нахождения микроэлементов в донных осадках, как малого озера, так и крупного водохранилища следующие. В донных осадках главные миграционно-способные формы Cd, U, Sr представлены подвижными формами (обменными, сорбционными, карбонатными) – 10–40% от валового содержания элемента. Миграционно-способные формы Mo, Pb, Cr, Cu, La, Ce в основном связаны с органическим веществом и составляют 10–20% от их валового содержания в донных осадках. Для Mo, Cr, Cu, Pb, Co, Ni, Zn, V важное значение имеют формы, связанные с гидроксидами железа и марганца (10–30% от валового содержания), наравне с формами, связанными с органическим веществом.

Сравнительный анализ миграционно-способных форм микроэлементов в донных осадках и взвеси створа Безбородово в Иваньковском водохранилище, показывает что со взвешенным веществом связано больше миграционно-способных форм Cd, U, Cr, Co, Ni, Zn, Sr, La, Ce. Доля миграционно-способных форм большинства микроэлементов от их валовых содержаний во взвеси составляет 10–14% для V, Cr, Cu; 20–30% для Mo, Pb, U, Ni, Sr, Ce, La; 94% для Cd. Среди миграционно-способных форм во взвеси преобладают формы, связанные с органическим веществом для Mo (17%), V (7%), Cr (5%), Ni (13%), Cu (10%), La и Ce (11%). Для Cd, U, Sr во взвеси преобладают подвижные формы (обменные, сорбционные, карбонатные) доля которых от валового содержания 46, 10 и 23% соответственно. Для Cd (36%), Pb (12%), U (8%), V (7%), Co (27%), Ni (12%), Zn (21%) большое значение имеют формы, связанные с гидроксидами железа и марганца. Самое низкое извлечение миграционно-способных форм из донных осадков и взвеси для всех исследованных водоемов было получено для Th и составило в среднем 1–2%.

Заключение

Сравнение геохимического состава донных осадков малого озера и крупного водохранилища показало их большое сходство с средним составом глин и четвертичных отложений Русской равнины. Отличие состоит в более высоких содержаниях ряда микроэлементов (тяжелых металлов), для которых большую роль играет антропогенный фактор. Исследование геохимического состава взвеси позволило охарактеризовать современный состав вещества, поступающего в донные осадки на ранних стадиях осадкообразования, и определить вклад биогенной и терригенной составляющих. В малых озерах и мелководных заливах в составе взвеси преобладают частицы биогенного происхождения (планктон). Выявленный характер распределения РЗЭ в донных осадках и взвеси водоемов Тверской и Владимирской областей позволяет сделать выводы о том, что поступление РЗЭ в донные осадки определяется концентрациями РЗЭ в породах бассейна водосбора и отражает общий геохимический фон концентраций РЗЭ в зоне гипергенеза. Полученные данные о соотношении форм нахождения микроэлементов в донных осадках малого озера и крупного водохранилища, которые имеют большое сходство, выявляют общие закономерности, типичные для водоемов бореальной климатической зоны. Определяющую роль в миграции микроэлементов и их накоплении в составе донных отложений играют процессы сорбции и соосаждения на оксигидроксидах железа и марганца и образование ассоциированных с Fe и Mn органоминеральных коллоидов. В донных отложениях водоемов (оз. Ершевик) и створов водохранилища (Мелково), испытывающих высокую антропогенную нагрузку возрастает доля миграционно-способных форм элементов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-05-00542).

Список литературы / References

1. Савенко В.С. Химический состав взвешенных наносов рек мира. М.: ГЕОС, 2006. 175 с.

Savenko V.S. Chemical Composition of World River's Suspended Matter. M.: GEOS, 2006. 175 p. (in Russian).

2. Гришанцева Е.С., Бычкова Я.В., Червякова П.С. Исследование микроэлементного состава донных осадков, взвесей и водных растений Иваньковского водохранилища методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой // Третий съезд аналитиков России: материалы Всероссийского съезда с международным участием (г. Москва, 8–13 октября 2017 г). М.: ГЕОХИ РАН, 2017. С. 74.

Grishantseva E.S., Bychkova Ya.V., Chervyakova P.S. Study of microelement composition of bottom sediments, suspended matter and aquatic plants in the Ivankovo reservoir by means of mass spectrometry with inductively coupled plasma // Third Congress of analysts of Russia: materials of all-Russian Congress with international participation (Moscow, 8–13 October, 2017). M.: GEOKHI RAS, 2017. P. 74 (in Russian).

3. Химический анализ в геологии и геохимии / науч. ред. Г.Н. Аношин. Новосибирск: «Гео», 2016. 622 с.

Chemical analysis in Geology and Geochemistry / scientific. edited by G.N. Anoshin. Novosibirsk: «Geo», 2016. 622 p. (in Russian).

4. Кравчишина М.Д. Взвешенное вещество Белого моря и его гранулометрический состав. М.: Научный мир, 2009. 263 с.

Kravchishina M.D. Suspended matter of the White sea and its particle size distribution. M.: Nauchny`j mir, 2009. 263 p. (in Russian).

5. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д.: Издательство Южного федерального университета, 2013. 388 с.

Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes. Rostov n/D.: Izdatelstvo Uznogo Federalnogo Universiteta, 2013. 388 p. (in Russian).

6. Gromet L.P., Dymek R.F., Haskin L.A., Korotev R.L. The «North American shale composite»: Its compilation, major and trace element characteristics. Geochim. Cosmochim. Acta. 1984. Vol. 48, № 12. P. 2469–2482.

7. Вах Е.А., Харитонова Н.А., Вах А.С. Основные закономерности поведения редкоземельных элементов в поверхностных водах Приморья // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2013. № 2. С. 90–97.

Vah E.A., Kharitonova N.A., Vah A.S. The principal regularities of behaviour of rare-earth elements in the surface water of Primorye // Vestnik Dalnevostochnogo otdelenia RAN. 2013. № 2. P. 90–97 (in Russian).

УДК 504.38:551.583(470.631)

ТЕНДЕНЦИИ ДИНАМИКИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Дега Н.С., Узденова Х.И.

ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева», Карачаевск, e-mail: kcsu@mail.ru

Цель исследования заключается в выявлении тенденций изменения метеорологических показателей, отражающих характер потепления климата на территории Карачаево-Черкесской Республики. Методы сбора метеорологической информации осуществлялись согласно Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам по второму разряду. Созданы электронные банки данных мониторинговых рядов метеорологических показателей (по температуре воздуха, осадкам, относительной влажности воздуха и т.д.) за 45-летний период (1972–2016 гг.). В статье представлен анализ динамики климатических показателей четырех зон. Умеренно холодный климат высокогорной зоны характеризовался увеличениями среднегодовой температуры воздуха на 2,1 °С и количества жидких атмосферных осадков на 20 мм. В высокогорной зоне в связи с увеличением температуры воздуха наблюдается деградация современного оледенения. Для умеренно влажного климата среднегорий характерно повышение среднегодовой температуры на 1,8 °С и количества атмосферных осадков на 100 мм. В климатической зоне низкогорий с 1972 по 2016 г. наблюдалось увеличение среднегодовой температуры воздуха и суммы атмосферных осадков, особенно в весенний период. Равнинно-степные районы республики также характеризуются потеплением климата, которое проявляется увеличением суммы атмосферных осадков на 32,8 мм и среднегодовой температуры воздуха на 1,9 °С. Наиболее влагообеспечен весенний и осенний периоды. Таким образом, на территории Карачаево-Черкесии наблюдается потепление климата, за 45-летний период (1972–2016 гг.), увеличение среднегодовой температуры воздуха составило 1,7 °С, за последние десять лет она увеличилась на 0,3 °С. Увеличение количества жидких атмосферных осадков составило 33,9 мм/год, а вот количество твердых осадков в горных районах республики в холодный период имеет тенденцию к сокращению. Общая климатическая ситуация, находящаяся под влиянием глобальных процессов и хозяйственной деятельности, изменяется быстрее и носит ярко выраженные региональные особенности.

Ключевые слова: потепление климат, температура воздуха, атмосферные осадки, климатические зоны, сезоны года, геоинформационные модели теплообеспеченности и влагообеспеченности

TENDENCIES OF CLIMATE DYNAMICS AT THE TERRITORY OF THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC

Dega N.S., Uzdenova Kh.I.

Karachay-Cherkess State University of name U.D. Alieva, Karachaevsk, e-mail: kcsu@mail.ru

The research objective consists in identification of trends of change of the meteorological indexes reflecting the nature of warming of climate in the territory Karachay-Cherkess Republic. Methods of collecting meteorological information were carried out according to Manual to hydrometeorological stations and posts by the second category. Electronic databanks of monitoring ranks of meteorological indexes (to air temperature, settlings, relative air humidity etc) for the 45th summer period (1972-2016) are created. The analysis of dynamics of climatic indexes of four zones is presented in article. The moderate frigid climate of a mountain zone was characterized by increases in average annual air temperature by 2.1 °C and quantities of a liquid atmospheric precipitation by 20 mm. In a mountain zone in connection with increase in air temperature degradation of the modern freezing is observed. Increase in average annual temperature on 1.8 °C and quantities of an atmospheric precipitation on 100 mm is characteristic of a moderate humid climate of middle mountains. In the climatic zone of nizkogoriya from 1972 to 2016 increase in average annual air temperature and sum of an atmospheric precipitation, especially during the spring period was observed. Flat and steppe areas of the republic are also characterized by warming of climate which is shown by increase in the sum of an atmospheric precipitation by 32.8 mm and average annual air temperature on 1.9 °C. Most влагообеспечен spring and autumn periods. Thus, in the territory of Karachay-Cherkessia warming of climate is observed, for the 45th summer period (1972-2016) increase in average annual air temperature was 1.7 °C, for the last ten years it increased 0.3 °C. Increase in quantity of a liquid atmospheric precipitation was 33.9 mm/year, and here the quantity of firm rainfall in mountainous areas of the republic during the cold period tends to reduction. The general climatic situation which is under the influence of global processes and economic activity changes quicker and carries pronounced regional features.

Keywords: warming climate, air temperature, atmospheric precipitation, climatic zones, seasons of year, geoinformation models of heatsecurity and moisture security

Карачаево-Черкесская Республика – типично горный регион, в климатическом отношении северная ее часть расположена в Атлантико-континентальной степной зоне умеренного пояса, а от высоты 700–800 м до 4000 и выше простирается Северо-Кавказская горная климатическая область [1]. К основным факторам формирования и преобразования климата республики можно отнести: радиационный режим, циркуляцию воздушных масс в подстилающей поверхности и рельеф, который представлен сложной системой разновысотных хребтов и долин со значительными изменениями

абсолютных и относительных высотных отметок. В высокогорной зоне большое влияние на преобразование климата оказывает наличие современного оледенения и постоянного снежного покрова [2].

В ряде публикаций многих авторов приводится характеристика отдельных элементов климата, даются сведения о климатических условиях среднегорных и высокогорных районов [3, 4]. В монографии П.М. Лурье с авторским коллективом [1] довольно детально характеризуется динамика климата республики до 2005 г. и приводится прогноз изменения гидротермических показателей на ближайшие 50 лет. В работах Н.С. Дега и В.В. Онищенко [5, 6] приводится оценка изменения климатических показателей с 1972 по 2006 г. и дается анализ динамики изменения компонентов ландшафта республики в условиях меняющегося климата. В данной работе приводится анализ элементов климата республики за 45-летний период (1972–2016 гг.), для оценки тенденций изменения климата и выявления причин его трансформации.

Цель исследования: выявление тенденций изменения метеорологических показателей, отражающих характер потепления климата на территории Карачаево-Черкесской Республики.

Материалы и методы исследования

Для анализа динамики климата республики мы использовали мониторинговые ряды метеорологических показателей (температуры воздуха, осадков и др.) за 45-летний период. Материалы взяты из выпусков (1972–2016 гг.) «Летописей природы Тебердинского государственного природного биосферного заповедника», «Справочников по климату» и метеорологических таблиц метеопостов КЧР. В рамках экспедиционных исследований проводились метеорологические, снеголавинные и гляциологические наблюдения в горных и высокогорных районах совместно с Северо-Кавказским УГМС.

Методы сбора метеорологической информации осуществлялись согласно Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам [7] по второму разряду. На основании фондового и экспедиционного материала созданы многолетние (1972–2016 гг.) электронные банки данных по метеорологическим показателям (температуре воздуха, осадкам, относительной влажности воздуха и т.д.).

Результаты исследования и их обсуждение

Рельеф республики разнообразен и представлен разновысотными хребтами, это Лесистый, Пастбищный, Скалистый, Боковой и Главный Кавказский, которые разделяют территорию на многочисленные районы с местным характером климата и создают ярко выраженную климатическую зональность. Северный склон Западного Кавказа разделяется на разновысотные сегменты – равнинный, предгорный, горный. Равнины до высоты 800 м над уровнем моря занимают небольшую территорию на севере республики и к ним приурочен умеренно-континентальный климат равнинно-степной зоны. Зона низкогорий или предгорий занимает территорию Абазинского, Хабезского, Усть-Джегутинского, Урупского, Малокарачаевского и частично Карачаевского и Зеленчукского районов. В пределах данной территории возвышаются два орографических объекта – Пастбищный и Скалистый хребты. От высотных отметок 800–1200 м формируется умеренно теплый климат низкогорной зоны. Горная зона самая обширная, включает всю восточную часть Скалистого, Боковой и Главный Кавказский хребты. В этой высотной зональности выделяют две климатические зоны: от 1200 до 2000 м над уровнем моря преобладает умеренно влажный климат среднегорной зоны и выше 2000 м над уровнем моря умеренно холодный климат высокогорной зоны [8].

Анализ динамики климата на территории Карачаево-Черкесии проводился авторами по мониторинговым материалам стационарных метеостанций республики: «Клухорский Перевал», «Шаджатмаз», «Теберда», «Архыз», «Зеленчукская», «Черкесск».

Для характеристики изменений климата в высокогорной зоне использовались мониторинговые данные метеостанций «Шаджатмаз» и «Клухорский Перевал». Используя мониторинговые данные наблюдений, были построены графики и тренды годового цикла изменения температуры воздуха по среднегодовым многолетним показателям с 1972 по 2016 г.

На основании мониторинговых данных наблюдений мы построили графические модели теплообеспеченности за 45-летний период. На обеих метеостанциях за исследуемый период на протяжении всех сезонов года наблюдается повышение срегдегодовой температуры воздуха. На м/с «Шаджатмаз» она повысилась на 2,3 °С, на м/с «Клухорский Перевал» на 1,0 °С. Среднесезонная

температура воздуха зимой повысилась на 2,6 °С, весной на 3,4 °С, летом на 2,5 °С и зимой на 1,5 °С. Среденесезонная температура воздуха на м/с «Клухорский Перевал» имела положительные тренды в зимний и летний периоды и повысилась на 1,4 °С, весной и осенью повышение составило 1,0 °С.

Тренды абсолютных максимумов и минимумов температуры воздуха также имели положительные тренды. На м/с «Клухорский Перевал» абсолютный максимум увеличился на 1,5 °С, на м/с «Шаджатмаз» на 1,9 °С, а абсолютные минимумы понизились на 0,6 °С и 0,3 °С соответственно.

Динамика среднего многолетнего количества атмосферных осадков на м/с «Клухорский Перевал» имела положительную тенденцию, за 45-летний период их стало выпадать на 33,2 мм больше. Весна и осень характеризуются увеличением количества атмосферных осадков, максимальные значения осадконакопления отмечены весной, а вот в зимний и осенний периоды тренд влагообеспеченности имеет отрицательные значения. На м/с «Шаджатмаз» динамика влагонакопления имела противоположный сценарий. С 1972 по 2016 г. атмосферных осадков стало выпадать на 59,5 мм меньше. Все сезоны года характеризуются уменьшением количества атмосферных осадков. Наибольших отрицательных значений до 15,5 мм тренд влагообеспеченности достиг в летний период.

На изменение климата в высокогорной зоне указывает деградация снежного покрова, т.е. его мощность и плотность. При увеличении температуры воздуха и количества атмосферных осадков наблюдается перераспределение их по состоянию (твердые и жидкие) во всех сезонах года. За 45-летний период в высокогорной климатической зоне наблюдается тенденция снижения снегонакопления. Повышение температуры воздуха и количества атмосферных осадков в зимний период привело к сокращению толщины снежного покрова до 110 см.

В высокогорной зоне за исследуемый период увеличилось количество горно-долинных ветров и фенов. Подобная динамика способствует повышению температуры воздуха и понижению относительной влажности, в результате чего в горных районах может полностью сходить снежный покров, а в высокогорьях значительно уменьшатся.

Таким образом, умеренно-холодный климат высокогорной зоны изменился, среднегодовая температура воздуха увеличилась на 2,1 °С, наибольшее увеличение отмечено зимой и летом, наименьшее весной. Абсолютная максимальная температура воздуха увеличилась на 1,5 °С. Количество атмосферных осадков также увеличилось в среднем на 20 мм, и в основном в весенний период.

Климатические изменения среднегорной зоны приводятся по данным м/с «Теберда» и м/с «Архыз». Увеличение среднегодовой температуры воздуха отмечается на обеих метеостанциях, на м/с «Теберда» оно составило 1,6 °С, на м/с «Архыз» 2,0 °С. С 1972 по 2016 г. повышение температуры воздуха наблюдалось во все сезоны года. Тренд теплообеспеченности на м/с «Теберда» наибольших значений достиг зимой и летом до 2,0; наименьших – зимой 1,0 °С. На м/с «Архыз» среднесезонная многолетняя температура воздуха летом увеличилась на 2,4 °С, зимой и весной на 1,8 °С, осенью на 1,2 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха на м/с «Теберда» повысился на 2,2 °С, а абсолютные минимумы на обеих метеостанциях понизились на 1,6 °С.

Средняя многолетняя сумма атмосферных осадков за 45-летний период увеличилась на обеих метеостанциях. На м/с «Теберда» количество атмосферных осадков повысилось на 67,5 мм, на м/с «Архыз» их стало выпадать в 2,5 раза больше. В весенний период тренд влагообеспеченности характеризуется увеличением жидких осадков до 30 мм, осенью и летом тренды имели положительный вектор, а вот зима на обеих метеостанциях характеризуется понижением количества атмосферных осадков.

Характеристика снежного покрова умеренно влажного климата среднегорий подчинена высотной зональности, которая проявляется в увеличении толщины и водности снега с абсолютной высотой. Как и в высокогорной зоне, здесь наблюдается сокращение количества и толщины снежного покрова.

Изменения умеренно влажного климата среднегорной зоны характеризуются повышением среднемноголетней температуры воздуха за 45-летний период на 1,8 °С, увеличение абсолютной максимальной и минимальной температуры воздуха на 2,0 °С. Количество жидких осадков увеличилось на 100 мм.

Динамика климата низкогорной зоны представлена мониторинговыми данными м/с «Зеленчукская». Средневзвешенные значения температуры воздуха за последние 45 лет (1972–2016 гг.) имеют тенденцию увеличиваться, что указывает на потепление климата. Тренд теплообеспеченности

в этой зоне имеет положительное значение, а средняя многолетняя температура воздуха увеличилась на 1,3 °С. Тренды абсолютных максимумов и минимумов температуры воздуха также имели положительный вектор, они увеличились на 3,0 °С и 0,8 °С соответственно. Все сезоны года характеризуются увеличением среднегодовой температуры воздуха. Зимой и весной увеличение среднегодовых температур составило 2,3 °С, летом 1,9 °С и зимой 1,2 °С.

В анализируемой климатической зоне количество выпадающих жидких осадков за 45-летний период увеличилось на 53,3 мм. Сезоны года не равномерно характеризуются увеличением атмосферных осадков. Так весной их стало выпадать на 22,3 мм больше, осенью на 9,2 мм, зимой на 2,3 мм, а вот летний период характеризуется сокращением жидких осадков на 5 мм.

Таким образом, в климатической зоне низкогорий с 1972 по 2016 г. наблюдается увеличение среднегодовой температуры воздуха и суммы атмосферных осадков, особенно в весенний период.

Динамика умеренно континентального климата равнинно-степной зоны приводится по метеорологическим показателям м/с «Черкесск» Тренд теплообеспеченности за 45-летний период имел тенденцию увеличиваться и среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,9 °С. Абсолютная многолетняя температура воздуха повысилась на 2,9 °С, а абсолютная минимальная уменьшилась на 1,6 °С. Все сезоны года этой климатической зоны характеризуются увеличением среднегодовых температур воздуха. Максимальные значения тренда теплообеспеченности отмечены зимой и летом и составили 2,0 °С, весной и осенью увеличение среднегодовой температуры воздуха составило 1,5 °С.

Как и в предыдущих климатических зонах, равнинно-степные районы характеризуются увеличением суммы атмосферных осадков на 32,8 мм. Тренд влагообеспеченности имеет положительные значения в весенний и осенний период и отрицательные в зимний и летний.

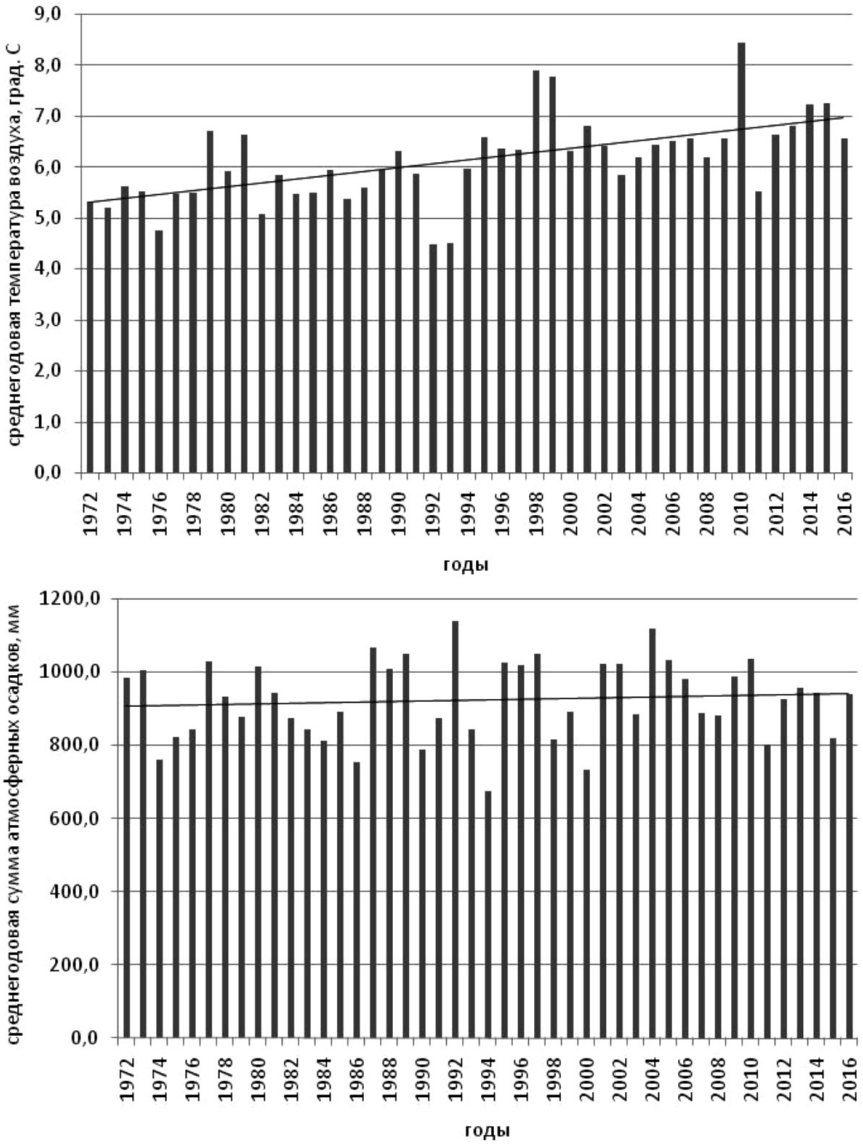
Потепление умеренно-континентального климата равнинно-степной зоны характеризуется увеличением среднеговодовй температуры воздуха и количеством жидких атмосферных осадков.

Таким образом, на всей территории республики наблюдается потепление климата, которому свойственны региональные особенности. Потепление наблюдается во всех четырех климатических зонах.

В таблице представлены данные тепло и влагообеспеченности по всем метеостанциям КЧР. За 45-летний период тренды среднемесячных температур воздуха на всех метеостанциях имели положительный вектор. Максимальная разница среднегодовых температур воздуха между конечными и начальными показателями трендов отмечена на м/с «Шаджатмаз» и минимальная на м/с «Клухорский Перевал». По нашему мнению такой разброс показателей теплообеспеченности обусловлен местоположением метеостанций. Так м/с «Клухорский Перевал» со всех сторон окружена горными хребтами, а м/с «Шаджатмаз», наоборот, открыта и доступна влиянию воздушных масс, что благоприятствует увеличению осадков на первой и уменьшению на второй метеостанции.

Динамика тепло- и влагообеспеченности на метеостанциях Карачаево-Черкесии с 1972 по 2016 г.

Название метеостанции	Температура воздуха, °С			Осадки, мм/год		
	Начальные показания тренда	Конечные показания тренда	Разница теплообеспеченности потепление (+) похолодание (–)	Начальные показания тренда	Конечные показания тренда	Разница влагообеспеченности
Шаджатмаз	1,9	4,2	+2,2	663,2	603,7	–59,5
Клухорский Перевал	3,4	4,5	+1,0	1793,4	1826,7	+33,2
Теберда	6,0	7,6	+1,6	794,9	862,4	+67,5
Зеленчукская	6,8	8,3	+1,6	729,5	782,8	+53,3
Черкесск	8,4	10,2	+1,7	579,8	612,6	+32,8



Распределение тепло- и влагообеспеченности на территории Карачаево-Черкесской республики в период с 1972 по 2016 г.

На рисунке изображены модели тепло- и влагообеспеченности среднегодовой температуры воздуха и количества атмосферных осадков, которые также указывают на потепление климата в республике за 45-летний период.

В программе Arc GIS, используя модуль «Геостатистический анализ», мы построили геоинформационные модели тепло- и влагообеспеченности, которые отражают закономерности распределения температуры воздуха и суммы атмосферных осадков в высотной поясности и позволяют выявить аномальные зоны. Для построения модели теплообеспеченности использовались: температурные градиенты и средние многолетние температуры воздуха исследуемых климатических зон, перераспределенные по экспозициям склонов в разных высотных поясах. Геоинформационная модель влагообеспеченности построена с помощью средних многолетних сумм атмосферных осадков четырех климатических зон и высотно-стационарного профиля Малая Хатипара. Высота над уровнем моря и удаленность от Главного Кавказского хребта позволили рассчитать вертикальные и горизонтальные градиенты перераспределения атмосферных осадков, которые также легли в основу построения данной модели [8].

Детально проанализировав модели, мы выявили аномальную зону в Учкулано-Хурзукском районе. По расчетным данным среднегодовая температура воздуха здесь должна быть на 1,0 °С ниже, а годовое количество атмосферных осадков – на 43 % выше, так как этот район находится в умеренно влажной климатической зоне среднегорий. Однако модели тепло и влагообеспеченности, состав и структура растительности, животный мир это района указывают на климатическую аномалию. По нашему мнению, длительное (более 100 лет) нерациональное природопользование, которое заключалось в интенсивном животноводстве, сплошных вырубках пойменных и склоновых лесов преобразовало микроклимат территории, создав здесь специфические климатические условия. Подобная аномалия в Учкулано-Хурзукском районе также указывает на региональные изменения климата в республике.

Выводы

На территории Карачаево-Черкесской Республики наблюдается потепление климата, которое в первую очередь связано с глобальными климатическими изменениями. За 45-летний период (1972–2016 гг.) увеличение среднегодовой температуры воздуха составило 1,7 °С, за последние десять лет ее повышение составило 0,3 °С. Все сезоны года характеризуются повышением температуры, максимальных значений она достигла в зимний и летний периоды, что привело к деградации нивально-гляциальной зоны высокогорных районов республики. С 1972 по 2016 г. наблюдается увеличение количества жидких атмосферных осадков на 33,9 мм/год, а вот количество твердых осадков в горных районах республики в холодный период имеет тенденцию к сокращению. Во всех климатических зонах рассматриваемой территории наблюдается потепление климата, которое характеризуется увеличением среднегодовых температур воздуха и количеством жидких атмосферных осадков.

Антропогенное воздействие на горные ландшафты приводит к изменениям в подстилающей поверхности и циркуляции воздушных масс и является причиной трансформации микроклимата деградированных территорий. Таким образом, общая климатическая ситуация, находящаяся под влиянием глобальных процессов и хозяйственной деятельности, изменяется быстрее и носит ярко выраженные региональные особенности.

Список литературы / References

1. Лурье П.М., Крохмаль А.Г., Панов В.Д., Панова С.В., Тамов М.Ч. Карачаево-Черкесия: климатические условия. Ростов н/Д.: Изд-во Ростовск. ун-та, 2000. 196 с.

Lurye P.M., Krokhmal A.G., Panov V.D., Panova S.V., Tamov M.Ch. Karachay-Cherkessia: climatic conditions. Rostov-on-Don: Publishing house of the Rostov university, 2000. 196 p. (in Russian).

2. Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я. Геоморфологические особенности днища долины р. Теберда (Северный Кавказ). Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. № 2 (190). С. 100–104. DOI: 10.18522/0321-3005-2016-2-100-104.

Kipkeeva P.A., Potapenko Yu.Ya. Geomorphological features of the bottom of the valley of the Teberda River (North Caucasus) // News of higher educational institutions. North Caucasus region. Series: Natural sciences. 2016. № 2 (190). P. 100–104. DOI: 10.18522/0321-3005-2016-2-100-104 (in Russian).

3. Коновалов Б.Т., Кипкеева П.А., Дежнева А.А., Потапенко Ю.Я. Потепление климата в регионе Кавминвод и первоочередные меры противодействия его негативным последствиям // Успехи современного естествознания. 2016. № 8. С. 183-187. DOI 10.17513/use.36101.

Konovalov B.T., Kipkeeva P.A., Dezhneva A.A., Potapenko Yu.Ya. Warming of climate in the region of Caucasus Mineralnye Vody region and prime measures of counteraction to its negative consequences // Achievements of modern natural sciences. 2016. № 8. P. 183–187. DOI 10.17513/use.36101 (in Russian).

4. Аджиева М.М. География Карачаево-Черкесской Республики. Карачаевск: КЧГУ, 2017. 252 с.

4. Adzhieva M.M. Geography of the Karachay-Cherkess Republic. Karachaevsk: KChGU, 2017. 252 p. (in Russian).

5. Онищенко В.В., Дега Н.С., Усова Г.В., Пазов М.С. Экологическая и социальная взаимообусловленность в ландшафтных и общественных преобразованиях горных территорий Карачаево-Черкесии // Вестник КЧГУ. 2008. № 23. С. 240–256.

Onishchenko V.V., Dega N.S., Usova G.V., Pazov M.S. Ecological and social interconditionality in landscape and public transformations of mountain territories the KChGU Karachay-Cherkessia / Bulletin KChGU. 2008. № 23. P. 240–256 (in Russian).

6. Дега Н.С., Онищенко В.В., Баскаев Р.О. Экологическая и социальная взаимообусловленность ландшафтных преобразований в горной Карачаево-Черкесии // Российская наука в современном мире. XIII международная научно-практическая конференция. М.: НИЦ «Актуальность. РФ», 2017. С. 144–147.

Dega N.S., Onishchenko V.V., Baskayev R.O. Ecological and social interconditionality of landscape transformations in mountain Karachay-Cherkessia // The Russian science in the modern world. The XIII international scientific and practical conference. M.: NICz «Aktual`nost`. RF», 2017. P. 144–147 (in Russian).

7. РД 52.04.614-2000 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 3. Часть II. Обработка материалов метеорологических наблюдений. Дата введения 2001-09-01. М.: Росгидромет, 2001. 90 с.

8. Абазалиев А.Т. Курортные ресурсы Карачаево-Черкесии. Черкесск: Книжн. изд-во, 1973. 215 с.

Abazaliev A.T. Resort resources of Karachay-Cherkessia. Cherkessk: Knizhn. izd-vo, 1973. 215 p. (in Russian).

УДК 622.324.5:550.34.013.4

ПРОГНОЗ ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КУСТА ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН С МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫМИ ПОРОДАМИ В УСЛОВИЯХ ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

[1,2]Иванов В.А., [1]Рожин И.И.

[1]ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск;
[2]ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: victor.ivanov88@gmail.com

В работе с помощью вычислительного эксперимента исследуется процесс теплового взаимодействия газодобывающих скважин с многолетнемерзлым массивом горных пород. При эксплуатации скважин газ, добывающийся из нижележащих более теплых пластов, прогревает окрестности скважин и вызывает оттаивание многолетней мерзлоты, что может вызвать дестабилизацию околоскважинной зоны и крепления скважин. Подобная задача рассматривалась для случая одиночных скважин в осесимметричной постановке. Однако множество нефтяных и газовых скважин строятся при помощи кустового бурения, где скважины расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Поэтому тепловой расчет должен учитывать их взаимовлияние. Целью настоящей работы является оценка величины ореола оттаивания многолетнемерзлых пород в окрестности куста из трех вертикальных газодобывающих скважин для условий месторождений Лено-Вилюйской нефтегазоносной провинции. Для этого в массиве мерзлых горных пород ставится задача Стефана, которая решается методом Самарского – Моисеенко без явного выделения фронта фазового перехода с помощью метода конечных элементов. Температура и давление движущегося в скважине газа определяются из уравнений трубной гидравлики. Кроме дифференциальных уравнений, математическая модель включает граничные и начальные условия, определяемые характером сопряжения тепловых потоков. Представлены результаты расчетов для условий эксплуатации четырех месторождений – Мастахского, Средневилюйского, Среднетюнгского и Соболох-Ниджилинского. Для каждого месторождения построен прогноз величины ореола оттаивания вокруг куста скважин на 10 лет эксплуатации по всей глубине многолетнемерзлых пород. Подтверждены основные факторы, влияющие на ореол оттаивания, выявленные в предыдущих работах.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, куст газовых скважин, задача Стефана, математическое моделирование, Лено-Вилюйская нефтегазоносная провинция

FORECAST FOR THERMAL INTERACTION BETWEEN A GROUP OF GAS WELLS AND PERMAFROST ROCKS IN CONDITIONS OF LENA-VILYUY PETROLEUM PROVINCE

[1,2]Ivanov V.A., [1]Rozhin I.I.

[1]Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk;
[2]North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: victor.ivanov88@gmail.com

In the article a computational experiment is conducted to study the process of thermal interaction between gas producing wells and a permafrost rock mass. During the production, gas rising from the underlying warmer layers warms up the vicinity of the wells and causes thawing of permafrost, which can cause destabilization of the wellbore zone and the casing. In previous works, a similar problem was investigated for the case of a single well in an axisymmetric setting. However, many oil and gas wells are built by cluster drilling, where the wells are located a short distance from each other. Therefore, thermal calculation must take into account their mutual influence. The purpose of this work is to estimate the size of the permafrost thawing halo in the vicinity of a cluster of three vertical gas producing wells for the conditions of the Lena-Vilyuy petroleum province. To do this, the Stefan problem is formulated in the rock mass, which is solved using the Samarskii-Moiseenko method without explicitly identifying the phase transition front and with the help of the numerical finite element method. The temperature and pressure of the gas flowing in the well are determined by the equations of pipe hydraulics. Also, the conjugation conditions between the gas temperatures and the surrounding rocks at the well wall are set. The task is solved for the conditions of four deposits – of Mastakhskoe, Srednevilyuyskoe, Srednetungskoe and Sobolokh-Nijilinskoe. For each deposit a forecast is made for the size of the thawing halo around the well cluster along the entire depth of permafrost zone for 10 years of operation. The main factors influencing the halo, revealed in previous works, are confirmed.

Keywords: permafrost, gas wells, Stephan problem, mathematical simulation, Lena-Vilyuy petroleum province

Проектирование разработки нефтегазовых месторождений в районах распространения многолетней мерзлоты обязательно должно включать в себя оценку теплового воздействия эксплуатационных скважин на окружающие мерзлые породы, поскольку во время добычи углеводородов пластовые флюиды, поднимаясь по скважине из больших глубин с высокими температурами, нарушают тепловое равновесие вышележащих мерзлых пород. При этом окрестность добывающих скважин оттаивает, появляется риск дестабилизации околоскважинной зоны и крепления скважин. От размеров ореола оттаивания и динамики его развития зависят возможные негативные послед-

ствия этого процесса. Прежде всего, это потеря устойчивости верхней части ствола скважин, вследствие чего создаются предпосылки для потери герметичности обсадных колонн. Также это просадки верхнего слоя пород в окрестности устья скважин, что приводит к повреждению устьевого оборудования и опасным деформациям промысловых сетей [1–3].

В свою очередь, из-за теплового взаимодействия с горными породами и адиабатического расширения (сжатия) добываемого флюида происходит изменение его температуры. Эти процессы взаимосвязаны, поэтому задача определения температуры горных пород может быть решена только в сопряженной постановке, т.е. при одновременном вычислении как температуры флюида в скважине, так и температурного поля окружающих горных пород.

В работах [3–5] подобная задача решалась для одиночных газовых скважин в осесимметричной постановке. Актуальность данного подхода ограничена, поскольку множество современных нефтяных и газовых месторождений разрабатываются кустовым бурением, где скважины расположены на небольшом расстоянии между собой в радиусе теплового влияния. Таким образом, возникает необходимость в решении задачи теплового взаимодействия куста скважин с горными породами в двухмерной или трехмерной постановке. Причем из-за сложности геометрии подобную задачу целесообразно решать с помощью численного моделирования с использованием метода конечных элементов [6–8].

В работе [9] была поставлена задача определения времени смыкания ореолов протаивания между соседними скважинами в одном кусте. Вместо численных методов было предложено использовать расчетный метод соотношения тепловых потоков. В результате выведена зависимость времени фазового перехода при оттаивании многолетнемерзлой породы вокруг скважины от радиуса оттаивания без учета затрат тепла на нагрев талой и мерзлой зон.

В работе [10] приведены результаты численного решения задачи Стефана в трехмерной постановке, описывающей динамику протаивания грунтов в зоне влияния двух добывающих скважин. Двухфазная задача Стефана сформулирована в виде нестационарного уравнения теплопроводности с начальными и граничными условиями. Выделение или поглощение тепла при фазовом превращении учитывается путем ввода в нестационарное уравнение теплопроводности сосредоточенной теплоемкости на границе фазового перехода. Однако авторы в своей работе пренебрегают охлаждением добываемого газа при подъеме от забоя к устью вследствие тепловых потерь и дросселирования.

Целью настоящей работы является оценка величины ореола оттаивания многолетнемерзлых пород в окрестности куста из трех вертикальных газодобывающих скважин для условий месторождений Лено-Вилюйской нефтегазоносной провинции в двухмерной постановке.

Математическая модель исследуемого процесса включает в себя: уравнение теплопроводности, описывающее распространение тепла в горных породах с учетом их возможного оттаивания – промерзания; уравнение теплопереноса, описывающее изменение температуры добываемого газа; необходимые граничные и начальные условия, определяемые характером сопряжения тепловых потоков на стенке скважин. При построении математической модели используются некоторые допущения. Во-первых, полагаем, что тепловой поток в каждом сечении скважины распространяется строго радиально по горизонтальной плоскости, перпендикулярной оси скважин, а распространение тепла по вертикали пренебрежимо мало в силу симметрии задачи. Во-вторых, при расчете температурного поля горных пород пренебрегаем массообменными процессами.

В области горных пород от забоя скважины до подошвы многолетней мерзлоты теплофизические коэффициенты в уравнении теплопроводности являются кусочно-постоянными (они определяются типом горных пород, слагающих геологический разрез), и решение соответствующей задачи теплопроводности может быть выполнено стандартными методами. В области многолетней мерзлоты эта задача осложняется, так как здесь необходимо учитывать фазовый переход «лед – вода», и для численного решения задачи Стефана [11] используется метод сквозного счета со сглаживанием разрывных коэффициентов в уравнении теплопроводности по температуре в окрестности фазового перехода (метод Самарского – Моисеенко без явного выделения фронта фазового перехода) [12]. Приведем уравнение теплопроводности:

$$\tilde{C}\left(T_g\right)\frac{\partial T_г}{\partial t} = \nabla\left(\lambda\left(T_g\right)\nabla T_g\right). \qquad (1)$$

Здесь T_g – температура горных пород; $\tilde{C}\left(T_g\right)$ – кусочно-постоянная объемная те-

плоемкость горных пород со скрытой теплотой фазового перехода, зависящая от температуры T_g; $\lambda(T_g)$ – кусочно-постоянный коэффициент теплопроводности горных пород, также зависящий от температуры T_g.

При решении задачи в сопряженной постановке следует учитывать резкое различие характерного времени переходных процессов в скважинах, где происходит перенос тепла за счет вынужденной конвекции и скорости потока имеют порядок 1 м/с, и в горных породах, где скорость кондуктивного переноса тепла очень мала из-за малости коэффициента температуропроводности. Это различие еще больше усугубляется при фазовых переходах влаги в мерзлых горных породах, так как скорость движения границы раздела фаз много меньше скорости распространения температурного возмущения. Очевидно, что по этим причинам перенос тепла в скважинах можно моделировать стационарными уравнениями, в которое время будет входить параметрически через медленно изменяющуюся температуру горных пород в слагаемом, описывающем теплообмен движущегося газа с горными породами. В таком случае, уравнения теплопереноса запишутся в виде [4, 13, 14]:

$$\frac{dp}{dx} = -\rho g - \frac{\sqrt{\pi}\psi M^2}{4\rho S^{2.5}}, \qquad (2)$$

$$\frac{dT}{dx} - \varepsilon\frac{dp}{dx} = \frac{\pi D\alpha_t}{c_p M}\left(T_g - T\right). \qquad (3)$$

Здесь x – вертикальная координата вдоль оси скважины; p – давление газа; ρ – плотность газа; g – ускорение свободного падения; ψ – коэффициент гидравлического сопротивления; M – постоянный массовый расход; S – поперечное сечение скважины; T – температура газа; ε – коэффициент дросселирования; D – диаметр проходного сечения; α_t – суммарный коэффициент теплопередачи через стенку скважины; c_p – удельная теплоемкость газа при постоянном давлении.

Эти два уравнения дополняются уравнением состояния реального газа, в котором кофициент несовершенства вычисляется по формуле Латонова – Гуревича [4].

Связь для перехода от одного сечения в области горных пород к другому осуществляется через решение уравнений трубной гидравлики относительно давления и температуры газа [4, 13, 14], и граничное условие на наружной стенке скважины, где в суммарном коэффициенте теплопередачи учитываются термические сопротивления слоев конструкции скважины (насосно-компрессорных труб, кольцевого затрубного пространства, обсадной колонны, возможной теплоизоляции и т.д.).

Вычислительный эксперимент

Расчетная область в массиве горных пород представляет собой параллелепипед со сторонами 40 м в длину, 10 м в ширину и в глубину от поверхности до забоя скважин. На одной из больших граней расположены три вертикальные скважины с диаметрами 0,14 м на расстоянии 10 м друг от друга. Моделирование распространения тепла проводится отдельно на разных глубинах в двухмерных областях 40×10 м (рис. 1), так как предполагаем, что тепловой поток в каждом сечении скважины распространяется строго радиально по горизонтальной плоскости. Температуры околоскважинных зон на разных глубинах будут отличаться, поскольку в зависимости от глубины меняются температура газа в скважинах, начальная температура и теплофизические свойства окружающих пород.

На гранях, удаленных от скважин, ставится граничное условие II рода, согласно которому тепловой поток, проходящий через грани, равен нулю. Начальное распределение температуры горных пород в момент пуска скважин задается в виде функции, зависящей только от вертикальной координаты, по данным термокаротажа. Поставленная задача теплопроводности решается методом конечных элементов. Характерный размер треугольной ячейки в сетке разбиения составляет порядка 0,5 м.

Температура и давление газа в скважинах вычисляются из решения задачи Коши первого порядка – уравнения (2)–(3) дополняются начальными условиями на забое в виде пластовых температуры и давления. Эти параметры газа определяются на каждом временном шаге после расчета поля температур в окружающих скважины породах. В свою очередь, температурное поле в породах рассчитывается в зависимости от температуры газа, найденной на предыдущем шаге по времени. Суммарный коэффициент теплового взаимодействия газа и породы через стенку скважины принят равным 6,871 Вт/(м^2·°С), что соответствует отсутствию теплоизоляции.

Основные исходные данные численного расчета приведены в таблице. Температурное поле массива горных пород в окрестности куста скважин прогнозируется на 10 лет эксплуатации.

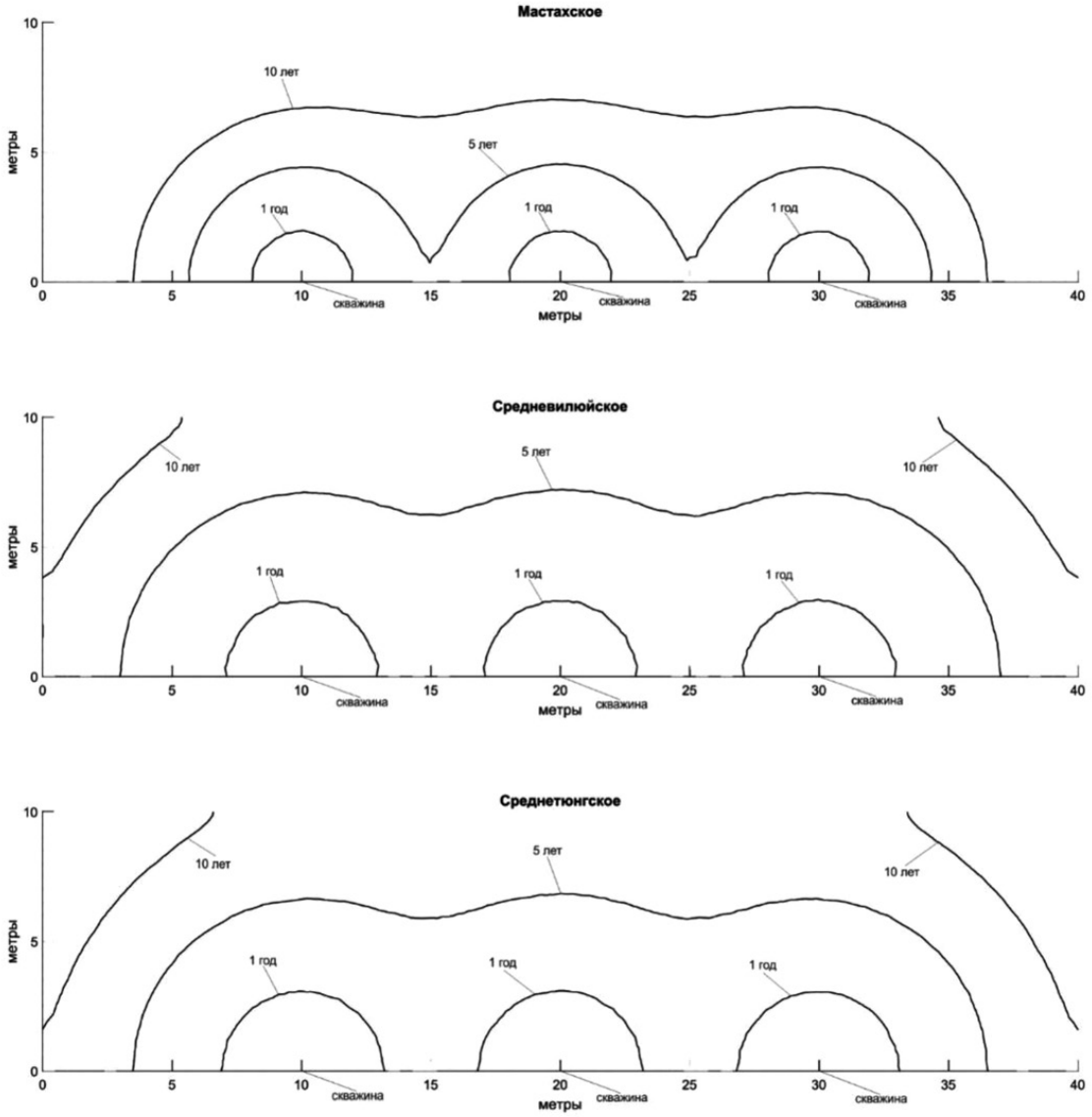


Рис. 1. Границы оттаивания вокруг куста из трех скважин на глубине 100 м через 1 год, 5 лет и 10 лет эксплуатации в горизонтальном разрезе

Основные исходные данные вычислительного эксперимента

Параметр	Значение			
Месторождение	Мастахское	Средневилюйское	Среднетюнгское	Соболох-Ниджилинское
Глубина пласта; м	1800	2450	3100	3150
Подошва многолетнемерзлых пород; м	610	450	670	400
Геотермический градиент в мерзлой зоне; °С/1000 м	3,5	–0,8	4,1	–3,5
Геотермический градиент в талой зоне; °С/1000 м	43,2	32,7	36,9	32,8
Пластовая температура; °С	40	55	73	76
Пластовое давление; атм	110	160	320	380
Массовый дебит; кг/с	2	6	4.8	4

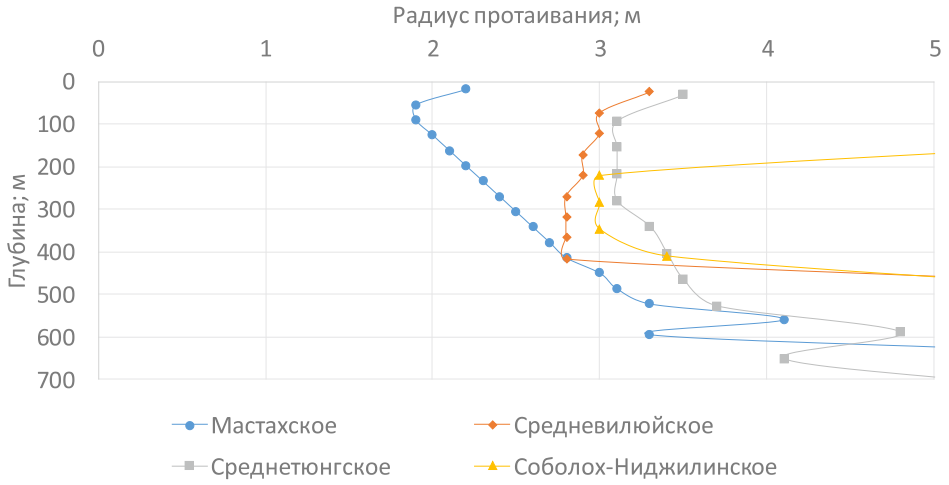


Рис. 2. Зависимость радиуса оттаивания многолетнемерзлых пород вокруг газодобывающей скважины от глубины на месторождениях после 1-го года эксплуатации

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены границы оттаивания вокруг куста из трех скважин в верхнем слое пород без учета погодно-климатических условий на дневной поверхности для Мастахского, Среднетюнгского и Средневилюйского месторождений.

Из рис. 1 следует, что многолетнемерзлые породы в окрестности газодобывающих скважин монотонно протаивают все время их эксплуатации, и к 5-ому году непрерывной добычи с заданным средним дебитом ореолы оттаивания соседних скважин сливаются. Относительно меньшие радиусы оттаивания на Мастахском месторождении обусловлены меньшими дебитом, пластовыми температурой и давлением.

Согласно работе [5] данный процесс можно разделить на 3 стадии. Во время первой, начальной, стадии оттаивание вокруг скважин идет как бы изолированно и скважины практически не влияют друг на друга. На второй стадии талики вокруг скважин сливаются. Третья стадия характеризуется замедлением движения границы оттаивания и переходом в квазистационарный режим. В нашем случае картине оттаивания после 1-го года эксплуатации соответствует I-я стадия, состоянию после пяти лет эксплуатации – II-я стадия, а состоянию после десяти лет эксплуатации – II-я или III-я стадия.

На рис. 2 построены зависимости радиусов оттаивания мерзлых горных пород от глубины. Видно, что на Мастахском и Среднетюнгском месторождениях ореол оттаивания мерзлых пород постепенно растет с глубиной. Это может быть обусловлено положительным геотермическим градиентом в области мерзлых пород (таблица). Напротив, на Средневилюйском месторождении, где наблюдается отрицательный геотермический градиент в области мерзлых пород, радиус оттаивания обратно пропорционально зависит от глубины. На Соболох-Ниджилинском месторождении верхние слои горных пород (до 150 м) изначально находятся в талом состоянии, поэтому радиусы оттаивания определены только для небольшого интервала 150–400 м.

Из результатов вычислительного эксперимента можно сделать вывод, что в условиях Лено-Вилюйской нефтегазоносной провинции нетеплоизолированные газодобывающие скважины существенно нарушают тепловой режим окружающих их многолетнемерзлых пород. В случае кустового расположения талики вокруг скважин соединяются уже в начальный период эксплуатации. Из этого следует, что решение тепловой задачи для одиночной скважины не способно вполне описать реальную картину оттаивания горных пород вокруг куста скважин. Необходимо двухмерное моделирование, а рядом с дневной поверхностью, в зоне влияния атмосферных условий – трехмерное.

Заключение

Проведен численный расчет задачи теплового взаимодействия куста газовых скважин с окружающими многолетнемерзлыми породами для условий эксплуатации четырех месторождений Лено-Вилюйской нефтегазоносной провинции.

Построено количественное описание теплового режима куста скважин и окружающих пород в период до 10 лет непрерывной эксплуатации с заданным средним дебитом. Выявлено, что ореолы оттаивания мерзлых пород вокруг соседних скважин монотонно расширяются и в итоге сливаются в один. Причем ореолы оттаивания возрастают с глубиной на Мастахском и Среднетюнгском месторождениях и уменьшаются при увеличении глубины на Средневилюйском.

Список литературы / References

1. Пермяков П.П., Аммосов А.П., Попов Г.Г. Влияние криолитозоны в основании подводного перехода газопровода через р. Лену // Газовая промышленность. 2013. № 2. С. 59–61.

Permyakov P.P., Ammosov A.P., Popov G.G. Influence of the cryolithozone at the base of the pipeline's underwater crossing Lena // GAS Industry. 2013. № 2. P. 59–61 (in Russian).

2. Шевелева Д.В. Динамика сложного теплового взаимодействия нефтяных и газовых скважин с многолетнемёрзлыми породами: дис. … канд. физ-мат. наук. Тюмень, 2008. 181 с.

Sheveleva D.V. Dynamics of complex thermal interaction of oil and gas wells with permafrost: dis. … kand. fiz-mat. nauk. Tyumen, 2008. 181 p. (in Russian).

3. Аргунова К.К., Бондарев Э.А., Рожин И.И. Тепловое взаимодействие нефтедобывающих скважин с многолетнемерзлыми горными породами // Наука и образование. 2008. № 4. С. 78–83.

Argunova K.K., Bondarev E.A., Rozhin I.I. Thermal interaction between oil producing wells and permafrost rocks // Nauka i Obrazovanie. 2008. № 4. P. 78–83 (in Russian).

4. Бондарев Э.А., Рожин И.И., Аргунова К.К. Моделирование образования гидратов в газовых скважинах при их тепловом взаимодействии с горными породами // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87. № 4. С. 871–878.

Bondarev E.A., Rozhin I.I., Argunova K.K. Modeling the formation of hydrates in gas wells in their thermal interaction with rocks // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2014. V. 87. No. 4. P. 900–907. DOI: 10.1007/s10891-014-1087-0.

5. Быков И.Ю., Пушкин В.В., Пушкин В.Н. Динамика осесимметричного промерзания приустьевой зоны скважины в условиях вентилируемого шахтного направления с учетом влияния тампонажного камня // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2011. № 3. С. 15–19.

Bykov I.Yu., Pushkin V.V., Pushkin V.N. Dynamics of axisymmetric freezing of the wellhead zone of a well under conditions of a ventilated mine direction, taking into account the effect of a cement stone // Construction of oil and gas wells on land and at sea. 2011. № 3. P. 15–19 (in Russian).

6. Степанов С.П., Сирдитов И.К., Васильева М.В., Вабищевич П.Н., Васильев В.И. Разработка программного средства для численного моделирования теплового режима грунтов в условиях криолитозоны // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2015. № 3 (47). С. 115–126.

Stepanov S.P., Sirditov I.K., Vasileva M.V., Vabishevich P.N., Vasilev V.I. Software Tools Development for Numerical Simulation of Thermal Regime of Soil in Permafrost // Vestnik of North-Eastern Federal University. 2015. № 3 (47). P. 115–126 (in Russian).

7. Васильев В.И., Васильева М.В., Сирдитов И.К., Степанов С.П., Цеева А.Н. Математическое моделирование температурного режима грунтов оснований фундаментов в условиях многолетнемерзлых пород // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки». 2017. № 1 (70). С. 142–159. DOI: 10.18698/1812-3368-2017-1-142-159.

Vasilev V.I., Vasileva M.V., Sirditov I.K., Stepanov S.P., Tseeva A.N. Mathematical modeling of temperature regime of soils of foundations of permafrost // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. N.Je. Baumana. Serija «Estestvennye nauki». 2017. № 1 (70). P. 142–159 (in Russian).

8. Вабищевич П.Н., Варламов С.П., Васильев В.И., Васильева М.В., Степанов С.П. Математическое моделирование теплового режима железнодорожного полотна в условиях криолитозоны // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2013. Т. 10. № 5. С. 5–11.

Vabishevich P.N., Varlamov S.P., Vasilev V.I., Vasileva M.V., Stepanov S.P. Mathematical modeling of the thermal regime of the railway in the cryolithozone // Vestnik of North-Eastern Federal University. 2013. V. 10. № 5. P. 5–11 (in Russian).

9. ВРД 39-1.9-015-2000. Руководство по термометрическим методам контроля качества строительства, крепления скважин в многолетнемерзлых и низкотемпературных породах. М.: ОАО «Газпром», ООО «ВНИИгаз», ООО «ИРЦ «Газпром», 2001. 63 с.

10. Горелик Я.Б., Шабаров А.Б., Сысоев Ю.С. Динамика протаивания мерзлых пород в зоне влияния двух скважин // Криосфера Земли. 2008. Т. 12. № 1. С. 59–65.

Gorelik Ya.B., Shabarov A.B., Sysoev Yu.S. The dynamics of the melting of frozen rocks in the zone of influence of two wells // Earth's Cryosphere. 2008. V. 12. № 1. P. 59–65 (in Russian).

11. Мейрманов А.М. Задача Стефана. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1986. 187 с.

Meyrmanov A.M. Stephan problem. Novosibirsk: Nauka, Sib. Otdelenie, 1986. 187 p. (in Russian).

12. Самарский А.А., Моисеенко Б.Д. Экономичная схема сквозного счета для многомерных задач Стефана // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1965. Т. 5. № 5. С. 816–827.

Samarsky A.A., Moiseenko B.D. Cost-effective pass-through scheme for Stefan multidimensional problems // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 1965. V. 5. № 5. P. 816–827 (in Russian).

13. Бондарев Э.А., Васильев В.И., Воеводин А.Ф., Павлов Н.Н., Шадрина А.П. Термогидродинамика систем добычи и транспорта газа. Новосибирск: Наука, Сиб. Отделение, 1988. 272 с.

Bondarev E.A., Vasilyev V.I., Voyevodin A.F., Pavlov N.N., Shadrina A.P. Thermohydrodynamics of gas production and transportation systems. Новосибирск: Novosibirsk: Nauka, Sib. Otdelenie, 1988. 272 p. (in Russian).

14. Бондарев Э.А., Аргунова К.К. Математические модели образования гидратов в газовых скважинах // Труды XIV Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (Иркутск-Байкал, 5–15 июля 2009 г.). Часть III. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2009. С. 41–51.

Bondarev E.A., Argunova K.K. Mathematical models of hydrate formation in gas wells // Works XIV of the Baikal All-Russian conference «Information and Mathematical Technologies in Science and Management» (Irkutsk-Baikal, on July 5–15, 2009). Part III Irkutsk: ISJeM SO RAN, 2009. P. 41–51 (in Russian).

УДК 504.75:631.41(571.12)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗОНЫ ВНЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

[1,2]Кайгородов Р.В., [1]Попова Е.И.

[1]ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, e-mail: r-kaigorodov@yandex.ru;

[2]Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, e-mail: popova-3456@mail.ru

В транспортной зоне урбанизированных территорий и за их пределами формируются специфические антропогенно-измененные экосистемы. Придорожные пространства на расстоянии 5–10 м от проезжей части характеризуются глубокой трансформацией биотических и абиотических компонентов экосистемы. Почвы преобразуются в техногенные поверхностные образования с нарушенными морфологическими, физическими, химическими и биологическими свойствами. В какой мере ТПО могут осуществлять функции почв в придорожных экосистемах, можно судить по их биологической активности. Экологическое состояние почв транспортной зоны урбанизированных территорий достаточно широко отражено в литературе. В настоящей работе методом фитотестирования на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) дана оценка биологической активности литостратов и органолитостратов придорожных пространств автомагистралей вне городских территорий, пролегающих в Тюменской области. В образцах ТПО изучены биохимические показатели: интенсивность «почвенного дыхания» и уровень активности фермента каталазы. Исследован уровень обменной и актуальной кислотности, содержание органического углерода и гумуса, а также нитрат-ионов. Из хемотоксикологических показателей изучено содержание и подвижность ионов кадмия и свинца. Проведен корреляционный анализ взаимосвязи ростовых показателей тест-культуры (рост и биомасса) с агрохимическими и хемотоксикологическими показателями исследованных ТПО. Биохимические и агрохимические показатели литостратов сопоставлены с данными по реплантоземам придорожных экосистем урбанизированных территорий. Методом фитотестирования установлены низкая биологическая активность ТПО и их неудовлетворительное состояние. Показана высокая вариабельность интенсивности «почвенного дыхания» на разных участках дорог, пониженная относительно городских территорий активность фермента каталазы. Низкая обеспеченность органическим веществом и гумусом, а также кислая и слабокислая среда ТПО обуславливают высокую подвижность свинца и кадмия.

Ключевые слова: техногенные поверхностные образования транспортной зоны, фитотестирование, биологическая активность, биохимические свойства, уровень кислотности, подвижность свинца и кадмия

BIOLOGICAL ACTIVITY OF TECHNOGENIC SURFACE FORMATIONS IN THE TRANSPORT ZONE OUTSIDE URBAN AREAS IN TUMEN REGION

[1,2]Kaygorodov R.V., [1]Popova E.I.

[1]Perm State University, Perm, e-mail: r-kaigorodov@yandex.ru;

[2]Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the RAS, Tobolsk, e-mail: popova-3456@mail.ru

In the transport zone of the urbanized territories and behind their borders are formed the specific anthropogenic ecosystems. Roadside areas at distance of 5-10 m from the carriageway are characterized by high transformation of biotic and abiotic components of ecosystem. Soils will be transformed to technogenic surface formations with the broken morphological, physical, chemical and biological properties. In what measure of technogenic surface formations can carry out functions of soils in roadside ecosystems it is possible to estimate on their biological activity. The ecological condition of soils of a transport zone of the urbanized territories is rather widely considered in literature. The aim of our studies was to study biological activity of technogenic surface formations outside urban areas in Tumen region by phytotesting with sprouts of cress (*Lepidium sativum* L.). In samples of technogenic surface formations were studied biochemical indicators: intensity of emission of carbon dioxide and level of activity of catalase. Level of actual and exchangeable acidity, content of organic carbon and humus and also nitrate ions were analyzed. As chemotoxicological properties were determined content and mobility of ions of cadmium and lead. Correlation analysis of the relationship between the growth parameters of the test culture (growth and biomass) and the agrochemical and chemotoxicological parameters of the studied technogenic surface formations was carried out. The low biological activity of technogenic surface formations and their unsatisfactory state were established by phytotesting. A high variability in the intensity of carbon dioxide emission is shown in different studied areas, the catalase enzyme activity is lower relative to urban areas. The low content of organic substances and humus, as well as the acidity level in technogenic surface formations cause high mobility of lead and cadmium.

Keywords: technogenic surface formations of transport zone, phytotesting, biological activity, biochemical properties, acidity level, mobility of lead and cadmium

Вдоль автомагистралей формируются специфические антропогенно-измененные экосистемы, испытывающие постоянное воздействие автотранспорта и периодическое влияние инженерно-строительных мероприятий при строительстве, эксплуатации и ремонте дорог. Экологическому состоянию урбанизированных территорий,

включая транспортную зону городов, посвящено немало работ [1–3], в том числе и одна из наших последних публикаций [4]. Придорожные участки вне городских территорий исследованы в меньшей степени.

При строительстве автомобильных дорог происходит существенная трансформация всех компонентов экосистем. Часть почвенного покрова изымается полностью и превращается в запечатанные под дорожное полотно экраноземы. Прилегающие к проезжей части почвы частично срезаются, частично перекрываются насыпным материалом и трансформируются в абраземы и литостраты [5].

Кроме механической трансформации компоненты придорожных экосистем подвержены загрязнению. Уровень загрязнения почвенного покрова и растительности зависит от многих факторов, главным образом, от интенсивности движения и удаления от проезжей полосы [6, 7].

В отличие от урбанизированных территорий, где в придорожных экосистемах создаются газоны с насыпным органогенным субстратом (реплантозем) и высаживаются древесные и травянистые растения, вдоль автомагистралей вне городов возникают придорожные полосы шириной 5–10 м, лишенные органического материала и растительности [5]. В результате почвенный покров, выполняющий важнейшие экологические и санитрано-гигиенические функции в придорожных экосистемах, заменяется техногенными поверхностными образованиями. ТПО характеризуются изменением морфологических, физических, физико-химических и химических свойств, что отражается на функционировании биологической фазы, т.е. на биологической активности грунтов.

Наши исследования направлены на оценку биологической активности ТПО для диагностики их экологического состояния в транспортной зоне вне урбанизированных территорий. В настоящей работе проведено фитотестирование придорожных литостратов, исследованы интегральные биохимические показатели (интенсивность почвенного дыхания и активность фермента каталазы), физико-химические параметры (показатели актуальной и обменной кислотности почв), агрохимические показатели (содержание нитратов, органического углерода и гумуса) и хемоэкологические показатели ТПО (подвижность ионов свинца и кадмия).

Материалы и методы исследования

В качестве объектов использованы ТПО придорожных пространств, отобранные в июле 2017 г. вблизи (удаление 5 м от края дорожного полотна) автомобильных дорог, соединяющих населенные пункты в Тюменской области (табл. 1). Вдоль исследуемых трасс было заложено 7 участков для отбора образцов ТПО. На каждом участке отбирали по пять точечных проб грунта на расстоянии 1 м друг от друга массой по 0,5 кг и объединяли их в смешанные образцы.

Согласно классификации техногенных поверхностных образований, исследуемые грунты относились к группе натурфабрикатов, подгруппе литостратов, на участке № 6 ТПО принадлежали подгруппе органолитостратов, за счет повышенной доли органического вещества [8].

Таблица 1

Географическое расположение исследуемых придорожных участков

№ участка	Ближайшие населенные пункты	Географические координаты
№ 1	д. Шашова	N 56.35520, E 66.32950
№ 2	с. Упорово-Заводоуковск	N 56.51030, E 66.45680
№ 3	г. Заводоуковск	N 56.52840, E 66.26550
№ 4	г. Ялуторовск	N 56.62510, E 66.26550
№ 5	с. Новоатьялово	N 57.00230, E 66.65780
№ 6	г. Ялуторовск – с. Ярково	N 57.60230, E 67.02990
№ 7	г. Ярково	N 57.60230, E 67.27440

Оценку биологической активности исследуемых литостратов проводили согласно методике «Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных почвогрунтов» патент № 2620555. В качестве тест-культуры использовали кресс-салат (*Lepidium sativum* L.), контролем служил вариант с проростками на вермикулите, подкармливаемыми раствором Кнопа. В дополнение к фитотестированию в ТПО изучали активность фермента каталазы [9] и интенсивность «почвенного дыхания» [10]. В ТПО анализировали уровень актуальной и обменной кислотности. Содержание водорастворимой и обменной фракций ионов свинца и кадмия определяли ионселективным методом на иономере «Экотест-120». Подвижность ионов металла выражали отрицательным десятичным логарифмом молярной концентрации соответствующего иона ($-\lg[Cd^{2+}]$) и ($-\lg[Pb^{2+}]$). Содержание нитрат-ионов определяли ионселективным методом на иономере «Экотест-120». Содержание органического углерода и гумуса определяли методом Тюрина.

Математическую обработку результатов проводили в программе Past 3.16 с использованием методов описательной статистики, дисперсионного и корреляционного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Рост и биомасса являются интегральными показателями состояния растений и индикаторами метаболических изменений под влиянием условий произрастания. Многим авторами отмечается снижение роста растений под влиянием химического загрязнения за счет подавления деления и растяжения клеток [11]. В ответ на токсическое действие загрязнения происходит снижение накопления биомассы растений, главным образом из-за нарушений процесса фотосинтеза [12]. Фотосинтетический аппарат растений проявляет высокую чувствительность к загрязнению окружающей среды и, особенно, к накоплению свинца [13].

Фитотестирование придорожных ТПО показало снижение роста и биомассы на всех исследуемых участках относительно контроля (табл. 2). Наименьшее отличие от контроля отмечено на участке № 6 (дорога г. Ялуторовск – с. Ярково), относящемуся к органолитостратам и обладающему наиболее благоприятными свойствами по сравнению с остальными участками (см. ниже).

В патенте № 2620555 на биотестирование токсичности установлены следующие уровни состояния субстратов:

1. Удовлетворительное – снижение роста и/или биомассы на 10–30 % от контроля.
2. Неудовлетворительное – снижение роста и/или биомассы на 30–50 %.
3. Опасное (токсичное) – снижение роста и/или биомассы более 50 %.

Наиболее угнетенное состояние проростков установлено на ТПО участка № 5 (дорога в 2,5 км юго-западнее с. Новоатьялово).

Биомасса растений проявляла более существенное отклонение от контроля, чем высота проростков, что свидетельствует о высокой чувствительности метаболических процессов растений к состоянию ТПО в условиях эксперимента.

Рост и развитие растений зависят от интенсивности обмена веществ в системе «почва – растения», которая определяется главным образом биологической активностью почвы. В дополнение к фитотестированию ТПО нами был проведен анализ интегральных показателей биологической активности: интенсивность почвенного дыхания (эмиссия углекислого газа) и активности каталазы [14].

Таблица 2

Ростовые показатели и биомасса тест-культуры на исследованных ТПО

№ участка	Рост, см	Снижение относительно контроля, %	Биомасса, г	Снижение относительно контроля, %
№ 1	1,65 ± 0,07	58,5	0,0084 ±	69,2
№ 2	1,37 ± 0,05	65,6	0,0078 ±	71,4
№ 3	2,42 ± 0,13	39,1	0,0131 ±	50,0
№ 4	2,79 ± 1,21	29,9	0,0158 ±	42,1
№ 5	1,10 ± 0,03	72,4	0,005 ±	81,7
№ 6	3,19 ± 0,10	19,5	0,0178 ±	34,8
№ 7	1,95 ± 0,04	50,3	0,0102 ±	62,6
Контроль	3,98 ± 0,21	0,0	0,0273 ±	0,0

Таблица 3

Биохимические показатели исследованных ТПО

№ участка	Интенсивность почвенного «дыхания» (выделение CO_2, мл/дм^3·ч)	Активность каталазы (выделение O_2, мл/г·мин)
№ 1	4,46	1,52
№ 2	10,52	2,31
№ 3	6,90	2,48
№ 4	11,21	1,15
№ 5	5,82	2,02
№ 6	25,69	2,29
№ 7	18,22	1,41
Реплантоземы городских территорий (по [4])	6,60–8,40	5,20 – 6,80

Таблица 4

Агрохимические свойства исследованных ТПО

№ участка	pHвод.	pHсол.	NO_3^-, мг/100 г	Сорг, %	Гумус, %
№ 1	4,62 ±	4,04 ±	27,9 ±	1,1	0,6
№ 2	6,06 ±	5,22 ±	113,2 ±	2,4	0,9
№ 3	5,32 ±	4,79 ±	52,9 ±	1,2	0,8
№ 4	5,33 ±	4,72 ±	51,1 ±	1,4	0,7
№ 5	4,53 ±	3,60 ±	51,7 ±	1,5	0,6
№ 6	6,08 ±	5,55 ±	121,3 ±	3,3	1,8
№ 7	4,81 ±	4,18 ±	39,8 ±	1,3	0,8
Реплантоземы городских территорий	7,4	6,9	223,7	4,3	2,5

Как видно из табл. 3, интенсивность почвенного дыхания существенно варьирует в ТПО исследуемых участков и связана, вероятно, с разным содержанием органического вещества и интенсивностью его разложения, а также с содержанием и подвижностью токсичных металлов: кадмия и свинца. В некоторых участках интенсивность выделения углекислого газа существенно превышает показатели, установленные нами для реплантоземов урбанизированных придорожных экосистем, также расположенных в умеренной природной зоне [4].

Фермент каталаза проявляет высокую чувствительность к загрязнению почв нефтепродуктами и тяжелыми металлами, характеризуется простотой анализа и точностью определения [14]. Активность каталазы проявляла меньшую вариабельность в исследованных ТПО по сравнению с почвенным «дыханием». Ранее нами была показана зависимость активности каталазы от величины pH среды с оптимумом 7,2–7,3 единицы pH [4]. ТПО придорожных полос вне городских территорий обладали кислой и слабокислой средой, за счет чего, вероятно, активность каталазы была существенно ниже, чем в реплантоземах городских территорий, обладающих нейтральной и слабощелочной средой.

Биологическая активность корневой среды и состояние растений существенно зависят от агрохимических свойств почвы. Для характеристики агрохимического состояния исследуемых ТПО нами изучены показатели актуальной и обменной кислотности, содержание органического углерода и гумуса, а также содержание нитрат-ионов (табл. 4).

Как показали результаты, агрохимические показатели сильно варьировали на разных участках ТПО и существенно отличались от значений, установленных для ТПО урбанизированных территорий. Наиболее оптимальные агрохимические свойства были характерны для органолитострата на участке № 6. На остальных участках ТПО характеризовались кислой реакцией среды, низким содержанием органического углерода и гумуса, а также низкой концентрацией нитратов.

Одним из важнейших негативных факторов, действующих в транспортной зоне, является постоянное загрязнение токсичными металлами, прежде всего свинцом и кадмием. В ТПО, существенно отличающихся по уровню устойчивости к загрязнению

от естественных и слабоизмененных почв, проблема загрязнения тяжелыми металлами стоит особенно остро. Пониженное содержание органического вещества, повышенная кислотность, низкий уровень биологической активности повышает подвижность токсичных металлов и их негативное токсическое действие на биологическую фазу транспортных экосистем и опасность загрязнения сопредельных территорий, воздуха, поверхностных и грунтовых вод.

Наибольшее экологическое значение имеют мобильные фракции токсичных металлов, прежде всего водорастворимая и обменная формы. Подвижность свинца и кадмия выражается отрицательным десятичным логарифмом молярной концентрации ионов в вытяжке (-lg[Pb^{2+}], lg[Cd^{2+}]), т.е. снижение значений логарифма концентрации свидетельствует о повышении содержания растворимых форм ионов и увеличении их подвижности.

Как показали результаты (табл. 5), содержание и подвижность металлов существенно варьировали на разных участках придорожных пространств. Содержание и подвижность свинцы была существенно ниже, чем у кадмия во всех исследованных участках, что связано с большим сродством свинца к органическому веществу, ограничивающему миграцию ионов [15].

Повышенное содержание и подвижность токсичных металлов установлены в ТПО на участках № 1 и № 5, минимальное содержание и подвижность свинца и кадмия отмечены на участке № 6 (органолитостат). Для реплантоземов городских территорий подвижность ионов свинца составляет pPb 7,5–9,0, подвижность кадмия – pCd 5,5–6,5 [2]. По сравнению с реплантоземами городских территорий исследованные ТПО характеризуются повышенной подвижностью водорастворимых форм свинца за исключением участка № 6. Содержание и подвижность свинца и кадмия существенным образом связана с содержанием органического вещества, уровнем кислотности почвы, а также рядом других свойств почвы [15]. Нами был проведен корреляционный анализ взаимосвязи подвижности ионов кадмия и свинца (водорастворимая и обменная форма) с показателями кислотности и уровнем содержания органического вещества ТПО (табл. 6).

Таблица 5

Содержание и подвижность токсичных элементов в исследованных ТПО

№ участка	Pb				Cd			
	Водорастворимый		Обменный		Водорастворимый		Обменный	
	мг/кг	-lg[Pb^{2+}]	мг/кг	-lg[Pb^{2+}]	мг/кг	-lg[Cd^{2+}]	мг/кг	-lg[Cd^{2+}]
№ 1	1,310	5,17	0,020	7,01	2,74	4,6	0,64	5,23
№ 2	0,025	6,90	0,004	7,57	0,63	5,25	0,52	5,33
№ 3	0,036	6,74	0,006	7,54	0,68	5,21	0,47	5,37
№ 4	0,034	6,76	0,004	7,62	0,61	5,26	0,41	5,44
№ 5	1,160	5,24	0,026	6,94	1,9	4,76	0,54	5,32
№ 6	0,003	7,67	0,001	7,25	0,46	5,38	0,35	5,50
№ 7	0,017	7,05	0,018	7,05	0,41	5,44	0,41	5,43

Примечание. pPb – подвижность свинца или -lg[Pb^{2+}], [Pb^{2+}] – концентрация ионов свинца, моль/л; pCd – подвижность кадмия или -lg[Cd^{2+}], [Cd^{2+}] – концентрация ионов кадмия, моль/л.

Таблица 6

Корреляция между агрохимическими показателями ТПО и подвижностью ионов кадмия и свинца

Подвижность ионов	$pH_{вод}$	$pH_{сол}$	$C_{орг}$	Гумус
$Pb_{вод}$	+0,78	+0,83	+0,86	+0,91
$Pb_{обм}$	+0,69	+0,69	+0,93	+0,92
$Cd_{вод}$	+0,64	+0,67	+0,68	+0,67
$Cd_{обм}$	+0,52	+0,57	+0,56	+0,55

Таблица 7

Корреляция между агрохимическими и биохимическими показателями ТПО и состоянием тест-растений

Показатели тест-культуры	Агрохимические показатели ТПО					Биохимические показатели ТПО	
	$pH_{вод}$	$pH_{сол}$	$C_{орг}$	Гумус	Нитраты	Интенсивность почвенного «дыхания» (выделение CO_2 мл/дм^3 ч)	Активность каталазы (выделение O_2 мл/г мин)
Рост	+0,70	+0,56	+0,65	+0,71	+0,33	+0,64	–0,04
Биомасса	+0,65	+0,50	+0,68	+0,79	+0,28	+0,64	–0,03

Таблица 8

Корреляция между состоянием тест-растений и подвижностью ионов кадмия и свинца

Показатели тест-культуры	Cd		Pb	
	водорастворимый	обменный	водорастворимый	обменный
Рост	+0,62	+0,79	+0,73	+0,49
Биомасса	+0,59	+0,78	+0,70	+0,43

Как показал корреляционный анализ, содержание ионов свинца имеет более сильную отрицательную связь с показателями кислотности и содержанием органического вещества, чем ионы кадмия. Сильная положительная связь подвижности ионов, выраженной отрицательным десятичным логарифмом концентрации, означает снижение подвижности при повышении значений pH (сдвиг в нейтральную и щелочную область) и при увеличении содержания органики в ТПО.

Проведен корреляционный анализ между показателями биологической активности почвы, агрохимическими и хемотоксикологическими показателями. Как видно из табл. 7, рост и биомасса тест-растений наиболее тесно связаны с показателями кислотности, содержанием органического вещества и интенсивностью почвенного дыхания.

Улучшение ростовых процессов у тест-растений происходит при снижении кислотности (повышение значения pH), увеличении массовой доли в субстрате органических веществ. Состояние тест-культуры проявило слабую положительную связь с содержанием нитрат-ионов, и отсутствие связи с активностью каталазы в ТПО.

Рост и биомасса проростков кресс-салата проявили сильную корреляцию с подвижностью водорастворимого и обменного кадмия, а также водорастворимого свинца и менее сильную связь с подвижностью обменной формы свинца (табл. 8).

Заключение

ТПО исследованных придорожных пространств вне урбанизированных территорий на удалении 5–10 м от дорожного полотна характеризовались низкой биологической активностью. Фитотестирование литостратов показало существенное снижение роста и биомассы проростков кресс-салата по сравнению с контролем. Низкая биологическая активность обусловлена низким содержанием органического вещества в ТПО, кислой и слабокислой средой, наличием подвижных и обменных форм свинца и кадмия.

Биохимические и агрохимические свойства исследованных литостратов существенно отличались от показателей (pH, активность каталазы, интенсивность почвенного «дыхания» и др.) характерных для реплантоземов городских территорий умеренной природной зоны.

Подвижность токсичных металлов и ростовые показатели тест-растений имели сильную корреляцию с содержанием органического вещества и реакцией среды.

Для повышения биологической активности ТПО, улучшения агрохимических свойств, снижения подвижности токсичных металлов и восстановления их санитарно-гигиенических функций рекомендуется внесение органических материалов (торф, кородревесные отходы и т.д.) и известковых удобрений.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы ФНИ № 0408-2014-0018 «Анализ состояния

фитоценозов Западной Сибири в современных антропогенных условиях».

Список литературы / References

1. Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Москвина Н.В. Почвы и техногенные поверхностные образования урбанизированных территорий Пермского Прикамья. Пермь: ПГНИУ, 2016. 252 с.

Eremchenko O.Z., Schestakov I.E., Moskvina N.V. Soils and technogenic surface formations of urban areas of Perm Kama region. Perm: PGNIU, 2016. 252 p. (in Russian).

2. Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Каменщикова В.И. Эколого-биологические свойства урбаноземов г. Перми // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. 2010. № 4. С. 56–63.

Eremchenko O.Z., Schestakov I.E., Kamenshikova V.I. Ecological-biological properties of urban soil of Perm city // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologija. Nauki o zemle. 2010. № 4. P. 56–63 (in Russian.).

3. Каменщикова В.И., Еремченко О.З., Шестаков И.Е. Биохимическая активность почв г. Перми // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2011. № 2. С. 38–40.

Kamenshikova V.I., Eremchenko O.Z., Schestakov I.E. Biochemical activity of soil of Perm city // Vestnic Permskogo universiteta. Biologija. 2011. № 2. P. 38–40 (in Russian).

4. Кайгородов Р.В., Попова Е.И. Хемоэкологические, физико-химические и биохимические свойства почв транспортной зоны урбанизированных экосистем // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2017. № 3. С. 321–327.

Kaigorodov R.V., Popova E.I. Chemoecological, physical-chemical and biochemical properties of soils in the transport zone of urban ecosystems // Vestnic Permskogo universiteta. Biologija. 2017. № 3. P. 321–327 (in Russian).

5. Коркина Е.А. Самовосстановление нарушенных техногенезом почв Среднего Приобья: монография. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2015. 158 с.

Korkina E.A. Self-recovery of the soils of Central Priobye broken tekhnogenezy: monograph. Nizhnevartovsk: NVGU, 2015. 158 p. (in Russian).

6. Werkenthin M., Kuge B., Wessolek G. Metals in European roadside soil and soil solution – A review. Environ Pollut. 2014. Vol. 189. P. 98–110. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.02.025.

7. Modabberi S., Tashakor M., Sharifi Soltani N., Hursthouse A.S. Potentially toxic elements in urban soils: source apportionment and contamination assessment. Environmental monitoring and assessment. 2018. Vol. 190 (12). P. 715. DOI: 10.1007/s10661-018-7066-8.

8. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 343 с.

Classification and diagnostics of Russian soils. Smolensk: Ojkumena, 2004. 343 p. (in Russian).

9. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследования. Ростов н/Д.: Изд-во ЦВВР, 2003. 350 с.

Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. Biological diagnostics and indication of soils: methodology and research methods. Rostov n/D.: CVVR, 2003. 350 p. (in Russian).

10. Шарков И.Н. Определение интенсивности продуцирования почвой CO_2 адсорбционным методом // Почвоведение. 1984. № 7. С. 136–143.

Sharkov I.N. Definition of intensity of a producing by the soil of CO_2 by the adsorptive method // Pochvovedenie. 1984. № 7. P. 136 – 143. (in Russian).

11. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам. Ин-т биологии КарНЦ. Петрозаводск, 2011. 77 с.

Titov A.F., Talanova V.V., Kaznina N.M., Laydinen G.F. et al. Physiological basis of plant resistance to heavy metals. Petrozavodsk, 2007. 77 p. (in Russian).

12. Piovar J., Weidinger M., Backor M., Bačkorová M., Lichtscheidl I. Short-term influence of Cu, Zn, Ni and Cd excess on metabolism, ultrastructure and distribution of elements in lichen Xantoria parietina (L.) Th. Fr. Ecotoxicology and environmental safety. 2017. Vol. 145. P. 408–419. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.07.063.

13. Ferreyroa G.V., Lagorio M.G., Trinelli M.A., Lavado R.S., Molina F.V. Lead effects on Brassica napus photosynthetic organs. Ecotoxicology and environmental safety. 2017. Vol. 140. P. 123–130. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.02.031.

14. Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв // Поволжский экологический журнал. 2013. № 4. С. 385–393.

Dadenko E.V., Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Applicability of Enzyme Activity Indices for Soil Bioindication and Monitoring // Povolzhskiy ecologicheskiy jurnal. 2013. № 4. P. 385–393 (in Russian).

15. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 438 с.

Kabata-Pendias A., Pendias H. Mikroelementy v pochvah I rasteniyah. M: Mir, 1989. 438 p. (in Russian).

УДК 528.946(571.56-25)

ВЗГЛЯД НАСЕЛЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «БОЛЬШОГО ЯКУТСКА»: КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

[1]Кривошапкина О.М., [1]Яковлева А.В., [1,2]Черосов М.М., [1]Захарова А.Г., [1]Софронов Р.П., [1]Гоголева П.А., [1]Стручкова С.Г.

[1]ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: geometod@mail.ru;

[2]ФГУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск, e-mail: cherosov@mail.ru

В статье раскрываются результаты социологического исследования (анкетирование и интервью) по изучению мнения населения о состоянии экологической безопасности на территории городского округа «г. Якутск» (Большой Якутск) и непосредственно на территории г. Якутска (10 округов). В ходе полевого этапа исследования анкетированием охвачено более 500 респондентов, интервьюированием – более 130 человек. Статистическая обработка данных проводилась на основе компьютерной программы SPSS («Статистический пакет для социальных наук»). Для составления тематической карты «Личная экологическая безопасность населения на территории городских округов «Якутск» и «Жатай» выявлены компоненты: когнитивный (знаниевый), личностно-деятельностный (поведенческий), аксиологический (ценностный) и уровни (высокий, средний, низкий) личной экологической безопасности. В результате выяснено, что когнитивный компонент сформирован у населения лучше, чем остальные два. В основу карты «Экологическая ситуация по результатам интервьюирования населения территориальных округов города Якутск» положена информация о доле респондентов, отметивших ухудшение экологической ситуации. Наиболее проблемные территории, по мнению жителей Якутска, находятся на юго-западе, в Сайсарском округе – это отметили более 90% респондентов, более благоприятная экологическая ситуация характерна для восточной и северо-восточной частей города – ухудшение экологической ситуации здесь отметили менее 30% опрошенных. Основные проблемы, беспокоящие горожан во всех городских округах: наличие мусора, загрязненная вода и загрязненный воздух, но доля респондентов, отметивших эти проблемы, колеблется по округам. Респонденты, с одной стороны, осознают недостаточный уровень защищенности от экологических опасностей, продуцируемых большим городом, с другой, сами демонстрируют скорее теоретический, чем деятельностный характер личной экологической безопасности. В связи с этим возникает необходимость принятия комплекса мер, способствующих достижению каждым жителем Большого Якутска высокого уровня личной экологической безопасности, а также обнаруживается потребность в оптимизации работы соответствующих служб по оздоровлению окружающей среды.

Ключевые слова: тематические карты, социологическое исследование, экологическая безопасность, Якутск

POPULATION VIEW ON THE STATE OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE «BOLSHOI YAKUTSK»: CARTOGRAPHIC ASPECT

[1]Krivoshapkina O.M., [1]Yakovleva A.V., [1,2]Cherosov M.M., [1]Zakharova A.G., [1]Sofronov R.P., [1]Gogoleva P.A., [1]Struchkova S.G.

[1]North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: geometod@mail.ru;

[2]Institute of Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: cherosov@mail.ru

The article reveals results of a sociological study (survey and interviews) on public opinion about the state of environmental safety in the territory of the City of Yakutsk (Bolshoi Yakutsk) and in the territory of Yakutsk Urban Okrug, which includes 10 districts. During field research, more than 500 respondents have been surveyed, more than 130 people have been interviewed. Statistical data processing was carried out on the basis of the SPSS («Statistical Package for Social Sciences») computer program. To compile «Population's Personal Environmental Safety in the Territory of Yakutsk and Zhatai Urban Okrugs (Districts)» topic map, the authors identified such components as cognitive (knowledge), personal-activity (behavior), axiological (value), as well as high, medium and low levels of personal environmental safety. As a result, it was found out that the cognitive component is better formed in the population than the other two. The map «The Environmental Situation According to the Results of Interviewing the Population of the Territorial Districts of the City of Yakutsk» is based on the number of the respondents who noted the deterioration of the ecological situation. According to residents of Yakutsk, the most polluted area is in the south-west, in Saysar district – more than 90% of respondents noted this, a more favorable ecological situation is typical for the eastern and north-eastern part of the city – less than 30% of respondents noted a deterioration of the ecological situation. Citizens in all urban districts are concerned about the waste, water and air pollution, but the proportion of respondents who have noted these problems varies by district. Respondents, on the one hand, aware of the insufficient level of protection against environmental hazards produced by the big city, on second, show themselves, more theoretical, than the active nature of personal environmental safety. In this regard, there is a need to take a set of measures to help every resident of Big Yakutsk achieve a higher level of personal environmental safety, and it also reveals the necessity to optimize the work of the appropriate environment health services.

Keywords: thematic maps, case study, environmental safety, Yakutsk

Согласно Конституции Российской Федерации, каждый человек имеет право на «благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии» [1, статья 42, с. 17]. В связи с этим актуальным является социологическое исследование по

изучению мнения населения «О состоянии экологической безопасности в Республике Саха (Якутия)», проведенное в двух городских округах Республики Саха (Якутия) – «Якутск» и «Жатай». Главным понятием исследования являлась «экологическая безопасность», которая, согласно Федеральному закону «Об охране окружающей среды» понимается как «состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий» [2, статья 1]. Такое состояние защищенности природы и человека во многом зависит от уровня культуры экологической безопасности, которой должно обладать общество в целом и отдельная личность в частности. Уточним, что некоторые авторы считают по сути синонимичными понятия «культура экологической безопасности» и «культура безопасности жизнедеятельности» [3, 4]. Вопросам формирования культуры безопасности жизнедеятельности, а также выделению ее компонентов, посвящено достаточное количество исследований [5–7]. В работе Н.П. Несговоровой и др. проведен анализ публикаций, посвященных данному вопросу, и выявлены следующие компоненты культуры экологической безопасности: мотивационно-потребностный, когнитивный, деятельностно-практический, эмоционально-волевой, аксиологический, информационный и др. [4, 8]. Наше исследование посвящено характеристике «личной экологической безопасности», которую можно определить как социально-психологическую характеристику человека, отражающую его отношение к вопросам экологической безопасности и включающую три основных компонента: когнитивный (знаниевый); личностностно-деятельностный (поведенческий) и аксиологический (ценностный) (табл. 1).

С учетом вышесказанного целью исследования является выявление взгляда населения на состояние экологической безопасности «Большого Якутска» (городского округа «Якутск»), а также составление тематических карт, отражающих мнение жителей столичного региона Якутии.

Материалы и методы исследования

На основании вышеизложенного разработаны вопросы анкеты (14 вопросов) и интервью (7 вопросов) для жителей «Большого Якутска» в соответствии с выделенными компонентами структуры понятия «личная экологическая безопасность», а также определены качественные показатели ее уровней (высокий/средний/низкий). Ниже приведен фрагмент анкеты, разработанной с учетом опыта Республики Адыгея [9].

Вопросы анкеты (фрагмент):

– Как, по Вашему мнению, изменилось состояние окружающей среды в Вашем населенном пункте (городе, селе, наслеге) за последние годы?

– Каковы, по Вашему мнению, основные проблемы в области охраны окружающей среды в Вашем населенном пункте (городе, селе, наслеге)? Выберите 3 проблемы, наиболее значимые для Вас.

– Какие именно предприятия, расположенные в Вашем населенном пункте (городе, селе, наслеге), оказывают наиболее сильное негативное воздействие на состояние экологической безопасности? Впишите их названия.

– Кто, по Вашему мнению, должен заботиться об улучшении экологической обстановки в Вашем населенном пункте (городе, селе, наслеге)?

– Считаете ли Вы себя достаточно информированным о состоянии экологической безопасности в Вашем населенном пункте (городе, селе, наслеге)?

Таблица 1

Показатели сформированности личной экологической безопасности

Компоненты	Содержание показателя
Когнитивный (знаниевый)	Знание правил и норм экологической безопасности. Степень осведомленности об экологической безопасности своего населенного пункта
Личностностно-деятельностный (поведенческий)	Готовность к экологически безопасному поведению. Уровень приверженности к активной деятельности в целях экологической безопасности
Аксиологический (ценностный)	Осознание необходимости экологически безопасного поведения. Проявление интереса к экологическим проблемам своего населенного пункта. Степень понимания необходимости практической реализации правил экологической безопасности. Мотивация на развитие своей познавательной потребности по вопросам экологической безопасности

Особое место в анкете занимает последний вопрос «Определите уровень Вашей личной экологической безопасности», который состоит из подвопросов:

1. Я понимаю, что необходимо выполнение норм и правил экологической безопасности для сохранения собственного здоровья и здоровья будущих поколений:

а) да, согласен; б) нет, не согласен; в) затрудняюсь ответить.

2. Я умею в повседневной жизни корректировать собственное поведение с точки зрения экологической безопасности: а) всегда; б) не полностью; в) никогда; г) затрудняюсь ответить.

3. Я осуществляю практическую деятельность по осуществлению экологически безопасного проживания в своем населенном пункте (участие в субботниках; участие в озеленении и др.): а) всегда; б) не полностью; в) никогда; г) затрудняюсь ответить.

4. Я готов к самосовершенствованию с целью достижения экологической безопасности своего населенного пункта: а) да; б) не готов; в) не задумывался об этом; г) затрудняюсь ответить

Вопросы для интервью (фрагмент):

1. Считаете ли Вы, что в г. Якутске есть экологические проблемы?

2. Как изменилась экологическая ситуация в г. Якутске за последние годы?

3. Какая экологическая проблема г. Якутска вызывает у Вас особое опасение?

4. Кто должен отвечать за экологическую безопасность населения г. Якутска?

С помощью анкеты и интервью проведено социологическое исследование по изучению мнения населения «О состоянии экологической безопасности в Республике Саха (Якутия)» в двух городских округах Республики Саха (Якутия) – «Якутск» и «Жатай». В ходе полевого этапа исследования в населенных пунктах, расположенных на территории так называемого «Большого Якутска» (табл. 2), анкетированием было охвачено 527 респондентов. В интервьюировании приняли участие 137 респондентов и проводилось оно в 10 округах г. Якутска: Автодорожном, Гагаринском, Губинском, Октябрьском, Промышленном, Сайсарском, Строительном, Центральном, в микрорайонах Кангалассы и Марха.

С помощью компьютерной программы SPSS («Статистический пакет для социальных наук») был произведен ввод и статистическая обработка данных, полученных в ходе анкетирования и интервьюирования. Каждый вопрос анкеты относился к одному из компонентов личной экологической безопасности (когнитивный, личностно-деятельностный, аксиологический) и ответы респондентов распределялись по уровням: низкий, средний и высокий (табл. 2).

Таблица 2

Компоненты и уровни личной экологической безопасности населения ГО «Якутск» и ГО «Жатай», %

№ п/п	Городской округ	Когнитивный			Личностно-деятельностный			Аксиологический		
		Высокий	Средний	Низкий	Высокий	Средний	Низкий	Высокий	Средний	Низкий
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Городской округ «ЯКУТСК» («Большой Якутск»)										
1	Марха	62,9	6,2	30,9	24	40,1	35,9	36,1	17,5	46,4
2	Кангалассы	69,4	13,9	16,7	41,7	36	22,3	47,8	23,3	28,9
3	Якутск	64,6	15,2	20,2	35,6	38,6	25,8	48,4	22,1	29,5
4	Маган	72,3	7,2	20,5	41,9	33,8	24,3	47	30,2	22,8
5	Табага	69,2	7,6	23,2	31	44,6	24,4	33,8	32,4	33,8
6	Хатассы	68,2	13,2	18,6	40,7	34,8	24,5	47,9	26,9	25,2
7	Пригородный	70,2	12,9	16,9	42,8	40,5	16,7	47,6	21,1	31,3
8	Тулагино	54	16,6	29,4	41,7	57,3	1	42,8	27,8	29,4
9	Кильдямцы	63	7,4	29,6	27,8	44,5	27,8	33,3	35,6	31,1
10	Сырдах	63,5	10,5	26	30,2	37,5	32,3	41,3	26,4	32,3
Городской округ «ЖАТАЙ»										
	Жатай*	68	14	18	30,8	36,7	32,5	38,9	26	35,1

Примечание. * До 2004 г. п. Жатай был частью города республиканского значения Якутск; в настоящее время территория Жатая полностью находится в окружении городского округа «Якутск».

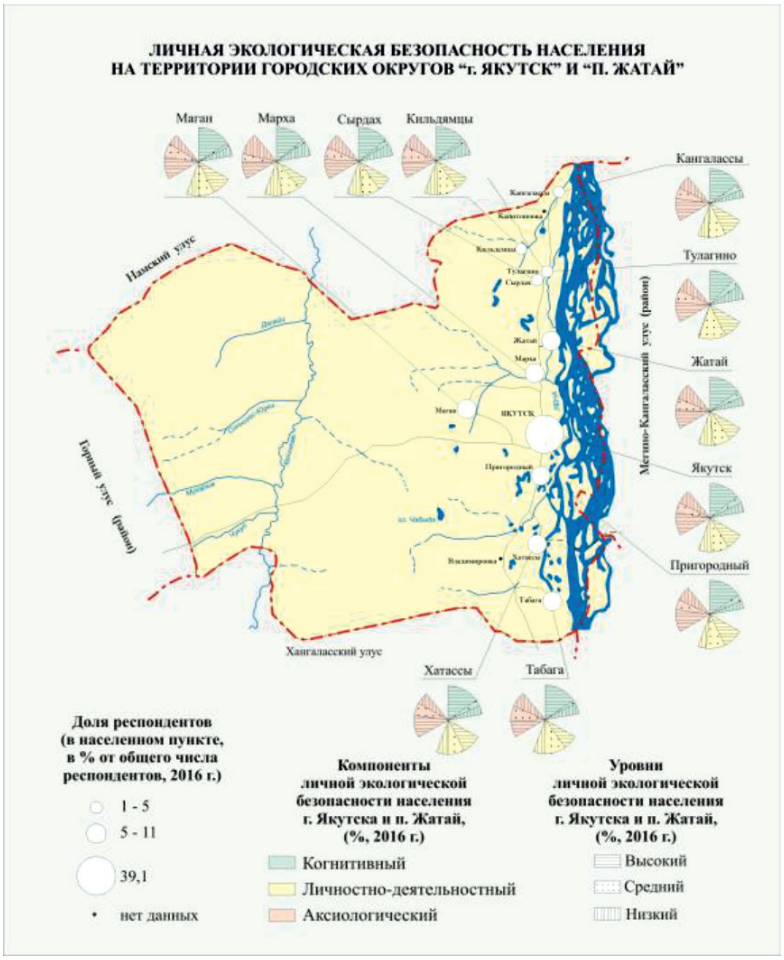


Рис. 1. Личная экологическая безопасность населения на территории городских округов «Якутск» и «Жатай»

Результаты исследования и их обсуждение

На основе полученных данных была составлена карта «Личная экологическая безопасность населения на территории городских округов «г. Якутск» и «п. Жатай»», на которую были нанесены диаграммы, показывающие по каждому населенному пункту компоненты (когнитивный, личностно-деятельностный, аксиологический) и уровни личной экологической безопасности (высокий, средний, низкий) (рис. 1).

Карта «Личная экологическая безопасность населения на территории городских округов «Якутск» и «Жатай» (рис. 1) составлена на основе анкетирования 527 жителей практически всех населенных пунктов, расположенных в пределах «Большого Якутска» (табл. 1, графа 2). Основу тематического содержания карты составляют 3 показателя: доля респондентов населенного пункта от общего числа опрошенных (пунсоны разного диаметра), а также «компоненты личной экологической безопасности» (когнитивный, личностно-деятельностный, аксиологический) и «уровни личной экологической безопасности» (высокий, средний, низкий). Обладая указанными выше компонентами, каждый житель в ходе оценки (1–13 вопросы анкеты) и самооценки (вопросы анкеты 14,1–14,6), показал, на каком уровне находятся эти компоненты у него лично.

Вывод 1. В результате выяснено, что знаниевый (когнитивный) компонент сформирован у населения лучше, чем остальные два, и им в высокой степени обладает большинство жителей всех населенных пунктов (max 72,3% – Маган; min 54,0% – Тулагино; avg – 72,5%). На втором месте по степени сформированности находится ценностный (акиологический) компонент (max 48,4% – Якутск; min 33,3% – Кильдямцы; avg – 42,3%). И самым трудноформируемым, как и ожидалось,

оказался личностно-деятельностный компонент личной экологической безопасности (42,8% – Пригородный; min 24,0% – Марха; avg – 35,3%). Для составления второй карты, отражающей уже мнение жителей непосредственно г. Якутска и его округов, использовались данные, полученные в ходе интервьюирования, проведенного студентами 4 и 5 курсов Института естественных наук. Студенты проводили опрос непосредственно на территориях вышеперечисленных округов г. Якутска. Для составления картограммы использовался показатель «Доля респондентов, считающих, что экологическая ситуация в г. Якутске ухудшилась за последние годы». Кроме того, для каждого округа составлялись картодиаграммы, показывающие три основные экологические проблемы, названные респондентами (рис. 2).

Карта «Экологическая ситуация по результатам интервьюирования населения территориальных округов г. Якутска» (рис. 2) составлена на основе опроса 137 респондентов, проживающих на территории непосредственно г. Якутска. Основу тематического содержания карты составляют 2 важных показателя: «доля респондентов, считающих, что экологическая ситуация в городе Якутске ухудшилась за последние годы» (картограмма) и «экологические проблемы, отмеченные респондентами как наиболее важные» (три проблемы) (столбчатые картодиаграммы). Кроме того, на полях карты размещено дополнительное содержание: «Изменение экологической ситуации за последние годы» и «Информированность населения об экологических проблемах» (круговые диаграммы).

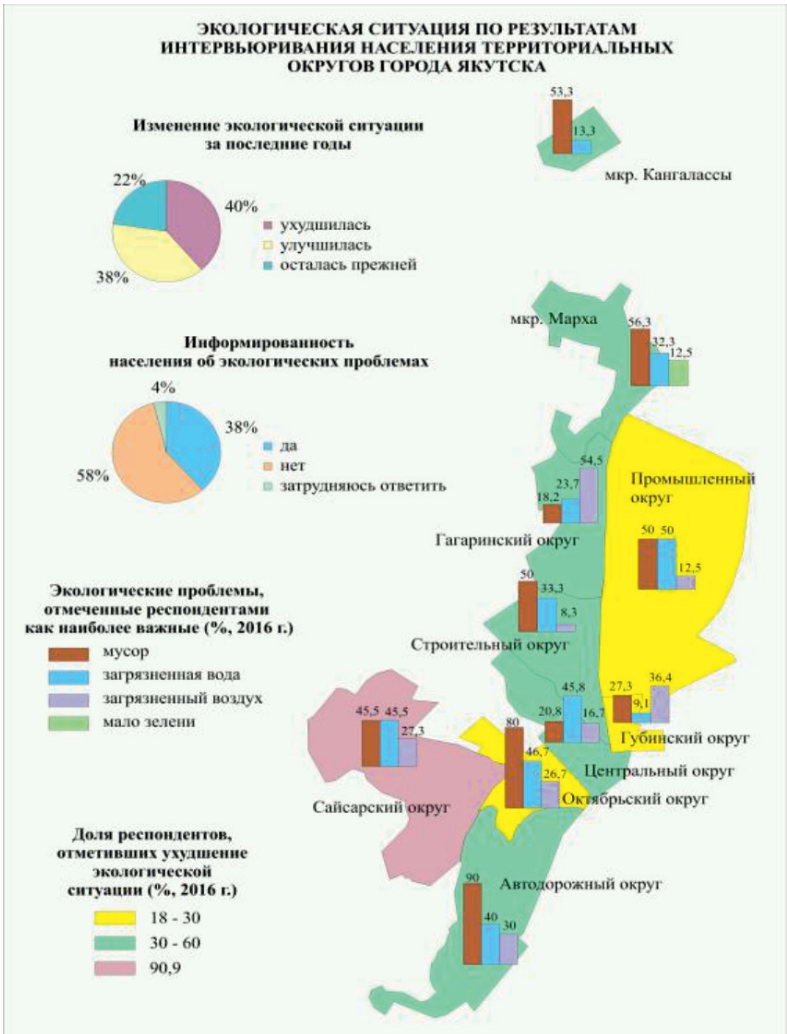


Рис. 2. Экологическая ситуация по результатам интервьюирования населения территориальных округов г. Якутска

Вывод 2. Анализ карты (рис. 2) показал, что более всего озабочены ухудшением экологической ситуации респонденты, проживающие в Сайсарском округе (90,0%), в большинстве округов доля опрошенных, считающих так же, колеблется от 30 до 60%, и меньше всего отметивших ухудшение экологической ситуации проживают в Промышленном, Губинском и Октябрьском территориальных округах г. Якутска. Основные проблемы, беспокоящие горожан во всех округах: наличие мусора, загрязненная вода и загрязненный воздух, но доля респондентов, отметивших эти проблемы, колеблется по округам. В то же время совокупная доля респондентов, отметивших улучшение экологической ситуации (38%), почти равна части считающих, что ситуация ухудшилась (40%). Настораживает также совокупный вывод большинства респондентов (58%), что степень их информированности в области экологических проблем низкая.

Заключение

Таким образом, анализ результатов проведенного исследования позволил сделать вывод о невысоком уровне культуры экологической безопасности жителей Большого Якутска. Респонденты, с одной стороны, осознают недостаточный уровень защищенности от экологических опасностей, продуцируемых большим городом, с другой, сами демонстрируют скорее теоретический, чем деятельностный характер личной экологической безопасности. В связи с этим возникает необходимость принятия комплекса мер, способствующих достижению каждым жителем Большого Якутска высокого уровня личной экологической безопасности, а также обнаруживается потребность в оптимизации работы соответствующих служб по оздоровлению окружающей среды. Кроме того, рекомендуется регулярно проводить социологические исследования по изучению мнения населения о состоянии экологической безопасности территории городских округов «Якутск» и «Жатай».

Исследование проводилось в рамках Программы «Комплексные научные исследования в Республике Саха (Якутия), направленные на развитие ее производительных сил и социальной сферы в 2016–2020 г.».

Список литературы / References

1. Конституция Российской Федерации. Официальное издание. М.: Юрид. лит., 2009. 64 с. URL: http://www.constitution.ru/10003000/10003000-4.htm (дата обращения: 15.10.2018).

The Constitution of the Russian Federation. The official publication. M.: Yurid. lit., 2009. 64 p. URL: http://www.constitution.ru/10003000/10003000-4.htm (date of access: 10.15.2018) (in Russian).

2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c (дата обращения: 15.10.2018).

Federal Law «On Environmental Protection» of 10.01.2002 N 7-FZ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c (date of access: 15.10.2018) (in Russian).

3. Дурнев Р.А., Пономарев А.И., Грищенко А.А. Об основах формирования культуры экологической безопасности населения Российской Федерации // Технологии гражданской безопасности. 2010. Т. 7. № 3 (25). С. 40–51.

Durnev R.A., Ponomarev A.I., Grischenko A.A. About Bases of Formation Culture Ecological Safety of the Population of the Russian Federation // Civil Security Technologies. 2010. V. 7. № 3 (25). P. 40–51 (in Russian).

4. Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Богданова Е.П. Методика оценки компонентов культуры экологической безопасности у студентов вуза // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23553 (дата обращения: 10.10.2018).

Nesgovorova N.P., Saveliev V.G., Bogdanova E.P. Methods of assessing the components of the culture of environmental safety of university students // Modern problems of science and education. 2015. № 6. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23553 (date of access: 10.10.2018) (in Russian).

5. Голубева И.А. Учебно-игровая деятельность как средство формирования безопасности жизнедеятельности у студентов вуза: автореф. дис. … канд. пед. наук. Ставрополь, 2011. 21 с.

Golubeva I.A. Educational and game activity as means of formation of health and safety of students of the university: authoref. dis. ... kand. ped. nauk. Stavropol, 2011. 21 p. (in Russian).

6. Дронов А.А. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности студентов учреждений среднего профессионального образования: дис. ... канд. пед.наук. Воронеж, 2009. 172 с.

Dronov A.A. Formation of students' health and safety culture of secondary vocational education: dis. ... kand. ped. nauk. Voronezh, 2009. 172 p. (in Russian).

7. Иванова Т.А. Педагогические условия формирования культуры безопасной жизнедеятельности детей-сирот в условиях школы-интерната: автореф. дис. … канд. пед. наук. Владикавказ, 2008. 24 с.

Ivanova, T.A. Pedagogical conditions for the formation of a culture of life safety for orphans in a boarding school: avtoref. dis ... kand. ped. nauk. Vladikavkaz, 2008. 24 p. (in Russian).

8. Цейко В.А. Сущность и структура культуры безопасности жизнедеятельности старшеклассников // Научное обозрение. Педагогические науки. 2014. № 2. С. 150.

Tseiko V.A. The essence and structure of the culture of life safety of high school students // Scientific Review. Pedagogical sciences. 2014. № 2. P. 150.

9. Итоги анкетирования по изучению мнения населения «О состоянии экологической безопасности в Республике Адыгея». URL: https://gshra.ru/socially/socially_51.html (дата обращения: 15.10.2018).

The results of the survey to study the opinion of the population «On ecological safety in the Republic of Adygea». URL: https://gshra.ru/socially/socially_51.html (date of access: 10.15.2018) (in Russian).

УДК 628.543.1

АНАЛИЗ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И МОНИТОРИНГ СБРОСА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ В КАНАЛИЗАЦИЮ ГОРОДА

Крылова Л.А., Яковлева О.В., Морозенко М.И.

Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, e-mail: lyub.al.krylova@mail.ru, yakowlewaolga24@mail.ru, morozenko_mi@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию формирования состава сточных вод, сбрасываемых в канализацию города с последующим поступлением их на городские очистные сооружения г. Калуги. Определены основные категории водопользователей, поставляющих сточные воды на городские очистные сооружения. Крупными водопользователями являются предприятия пищевой промышленности, автопредприятия и автомойки, а также предприятия промышленного комплекса города. Проанализированы применяемые системы очистки, а также количественные и качественные характеристики сбросов сточных вод водопользователей. Проведен анализ состояния поступающих от них в городскую сеть стоков и определено влияние сточных вод на процессы очистки. В особую группу выделены предприятия приборо-, машиностроения и исследованы характеристики сбросов сточных вод восемнадцати наиболее крупных предприятий данного профиля. Проводимое исследование было направлено на выявление основных факторов, от которых напрямую зависит состав производственных стоков и их качество. Сточные воды данных предприятий имеют аналогичные характеристики сбросов. Установлено, что по массовому содержанию в сточных водах предприятий приборо- и машиностроения преобладают ионы тяжелых металлов, синтетические поверхностно-активные вещества, содержатся нефтепродукты. Проведен анализ применяемых методов очистки стоков гальванических цехов и действующих на предприятиях технологических схем на очистных сооружениях. Показано, что повсеместно используется реагентный метод очистки. Мониторинг сброса промышленных сточных вод показал отрицательное влияние сбросов промышленных предприятий на состав сточных вод, поступающих на городские очистные сооружения, ввиду несоблюдения требований предельно допустимого сброса загрязняющих веществ в систему водоотведения.

Ключевые слова: водопользование, промышленные сточные воды, характеристика сброса сточных вод, мониторинг, очистные сооружения

ANALYSIS OF WATER USERS AND MONITORING OF DISCHARGES OF INDUSTRIAL EFFLUENTS INTO CITY SEWERS

Krylova L.A., Yakovleva O.V., Morozenko M.I.

Kaluga Branch of the Bauman MSTU, Kaluga, e-mail: lyub.al.krylova@mail.ru, yakowlewaolga24@mail.ru, morozenko_mi@mail.ru

This article is devoted to the study of the formation of the composition of the wastewater discharged into the Sewerage system of the city with the subsequent their entering into the city sewage treatment plant city of Kaluga. The main categories of water users supplying waste water to municipal treatment facilities are defined. Large water users are the enterprises of food industry, automobile enterprises and car washes, as well as enterprises of the industrial complex of the city. The applied treatment systems, as well as quantitative and qualitative characteristics of wastewater discharges of water users are analyzed. The analysis of the state of the municipal sewage coming from them is carried out and the influence of sewage on the treatment processes is determined. In a special group of enterprises allocated instrumentation and engineering and studied characteristics of wastewater discharges eighteen of the largest enterprises in this profile. The study was aimed at identifying the main factors that directly affect the composition of industrial effluents and their quality. Wastewater of these enterprises has similar characteristics of discharges. It has been established that the mass content in the wastewater enterprises of instrument and engineering is dominated by ions of heavy metals, synthetic surface – active substances, contain petroleum products. The analysis of methods for treatment of wastewater from electroplating facilities operating in the enterprises of technological schemes for wastewater treatment plants. It is shown that the reagent cleaning method is widely used. Monitoring of industrial wastewater discharge showed the negative impact of industrial wastewater discharges on the composition of wastewater entering the municipal wastewater treatment facilities due to non – compliance with the requirements of the maximum permissible discharge of pollutants into the wastewater disposal system.

Keywords: water use, industrial wastewater, a characteristic of wastewater discharge, monitoring, treatment facilities

Среди острых экологических проблем особое место отводится качеству воды, однако в настоящее время наблюдается тенденция его ухудшения.

Большой вклад в процессы, связанные с ухудшением качества сточных вод, которые характеризуются, как правило, разнообразием сбросов по количественному и качественному составу, вносят промышленные комплексы городов [1].

Промышленные сточные воды содержат специфические загрязнения, способные оказывать отрицательное влияние на условия работы городских очистных сооружений. Сложность с очисткой промышленных сточных вод связана с наличием предприятий, каждое из которых применяет свойственную ему технологию для осуществления производственных процессов, что приводит к образованию сточных вод различного состава [2].

Увеличение объемов, изменение качества сбросов сточных вод промышленных предприятий несет, как правило, дополнительную нагрузку на городские очистные сооружения, усложняя их работу [3], поэтому отслеживание изменения характеристик сбросов является на сегодняшний день актуальным.

Крупнейший промышленный комплекс г. Калуги представлен внушительным количеством предприятий приборо- и машиностроения, которые сбрасывают на городские очистные сооружения сточные воды травильных и гальванических цехов. Со сточными водами на очистку поступает значительное количество загрязняющих веществ, которые представлены нефтепродуктами, СПАВ, сульфатами, хлоридами, фенолом, взвешенными веществами, соединениями азота, цинка, никеля, меди, железа, фосфора и т.д.

Цель исследования: определение основных водопользователей Калуги и исследование характеристик сбросов крупных предприятий приборо- и машиностроения на очистные сооружения города.

Материалы и методы исследования

В результате исследования установлено, что в г. Калуге около половины производимого объема продукции городской промышленности приходится на машиностроение, треть – на пищевую отрасль, 13 % – энергетику [4]. Промышленная сфера в основном представлена такими производствами, как производство электромеханических устройств, производство телеграфной аппаратуры, машиностроение, производство автомобильного электрооборудования, турбостроение, производство радиолокационных узлов для ракетных комплексов, кораблей, производство железобетонных изделий.

Большинство этих предприятий и объектов нуждаются в модернизации очистных сооружений, а на некоторых крайне необходимо построить современные эффективные системы очистки сточных вод [5, 6].

Проведенный анализ показал, что стоки на городские очистные сооружения поступают от следующих категорий водопользователей: жилой сектор; муниципальные учреждения и офисы; промышленные предприятия приборо-, машиностроения; текстильная отрасль (швейные цеха); предприятия общественного питания (кафе, рестораны, столовые); предприятия бытового обслуживания (прачечные, химчистки); автомойки.

Самой многочисленной является группа предприятий пищевой промышленности, сточные воды которой характеризуются высокой степенью загрязнения. Стоки пищевых перерабатывающих предприятий (мясо, рыба, птица, молоко, сыры, торты, овощные консервы) обладают сходными характеристиками. Все они содержат большое количество белков и жиров, склонных к быстрому загниванию. Сбросы таких предприятий характеризуются повышенными значениями ХПК и БПК, значительным содержанием взвешенных веществ и высоким уровнем содержания жиров.

В г. Калуге значения $БПК_{полн}$ в контрольных пробах сточных вод пищевых предприятий достигают от двукратного до десятикратного превышения норматива допустимого сброса в централизованную городскую сеть канализации.

Установленные на предприятиях жироуловители не справляются полноценно с функцией задерживания фракции жира, это приводит в дальнейшем к снижению эффективности работы городских очистных сооружений (перекрываются прозоры решеток, снижается доступ атмосферного кислорода к микроорганизмам активного ила аэротенков и т.д.) [7].

Следующей категорией водопотребителей в городе являются автопредприятия и автомойки. Исследование показало, что сточные воды после мойки автомашин содержат традиционные загрязнения для таких предприятий, это взвешенные вещества, органические загрязнения, нефтепродукты, тяжелые металлы, СПАВ, реагенты, используемые для очистки дорог ото льда и снега. Следует отметить, что сточные воды автомоек содержат АПАВ с концентрацией, превышающей допустимый норматив, иногда более чем в 1000 раз.

Большинство современных автомобильных моек используют оборотное водоснабжение (это снижает эксплуатационные затраты и не так пагубно сказывается на состоянии окружающей среды). Технология может состоять из процессов отстаивания, флотации, фильтрования. Но со временем и оборотная вода накапливает загрязняющие вещества, сбрасывается в канализацию. Одной из установленных причин проблематичности выхода из данной ситуации является неудачная привязка очистных сооружений для автомоек, представленных компактными устройствами блочно-модульной модификации, которые не обеспечивают требуемую степень очистки сточных вод в конкретных условиях.

Особо следует выделить группу предприятий, отводящих промышленные сточные воды. К данной категории относятся производящие и обрабатывающие промышленные предприятия.

Вода на предприятиях приборо-, машиностроения г. Калуги используется во многих цехах. После использования она содержит специфические загрязнения, которые должны удаляться на очистных сооружениях предприятий. Однако анализ показал что 18 наиболее крупных предприятий приборо-, машиностроения г. Калуги отводят в систему канализации сточные воды, содержащие механические примеси, в том числе гидроксиды металлов; нефтепродукты; эмульсии; растворенные токсичные соединения органического и неорганического происхождения (ионы металлов, фенолы, сульфаты, сульфиды и др.), не соответствующие требованию предельно допустимого сброса (ПДС).

Проводимое исследование было направлено на выявление основных факторов, от которых зависит состав производственных стоков и их качество. Для этого по каждому предприятию проведен анализ по следующему алгоритму: установление вида деятельности/продукции; выявление сведений о наличии/составе локальных очистных сооружений (ЛОС); уточнение года ввода в эксплуатацию ЛОС; определение проектной мощности.

Проведенный анализ показал, что на рассматриваемых предприятиях предусмотрены традиционные локальные очистные сооружения для обезвреживания стоков перед их сбросом в канализацию города. Можно утверждать, что повсеместно применяется реагентный метод очистки гальваностоков. Около 70% этих сооружений возведены еще в 1980-х гг., что свидетельствует об их моральном и физическом износе и, как следствие, низкой способности к очистке [8].

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках исследования проведен анализ качественного и количественного состава сточных вод 18-ти предприятий приборо-, машиностроения города. Сточные воды предприятий имеют сходный качественный состав. Соответствие требованиям сброса в систему водоотведения контролируется организацией водопроводно-канализационного хозяйства и подведомственной ей базовой лабораторией сточных вод. Контроль ведется по наиболее характерным для этих отраслей промышленности показателям.

Однако в данной работе нами проведен анализ за период 2014–2016 гг. состава отводимых стоков по показателям «металлы», нефтепродукты и СПАВ, которые наиболее негативно влияют на работу сооружений биологической очистки г. Калуги [8].

Полученные результаты наглядно представлены на рис. 1–4.

Мониторинг показал, что предприятиями постоянно превышены показатели нормативов предельно допустимого сброса в сети города по никелю, железу, меди, цинку. Для наглядности приведены показатели сбросов по железу и цинку.

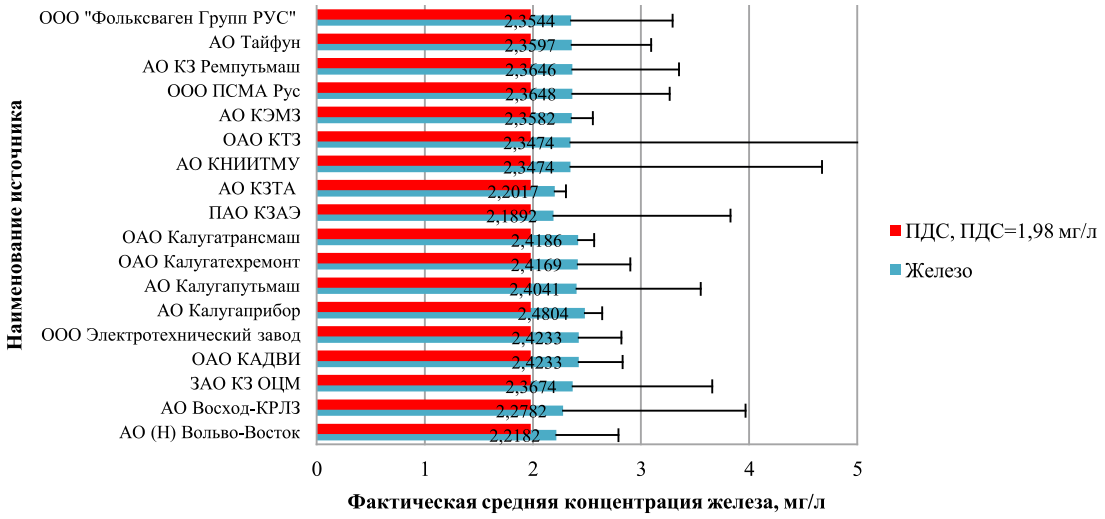


Рис. 1. Концентрации железа в стоках предприятий за исследуемый период

За исследуемый период, согласно полученным данным, все 18 предприятий города сбрасывали в канализационную сеть сточные воды с повышенным содержанием железа (рис. 1).

Существенны сбросы сточных вод предприятий по содержанию цинка (рис. 2), причем показатель ПДС не достигается ни одним из рассмотренных источников сброса сточных вод.

Такая же картина превышения ПДС, как показало исследование, наблюдается при сбросе предприятиями никеля и меди.

Практически на одном уровне находятся сбросы предприятиями СПАВ, наибольшие показатели сброса приходятся на ЗАО «КЗ по обработке цветных металлов», АО «Восход-КРЛЗ», ООО «Электротехнический завод» и ОАО «КАДВИ» (рис. 3).

В сточных водах предприятий приборо- и машиностроения содержатся нефтепродукты. За исследуемый период наибольшие показатели сброса в сеть города приходятся на ПАО «КЗАЭ», АО (Н) «Вольво-Восток», АО «Калугаприбор» (рис. 4).

Для полноты представления характеристики сбросов сточных вод промпредприятиями в таблице приведена выборка данных по загрязнениям по кварталам за 2016–2017 гг., которая является наглядным подтверждением наличия превышений по ряду показателей.

Сбросы сточных вод 18 предприятий приборо-, машиностроения города содержат загрязнения, которые необходимо снижать на локальных очистных сооружениях. Однако данные сооружения, как показал проведенный мониторинг, работают в настоящее время неэффективно.

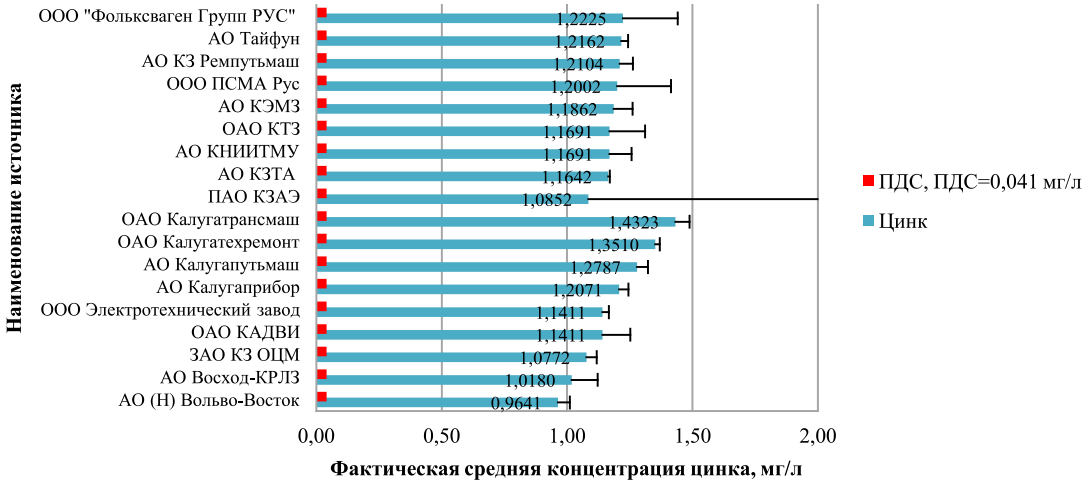


Рис. 2. Концентрации цинка в стоках предприятий за исследуемый период

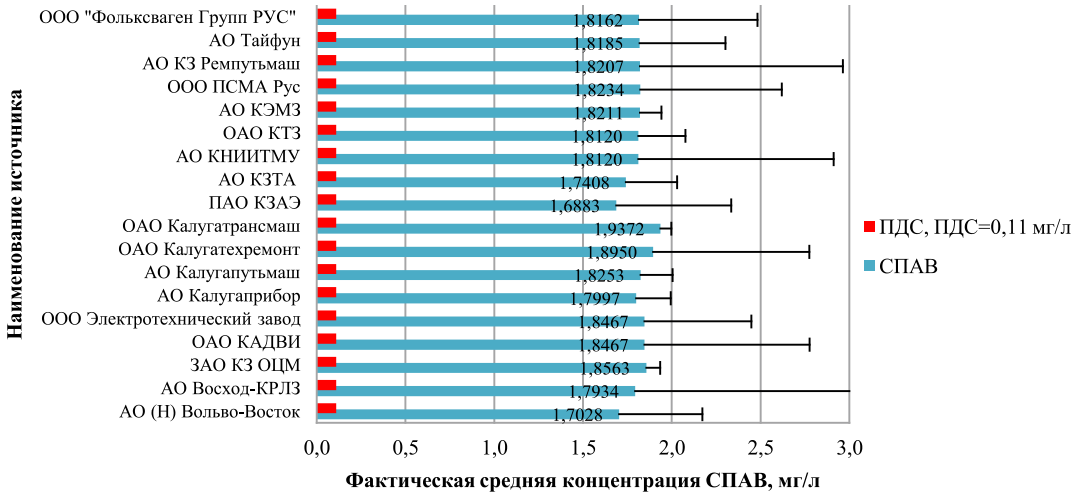


Рис. 3. Концентрации СПАВ в стоках предприятий за исследуемый период

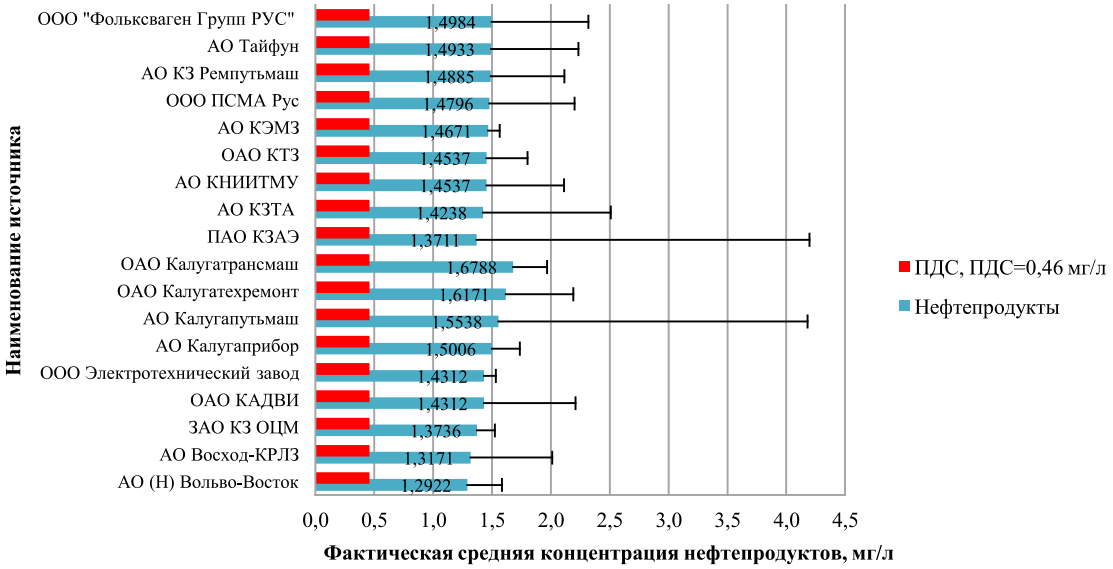


Рис. 4. Концентрации нефтепродуктов в стоках предприятий за исследуемый период

Показатели сброса сточных вод промпредприятий за 2016–2017 гг.

Предприятие	Показатель \ Период	1 кв. 2016	2 кв. 2016	3 кв. 2016	4 кв. 2016	1 кв. 2017	2 кв. 2017	3 кв. 2017	4 кв. 2017
АО «Калугаприбор»	Железо	1,280	0,660	1,010	0,680	2,176	3,210	2,348	2,484
	Медь	0,087	0,048	0,093	0,033	0,027	0,036	0,022	0,015
	Цинк	0,104	0,070	0,148	0,047	0,033	0,049	0,032	0,033
АО «Калугапутьмаш»	Железо	1,930	8,450	2,480	2,530	1,280	1,540	1,720	0,160
	Медь	0,015	0,053	0,025	0,030	0,006	0,013	0,088	0,210
	Цинк	0,026	0,064	0,029	0,270	0,018	0,023	0,078	0,009
ОАО «Калугатехремонт»	Железо	3,700	1,630	2,800	1,500	0,650	0,603	0,335	0,508
	Медь	0,041	0,009	0,032	0,006	0,050	0,031	0,024	0,031
	Цинк	0,082	0,015	0,091	0,011	0,038	0,033	0,025	0,031
ОАО «Калугатрансмаш»	Железо	0,560	0,430	0,490	0,107	0,422	1,170	0,590	1,500
	Медь	0,028	0,017	0,016	0,017	0,033	0,240	0,029	0,135
	Цинк	0,330	0,018	0,027	0,011	0,610	2,700	0,360	1,110
ПАО КЗАЭ	Железо	1,513	4,244	0,960	2,146	0,300	0,154	0,310	0,510
	Медь	0,168	0,135	0,037	0,040	0,008	0,006	0,015	0,015
	Цинк	1,614	0,310	0,065	0,339	0,018	0,016	0,023	0,016

Выводы

Исследование показало, что состав сточных вод, сбрасываемых в систему городской канализации, формируется в основном сбросами предприятий пищевой промышленности, автопредприятиями и автомойками, наиболее крупными предприятиями приборо- и машиностроения.

Мониторинг сброса промышленных сточных вод в городскую канализацию свидетельствует о нарушениях требований по соблюдению нормативов предельно допустимого сброса (ПДС). Показывает необходимость принятия и внедрения новых технологических решений в области очистки сточных вод предприятий приборо- и маши-

ностроения, которые будут способствовать нормализации работы городских очистных сооружений.

Список литературы / References

1. Федорова Е.А. Экологический мониторинг и совершенствование работы локальных очистных сооружений предприятий Нижегородской промышленной зоны // Приволжский научный журнал. 2013. № 4 (28). С. 136–143.

Fedorova E.A. Environmental monitoring and improvement of local treatment plants in Nizhny Novgorod industrial zone // Privolzhskii nauchnyi zhurnal. 2013. № 4. P. 136–143 (in Russian).

2. Городские очистные сооружения // Справочник строителя: интернет-журнал. URL: http://p-projector.com/gorodskie-ochistnye-sooruzheniya (дата обращения: 05.11.2018).

City treatment facilities // Spravochnik stroitelia. URL: http://p-projector.com/gorodskie-ochistnye-sooruzheniya/ (date of access 05.11.2018) (in Russian).

3. Рязанов А.В., Бучнева Н.В. Анализ эффективности работы городских очистных сооружений по ряду приоритетных загрязнителей // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т.19. № 6. С. 2028–2032.

Riazanov A.V., Buchneva N.V. Analysis of the efficiency of municipal wastewater treatment plants on a number of priority pollutants // Bulletin of Tambov University. Series: Natural and technical Sciences. 2014. Vol. 19. № 6. P. 2028-2032 (in Russian).

4. Крылова Л.А., Яковлева О.В., Стрельченко С.С., Корнюшин Ю.П. Мониторинг сброса промышленных стоков и их влияние на эффективность работы очистных сооружений // Наукоемкие технологии. 2017. Т. 18. № 10. С. 43–48.

Krylova L.A., Yakovleva O.V., Strelchenko S.S., Kornyushin Yu.P. Monitoring of discharge of industrial effluents and their impact on the efficiency of treatment facilities in the city of Kaluga // High technology. 2017. V. 18. № 10. P. 43–48 (in Russian).

5. Крылова Л.А., Яковлева О.В. Пути реконструкции и модернизации сооружений биологической очистки сточных вод города // Наукоемкие технологии. 2017. Т. 18. № 6. С. 57–62.

Krylova L.A., Iakovleva O.V. Ways of reconstruction and modernization of biological wastewater treatment facilities of the city // High technology. 2017. V. 18. № 6. P. 57–62 (in Russian).

6. Суслова С.В. Сироткин А.С., Хузяшева Д.Г., Морозов В.И. Смешение отдельных потоков производственных сточных вод, загрязненных ионами тяжелых металлов и СПАВ, для их локальной обработки // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 6. С. 54–59.

Suslova S.V., Sirotkin A.S., Huzyasheva D.G., Morozov V.I. Mixing of separate streams of industrial wastewater contaminated with heavy metal ions and surfactants for their local treatment // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2011. № 6. P. 54–59 (in Russian).

7. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод // Сервис в России и за рубежом. 2014. № 1 (48) [Электронный ресурс]. URL: http://service-rusjournal.ru/index.php?do=cat&category=2014_1 (дата обращения: 08.11.2018) DOI: 10.12737/2559.

Shubov L.Ia., Borisova O.N., Doronkina I.G. On Improving the Eco-Efficiency of Wastewater Treatment Technologies // Service in Russia and abroad. 2014. № 1 (48). URL: http://service-rusjournal.ru/index.php?do=cat&category=2014_1 (date of access 09.01.2018) (in Russian).

8. Крылова Л.А., Яковлева О.В. Исследование изменения динамики состава сбросов сточных вод промпредприятий Калуги // Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы регион. научно-технич. конф. Калуга: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 22–25.

Krylova L.A., Yakovleva O.V. Research of dynamics changes the composition of wastewater discharges of industrial enterprises of Kaluga // Regional scientific-technical conference «High technologies in instrument and mechanical industries and development of innovative activity in the university». Kaluga: Publishing house of the MSTU. N.E. Bauman, 2018. P. 22–25 (in Russian).

УДК 581.48:624.139:536.58

КРИОХРАНИЛИЩЕ СЕМЯН РАСТЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Кузьмин Г.П., Куваев В.А.

ФГБНУ «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова» СО РАН, Якутск, e-mail: kuzmin@mpi.ysn.ru

Сохранения генетического фонда растений в настоящее время достигают путем хранения семян в хранилищах с определенными температурными и влажностными условиями. Для длительного хранения семян растений по данным Института биологических проблем криолтитозоны СО РАН оптимальными являются температуры минус 6–10 °С. В криолитозоне такие температуры характерны только на побережье и островах Северного Ледовитого океана. Поэтому при строительстве подземных криохранилищ семян на большей части территории криолитозоны требуется дополнительное круглогодичное охлаждение окружающих их мерзлых грунтов. Относительно низкие отрицательные температуры в хранилищах для длительного сохранения семян создают в основном с помощью холодильных установок, которые потребляют большое количество электрической энергии, требуют постоянного обслуживания и ремонта. В г. Якутске в толще многолетнемерзлых грунтов построено криохранилище семян растений на 100 тыс. образцов семян. Криохранилище состоит из рабочих помещений, в котором на стеллажах в герметично закупоренных сосудах хранятся образцы семян, двух вертикальных стволов, соединяющих рабочие помещения с поверхностью земли и воздушной охлаждающей системы. В криохранилище авторами испытан разработанный ими способ круглогодичного охлаждения подземных сооружений, построенных в толще многолетнемерзлых грунтов. Воздушная охлаждающая система состоит из установки зимнего и установки летнего охлаждения сооружения. Для поддержания в летнее время необходимой температуры в рабочих помещениях верхняя поверхность мерзлых грунтов кровли сооружения охлаждается зимним холодным воздухом, а рабочие помещения располагают на определенной глубине, зависящей от скорости распространения температурных волн в мерзлых грунтах, режима работы охлаждающих установок и заданной температуры в криохранилище. Во время испытания криохранилища в течение 5,5 лет температура воздуха в рабочих помещениях колебалась в соответствии с изменениями температуры наружного воздуха с определенным сдвигом фаз. Однако пределы изменения температуры воздуха в рабочих помещениях практически укладывались в рекомендованный диапазон температур хранения семян.

Ключевые слова: криохранилище семян, мерзлый грунт, температура, охлаждающая установка, температурные колебания

SEED VAULT IN PERMAFROST

Kuzmin G.P., Kuvaev V.A.

Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: kuzmin@mpi.ysn.ru

The preservation of the genetic Fund of plants is currently solved by storing seeds in storage facilities with certain temperature and humidity conditions. For long-term storage of plant seeds according to the Institute of biological problems permafrost SB RAS are optimal temperature minus 6-10 °C. In the permafrost such temperatures are typical only on the coast and Islands of the Arctic ocean. Therefore, during the construction of underground cryopreservation of seeds in most of the permafrost requires additional year-round cooling of the surrounding frozen soils. Relatively low negative temperatures in the storages for long-term preservation of seeds are created mainly by means of refrigeration units, which consume a large amount of electric energy, require constant maintenance and repair. In Yakutsk, in the thickness of permafrost, a Seed of plant seeds for 100 thousand samples of seeds was built. The Seed consists of working rooms in which samples of seeds, two vertical trunks connecting working rooms with a surface of the earth and air cooling system are stored on racks in hermetically sealed vessels. The authors tested the method of year-round cooling of underground structures built in the thickness of permafrost in the cryogenic storage facility. Air cooling system consists of the installation of winter and summer cooling of buildings. In order to maintain the necessary temperature in the summer in the working rooms, the upper surface of the frozen soils of the roof of the building is cooled by winter cold air, and the working rooms are located at a certain depth, depending on the speed of the temperature waves in the frozen soils, the operating mode of the cooling units and the specified temperature in the cryopreservation. During the testing of the Seed for 5.5 years, the air temperature in the working rooms fluctuated in accordance with changes in the outdoor air temperature with a certain phase shift. However, the limits of the air temperature change in the working rooms were practically within the recommended temperature range of seed storage.

Keywords: Seed Vault, frozen ground, temperature, cooling unit, temperature fluctuations

В связи с опасностью потери части генетического фонда растений в результате природных катастроф и техногенных разрушений среды произрастания растений во многих странах создают хранилища семян растений с определенным температурным и влажностным режимом. Продолжительность сохранения семян зависит от температуры и влажности их [1]. В существующих в мире хранилищах необходимые для длительного хранения семян относительно низкие отрицательные температуры создаются с помощью холодильных установок или с дополнительным использованием

естественного холода наружного воздуха и многолетнемерзлых грунтов. Недостатками хранилищ, оборудованных холодильными охлаждающими установками, являются значительные затраты на производство холода и зависимость функционирования хранилищ от надежной работы этих установок.

В подземном пространстве криолитозоны возводят сооружения различного назначения [2, 3]. Свойства мерзлых грунтов как физико-химической системы подробно изложены в монографии [4]. Климатические условия и мерзлое состояние грунтов криолитозоны в наибольшей степени удовлетворяют эксплуатационным требованиям криохранилищ семян растений.

Цель исследования: разработка системы управления температурным режимом подземных сооружений в криолитозоне.

Криохранилище в г. Якутске создано переоборудованием подземной лаборатории Института мерзлотоведения СО РАН, построенной в 1940 г. в толще мерзлых грунтов. Особенностью криохранилища является система его охлаждения.

Температура мерзлых грунтов на глубине расположения рабочих помещений криохранилища после многолетней эксплуатации подземной лаборатории понизилась и составляла минус 2,4 °С. В процессе переоборудования подземной лаборатории в криохранилище в результате свободного попадания холодного воздуха в открытые выработки температура окружающих грунтов еще больше понизилась. Однако это локальное охлаждение грунтов было временным. Для поддержания температуры в рабочих помещениях криохранилища в интервале минус 6–10 °С, рекомендованном Институтом биологических проблем криолитозоны СО РАН, необходимо было разработать эффективную и надежную систему круглогодичного охлаждения. За основу разрабатываемой системы была принята известная широко применяемая охлаждающая установка конвективного действия, в которой движение холодного воздуха происходит под действием естественной тяги. Вопросами охлаждения массива грунтов сезоннодействующими охлаждающими установками занимались многие исследователи [5–7]. Впервые в мире температурный режим в созданном в г. Якутске криохранилище поддерживается использованием только естественных источников холода – наружного воздуха и многолетнемерзлых грунтов.

Низкая влажность семян при длительном хранении достигается предварительным высушиванием и хранением их в герметичных емкостях.

Устройство криохранилища. Криохранилище расположено в толще многолетнемерзлых грунтов и состоит (рис. 1) из рабочих помещений для размещения на стеллажах образцов семян в герметичных упаковках, двух вертикальных стволов для спуска-подъема людей 1 и груза 3 и двух охлаждающих установок. Рабочие помещения, состоящие из одного основного 2 и трех боковых 4 помещений, представляют собой горизонтальные выработки прямоугольного поперечного сечения высотой 2,2 м и шириной 2,2–2,4 м. Общая площадь рабочих помещений составляет 80 м^2. Кровля и боковые стороны рабочих помещений закреплены деревянным брусом из лиственницы со сторонами 20х20 см, а подошва залита слоем бетона толщиной 20 см. Лиственничное крепление горных выработок в массиве многолетнемерзлых грунтов длительное время сохраняет свои механические свойства. Так, в известной шахте Шергина в г. Якутске за 175 лет и подземной лаборатории ИМЗ СО РАН за 72 года крепления из лиственницы остались практически без изменения. Кроме того, деревянное крепление обладает относительно высоким термическим сопротивлением, необходимым для таких сооружений как подземные криохранилища. Вертикальные стволы закреплены металлическими уголками и швеллерами и обшиты стальным листом. Оба ствола оборудованы лестницами. Грузовой ствол оснащен лебедкой. За обшивкой стволов проложены каналы для нисходящего и восходящего потоков воздуха охлаждающих установок и кабели осветительной сети.

Охлаждающая система. В настоящее время разработаны различные замораживающие и охлаждающие системы принудительного и конвективного действия.

Охлаждающая система криохранилища в г. Якутске (рис. 2) состоит из двух воздушных установок конвективного действия ОУ-1 и ОУ-2. Установка ОУ-1, предназначенная для зимнего охлаждения рабочих помещений и аккумулирования холода в окружающих многолетнемерзлых грунтах, состоит из вертикальных каналов для нисходящего 1 и восходящего 2 потоков воздуха, расположенных в вертикальных стволах 5, двух охлаждающих каналов 3, проложенных за боковой крепью основного рабочего помещения 6 и коллекторов 4, соединяющих вертикальные каналы для нисходящего и восходящего потоков воздуха с охлаждающими каналами. Верхние концы вертикальных каналов рас-

положены на разных уровнях – нисходящего потока воздуха несколько выше максимальной высоты снежного покрова, восходящего потока на высоте 5 м от поверхности земли. Кроме того, надземная часть канала для восходящего потока воздуха покрыта слоем теплоизоляции. Такое расположение верхних концов вертикальных каналов и теплоизоляция надземной части канала для восходящего потока воздуха создают естественную тягу высокого напора [8].

Охлаждающая установка ОУ-2 для летнего охлаждения рабочих помещений криохранилища состоит также из вертикальных каналов для нисходящего и восходящего потоков воздуха 1′ и 2′, коллекторов 4′ и охлаждающих каналов 3′, представляющих собой систему из 11 труб диаметром 219 мм, расположенных параллельно друг другу на расстоянии 1,5 м в основании слоя сезонного оттаивания. Охлаждение ими наиболее нагретой за лето верхней части массива многолетнемерзлых грунтов кровли сооружения обеспечивает интенсивный теплообмен между потоком холодного воздуха в охлаждающих каналах и окружающими грунтами. При этом рабочие помещения криохранилища должны быть расположены на глубине, которой первая температурная волна от охлаждающих каналов ОУ-2 достигает через определенное время. Продолжительность этого времени зависит от длительности работы охлаждающей установки, теплофизических свойств грунтов кровли сооружения и принятой верхней границы температуры в рабочих помещениях криохранилища.

В слое годовых теплооборотов температурные колебания согласно второму закону Фурье происходят со сдвигом фаз, пропорциональным глубине и определяемым зависимостью [9]

$$\delta = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{CT}{\pi\lambda}}z, \qquad (1)$$

где C – среднее значение объемной теплоемкости грунтов кровли рабочих помещений криохранилища; T – период колебаний температуры (8760 ч); λ – среднее значение коэффициента теплопроводности грунтов кровли рабочих помещений; z – разность глубин расположения середины высоты рабочих помещений и заглубленных в основание слоя сезонного оттаивания охлаждающих каналов ОУ-2.

На рис. 3 приведена типичная кривая температуры наружного воздуха в климатических условиях области распространения многолетнемерзлых грунтов на примере г. Якутска [10]. На графике показаны периоды работы воздушных охлаждающих установок τ_1, промежуток времени $\Delta\tau$ от момента прекращения работы охлаждающих установок до момента повышения температуры грунтов на уровне расположения рабочих камер до значения максимальной допускаемой температуры в них и продолжительность охлаждения рабочих помещений в теплое время года τ_2. Величина сдвига фаз температурных колебаний в грунтах кровли рабочих помещений криохранилища должна быть равна

$$\delta = \tau_1 + \Delta\tau. \qquad (2)$$

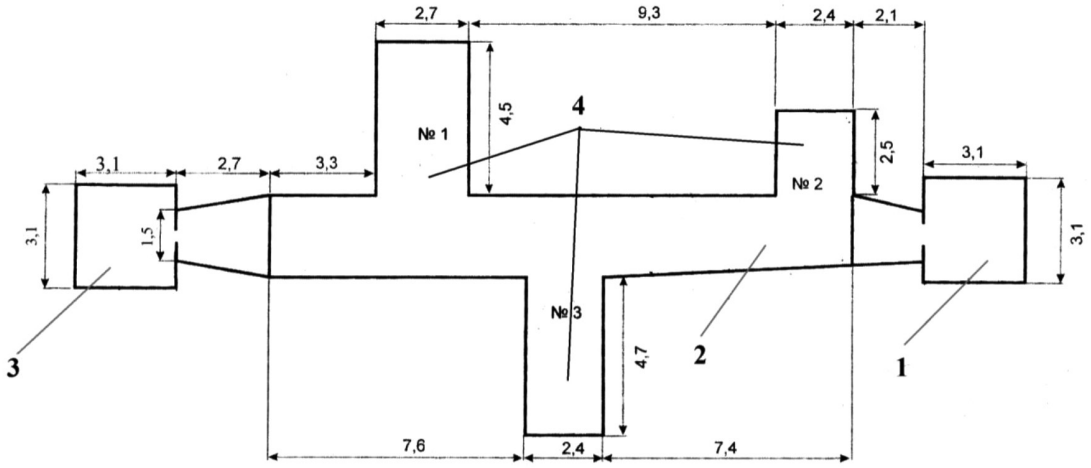


Рис. 1. Рабочие помещения криохранилища: 1 – вертикальный ствол, 2 – основное рабочее помещение, 3 – вертикальный грузовой ствол, 4 – боковые рабочие помещения

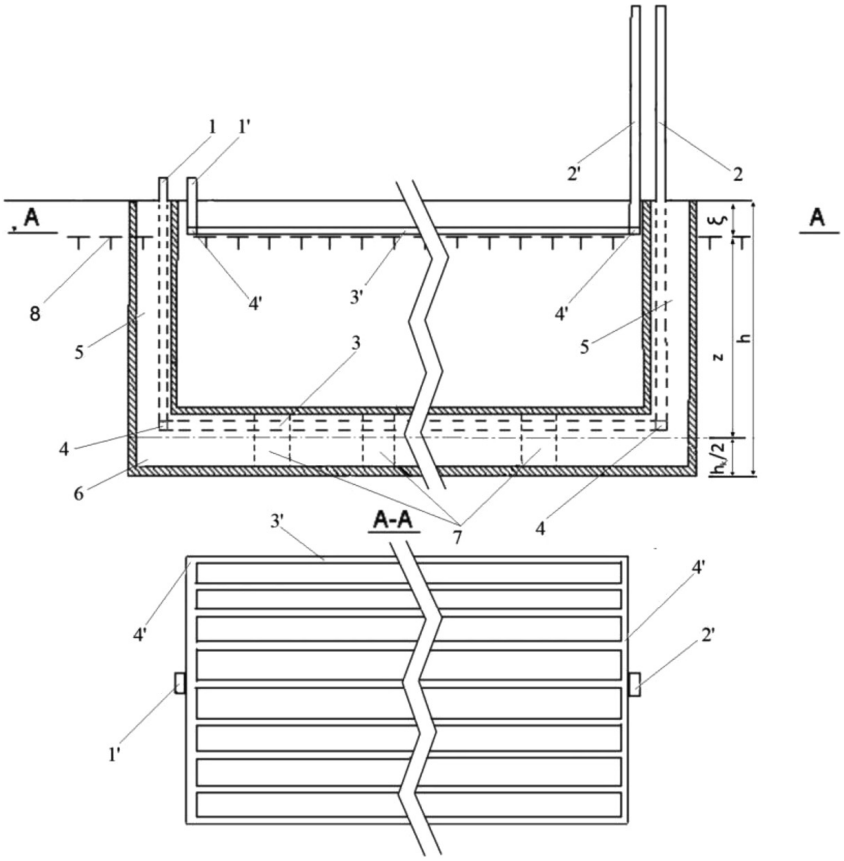


Рис. 2. Схема воздушных охлаждающих установок криохранилища: 1 – каналы для нисходящего потока воздуха; 2 – каналы для восходящего потока воздуха; 3 – охлаждающие каналы; 4 – коллекторы; 5 – вертикальные стволы; 6 – основное рабочее помещение; 7 – боковые рабочие помещения; 8 – граница сезонного оттаивания; цифры без штрихов относятся к ОУ-1, со штрихами к ОУ-2

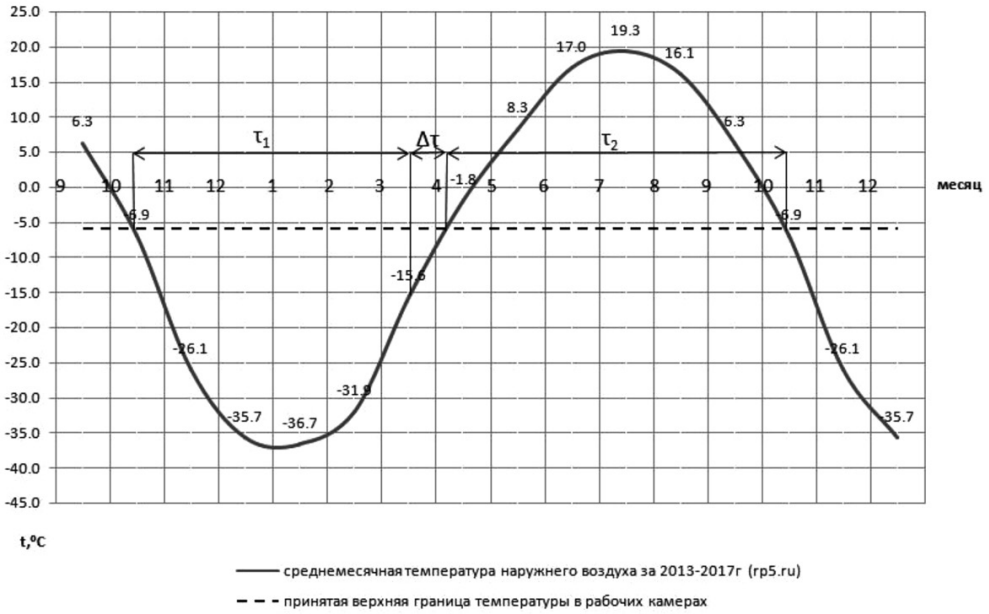


Рис. 3. Кривая среднемесячных температур наружного воздуха в г. Якутске

Из равенств (1) и (2) находим выражение оптимальной глубины заложения рабочих помещений

$$z = 2(\tau_1 + \Delta z)\sqrt{\frac{\pi\lambda}{CT}}. \qquad (3)$$

Начальная температурная волна от охлаждающих каналов ОУ-2 должна пройти расстояние z за промежуток времени δ. Если величина δ больше или равна продолжительности периода τ_2, то холодные температурные волны будут поступать к рабочим помещениям в течение всего этого времени.

Для определения оптимального значения z в условиях г. Якутска исходим из следующих данных. Циркуляция холодного воздуха в охлаждающих установках конвективного действия происходит, как установлено предварительными экспериментами, примерно с середины октября до середины марта, т.е. продолжительность охлаждения ОУ-2 мерзлых грунтов кровли рабочих помещений составляет $\tau_1 = 3624$ ч. Температура грунтов у середины высоты рабочего помещения близка к температуре наружного воздуха. Первая температурная волна от охлаждающих каналов ОУ-2 должна достигнуть уровня середины высоты рабочего помещения, когда температура наружного воздуха повысится до принятой величины максимальной температуры воздуха в рабочих помещениях, равной около минус 6 °С. В условиях г. Якутска при расчетных параметрах: $\tau_1 = 3624$ ч; $\Delta\tau = 540$ ч; $T = 8760$ ч; $C = 2016$ кДж/м^3 °С и $\lambda = 2{,}3$Вт/°С оптимальное значение разности глубин расположения рабочих помещений и охлаждающих каналов ОУ-2, рассчитанное по формуле (3), составило $z = 10{,}1$ м. Фактическое значение этой разности при глубинах расположения подошвы рабочих помещений $h = 11{,}0$ и охлаждающих каналов ОУ-2 $\xi = 1{,}5$ м и высоте рабочих помещений вчерне $h_k = 2{,}5$ м составляет $z = h - \xi - \frac{h_k}{2} = 11{,}0 - 1{,}5 - \frac{2{,}5}{2} = 8{,}2$ м, т.е. меньше расчетного значения на 1,9 м. Поэтому охлаждение окружающих рабочие помещения мерзлых грунтов начинается несколько раньше повышения температуры мерзлых грунтов у стенки рабочих камер до минус 6 °С.

При испытании криохранилища в течение 5,5 лет охлаждающие установки функционировали без нарушения нормального режима.

Результаты исследования и их обсуждение

Температура мерзлых грунтов на глубине расположения рабочих помещений после длительной эксплуатации подземной лаборатории понизилась до минус 2,4 °С. В период реконструкции подземной лаборатории в криохранилище грунты вокруг подземных выработок были сильно охлаждены (рис. 4), о чем свидетельствуют кривые температур, замеренных в марте 2013 г. в кровле (рис. 4, а), подошве (рис. 4, б) и боковой стене (рис. 4, в) основного рабочего помещения. В последующие годы в результате исключения свободного попадания холодного воздуха в выработки температура грунтов вокруг них повысилась и стабилизировалась.

Непосредственно у стенки рабочего помещения температура грунтов стала равной минус 5,5–6,0 °С.

В летнее время 2013 г. в результате аварийного разлива воды из летнего водопровода теплая вода по грузовому стволу попала в рабочие помещения криохранилища. В низких местах подошвы рабочих помещений толщина слоя воды достигала 10 см. Эти внешние воздействия оказали влияние на тепловое состояние окружающих грунтов. Как видно из приведенных на рис. 4 кривых температуры, замеренных в марте месяце, наибольшее повышение температуры грунтов произошло в подошве рабочих помещений (рис. 4, б), несколько меньшее в боковой стене (рис. 4, в) и почти не произошло повышения температуры грунтов кровли (рис. 4, а).

Из графиков температуры грунтов вокруг рабочего помещения криохранилища на рис. 4 видна также эффективность работы охлаждающих установок. Установившиеся температуры грунтов у стенок рабочего помещения криохранилища (минус 5,5–6,0 °С) значительно ниже установившейся температуры грунтов у стенок подземной лаборатории (минус 2,4 °С).

На рис. 5 показана кривая температуры воздуха в основном рабочем помещении за время эксплуатации криохранилища. Среднее ее значение составляет около минус 8 °С, которое на 5,6 °С ниже установившейся температуры грунта на стенке подземной лаборатории до переоборудования ее в криохранилище. На короткие периоды времени температура воздуха поднималась в основном до минус 4,5 °С и опускалась до минус 17 °С. Такие пики температурных кривых могут быть предотвращены устройством теплоизоляции вокруг емкостей с семенами.

Как видно из приведенного графика, установился квазистационарный температурный режим криохранилища, практически удовлетворяющий предварительно рекомендованному режиму.

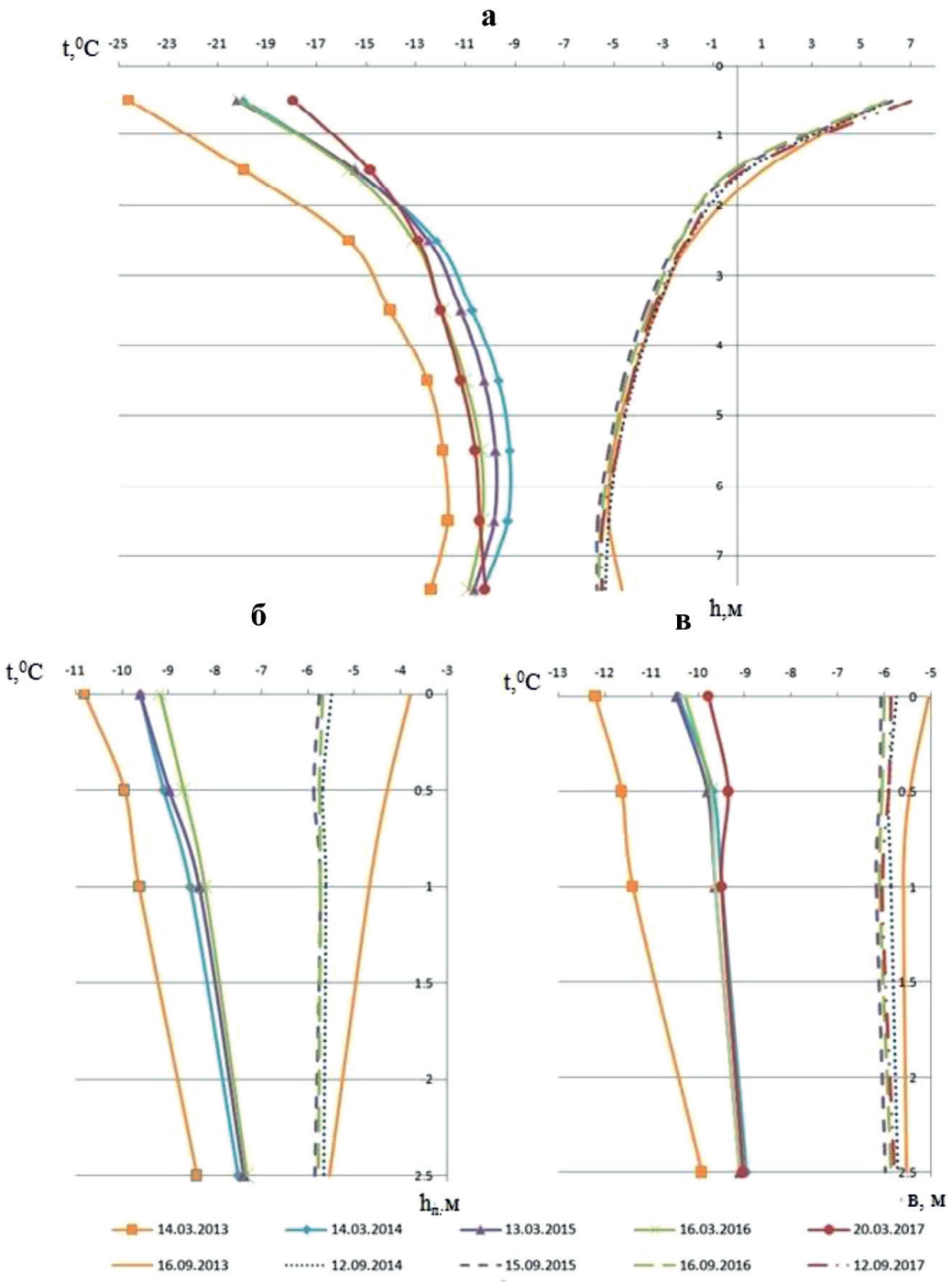


Рис. 4. Температура грунтов вокруг основного рабочего помещения: а – в кровле; б – в подошве; в – в стенке

Заключение

Построено и испытано криохранилище семян растений, температурный режим которого поддерживается, впервые в мире, за счет естественных ресурсов холода и без применения нагнетательных механизмов. Предложен способ определения оптимальной глубины заложения криохранилища, основанный на закономерности сдвига фаз температурных колебаний в мерзлых грунтах. Обоснованы способ и устройство для охлаждения криохранилища в теплое время года с помощью аккумулированного холода

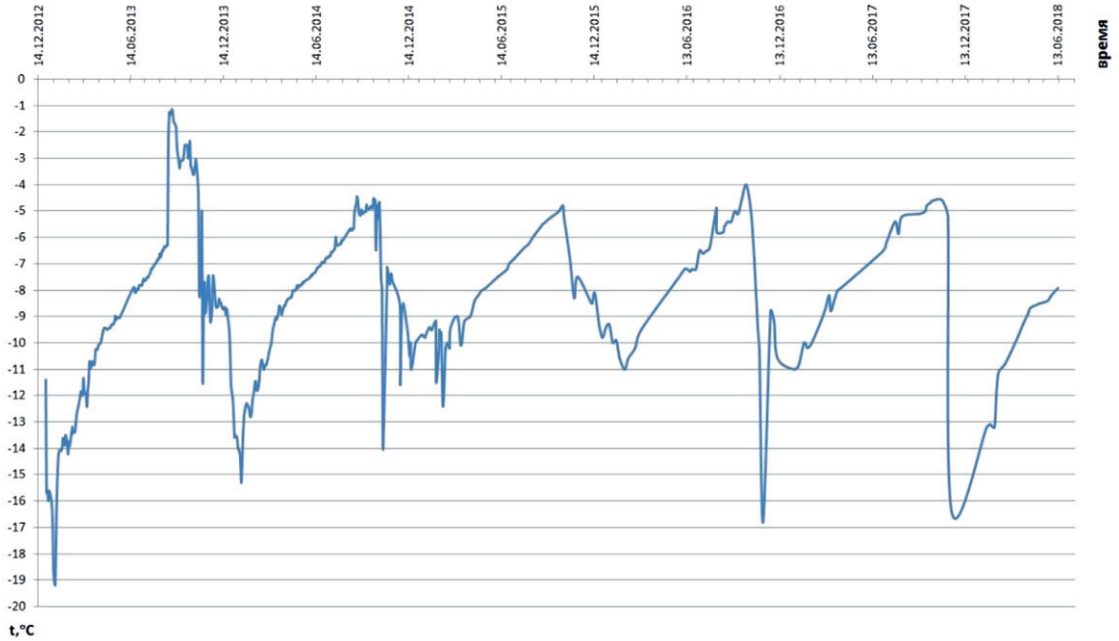


Рис. 5. Температура воздуха в рабочих помещениях криохранилища за период эксплуатации

в зимнее время в грунтах кровли сооружения. Длительные испытания подземного криохранилища, расположенного в толще многолетнемерзлых грунтов, показали:

– возможность использования в криолитозоне разработанного способа круглогодичного охлаждения подземных сооружений;

– эффективность и надежность конструктивного выполнения воздушных охлаждающих установок конвективного действия;

– возможность увеличения мощности охлаждающих установок.

Список литературы/ References

1. Кершенгольц Б.М., Жимулев И.Ф., Гончаров Н.П., Чжан Р.В., Филиппова Г.В., Шеин А.А., Прокопьев И.А. Сохранение генофонда растений в условиях многолетней мерзлоты: состояние, преимущества, перспективы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 3. С. 675–682.

Kershengolts B.M., Zhimulev I.F., Goncharov N.P., Zhang R.V., Filippova G.V., Shein A.A., Prokopiev I.A. Preservation of the gene pool of plants under permafrost conditions: State, advantages, and prospects // Russian Journal of Genetics: Applied Research January. 2012. V. 16. № 3. P. 675–682 (in Russian).

2. Кузьмин Г.П. Подземное пространство криолитозоны (проблемы и перспективы использования) // Наука и техника в Якутии. 2008. № 1 (14). С. 15–19.

Kuzmin G.P. Underground space of cryolithozone (problems and prospects of use) // Nauka i texnika v Yakutii. 2008. № 1 (14). P. 15–19 (in Russian).

3. Великин С.А., Малышев А.В., Неклюдов В.В., Паничев А.А. К вопросу о системе управления мерзлотной обстановкой на инженерных объектах: материалы IX Международного симпозиума «Проблемы инженерного мерзлотоведения». Мирный, 2011. С. 191–197.

Velikin C.A., Malishev A.V., Neklyudov V.V., Panichev A.A. On the issue of the permafrost environment management system at engineering facilities: materials IX International Workshop on Problems of Geocryologies Engineering. Mirnii, 2011. P. 191–197 (in Russian).

4. Шестернев Д.М. Физика, химия и механика мерзлых грунтов. Чита: Изд-во Поиск, 2012. 331 с.

Shesternev D.M. Physics, chemistry and mechanics of frozen soils. Chita: Izdat Poisk, 2012. 331 p. (in Russian).

5. Долгих Г.М., Окунев С.Н., Стрижков С.Н. Строительство объектов в криолитозоне с использованием систем термостабилизации грунтов основания: материалы X Международной конференции по мерзлотоведению TICOP. Том 3. Тюмень: ООО «Печатник», 2012. С. 153–158.

Dolgich G.M., Okunev C.N., Ctrigkov C.H. The construction in the permafrost zone using systems of thermal stabilization of Foundation soils: materials X International Workshop on Problems of Geocryologies. TICOP. Vol. 3. Tyumen: OOO «Pechatnik», 2012. P. 153–156 (in Russian).

6. Окунев С.Н., Долгих Г.М., Стрижков С.Н., Скорбилин Н.А. Термометрический мониторинг систем температурной стабилизации грунтов: материалы X Международной конференции по мерзлотоведению TICOP. Том 3. Тюмень: ООО «Печатник», 2012. С. 369–373.

Okunev C.N., Dolgich G.M., Ctrigkov C.H.,Ckorbilin N.A. Thermometric monitoring system of the temperature stabilization of soils: materials X International Workshop on Problems of Geocryologies. TICOP. Vol.3. Tyumen: OOO «Pechatnik», 2012. P. 369–373 (in Russian).

7. Макаров В.И. Термосифоны в северном строительстве. Новосибирск: Наука, 1985. 169 с.

Makarov V.I. Thermosyphons in northern construction. Novosibirsk: Nauka, 1985. 169 p. (in Russian).

8. Кузьмин Г.П. Подземные сооружения в криолитозоне. Новосибирск. Наука, 2002.176 с.

Kuzmin G.P. Underground construction in the cryolithozone. Novosibirsk: Nauka, 2002. 176 p. (in Russian).

9. Общее мерзлотоведение (геокриология) / Под ред. проф. В.А. Кудрявцева. М.: МГУ, 1978. 463 с.

General permafrost (geocryology) / Ed. prof. V.A. Kudryavtsev. M.: MGU, 1978. 463 p. (in Russian).

10. Архив погоды в Якутсуке. URL: http://rp5.ru/Архив погоды в Якутске (дата обращения: 28.08.2018).

Archive of weather in Yakutsuk. URL: https://rp5.ru/Weather_archive_in_Yakutsk (date of access: 28.08.2018).

УДК 550.72:579.266(571.63)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП БАКТЕРИЙ И ИХ ЧИСЛЕННОСТЬ В ПОДЗЕМНЫХ ХОЛОДНЫХ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОДАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

[1]Лебедева Е.Г., [1]Челноков Г.А., [2]Харитонова Н.А.

[1]ФГБУ «Дальневосточный геологический институт ДВО РАН», Владивосток, e-mail: microbiol@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва

Проведено исследование распространения, структуры и численности различных эколого-трофических групп бактерий в подземных высокоминерализованных водах Приморского края. Показано, что подземные воды населены различными физиологическими группами микроорганизмов, адаптированными к высокой минерализации и высокой концентрации соли в среде. Установлена бедная функциональная структура сообществ, низкая численность бактерий различных физиологических групп и небольшое биоразнообразие сапрофитных бактерий. В подземных рассолах преимущественно развивались тионовые и сапрофитные бактерии, что указывает на происходящие в водах процессы окисления восстановленных соединений серы, а также разложения органических веществ с участием микроорганизмов. Также в рассолах были отмечены в небольшом количестве бактерии, осуществляющие гетеротрофную, автотрофную нитрификацию, денитрификацию и окисление железа и марганца. В цикле железа и марганца преобладали гетеротрофные марганецвосстанавливающие бактерии. Численность сапрофитных бактерий отличалась в средах с добавлением различных концентраций соли и была выше в средах с добавлением 10% соли, что позволяет отнести выделенные микроорганизмы к умеренным галофилам. Выделенные галофильные бактерии на среде МПА формировали светло-серые, светло-бежевые, оранжевые и молочного цвета колонии и были представлены грамположительными палочками различной длины. Среди сапрофитов преобладали микроорганизмы рода *Microbacterium sp., Halobacterium sp.* и *Bacillus sp*. Выделенные изоляты проявляли рост в широком диапазоне температур, pH, концентрации соли, что позволяет использовать данные бактерии в биотехнологии и промышленности для очистки сточных вод. На выходе подземных рассолов наблюдалось формирование микробных матов.

Ключевые слова: подземные воды, рассолы, физиологические группы, бактерии, биоразнообразие, численность, Речица

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF DIFFERENT FUNCTIONAL GROUPS OF BACTERIA AND THEIR NUMBERS IN COLD SALINE UNDERGROUND WATERS OF THE PRIMORYE REGION

[1]Lebedeva E.G., [1]Chelnokov G.A., [2]Kharitonova N.A.

[1]Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok, e-mail: microbiol@mail.ru;

[2]Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow

The study of the distribution, structure and abundance of various ecological-trophic groups of bacteria in the underground highly mineralized waters of Primorye region was carried out. It is shown that groundwater is inhabited by various physiological groups of microorganisms, adapted to high salinity and high salt concentration in the environment. A poor functional community structure, a low number of bacteria of different physiological groups, and a small biodiversity of saprophytic bacteria have been established. Thionic and saprophytic bacteria developed mainly in underground brines, indicating that the oxidation of reduced sulfur compounds occurs in waters, as well as the decomposition of organic substances with the participation of microorganisms. Also in brines, a small amount of bacteria was observed, carrying out heterotrophic, autotrophic nitrification, denitrification and oxidation of iron and manganese. In the cycle of iron and manganese, heterotrophic manganese-reducing bacteria dominated. The number of saprophytic bacteria differed in the media with the addition of different salt concentrations and was higher in media with the addition of 10% salt, which made it possible to isolate isolated microorganisms for moderate halophiles. The isolated halophilic bacteria on the MPA medium formed light gray, light beige, orange, and milky colonies and represented gram-positive rods of various lengths. Among saprophytes are microorganisms of the genus Microbacterium sp., Halobacterium sp. and Bacillus sp. prevailed. Isolated isolates showed growth in a wide range of temperatures, pH, salt concentration, which allows using these bacteria in biotechnology and industry for wastewater treatment. At the exit of underground brines, the formation of microbial mats was observed.

Keywords: groundwater, brines, physiological groups, bacteria, biodiversity, abundance, Rechitsa

Подземные воды повышенной минерализации, приуроченные к морским побережьям, выявлены на юге Приморского края при проведении поисково-разведочных работ на углеводороды и термальные воды. Пробуренные в процессе работ скважины глубиной более 2,5 км позволили обнаружить ранее не известный в Приморье уникальный тип вод, такой как проявление слабых рассолов Речица [1].

Известно, что подземные воды являются естественной средой обитания различных микроорганизмов. Микробные сообщества являются важным биотическим фактором,

активно влияющим на процессы формирования химического состава глубинных вод, минералообразования и метаморфизма горных пород. Высокая концентрация солей в подземных водах способствует сохранению в них уникальных галофильных бактерий. Проведенные ранее микробиологические исследования выявили присутствие в сероводородных подземных водах источника Усть-Качка (Пермский край) и содово-соленых озерах Забайкалья и Монголии сульфатредуцирующих, галоалкалофильных бактерий рода *Desulfovibrio sp., Desulfomicrobium sp., Halanaerobium hydrogeniformans*, а также микроорганизмов-гидролитиков, участвующих в разложении органического вещества [2–4]. Исследование микробных сообществ из экстремальных мест обитания представляет большой интерес, так как значительно расширяет представление о распространении, структуре, численности различных функциональных групп и разнообразии галофильных бактерий. Несмотря на многолетние наблюдения за температурой и химическим составом подземных рассолов проявления Речица [5–6], сведения о населяющих их микроорганизмах отсутствуют.

В связи с ограниченной информацией целью работы было изучить распространение, структуру и динамику численности различных эколого-трофических групп бактерий, принимающих участие в биогеохимических циклах в холодных подземных рассолах проявления Речица.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись холодные подземные воды рассолов проявления Речица, расположенные в восточной части Уссурийского залива, на побережье бухты Суходол, в пределах Партизанской впадины Южно-Приморского прогиба (рис. 1). Пробы минеральных вод отбирали, соблюдая условия стерильности из самоизливающейся скважины № 2ПР в стеклянные бутыли объемом 200 мл в трех повторностях. Отбор проб воды осуществляли в разное время года (июль 2012 г., май 2013 г., июль 2013 г., сентябрь 2013 г.). Пробы воды до лаборатории хранили в холодильнике не более суток. Нестабильные показатели химического состава (pH, температура) измерялись непосредственно на месте.

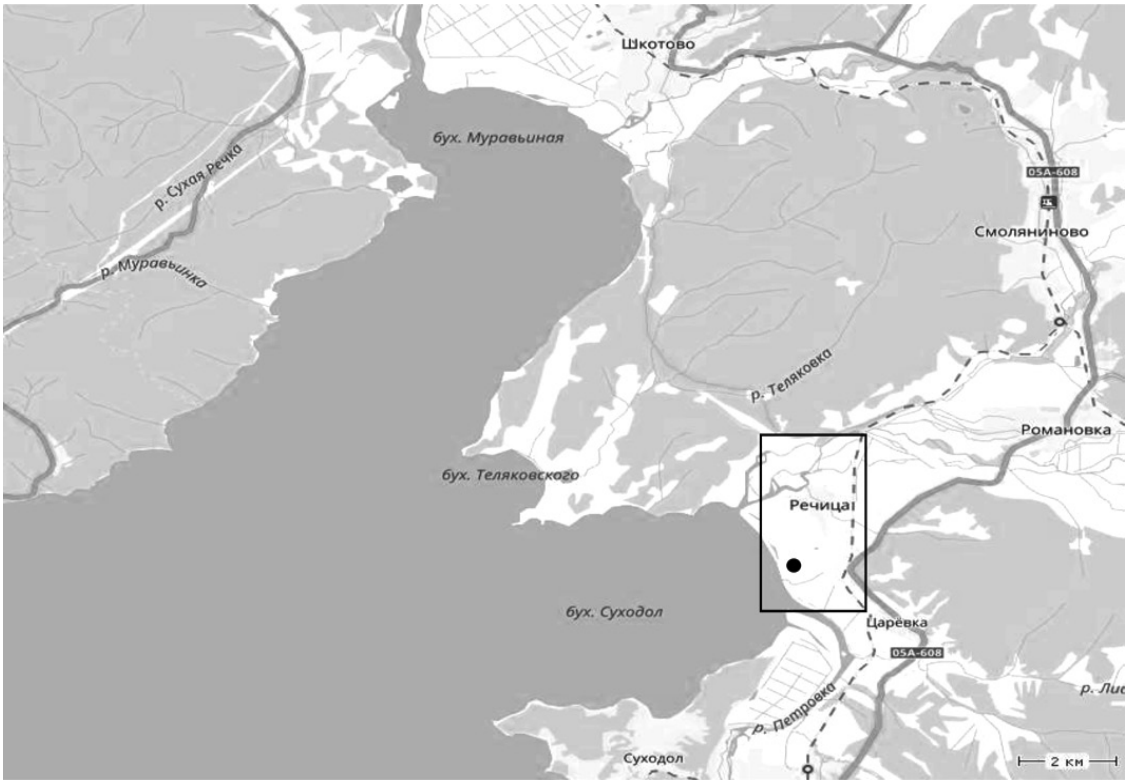


Рис. 1. Карта-схема расположения скважины подземных высокоминерализованных вод проявления Речица, Приморский край

Для выявления и культивирования бактерий использовали традиционные методы практической микробиологии [7]. Численность различных физиологических групп бактерий определяли методом предельных разведений. Учет численности вели по методу наиболее вероятных чисел (по Мак-Креди). Количество различных физиологических групп бактерий определяли на специально подобранных селективных средах [8] с добавлением в качестве основы подземных вод. Численность бактерий-азотфиксаторов учитывали на среде Эшби, аммонификаторов – определяли на среде Зенгена, количество бактерий, осуществляющих автотрофную нитрификацию, определяли на средах Сориано и Уокера (аммоний-окисляющие) и Уотсона и Менделя (нитрит-окисляющие бактерии), гетеротрофных нитрификаторов выделяли на среде следующего состава (г/л): сухой питательный бульон – 3,5; $(NH_2)SO_4$ – 0,5; вода дистиллированная – 1 л. Численность денитрифицирующих бактерий учитывали на среде Гильтая, тионовых и сульфатредуцирующих бактерий на средах Бейринка и Постгейта С с лактатом натрия, гетеротрофных железо и марганец окисляющих микроорганизмов определяли по Krumbein, 1971, количество автотрофных железоокисляющих бактерий учитывали на среде Летена, гетеротрофных железо и марганец восстанавливающих бактерий определяли на среде Бромфильда с добавкой в качестве источников окисленных форм железа и марганца $FeCl_3$, $Fe(OH_3)_3$, MnO_2 [8]. Численность сапрофитных гетеротрофных бактерий учитывали на питательной среде МПА. Микроорганизмы выращивали в термостате при температуре 25 °С.

Морфологию, размеры, подвижность, спорообразование выделенных чистых культур бактериальных клеток исследовали с использованием светового микроскопа AxioStar plus (Carl Zeiss, Германия), оснащенного фотодокументирующей системой Axiovision и фазово-контрастной приставкой (x1000). Тип клеточной стенки бактерий определяли по Граму [9]. Также оценивали способность выделенных чистых культур бактерий к росту при различных значениях температуры, pH и содержании NaCl. Для этого питательные твердые среды МПА с различным pH (5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0) и содержанием NaCl (1 %; 3 %; 6 %; 8 %; 10 %; 15 %; 20 %; 25 %) засевали штрихом выделенные культуры и инкубировали в термостате при температуре 25 °С в течение трех дней. Оптимальные температуры роста штаммов выявляли путем посева выделенных культур штрихом на МПА с последующим инкубированием при температурах 4 °С; 20 °С; 25 °С; 35 °С; 42 °С; 50 °С. В зависимости от наличия и интенсивности роста микроорганизмов делали вывод о диапазоне роста бактерий. Идентификацию микроорганизмов до рода проводили согласно определителю бактерий Берджи [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования химического состава, проведенного ранее, показали, что воды рассолов являются холодными (10,3–12,1 °С), нейтральными (6,74–7,63), по величине общей минерализации относятся к высокоминерализованным водам (50,4 г/л). Подземные рассолы имеют хлоридный натриево-кальциевый состав. Характерной особенностью прибрежных рассолов проявления Речица являются повышенные концентрации Ca (10,4 г/л), Mg (1,9 г/л) и SO_4-иона (2,9 г/л). Воды рассолов значительно обогащены стронцием (171,5–206,8 мг/л), марганцем (4,93–5,37 мг/л) и железом (0,95–1,35 мг/л) [6–7].

Результаты микробиологических исследований показали, что в подземных рассолах проявления Речица во все периоды наблюдений отмечен небольшой состав эколого-трофических групп бактерий (4–5 из 13) и их низкая численность, которая варьировала в среднем от $0,8\times10^2$ до $2,6\times10^2$ кл/мл (таблица). Подобные низкие количества микроорганизмов различных физиологических групп были отмечены нами ранее в различных геохимических типах подземных вод Дальнего Востока России [11–12]. Вероятно, высокая соленость и низкая температура подземных вод способствовала выживаемости в них наиболее устойчивых к экстремальным условиям среды микроорганизмов. В структуре микробных сообществ во все сезоны исследования преобладали тионовые и сапрофитные бактерии, а также в летний период сульфатредуцирующие микроорганизмы, которые принимали участие в биогеохимических циклах углерода и серы. Численность хемолитотрофных тионовых бактерий была высока в течение всего периода исследований и изменялась от $7,4\times10^2$ до $3,6\times10^3$ кл/мл, что указывает на происходящие в подземных водах процессы окисления восстановленных соединений серы с участием микроорганизмов. Количество сульфатредуцирующих бактерий, осуществляющих восстановление сульфатов до сероводорода, было невысо-

ко и достигало наиболее высоких значений в летний период (таблица), что, возможно, связано с низким количеством органического углерода, необходимым для развития этим микроорганизмам [13]. Численность сапрофитных бактерий в рассолах отличалась при добавлении различных концентраций соли и варьировала от 0 до $7{,}8\times10^2$ кл/мл, и была выше в средах с добавлением 10% NaCl в течение всего периода исследований (таблица), что, вероятно, связано с адаптацией бактерий к определенной концентрации солей в подземных водах. При добавлении 20% NaCl в среды, роста сапрофитных бактерий отмечено не было, что позволяет отнести выделенные микроорганизмы к умеренным галофилам, т.е. организмам, которые развиваются в средах с содержанием NaCl 5–15% [14]. Довольно высокая численность сапрофитных бактерий, отмеченная в рассолах, свидетельствует о происходящих в водах процессах окисления органических веществ с участием микроорганизмов, что может оказывать влияние на газовый состав вод. Сапрофитные бактерии, выделенные из рассолов на среде МПА формировали колонии четырех основных типов: 1 – мелкие, плоские, светло-серые колонии диаметром 2–4 мм (рис. 2, а), 2 – плоские, матовые колонии молочного цвета диаметром 4–6 мм, 3 – светло-бежевые выпуклые, блестящие колонии с ровными краями, диаметром 3–4 мм, 4 – оранжевые плоские и выпуклые колонии диаметром 2–9 мм (рис. 2, б). Известно, что многие галофильные бактерии имеют желтую, оранжевую или пурпурную окраску. Это объясняется высоким содержанием в их тканях каротиноидов, которые защищают бактерии от повреждающего действия УФ-излучения [14]. Микроскопирование колоний показало, что выделенные бактерии были в основном представлены грамположительными крупными длинными палочками V-образной конфигурации 2,8–5,2 мкм в длину (рис. 3, а), мелкими грамположительными палочками 0,4–2,1 мкм в длину (рис. 3, б) и грамположительными достаточно крупными палочками 1,5–2,5 мкм в длину (рис. 3, в). Идентификация выделенных штаммов сапрофитных бактерий показала, что среди изолятов значительно доминировали грамположительные палочковидные бактерии рода *Microbacterium sp., Halobacterium sp.* и *Bacillus sp.*

Численность различных физиологических групп бактерий
в подземных рассолах проявления Речица (скважина № 2 ПР)

Функциональные группы бактерий: (кл/мл)	Даты отбора проб воды:			
	07.2012	05.2013	07.2013	09.2013
Цикл углерода:				
Сапрофитные бактерии + 0% NaCl	0	0	0	0
Сапрофитные бактерии + 1% NaCl	0	$1{,}0\times10^2$	0	0
Сапрофитные бактерии + 3% NaCl	$1{,}0\times10^2$	$2{,}5\times10^2$	$1{,}8\times10^2$	0
Сапрофитные бактерии + 5% NaCl	$2{,}3\times10^2$	$3{,}4\times10^2$	$3{,}1\times10^2$	$2{,}0\times10^2$
Сапрофитные бактерии + 10% NaCl	$5{,}6\times10^2$	$6{,}3\times10^2$	$7{,}8\times10^2$	$4{,}3\times10^2$
Сапрофитные бактерии + 20% NaCl	0	0	0	0
Цикл азота:				
Азотфиксирующие	0	0	0	0
Аммонификаторы	0	0	0	0
Автотрофные нитрификаторы	0	$0{,}2\times10^2$	0	0
Гетеротрофные нитрификаторы	0	$1{,}2\times10^2$	0	0
Денитрифицирующие	0	$0{,}5\times10^2$	0	0
Цикл серы:				
Тионовые	$2{,}5\times10^3$	$8{,}3\times10^2$	$3{,}2\times10^3$	$7{,}4\times10^2$
Сульфатредуцирующие	$1{,}2\times10^2$	0	$0{,}7\times10^2$	0
Цикл железа, марганца:				
Железоокисляющие автотрофы	0	0	0	0
Железоокисляющие гетеротрофы	0	0	$0{,}1\times10^2$	$0{,}3\times10^2$
Железовосстанавливающие	0	0	0	0
Марганецокисляющие гетеротрофы	$0{,}3\times10^2$	0	0	$0{,}5\times10^2$
Марганецвосстанавливающие	$0{,}5\times10^2$	0	$1{,}2\times10^2$	0
Средняя численность бактерий	$1{,}9\times10^2$	$1{,}3\times10^2$	$2{,}6\times10^2$	$0{,}8\times10^2$

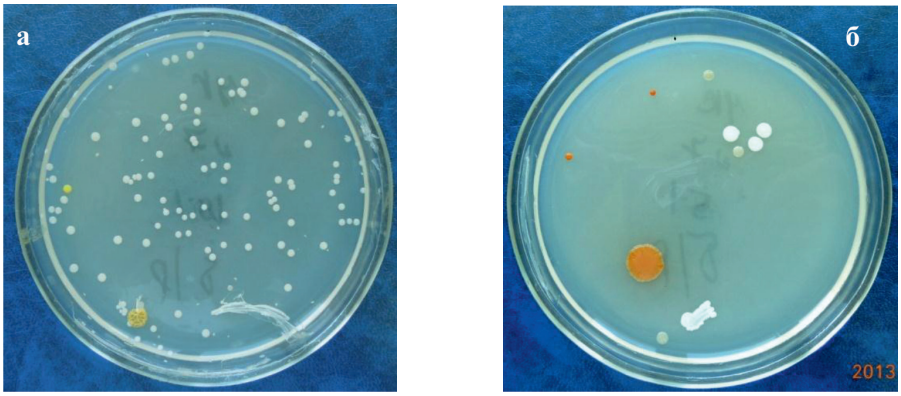


Рис. 2. Типы колоний сапрофитных бактерий, выделенных из рассолов проявления Речица в 2012–2013 гг.

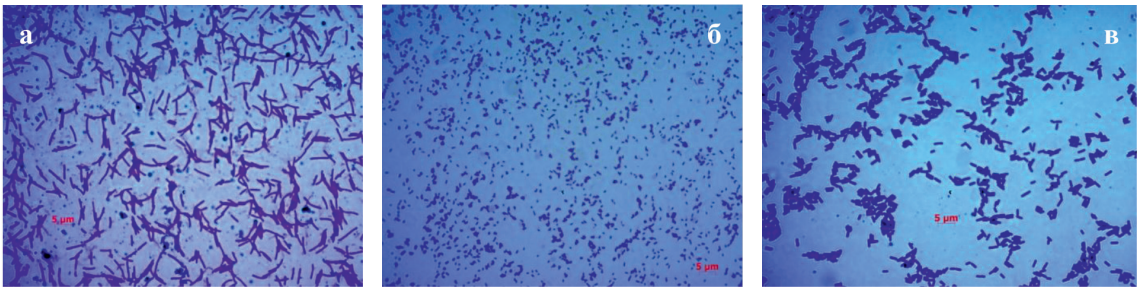


Рис. 3. Морфология выделенных сапрофитных бактерий из подземных рассолов проявления Речица

Также в рассолах были отмечены в небольшом количестве бактерии, осуществляющие гетеротрофную, автотрофную нитрификацию и денитрификацию (только в весенний период) и окисление железа и марганца (таблица), что свидетельствует об участии микроорганизмов в биогеохимических циклах N, Fe и Mn в подземных водах. В цикле железа и марганца преобладали гетеротрофные марганецвосстанавливающие бактерии (0–1,2×10^2 кл/мл), которые обладали способностью восстанавливать четырехвалентный марганец до двухвалентного.

На выходе подземных рассолов из скважины наблюдалось формирование микробных сообществ, основу в которых составляли зеленые микроводоросли (рис. 4), также были распространены диатомовые водоросли и различные физиологические группы бактерий с преобладанием гетеротрофных сапрофитных микроорганизмов.

Также у выделенных штаммов сапрофитных бактерий были изучены особенности физиологии роста. Исследования показали, что температурные пределы роста тестируемых изолятов составили 4,0–35 °C, с оптимумом в 25 °C, что позволяет отнести выделенные бактерии к мезофильным формам. Оптимум солености для выделенных штаммов составил 8–10 %, верхний предел роста отмечался при концентрации NaCl в среде 15 %. pH диапазон роста у выделенных изолятов составил 5,0–9,0 с оптимумом 6,0–7,0, что позволяет отнести выделенные бактерии к нейтрофильным формам.

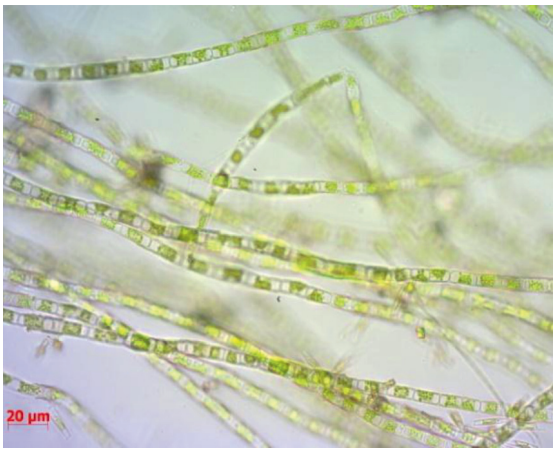


Рис. 4. Зеленые микроводоросли, формирующие основу микробного мата в подземных рассолах проявления Речица

Заключение

Проведенные исследования показали, что экстремальные условия подземных рассолов (такие как низкая температура, высокая минерализация и соленость вод, низкие концентрации органического вещества) оказывают влияние на распространение, структуру и количество различных эколого-трофических групп бактерий, что выражается в небольшом составе функциональных групп микроорганизмов и их низкой численности, снижении биоразнообразия бактерий. В структуре микробных сообществ доминировали тионовые и сапрофитные бактерии, что указывает на происходящие в подземных водах процессы окисления органических веществ и восстановленных соединений серы с участием микроорганизмов. Выделенные изоляты сапрофитных бактерий проявляли рост в широком диапазоне температур, pH, концентраций NaCl, что позволяет использовать эти микроорганизмы в биотехнологии с целью биодеградации органических загрязняющих веществ, а также как источники холодоактивных ферментов в промышленности.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО № 18-5-089.

Список литературы / References

1. Чудаев О.В., Харитонова Н.А., Челноков Г.А., Брагин И.В. Гидроминеральные ресурсы Приморского края // Вестник ДВО РАН. 2016. № 5. С. 11–20.

Chudaev O.V., Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Bragin I.V. Water and mineral resources of Primorsky krai // Vestnik DVO RAN. 2016. № 5. P. 11–20 (in Russian).

2. Pimenov N.V., Veslopolova E.F., Kuranov G.V., Koryukina I.P., Maslov Y.N., Bryukhanov A.L. The sulfate-reducing bacterial community of sulfide-rich water of the Ust-Kacka resort spring, Perm krai, Russia. Microbiology. 2012. Vol. 81. No. 6. P. 721–726. DOI: 10.1134/s0026261712060112.

3. Абидуева Е.Ю., Чжао Жи, Суворова В.А., Самбуева Т.Б. Эколого-микробиологическая характеристика некоторых минеральных озер Забайкалья и Монголии // Вестник Бурятского государственного университета. 2013. № 3. С. 30–32.

Abidueva E.Y., Chzhao Zhi, Suvorova V.A., Sambueva T.B. The ecological and microbiological characteristic of some mineral lakes of Transbaikia and Mongolia // Bulletin of the Buryat State University. 2013. № 3. P. 30–32 (in Russian).

4. Zakharyuk A.G., Kozyreva L.P., Namsaraev B.B. Abundance and activity of the bacteria-destructors of organic matter in saline and soda lake Khilganta (South transbaikalia) in the pH-salinity gradient. Contemporary problems of ecology. 2010. Vol. 3. No. 4. P. 463–468. DOI:10.1134/S1995425510040107.

5. Чудаева В.А., Чудаев О.В., Челноков А.Н., Edmunds W.M., Shand P. Минеральные воды Приморья (химический аспект). Владивосток: Дальнаука, 1999. 156 с.

Chudaeva V.A., Chudaev O.V., Chelnokov A.N., Edmunds W.M., Shand P. Mineral waters of Primorye (chemical aspect). Vladivostok: Dal'nauka, 1999. 156 p. (in Russian).

6. Челноков Г.А., Харитонова Н.А., Васильева М.К. Геохимия и генезис подземных рассолов северо-восточной части Уссурийского залива (Приморский край) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2012. № 4. С. 310–319.

Chelnokov G.A., Kharitonova N.A., Vasilieva M.K. Geochemistry and genesis of underground brines of the north-eastern part of the Ussuri Bay (Primorsky Territory) // Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology. 2012. № 4. P. 310–319 (in Russian).

7. Лысак В.В., Желдакова Р.А., Фомина О.В. Микробиология, практикум. Минск: БГУ, 2015. 115 с.

Lysak V.V., Zheldakova R.A., Fomina O.V. Microbiology, practical. Minsk: BGU, 2015. 115 p. (in Russian).

8. Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 228 с.

Kuznetsov S.I., Dubinina G.A. Methods for studying aquatic microorganisms. M.: Nauka, 1989. 228 p. (in Russian).

9. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Егорова Н.С. М.: МГУ, 1995. 224 с.

Guide to practical classes in microbiology / Ed. Egorova N.S. M .: MGU, 1995. 224 p. (in Russian).

10. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Хоулта Д., Крига Н., Снита П., Стейли Д., Уилльямса С. в 2 т. М.: Мир, 1997. Т. 1. 432 с.

The determinant of bacteria Bergi / Ed. Hoult D., Krig N., Snit P., Stali D., Williams S. in 2 vol. M.: Mir, 1997. V. 1. 432 p. (in Russian).

11. Калитина Е.Г., Харитонова Н.А., Вах Е.А. Микроорганизмы различных функциональных групп в месторождении Малкинских холодных углекислых минеральных вод (Камчатка, Россия) // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12–4. С. 26–29. DOI: 10.23670/IRJ.2017.66.013.

Kalitina E.G., Kharitonova N.A., Vakh E.A. Microorganisms of various functional groups in the Malkinsky cold carbonated mineral water field (Kamchatka, Russia) // International Scientific Research Journal. 2017. № 12–4. P. 26–29 (in Russian).

12. Kalitina E.G., Kharitonova N.A., Kuzmina T.V., Chelnokov G.A. Microorganisms in the deposits of cold carbon mineral waters of the Russian Far East and their habitats. IOP Conference series: Earth and environmental science. 2018. P. 012033. DOI: 10.1088/1755-1315/115/1/012033.

13. Korneeva V.A., Tourova T.P., Bryukhanov A.L., Pimenov N.V., Krek A.V. Sulfate-reducing bacterial communities in the water column of the Gdansk deep (Baltic sea). Microbiology. 2015. vol. 84. no. 2. P. 268–277. DOI: 10.1134/S002626171502006X.

14. Шеховцева Н.В. Экология водных микроорганизмов. Ярославль: ЯрГУ, 2008. 132 с.

Shekhovtseva N.V. Ecology of aquatic microorganisms. Yaroslavl: YarGU, 2008. 132 p. (in Russian).

УДК 550.34.012

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АКТИВНОСТИ РАЗЛОМНЫХ ЗОН НА ОСНОВЕ ПОВЕДЕНИЯ МИКРОСЕЙСМ

Лютоев В.А.

Институт геологии КНЦ УрО РАН, Сыктывкар, e-mail: VALutoev@geo.komisc.ru

Приведены результаты экспериментальных наблюдений за поведением микросейсмических колебаний в разломных зонах и вне их на структурах сочленения Волго-Уральской антеклизы, Мезенской синеклизы и Тиманского поднятия. Было замечено, что на некоторых участках разломных зон, перекрытых мощными четвертичными отложениями, наблюдается повышение амплитудного уровня микросейсм в частотном диапазоне от 6 до 12 Гц. Вне разломных зон «избыточный уровень» микросейсм не отмечается. Можно предположить, что в пределах тектонически активных зон весьма вероятны проявления сейсмического и микросейсмического характера. В первом случае это подтверждается регистрацией сейсмического события, произошедшего в течение одного из трех полевых сезонов и зарегистрированного при помощи программы ожидания сейсмического события – «Детектор STA/LTA». По уровню энергетической мощи это событие было отнесено к микроземлетрясению, для него были определены все основные сейсмологические параметры: магнитуда, эпицентральное расстояние, глубина очага, частотный спектр P- и S-волн и др. Во втором случае – для регистрации микросейсмических проявлений – были опробованы технологические возможности измерений уровня микросейсм на основе распределения частотных составляющих по спектральной плотности (м/с^2/с) и спектральной мощности (м/с^2/Гц$^{1/2}$). В результате на данной территории определены локальные участки, где возможны тектонические процессы, связанные с накоплением упругой сейсмической энергии, способные привести к количественным и качественным изменениям как в очаге землетрясения, так и в четвертичных рыхлых отложениях, залегающих в приповерхностном слое. Такие зоны в большинстве своем характеризуются по внешним признакам повышенной заболоченностью более протяженных участков вдоль направления разлома.

Ключевые слова: разломная зона, амплитудный уровень микросейсм, частотный интервал, микродеформация, напряжение, разрядка

DEGREE EVALUATION OF FREQUENCY ZONES ACTIVITY ON THE BASIS OF MICROSEISM CONDUCT

Lyutoev V.A.

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, e-mail: VALutoev@geo.komisc.ru

The results of experimental observations of the behavior of microseismic oscillations in the fault zones and outside them on the articulation structures of the Volga-Ural anteclise, the Mezen syneclise and the Timan elevation are presented. It was noted that in some areas of fault zones covered by thick quaternary deposits, an increase in the amplitude level of microseisms is observed in the frequency range from 6 to 12 Hz. Outside the fault zones, the «excess level» of microseisms is not observed. It can be assumed that seismic and microseismic manifestations are highly probable within tectonically active zones. In the first case, this is confirmed by the registration of a seismic event that occurred during one of the three field seasons, and registered with the aid of the seismic event waiting program, the STA/LTA detector. According to the level of energy power, this event was attributed to microearthquake, all the main seismological parameters were determined for it: magnitude, epicentral distance, focal depth, frequency spectrum of P and S waves, etc. In the second case, they were tested for recording microseismic manifestations technological capabilities of microseism level measurements based on the distribution of frequency components by spectral density (m/s^2/s) and spectral power (m/s^2/Hz$^{1/2}$). As a result, local areas have been identified in this area, where tectonic processes are possible associated with the accumulation of elastic seismic energy that can lead to quantitative and qualitative changes both in the earthquake source and in the Quaternary loose sediments in the subsurface layer. Such zones are mostly characterized by external signs of increased waterlogging over longer sections along the fault direction.

Keywords: fault zone, microseism amplitude level, frequency interval, microstrain, stress, discharge

Очаги землетрясений формируются в разломных зонах, однако эти зоны не всегда сейсмически активны, что связано с особенностями протекания тектонических процессов в земной коре. Сейсмичности свойственна цикличность – повторяемость землетрясений, где временной промежуток между ними может составлять от нескольких до тысячи и более лет. Микросейсмические события повторяются существенно чаще – от долей до нескольких секунд. Во всех этих циклах присутствует фаза накопления и фаза сброса сейсмической энергии. Накопленная энергия не всегда разрушает зоны спайности плоскостей разрыва земной коры в связи с усиленной диссипацией энергии в окружающее пространство, снижающей уровень сил напряжения между геологическими блоками. Потери энергии вызываются силами неупругого сопротивления, которые в реальной среде весьма изменчивы. Более плотная геологическая среда может выдерживать большие силы внешнего воздействия, менее плотная – например, зона разлома – начинает проявлять себя в виде крипа или землетрясения. В скальных грунтах приобретенная энергия микросейсм лучше сохраняется, чем в рыхлых, в связи

с чем высокочастотные группы волн поглощаются сильнее в рыхлых грунтах. Это проявляется на спектрограмме сдвигом снижения амплитуды высокочастотной области волн в более низкочастотную. Для нашей территории преобладающий спектр сигнала смещается с 10–15 Гц в более низкочастотную область – 6–12 Гц. Такой же примерно интервал преобладающих частот мы наблюдаем и при регистрации местных землетрясений. Считаем, что данный вид исследований можно использовать для решения ряда практических задач в условиях платформенной сейсмичности при строительстве особо важных объектов, для чего следует изучать не только формирование очагов будущих землетрясений, но и разрастание зон проницаемости для флюидов в грунтовых толщах четвертичных отложений [1].

Целью данной работы является разработка вспомогательного метода для проведения детального сейсмического районирования платформенных территорий с редкой сейсмичностью. Он основывается на замерах уровней микросейсм в разломных зонах и вне их. Полученные спектры, характеризующие изменения амплитуд спектральной плотности и энергетического уровня спектральной мощности, позволят провести дифференциацию территории на участки с повышенным и с низким фоном микросейсм.

Материалы и методы исследований

В административном отношении районы работ с пунктами наблюдений находятся в юго-восточной части Республики Коми: Усть-Куломский р-н (Фроловск, Керчомъя, Габово, Парма, Асыв-Вож, Озъяг, Югыдъяг, Белоборск) и Корткеросский р-н – Богородск. В тектоническом плане пункты наблюдений располагаются в зоне сочленения Волго-Уральской антиклизы, Мезенской синеклизы и Тиманского поднятия. Ранее здесь геофизиками Л.А. Самойлюком и Б.П. Травниковым, на основе аэро- и космоснимков, карт аномального магнитного и гравитационного полей были выделены линиаменты различного направления и кольцевые структуры, подтвержденные высокоточной аэромагнитной съемкой [2], а также сейсмологической характеристикой пород кристаллического фундамента и осадочного чехла [3, 4]. Авторы этих исследований предполагают, что здесь тектонические подвижки имеют в том числе взбросовый и взбросо-сдвиговый характер. Ожидаемая местная сейсмичность на данной территории по карте ОСР-97А и ОСР-97В отнесена по степени вероятности к зоне превышения сейсмической интенсивности землетрясений 5 баллов СШИ-17 в течение 50 лет – 10% и 5% соответственно. По карте ОСР-97С она отнесена по степени вероятности к зоне превышения сейсмической интенсивности землетрясений 6 баллов СШИ-17 в течение 50 лет – 1% [5]. В целом, разломные зоны характеризуются дискретностью, анизотропностью, гетерогенностью; релаксация избыточных напряжений, накопленных в тектонически активных регионах, происходит двумя способами: квазихрупкое разрушение горной породы (землетрясение) и пластическая деформация – непрерывное асейсмическое скольжение вдоль разлома (крип) [6].

Модель разломной зоны и развития разновидностей очагов землетрясений, их стереограмм можно представить в виде схематического рисунка (рис. 1).

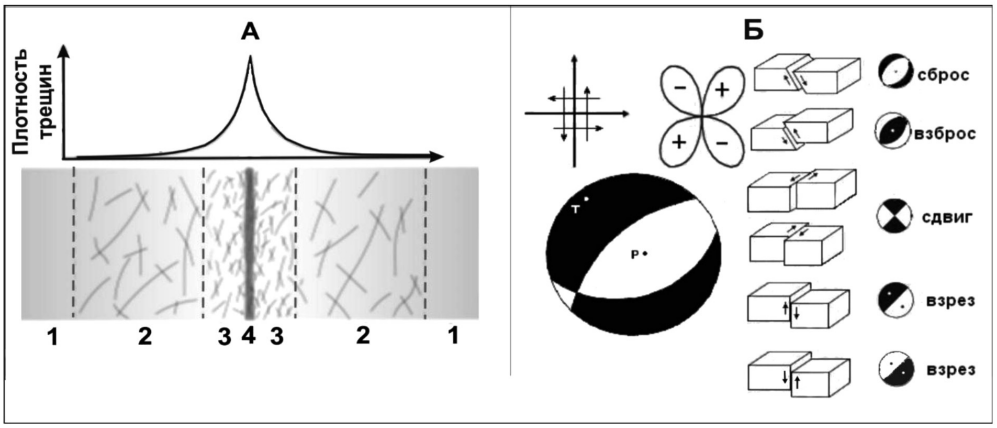


Рис. 1. А) модель плотностного распределения трещин в зоне разлома: 1 – целостная область пород, 2 – зона блокового дробления, 3 – разломная зона, 4 – зона главного смещения. Б) модели стереограмм механизмов развития очага: сброс, взброс, сдвиг, врез

Ось сжатия P находится в квадранте минусов, а ось растяжения T – в квадранте плюсов. Оси напряжений характеризуются азимутом (Az) и углом их погружения относительно горизонта (PL). В зависимости от ориентации осей напряжений выделяется несколько режимов напряженного состояния земной коры. При горизонтальном растяжении и вертикальном сжатии создаются условия растяжения – сброс, при горизонтальном положении обеих осей – условия сдвига, и при вертикальном растяжении и горизонтальном сжатии – взброс.

Следует указать, что вышеприведенная разломная модель соответствует скальным и полускальным грунтам. В условиях перекрытия их мощными рыхлыми четвертичными отложениями на поверхности распространены линейно вытянутые обводненные локальные участки, с наибольшей степенью обводненности при осевой части разлома. Очаги типа «взброс» и «взброс – сдвиг» проявляют себя энергетически в 1,3 раза интенсивнее, чем при землетрясении, где очаг сформировался типа «сброс» или «сброс – сдвиг» [7], что распространено в большей степени в западной части борта Кировско-Кажимского авлакогена. Это следует из того, что в первом случае энергетический потенциал накопления выше, чем во втором, поэтому сейсмические толчки во временном промежутке формируются дольше, так как здесь присутствует эффект сжатия, и горные породы разрушаются при воздействии большей силы. При сбросах и сбросо-сдвигах в очаге преобладает эффект растяжения, в виду которого горные породы разрушаются при более низком энергетическом уровне, из-за чего сейсмические события могут проявляться чаще.

Для исследований данной территории были использованы следующие виды геофизической аппаратуры:

– электроразведочная станция Электротест-С/USB» для работы в условиях промышленных помех и сложных заземлений. Разрешение – 0,01 мВ; Диапазон измерения – ($5\times10^{-3}\div3{,}86\times10^{3}$) Ом. Данная аппаратура использовалась для дифференциации рыхлых отложений по литологическому содержанию: пески, глины, суглинки, водононасыщенные грунты, – и прослеживания скального горизонта;

– сейсмическая станция ZetLab-048C с 24-разрядным АЦП. Трехкомпонентный пьезометрический датчик ускорения BC-1313, Кпр. = 0,53 В/м/с^2, полоса регистрируемых частот (0,1–400) Гц. Частота дискретизации от 50 до 1000 Гц. Данная аппаратура использовалась непосредственно для сейсмических измерений при различных режимах, позволяющих получать спектры и акселерограммы микросейсмических колебаний с разверткой сигналов 1D, 2 D, 3D в разломной зоне;

– метеостанция GEOS-11, точность работы: скорость ветра ± 2 %, температура ± 0,5 °C при 25 °C, влажность ± 2 % при 50 %rH, атмосферное давление ± 1,5 hPa (или 0,05 мм. рт. ст.) при 25 °C и др. Данная аппаратура использовалась для предупреждения приращений фоновых значений от ветровых воздействий на сейсмодатчик.

Источниками микросейсм в полосе исследуемых частот могут быть различные колебательные процессы, как непосредственно в земной тверди, так и в воздушной и водной среде. Они излучают колебания с различными частотами и амплитудами. В зависимости от поставленной задачи и пути ее решения весь спектр микросейсм можно разделить на полезные сигналы – «сигнал», способствующий решению задач и «шум», мешающий их решению (рис. 2).

На рис. 2, а, в частотном диапазоне M1 приведена спектральная плотность ускорений штормовых микрокросейсм и удаленных слабых землетрясений, кроме них здесь же фиксируются шумы, инициированные атмосферными и гидродинамическими воздействиями УГВ. В диапазоне частот M2 фиксируются местные землетрясения и микроземлетрясения, здесь к шумам можно отнести ветровое воздействие в приповерхностном слое земли и техногенное влияние. Этот «шум» проявляет себя довольно быстрым ростом амплитуд в полосе частот 5–20 Гц и одновременно быстрым снижением при его ослаблении (рис. 2, в). Микросейсмы, возникающие в результате микроциклов сжатия-растяжения и сдвига в разломных зонах, а также при криповых смещениях, мы отнесли к типу – «сигнал» (рис. 2, г). Микросейсмы, которые в общем спектре колебаний совпадали в частотном интервале, затрагивая исследуемую область «сигнал», были так же названы – «шум». Например, ветровые «шумы» в зависимости от силы ветра возбуждают различные частоты, в том числе и совпадающие с «сигналом», в результате которого резко увеличиваются амплитудные значения в условиях расширения полосы частот (рис. 2, а, в, г). Для снятия его влияния применялась фильтрация, которая частично позволяет срезать область частот «шум». Однако при совпадении

«шума» и «сигнала» по частоте следует провести запись в условиях полного отсутствия полосы частот «шум», для этого необходимо, чтобы «сигнал» принял минимальное значение по уровню и приобрел максимально правильную устойчиво-симметричную форму (рис. 2, б, г). В связи с этим следует произвести несколько записей в условиях отсутствия ветрового воздействия, которое определяется метеостанцией, находящейся непосредственно в точке наблюдения, одновременно при достаточной удаленности от населенных пунктов, несущих с собой техногенные компоненты «шум».

Результаты исследования и их обсуждение

Как известно, сейсмические события проявляются в разломах, представляющих собой многокилометровые линейные зоны, которые хорошо просматриваются с высоты на аэро- и космоснимках. Что касается выявления их активности в современное время, то здесь возникают определенные трудности в подборе методик и критериев. В рамках уточнения схемы детального сейсмического районирования юго-восточной части Республики Коми были опробованы технологические возможности измерений уровня микросейсм на основе распределения частотных составляющих по спектральной плотности, м/с^2/с и спектральной мощности (м/с^2)/Гц$^{1/2}$ (рис. 3).

В результате было выявлено, что в разломной зоне, в пункте приема микросейсм, наблюдается более высокоамплитудный спектр тренда колебаний, чем вне ее.

Данное явление можно объяснить с позиций квазихрупких микроразрушений в плоскости разрыва. В условиях более низкого акустического импеданса будет происходить повышение амплитуд и частот, т.е. спектр в этом случае смещается правее, в область шумов М2. С другой стороны, при повышенном декременте затухания среды в условиях пластических деформаций заметно снижаются амплитуда и частота сейсмической волны, здесь частотный интервал смещается с правой части в левую – М1 относительно всего спектра регистрации. Следовательно, в разломной зоне, в пункте приема сейсмических волн, мы будем регистрировать в какой-то момент времени более широкий спектр микросейсмических колебаний одновременно с увеличенным его амплитудным уровнем, чем в условиях более однородной среды. Всего было исследовано семь профилей с шагом наблюдений 500 м, каждый профиль состоял не менее чем из 10 точек, приведена упрощенная тектоническая схема района работ (рис. 4).

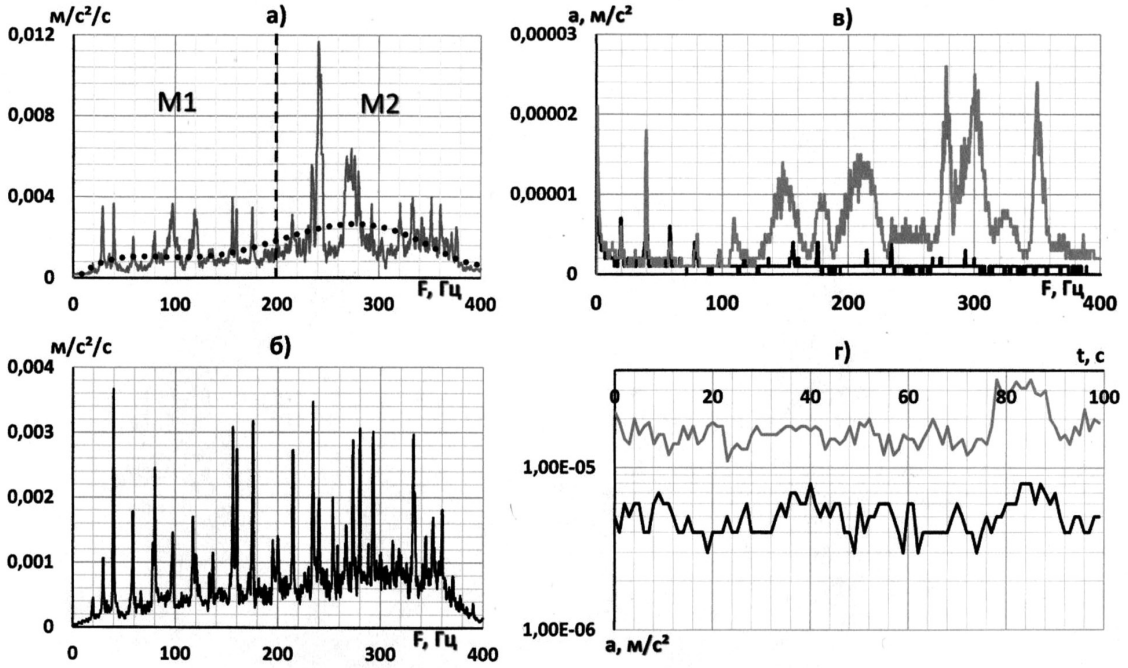


Рис. 2. Амплитудно-частотные уровни «шум» и «сигнал»: а – спектральная плотность наведенного «шум»; б – спектральная плотность «сигнал»; в – срез по частоте в условиях наведенного «шум» и «сигнал»; г – срез по времени в условиях наведенного «шум» и «сигнал». Примечание: серый цвет – кривая «шум»; черный цвет – кривая «сигнал»

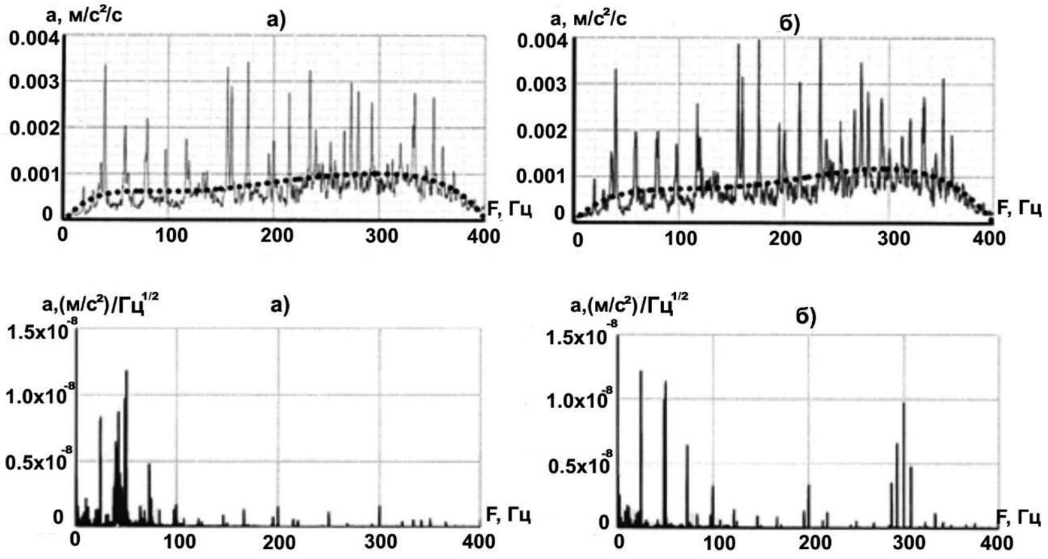


Рис. 3. Поведение микросейсм в разломной зоне по спектральной плотности (м/с²/с) и спектральной мощности (м/с²/Гц^1/2): а – вне разлома, б – вблизи разлома

Одновременно здесь же проводились замеры объемной активности Ra-222, которые показывали в разломных зонах ее повышенное содержание – до нескольких сот Бк/м³ и выше, а в неразломных зонах – существенно ниже.

Что касается регистрации сейсмических событий, то за три полевых сезона было зарегистрировано всего одно землетрясение, относящееся по уровню энергетической мощи скорее всего к микроземлетрясению, чем к слабому землетрясению (рис. 5). Время в очаге произошедшего микросейсмического события 7.06.2016 (14h19m54.7s).

В результате обработки акселерограммы этого события и привлечения региональных сейсмических данных ГСЗ [8] были определены его сейсмологические параметры. Для определения гипоцентрального расстояния была использована формула

$$ts - tp = \frac{\Delta}{Vs} + \frac{\Delta}{Vp},$$

где *ts* – время прихода поперечной волны, *tp* – время прихода продольной волны, Δ – эпицентральное расстояние, V_p = 6,40 км/с – средняя скорость P волны по всему разрезу, V_s = 3,75 км/с – средняя скорость S волны по всему разрезу, *ts – tp* – время отставания S волны от P волны (на этом расстоянии составила 1,95 с), глубина очага определялась по фазе продольных волн – p и p', где p – начало вступления волны, распространяющейся из гипоцентра, а p' – первая преломленная волна, при скорости 6,7 км/с, тогда время ее вступления будет 1,76 с, что дает расчетную глубину H ≈ 12 км, гипоцентральное расстояние с учетом глубины очага 12 км составила Δг = 17,66 км, тогда эпицентральное расстояние Δэ = 12,94 км, M – магнитуда сотрясения по максимальной амплитуде смещения S волны составила 1,17 единиц. Преобладающий период P волны на спектре составил – 0,09 с или 11,0 Гц, S волны – 0,13 с или 7,7 Гц. По компонентам величин амплитуд ускорений (a_x, a_y, a_z) было определено азимутальное направление Az = 350 °относительно п.н. Габово (60 °59'08.41" N; 53 °44'23.72" E) с последующим определением координат (61 °05'48.65" N; 53 °42'18.30" E). В тектоническом плане данное микросейсмическое событие относится к Вочско-Лупъянской ступени, перекрытой четвертичными отложениями (IV_1^1), в нижнепермских слоях она выделяется в виде слабовыпуклой субгоризонтальной поверхности, полого (1–2 м/км) погружающейся к юго-западу и северо-западу от верховьев р. Вочь.

Выводы

В результате проведенных сейсмических исследований в разломных и приразломных зонах, находящихся в юго-восточной части Республики Коми, а именно в зоне сочленения Волго-Уральской антеклизы, затрагивающей геологические структуры различного порядка: Вычегодский прогиб, Кировско-Кажимский прогиб, Тиманская гряда и Коми-Пермяцкий свод – было определено:

– с помощью программы ожидания сейсмического события «Детектор STA/

LTA» было зафиксировано местное микроземлетрясение с волновой картиной акселерограммы, присущей для очага «взброс»;

– сейсмические наблюдения показали, что на основе инструментальных измерений можно определить отличительный характер изменения спектральной плотности и энергетической мощности потока микросейсм в разломных зонах и за его пределами;

– в разломных зонах спектральная плотность проявляет себя в виде устойчивого повышенного фона дискретных составляющих, относящихся к типу микросейсм «сигнал»; если «сигнал» неустойчив, меняет свои дискретные составляющие, то эти микросейсмы переходят в разряд сигнала «шум»;

– для более успешного разделения микросейсм «сигнал» и «шум» в условиях регистрации энергетической мощности потока микросейсм необходимо использовать временные интервалы затишья экзогенных и техногенных шумов;

– микросейсмы в спектральной плотности и энергетической мощности потока формы «сигнал» резко выделяются своим постоянством во времени. Такой «сигнал», скорее всего, отвечает законам распространения сейсмической волны в реальных геологических средах;

– частотный диапазон измерения микросейсм платформенных территорий тектонического происхождения составляет 6–12 Гц.

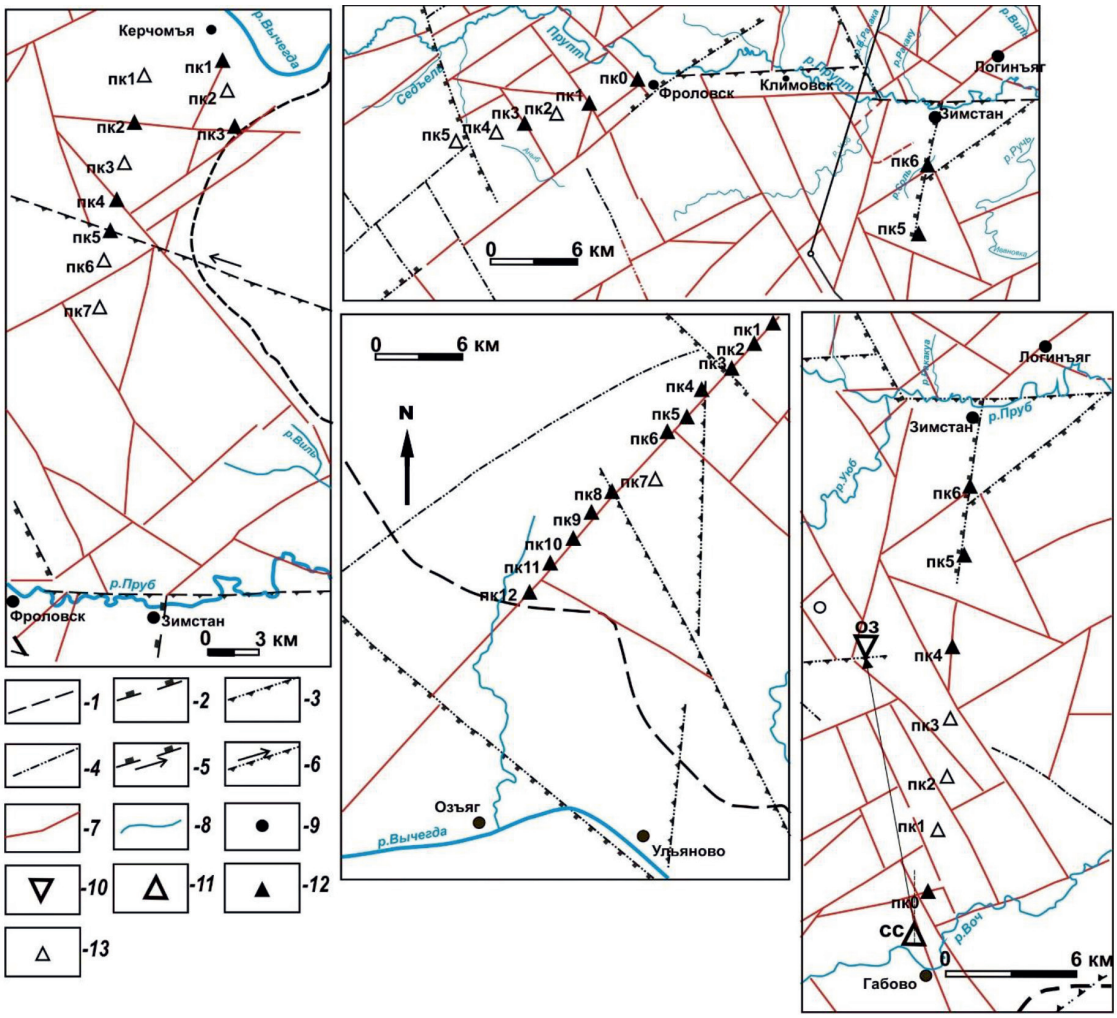


Рис. 4. Тектоническая схема района работ и пунктов измерений уровня микросейсм на участках разломных и вне разломных зон: 1 – границы стратиграфических подразделений, 2 – сбросы, 3 – взбросы, 4 – структуры неясного происхождения, 5 – сдвиго-взбросы, 6 – сдвиго-сбросы, 7 – линиаменты, определенные на основе космо- и аэрофотоматериалов, подтвержденные высокоточной аэромагнитной съемкой, 8 – речная сеть, 9 – населенные пункты, 10 – местоположение очага микроземлетрясения, 11 – пункт регистрации микроземлетрясения, 12 – микроколебания выше фоновых, 13 – фоновые микроколебания

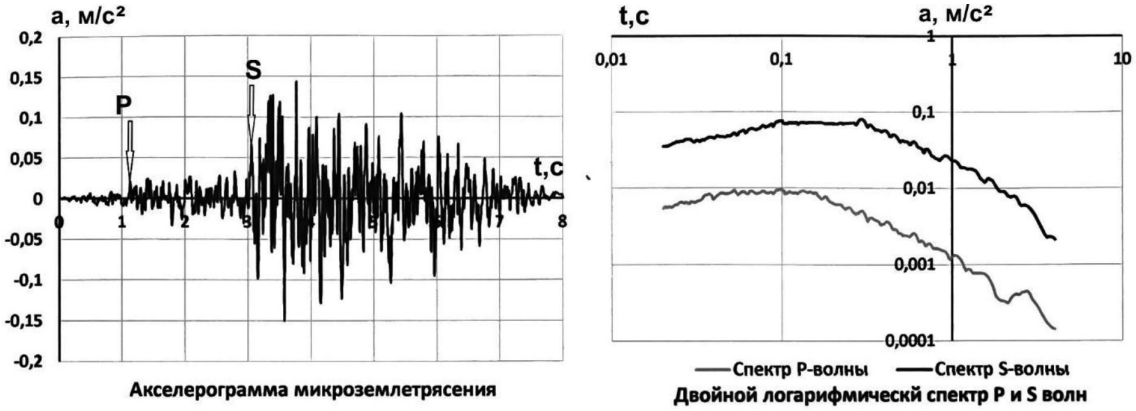


Рис. 5. Акселерограмма микроземлетрясения и его двойной логарифмический спектр

Недостатком является сложность дифференциации типов «сигнал» и «шум», а также отсутствие количественной характеристики временных условий прогноза формирования очага землетрясения. Однако мы считаем, что вероятностный прогноз вполне обоснован в рамках детального сейсмического районирования.

Список литературы / References

1. Джурик В.И., Серебренников С.П., Ескин А.Ю., Брыжак Е.В. Обследование тектонических нарушений по трассе газопровода методом вертикальных электрических зондирований // Успехи современного естествознания. 2016. № 12–2. С. 380–386.

Dzhurik V.I., Serebrennikov S.P., Eskin A.Yu., Bryzhak E.V. Inspection of tectonic disturbances along the pipeline route by the method of vertical electrical sounding // Advances in modern science. 2016. № 12–2. P. 380–386 (in Russian).

2. Аэрогеологическая карта междуречья Вычегды и Камы масштаба 1:200000. Серии Тиманская, Пермская, Листы P-39-XXIV (Усть-Кулом), XXIX (Лопыдино), XXX (В. Вочь, Лупья), P-40-XXV (Н. Вочь). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. 130 с.

Aero geological map of Entre Rios of Vychegda and Kama of scale 1:200000. Serii Timanskaya, Permskaya, Listy` R-39-XXIV (Ust`-Kulom), XXIX (Lopy`dino), XXX (V. Voch`, Lup`ya), R-40-XXV (N. Voch`). Ob``yasnitel`naya zapiska. SPb.: Izd-vo SPb kartfabriki VSEGEI, 2001. 130 p. (in Russian).

3. Белякова Л.Т., Богацкий В.И. и др. Фундамент Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2008. 288 с.

Belyakova L.T., Bogatsky V.I. and others. The foundation of the Timan-Pechora oil and gas basin. Kirov: JSC Kirov Regional Printing House, 2008. 288 p. (in Russian).

4. Неганов В.М. Сейсмологическая интерпретация геофизических материалов Среднего Приуралья и перспективы дальнейших исследований на нефть и газ. Пермь: Пермский ун-т, 2010. 248 с.

Neganov V.M. Seismological interpretation of geophysical materials of the Middle Urals and prospects for further research on oil and gas. Perm: Perm University, 2010. 248 p. (in Russian).

5. СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах СНиП-7-81* (актуализированного СНИП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (СП 14.13330.2011)) (с Изменением № 1). М., 2014. 88 с.

6. Макаров В.П., Еремин М.О. Модель разрушения хрупких и квазихрупких материалов и геосред // Физическая мезомеханика. 2013. Т. 16. № 1. С. 5–26.

Makarov V.P., Eremin M.O. Fracture model of brittle and quasi-brittle materials and geomedia // Physical mezomechanika. 2013. T.16. № 1 P. 5–26. (in Russian).

7. СП XXX. 1325800.2017 Детальное сейсмическое районирование и микрорайонирование для территориального планирования. М., 2017. 28 с.

8. Булин Н.К., Егоркин А.В. Региональный прогноз нефтегазоносности недр по глубинным сейсмическим критериям. М.: Центр ГЕОН, 2000. 194 с.

Bulin N.K., Egorkin A.V. Regional forecast of the oil and gas potential of the subsoil by deep seismic criteria. M.: Center GEON, 2000. 194 p. (in Russian).

УДК 556.04:504.453(571.1)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗАПАДНОСИБИРСКИХ РЕК НЕФТЕПРОДУКТАМИ ЗА ПЕРИОД 2000–2017 ГГ.

[1]Мезенцева О.В., [1,2]Волковская Н.П., [1,3]Захарова В.П., [2]Гурьянова В.В.

[1]Омский государственный педагогический университет, Омск;
[2]ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», Омск;
[3]ООО «Центр исследований экстремальных ситуаций» (ООО «ЦИЭКС»), Московская обл., Красногорск

Статья посвящена исследованию вопросов содержания нефтепродуктов в воде рек Омской и Тюменской областей с учетом предельно допустимых концентраций (ПДК) в связи с размещением нефтегазового комплекса Западной Сибири. Проанализированы данные о количестве случаев высокого загрязнения (ВЗ) нефтепродуктами (сбросов) на территории ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» по западносибирским субъектам федерации за период 2000–2015 гг. Изучены среднегодовые концентрации нефтепродуктов в р. Оби и ее притоке р. Малой Оби на территории Ямало-Ненецкого ЦГМС за период 2006–2015 гг. Приведены значения ПДК нефтепродуктов для рыбо-хозяйственной деятельности, критерии высокого (ВЗ) и экстремально-высокого (ЭВЗ) загрязнения, а также значения измеренных среднегодовых концентраций нефтепродуктов в воде западносибирских рек на гидрохимических постах наблюдений в воде рек Омской и Тюменской областей в 2016–2017 гг. Исследовано территориальное размещение гидрохимических пунктов наблюдений с превышением ПДК нефтепродуктов в речной воде в сравнении с размещением основных месторождений и трубопроводов углеводородного сырья. Пространственный и временной анализ загрязнения природных вод позволил сделать выводы о наличии тенденции увеличения загрязнений нефтепродуктами р. Оби и ее притоков за период 2006–2011 гг. и тенденции уменьшения загрязнений р. Оби и ее притоков после 2011 г. на территориях речных водосборов и в створах, непосредственно примыкающих к местам добычи и транспортировки углеводородного сырья. Значительнее всего загрязнения проявляются на территории субъектов ХМАО и ЯНАО. Указаны основные источники поступления возможных загрязнений природных вод с нефтепродуктами.

Ключевые слова: нефтепродукты, углеводородное сырье, загрязнение, предельно допустимая концентрация (ПДК), гидрологический створ, пространственный анализ, временной анализ

POLLUTION OF THE WEST SIBERIAN RIVERS BY OIL PRODUCTS FOR THE PERIOD 2000–2017

[1]Mezentseva O.V., [1,2]Volkovskaya N.P., [1,3]Zakharova V.P., [2]Guryanova V.V.

[1]Omsk State Pedagogical University, Omsk;
[2]Ob-Irtyshskoe UGMS, Omsk;
[3]Center for Research Extreme Situations, Moscow region, Krasnogorsk

The article is devoted to the study of the content of petroleum products in the water of the rivers of Omsk and Tyumen regions, taking into account the maximum permissible concentrations (MPC) in connection with the location of the oil and gas complex of Western Siberia. Analyzed data on the number of cases of high pollution (EOI) petroleum products (emissions) on the territory of the Federal “Ob-Irtyshskoe UGMS” in Western Siberian regions for the period 2000-2015 Studied, the average concentration of oil products in the Ob river and its Small tributary of the Ob in the Yamalo-Nenets CGMS for the period 2006-2015 Are analyzed. The values of MPC of oil products for fish and economic activity, the criteria of high (VZ) and extremely high (EVZ) pollution, as well as the values of the measured average annual concentrations of oil products in the water of the West Siberian rivers at hydrochemical observation stations in the water of the rivers of Omsk and Tyumen regions in 2016-2017 are given. Investigated the spatial distribution of hydrological gauges with excessive concentrations of hydrocarbons in the river water compared to the location of the main deposits and pipelines of hydrocarbonic raw materials. Conclusions are drawn about the tendency of increase in oil pollution of the Ob river and its tributaries for the period 2006-2011 and the tendency to reduce pollution of the Ob river and its tributaries after 2011. Spatial and temporal analysis of pollution of natural waters has allowed to make conclusions about the presence of trends in the increase of the oil pollution of the Ob river and its tributaries for the period 2006-2011 and trends in reducing pollution of the Ob river and its tributaries after 2011 in the territories of river catchments and in the areas directly adjacent to the places of production and transportation of hydrocarbon raw materials. Most significant pollution is manifested in the territory of the subjects of KHMAO and YANAO. The main sources of possible pollution of natural waters by oil products are indicated.

Keywords: petroleum products, hydrocarbon raw materials, pollution, maximum permissible concentration (MPC), hydrological post, spatial analysis, time analysis

Нефтегазовый комплекс прочно занял место основы экономики России. Согласование логики экономического развития с требованиями экологической ответственности и безопасности требует разработки стратегии, в которой задействованы государственные институты, общественное сознание. По экологическим соображениям одна из важнейших задач при добыче, транспортировке и хранении углеводородов – борьба с их потерями (сбросами). Наиболее значимым показательным для геоэкологической ситу-

ации в целом и отдельных природных систем является загрязнение углеводородами природных вод. Чтобы минимизировать ущерб для окружающей среды от сбросов углеводородов, в настоящее время уделяется большое внимание изучению самой среды, природных систем, а также их взаимодействия.

Цель исследования: исследование содержания нефтепродуктов в воде рек Омской и Тюменской областей с учетом предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственной деятельности ($ПДК_{р-х}$) в связи с размещением нефтегазового комплекса Западной Сибири.

Материалы и методы исследования

В исследовании использованы данные Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС) ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» по загрязнению водной среды Обь-Иртышского бассейна и Нижне-Обского бассейнового водного управления [1–3]. Замеры и определение содержания нефтепродуктов, сравнение их с $ПДК_{р-х}$, сравнение с критериями высокого (ВЗ) и экстремально высокого (ЭВЗ) загрязнения на западносибирских реках является важной частью работы этой организации.

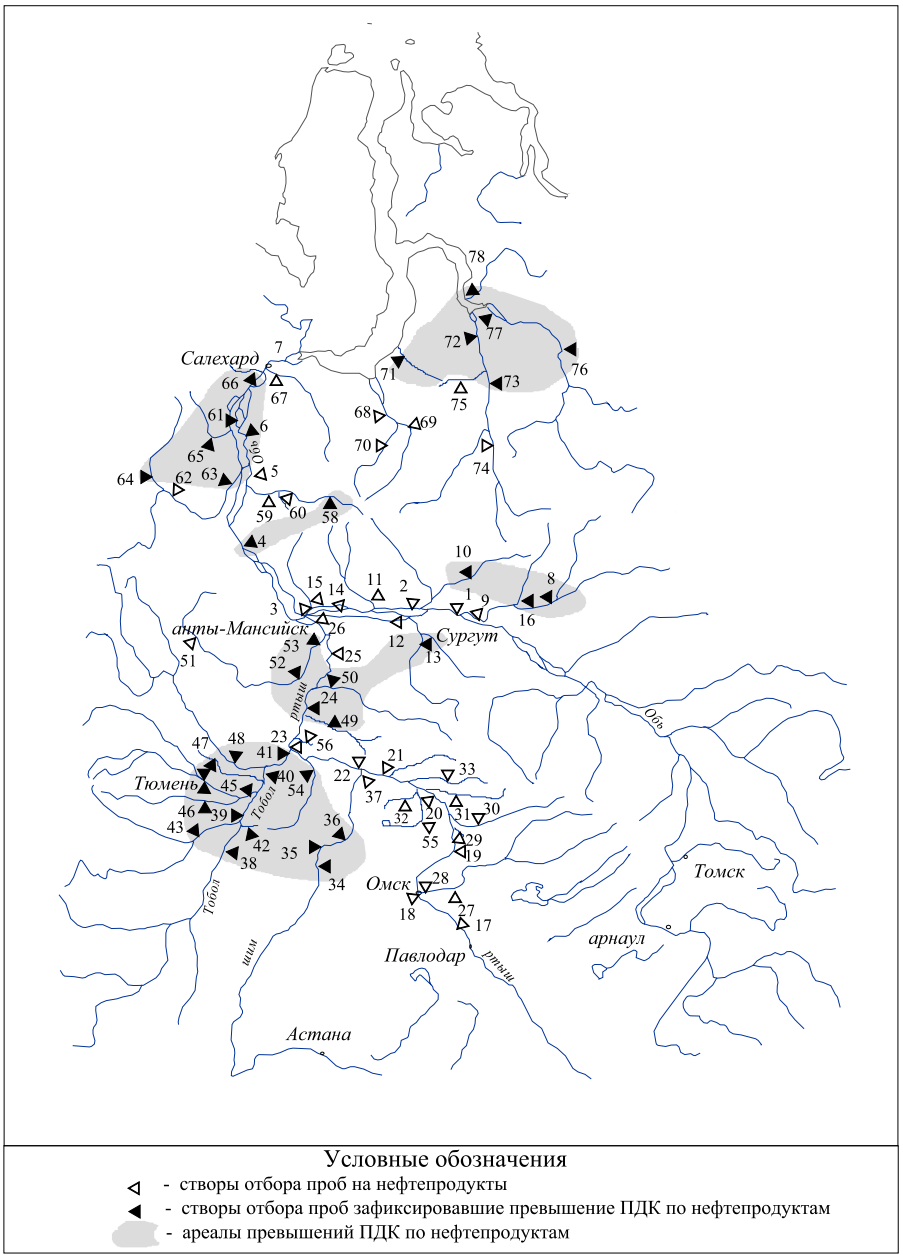


Рис. 1. Превышение ПДК по нефтепродуктам в воде рек Омской и Тюменской областей в 2017 г.

Для исследования были использованы методы комплексного гидролого-географического анализа; математические методы и программные средства обработки данных (MicrosoftExcel). Картографическая информация представлена и оформлена с помощью программы Surfer.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследования была собрана количественная информация о загрязнении речной воды для гидрохимических пунктов наблюдений (ГХП) Омской и Тюменской областей, определено их географическое местоположение. Были отмечены ГХП с превышением ПДК нефтепродуктов [3, 4] в речной воде согласно данным табл. 1 и отмечены ареалы, объединяющие рядом расположенные пункты на притоках Оби и Иртыша. В результате выделили районы превышений ПДК по нефтепродуктам в воде рек Омской и Тюменской областей в 2017 г., которые представлены на рис. 1. Пространственный анализ загрязнений показал, что в 2017 г. наибольшая площадь таких ареалов сосредоточена на территории ХМАО и ЯНАО. Значения ПДК нефтепродуктов, критерии высокого (ВЗ) и экстремально высокого (ЭВЗ) загрязнения приведены в табл. 2. Территориальное размещение ГХП с превышением ПДК нефтепродуктов в речной воде тесно связано с размещением основных месторождений и трубопроводов углеводородного сырья (рис. 2) [5, 6]. Основными источниками поступления загрязнений природных вод нефтепродуктами являются: залповые сбросы при авариях на водосборах, сливы судов, автотранспорта.

Таблица 1

Значения среднегодовых концентраций нефтепродуктов в воде западносибирских рек на гидрохимических постах наблюдений в 2016–2017 гг.

Река	Пункт	Среднегодовые концентрации нефтепродуктов, мг/л	
		2016 г.	2017 г.
р. Обь	г. Нижневартовск	0,046	0,035
р. Обь	г. Сургут	0,050	0,034
р. Обь	д. Белогорье	0,036	0,017
р. Обь	пгт. Октябрьский	0,044	**0,064**
р. Обь	с. Полноват	**0,051**	0,033
р. Обь	п. Горки	**0,079**	**0,060**
р. Обь	г. Салехард	0,015	0,005
р. Вах	с. Ларьяк	0,045	**0,066**
р. Вах	с. Большетархово	0,037	0,036
р. Аган	пгт. Новоаганск	0,046	**0,054**
р. Пим	г. Лянтор	0,035	0,034
Протока Юганская Обь	г. Нефтеюганск	0,044	0,046
р. Большой Юган	с. Угут	0,042	**0,059**
Протока Сытоминка	с. Сытомино	**0,054**	0,045
р. Назым	с. Кышик	**0,103**	0,018
р. Вах	п. Ваховск	0,044	0,068
р. Иртыш	с. Татарка	0,016	0,016
р. Иртыш	г. Омск	0,016	0,015
р. Иртыш	с. Карташово	0,020	0,025
р. Иртыш	г. Тара	0,017	0,017
р. Иртыш	пгт. Тевриз	0,015	0,010
р. Иртыш	с. Усть-Ишим	0,015	0,009
р. Иртыш	г. Тобольск	0,018	0,015
р. Иртыш	с. Уват	**0,692**	**0,083**
р. Иртыш	п. Горноправдинск	0,045	0,028
р. Иртыш	г. Ханты-Мансийск	**0,058**	0,029
р. Омь	г. Калачинск	0,018	0,013
р. Омь	г. Омск	0,016	0,015
р. Артынка	с. Костино	0,020	0,021

Окончание табл. 1

Река	Пункт	Среднегодовые концентрации нефтепродуктов, мг/л	
		2016 г.	2017 г.
р. Тара	пгт. Муромцево	0,016	0,012
р. Уй	с. Седельниково	0,015	0,012
р. Большой Аев	с. Чебаклы	0,014	0,009
р. Шиш	с. Васисс	0,015	0,011
р. Ишим	с. Ильинка	**0,060**	**0,063**
р. Ишим	г. Ишим	**0,109**	**0,068**
р. Ишим	с. Абатское	**0,090**	**0,253**
р. Ишим	с. Усть-Ишим	0,013	0,007
р. Тобол	с. Коркино	**0,134**	**0,083**
р. Тобол	г. Ялуторовск	**0,099**	**0,088**
р. Тобол	с. Иевлево	**0,083**	**0,271**
р. Тобол	г. Тобольск	0,016	0,009
р. Ук	г. Заводоуковск	**0,082**	**0,097**
р. Исеть	с. Исетское	**0,074**	**0,100**
р. Тура	г. Тюмень	**0,070**	**0,053**
р. Тура	с. Покровское	**0,109**	**0,077**
р. Пышма	пгт. Богандинский	0,037	**0,121**
р. Иска	с. Велижаны	**0,052**	0,032
р. Тавда	с. Нижняя Тавда	0,050	**0,063**
р. Туртас	п. Туртас	**0,110**	**0,189**
р. Демьянка	с. Демьянское	**0,234**	**0,351**
р. Конда	г. Урай	**0,051**	0,029
р. Конда	с. Болчары	0,043	0,042
р. Конда	п. Выкатной	0,031	0,034
р. Вагай	с. Вагай	**0,206**	**0,079**
р. Оша	с. Большие Кучки	0,014	0,006
р. Аремзянка	д. Чукманка	0,016	0,009
р. Тура	с. Салаирка	**0,078**	0,048
р. Казым	д. Юильск	0,035	0,024
р. Казым	г. Белоярский	0,044	**0,160**
р. Амня	с. Казым	0,049	0,041
прот. Малая Обь	с. Мужи	**0,094**	**0,266**
р. Северная Сосьва	п. Сосьва	0,031	0,032
р. Северная Сосьва	пгт. Березово	0,043	**0,051**
р. Ляпин	с. Ломбовож	0,025	0,024
р. Сыня	п. Овгорт	**0,063**	**0,113**
р. Собь	п. Катровож	**0,136**	**0,161**
р. Полуй	г. Салехард	0,016	0,007
р. Надым	г. Надым	0,041	0,035
р. Правая Хетта	пгт. Пангоды	**0,106**	0,032
р. Хейги-Яха	п. Лонг-Юган	0,043	0,037
р. Ныда	п. Ныда	**0,072**	**0,155**
р. Пур	п. Самбург	0,039	**0,065**
р. Пур	пгт. Уренгой	**0,133**	**0,118**
р. Пяку-Пур	пгт. Тарко-Сале	0,033	0,027
р. Седэ-Яха	г. Новый Уренгой	**0,091**	**0,058**
р. Таз	с. Красноселькуп	0,039	**0,093**
р. Таз	пгт. Тазовский	**0,083**	0,026
Тазовская Губа	п. Находка	**0,142**	**0,100**

Примечание. Цветом и жирным шрифтом выделены превышения ПДК.

Таблица 2

ПДК нефтепродуктов для рыбохозяйственной деятельности, критерии высокого (ВЗ) и экстремально высокого (ЭВЗ) загрязнения

Показатель	Единица измерения	$ПДК_{р-х}$	Пределы концентраций	
			ВЗ	ЭВЗ
Нефтепродукты	мг/л	0,05	1,5–2,5	≥2,5

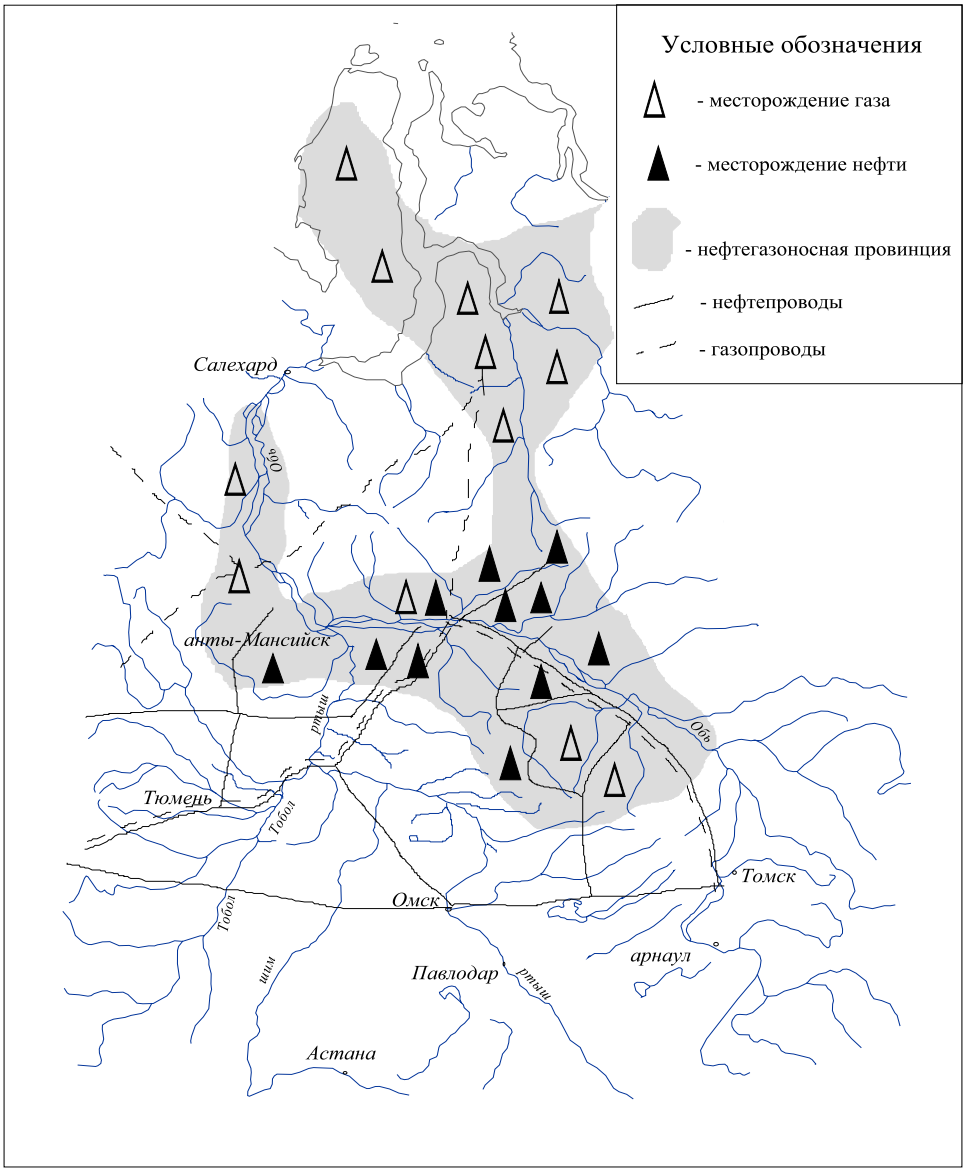


Рис. 2. Нефтегазоносная провинция Западно-Сибирской равнины, месторождения углеводородного сырья и главные трубопроводы

На следующем этапе была исследована временная динамика и тенденции изменения содержания загрязнений в речной воде на территории западносибирских субъектов федерации, а также в р. Оби и ее притоке р. Малой Оби на территории Ямало-Ненецкого автономного округа за период 2006–2015 гг. Количество случаев высокого загрязнения (ВЗ) нефтепродуктами по субъектам федерации – Омской

и Тюменской областей, Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов, за период 2000–2015 гг. приведено на рис. 3. Значительнее всего загрязнения проявляются на территориях субъектов ХМАО и ЯНАО. Замеры концентрации нефтепродуктов в водах р. Оби в течение почти 10 лет представлены на рис. 4, где видна тенденция увеличения загрязнений нефтепродуктами р. Оби за период 2006–2011 гг. Уменьшение загрязнений р. Оби зафиксировано после 2011 г. Причины этого снижения, возможно, связаны с сокращением аварийных потерь углеводородов на месторождениях (техногенные повреждения трубопроводов, резервуаров, оборудования, нарушение правил их технической эксплуатации). Тем более стоит подчеркнуть значимость дальнейших замеров концентрации нефтепродуктов в борьбе с загрязнением сибирских рек Обь-Иртышского бассейна.

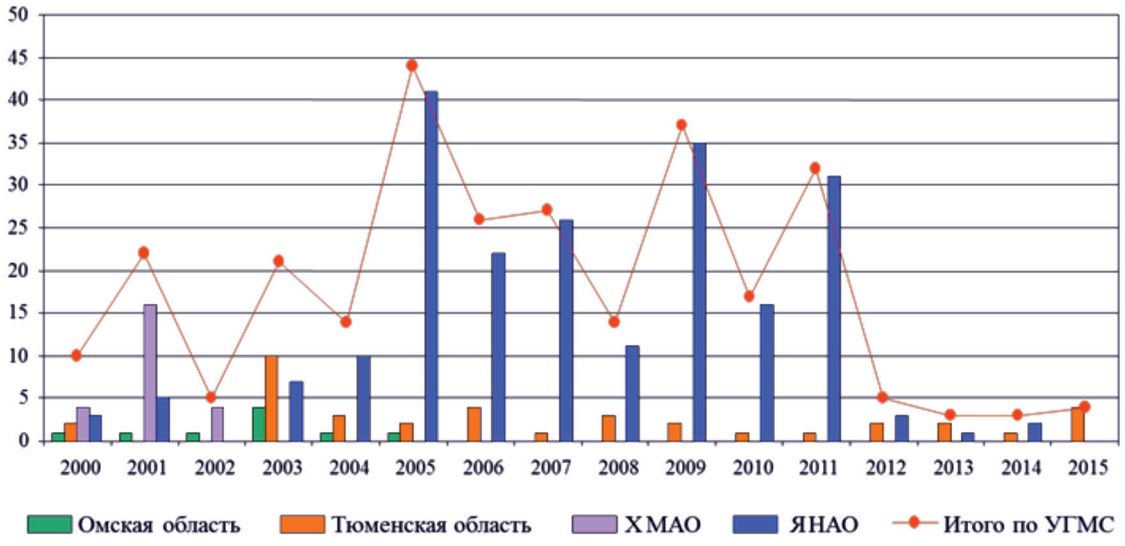


Рис. 3. Среднегодовые концентрации нефтепродуктов в бассейне р. Оби на территории западносибирских субъектов федерации за период 2006–2015 гг.

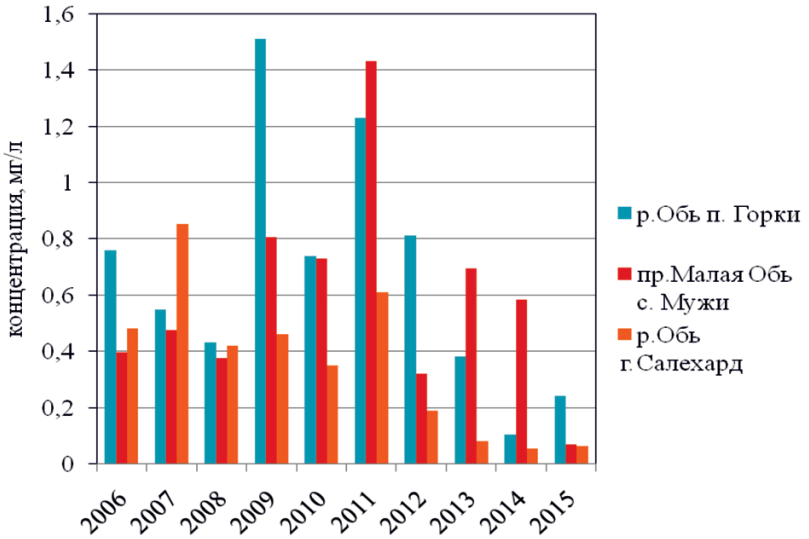


Рис. 4. Среднегодовые концентрации нефтепродуктов в р. Оби и ее притоке р. Малой Оби на территории Ямало-Ненецкого АО за период 2006–2015 гг.

Заключение

Пространственный анализ загрязнения природных вод нефтепродуктами показал тесную связь с размещением основных месторождений и трубопроводов углеводородного сырья. Анализ замеров концентраций нефтепродуктов в воде выявил наличие тенденции *увеличения загрязнений* р. Оби за период с 2006 по 2011 г. и тенденцию к уменьшению загрязнений за период с 2011 по 2015 г. Точных причин такого положительного тренда для экологии в Западной Сибири не определено, поэтому сохраняется необходимость постоянного мониторинга за содержанием нефтепродуктов в водах рек территории.

Список литературы / References

1. Федеральное агентство водных ресурсов. Нижне-Обское бассейновое водное управление [Электронный ресурс]. URL: http://www.nobwu.ru (дата обращения: 10.11.2018).

Federal Agency for water resources. Lower Ob basin water management [Electronic resource]. URL: http://www.nobwu.ru (date of access: 10.11.2018) (in Russian).

2. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Иртыш, 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.nobwu.ru/index.php/ndvskiovo (дата обращения: 10.11.2018).

Scheme of integrated use and protection of water bodies of the Irtysh river basin, 2014. [Electronic resource]. URL: http://www.nobwu.ru/index.php/ndvskiovo (date of access: 10.11.2018) (in Russian).

3. Ежегодник качества поверхностных вод суши Российской Федерации (по гидрохимическим показателям) в 2016 г. [Электронный ресурс]. URL: http://gidrohim.com/node/60 (дата обращения: 10.11.2018).

Yearbook of land surface water quality of the Russian Federation (hydrochemical indicators) in 2016. [Electronic resource]. URL: http://gidrohim.com/node/60 (date of access: 10.11.2018) (in Russian).

4. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды Российской Федерации за 2017 год [Электронный ресурс]. URL: http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2017.pdf /(дата обращения: 10.11.2018).

Review of the status and pollution of environment in Russian Federation in 2017. [Electronic resource]. URL: http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2017.pdf/ (date of access: 10.11.2018) (in Russian).

5. Карта нефтяной промышленности [Электронный ресурс]. URL: http://mestorozhdenie-nefti.ru/wp-content/uploads/2016/09/karta-3.jpg (дата обращения: 10.11.2018).

Map of the oil industry [Electronic resource]. URL: http://mestorozhdenie-nefti.ru/wp-content/uploads/2016/09/karta-3.jpg (date of access: 10.11.2018) (in Russian).

6. Карта Уральского федерального округа [Электронный ресурс]. URL: https://geographyofrussia.com/uralskij-federalnyj-okrug/ (дата обращения: 10.11.2018).

Map of the Ural Federal district [Electronic resource]. URL: https://geographyofrussia.com/uralskij-federalnyj-okrug/ (date of access: 10.11.2018) (in Russian).

УДК 504.53:631.4:595.132(571.63)

ФАУНА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД В БУРОЗЕМАХ ПИХТАРНИКА ОСТРОВА РУССКИЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ГЕОСИСТЕМЫ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

[1]Мухина Т.И., [1]Пшеничников Б.Ф., [2]Пшеничникова Н.Ф., [2]Ганзей К.С., [2]Киселёва А.Г.

[1]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: t.i.muhina@mail.ru;
[2]ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: n.f.p@mail.ru

На примере пихтовой рощи в юго-восточной части п-ова Саперный (о-в Русский) проведены комплексные геоэкологические исследования по изучению фауны почвенных нематод и ее взаимосвязи с почвенно-экологическими условиями. Рассмотрены условия формирования, морфологическое строение слабооподзоленных буроземов. Изучено видовое разнообразие фауны нематод в буроземах пихтовой рощи. Обнаружено 40 видов нематод, относящихся к 8 отрядам, 16 семействам и 26 родам. Самым массовым оказались хищные нематоды *Iotonchus zschokkei*. Многочисленными являются два вида сапробиотических нематод – типичные обитатели прикорневой зоны – *Anaplectus grandepapillatus* и *Plectus acuminatus*. Практически отсутствуют стилетные виды нематод. Показана избирательность почвенных нематод к местообитаниям. Наибольшее число видов (27) обитают в подстилке (горизонт О). В аккумулятивно-гумусовом горизонте АУ присутствуют единично всего 16 видов нематод. В слабооподзоленном горизонте АУеВМ обнаружено 7 видов нематод. Наименьшее количество видов (4) обнаружено в глинистом иллювиальном горизонте ВМg с признаками оглеения. Из-за повышенной влажности в нем предпочитают обитать только два сапробиотических вида (*Alaimus primitivus, Eudorylaimus sp.3*) и хищный вид нематод *Xenocriconemella macrura.* Обнаружено два вида нематод с длинным копьём, относящиеся к семейству Longidoridae, которые обитают в почве вокруг корней растений в качестве эктопаразитических фитогельминтов. Видовой состав и обилие почвенных нематод пихтовой рощи соответствует общим тенденциям их внутрипрофильного распределения в буроземах прибрежно-островной зоны Приморья и свидетельствует о благополучном экологическом состоянии геосистемы.

Ключевые слова: остров, буроземы, пихтарник, нематоды, избирательность, сапробиотические и хищные виды, экзопаразитические фитогельминты, экосистема

SOIL NEMATODE FAUNA IN BUROZEMS OF FIR-WOOD IN RUSSKY ISLAND AS INDICATOR OF GEOSYSTEM CONDITION (PRIMORSKY TERRITORY)

[1]Mukhina T.I., [1]Pshenichnikov B.F., [2]Pshenichnikova N.F., [2]Ganzey K.S., [2]Kiseleva A.G.

[1]Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: t.i.muhina@mail.ru;
[2]FPFIS Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, e-mail: n.f.p@mail.ru

A comprehensive geoecological research of soil nematode fauna and its relation to soil ecological conditions has been carried out at the example of a fir-wood in the southeastern part of Saperny Peninsula (Russky Island). We have studied formation conditions and morphological structure of the weakly-podzolized burozems under the fir-wood. The research focuses on nematode species diversity in the burozems of the fir-wood. Forty nematode species (of 8 orders, 16 families, and 26 genera) have been found. The dominant species is predacious nematodes *Iotonchus zschokkei*. The numerous species are saprobiotic nematodes *Anaplectus grandepapillatus* and *Plectus acuminatus* inhabiting the root zone. Stylet nematodes are represented by very few specimens. The research demonstrates the soil nematode habitat selectivity. Most of the species (27) inhabit the leaf litter horizon O. Single specimens of 16 nematode species are found in the humus accumulative horizon AY. Seven species inhabit the weakly-podzolized horizon AYeBM. The smallest number of the nematode species (4) is found in the clayey illuvial horizon BMg with signs of gleying. Due to high soil moisture content, the horizon is a preferred habitat for only two saprobiotic species (*Alaimus primitivus, Eudorylaimus sp.3*) and one predacious species *Xenocriconemella macrura*. Two long-stylet nematode species of Longidoridae family live in the soil close to the plant roots as ectoparasitic phytohelmints. Composition and abundance of the soil nematode species of the fir-wood correspond to the general trend of nematode species profile distribution in the burozems of the maritime-insular zone of Primorsky Territory and indicate safe ecological condition of the geosystem.

Keywords: island, burozems, fir-wood, nematodes, selectivity, saprobiotic and predacious species, ectoparasitic phytohelmints, ecosystem

Функционирование и структурные трансформации экосистем в значительной степени определяются состоянием наиболее динамичного компонента – биоты, объединяющей огромный мир микроорганизмов, растительности и животных, в том числе и почвообитающих. Почвенную среду населяют самые разнообразные и многочисленные виды беспозвоночных животных. Особую группу составляют почвенные нематоды, являющиеся одними из многочисленных представителей микрофауны почв. Они принимают непосредственное участие в процессах деструктуризации (переработки) органических растительных остатков и образования специфических гу-

мусовых веществ, обеспечивающих плодородие почв, оптимальные условия развития растений и функционирования геосистемы в целом. При этом важным является изучение не только горизонтального распространения почвенных нематод, но и их вертикальной дифференциации в пределах почвенного профиля. Изучение фауны почвенных нематод и ее взаимосвязи с почвенно-экологическими условиями – одно из актуальных направлений в геоэкологии.

Выявление таксономического разнообразия, численности почвенных нематод и их избирательности к местообитанию является составной частью комплексных исследований на островах залива Петра Великого и побережья Приморья. Они проводятся сотрудниками кафедр зоологии и почвоведения ШЕН ДВФУ совместно с лабораторией биогеографии и информационно-картографическим центром ТИГ ДВО РАН. За последнее десятилетие получены данные по видовому разнообразию эколого-трофических групп почвенных нематод и их внутрипрофильной дифференциации в различных подтипах островных буроземов. Изучена фауна почвенных нематод под полидоминантными широколиственными лесами и антропогенно-трансформированными травяно-кустарниковыми ассоциациями. Исследования проводились на островах Большой Пелис, Попова [1, 2], Путятина, Большой и Малый Крейсер в бухте Триозерье [3, 4]. Исследование видового состава нематод в почвах под темнохвойными древостоями островов залива Петра Великого ранее нами не проводилось.

В литературе представлены обширные данные по изучению корневых нематод в хвойных питомниках Дальнего Востока, в том числе в хвойно-широколиственных лесах Уссурийского заповедника в Приморье. Сотрудники ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН изучали видовой состав, численность, биомассу нематод, степень их воздействия на рост и развитие растений [5–7]. Кроме того, они исследовали вертикальное распределение общей массы нематод и приуроченность их различных трофических групп к определенным горизонтам почвы [8–10]. Также оценивали численность нематод в зависимости от уровня содержания тяжелых металлов и реакции почвенной среды [11].

Цель исследования: изучить видовое разнообразие нематод в буроземах пихтовой рощи на о. Русский и его взаимосвязь с почвенно-экологическими условиями генетических горизонтов почв. Для реализации поставленной цели также изучались условия формирования, морфологическое строение профиля и типовая принадлежность почвы пихтарника.

Материалы и методы исследования

Материал для данной работы был собран в 2016 г. в пихтовой роще в юго-восточной части п-ова Саперный на о. Русский. Роща представлена несколькими участками, находящимися в непосредственной близости друг к другу. Древостой пихты цельнолистной (*Abies holophylla*) характеризуется высокой сомкнутостью с единичной примесью лиственных пород. Кустарниковый ярус отсутствует. В травостое единично присутствуют майник и папоротник. Увлажнение атмосферное. Почвенный покров пихтовой рощи, согласно современной классификации почв России [12], представлен слабооподзоленными маломощными сильноскелетными буроземами. Для характеристики морфологического строения буроземов под пихтовым лесом были заложены четыре почвенных разреза. Для исследования выбран разрез 154-16, заложенный в центре наибольшего по площади участка пихтовой рощи. Приводим описание его морфологического строения.

Разрез 154-16. Заложен в нижней трети юго-восточного склона крутизной до 10°. Растительность: пихтовый высокосомкнутый лес с единичными экземплярами клена, липы и березы. Кустарниковый ярус отсутствует. Травостой слаборазвит и представлен майником двулистным. Есть два возобновления лиственных пород: клена (высотой около 35 см) и ольхи (высотой до 60 см). Увлажнение атмосферное.

О 0–3 см. Подстилка, состоящая в верхней части (0–1 см) преимущественно из слабо и среднеразложившегося лиственного опада, в нижней (1–3 см) – из средне- и хорошо разложившегося листового и хвойного опада, переход ясный.

AY 3–7 см. Темно-серый, влажный, рыхлый, комковато-порошистый, легкосуглинистый, обломки породы единичные, размером до 3 см, переход заметный.

AYeBM 7–28 см. Темно-серый со слабым белесоватым оттенком, влажный, мелкокомковатый, тяжелосуглинистый, включение скелета (до 20% от объема почвенной массы) в виде обломков породы уплощенной формы (размером от 3 до 7 см по длинной стороне), покрытых органоминеральными кутанами, переход постепенный.

BMg 28–35 см. Желтовато-светло-серый с сизоватым оттенком, плотный, липкий, структура плохо выражена, глинистый, сильно скелетный (80% от объема), обломки породы размером до 15 см, уплощенной формы, ориентированные плоской стороной по горизонтали вниз по склону, покрытые с нижней стороны глинистыми натеками. С глубины 35 см со стенок разреза сочится вода.

BMC 35 см и ниже. Делювиальные отложения в виде крупных обломков породы плотно прилежащих друг к другу

Почва: бурозем слабооподзоленный маломощный сильно скелетный.

Как следует из приведенного выше описания, морфологическое строение профиля соответствует слабооподзоленным буроземам. Расположение в нижней части склона с небольшой крутизной при глинистом гранулометрическом составе вызывает затрудненный внутрипочвенный дренаж и переувлажнение нижней части профиля. Это служит причиной появления выраженных признаков оглеения в виде сизоватого налета на структурных отдельностях и ржавых вкраплений в горизонте BMg.

Из каждого генетического горизонта взяты пробы объемом 10 см^3 для изучения видового разнообразия почвенных нематод: O (0–1 см), O (1–3 см), AY (3–7 см), AYeBM (7–28 см), BMg (28–35 см).

Почвенных нематод выделяли вороночным методом Бермана и просматривали почвенные образцы под бинокуляром для выявления цистообразующих видов. Для этого в чашку Петри помещали почвенную массу, заливали водой, взмучивали и взвесь просматривали под бинокуляром. Обнаруженных нематод фиксировали 4% раствором формалина. Изготовлено 25 постоянных глицерин-желатиновых препаратов. Из каждого минерального горизонта приготовлено по одному препарату. Из подстилки и гумусового горизонта изготовлено по два препарата. На каждом препарате размещали от 5 до 30 экз. нематод разных видов. Нематод изучали под световым микроскопом МБИ-3 с фазово-контрастным устройством. Их таксономическую принадлежность определяли на видовом уровне. Список видов нематод представлен в таблице.

Результаты исследования и их обсуждение

В почвенных образцах обнаружены 40 видов нематод (таблица), относящиеся к 8 отрядам (*Alaimida*, *Tripylida*, *Dorylaimida*, *Mononchida*, *Monhysterida*, *Plectida*, *Rhabditida*, *Panagrolaimida* (*п/отряд Tylenchina*, п/отряд *Cephalobina*), 16 семействам (*Alaimidae*, *Tripylidae*, *Dorylaimidae*, *Aporcelaimidae*, *Qudsianematidae*, *Longidoridae*, *Tylencholaimidae*, *Mononchidae*, *Mylonchulidae*, *Iotonchidae*, *Monhysteridae*, *Plectidae*, *Chronogasteridae*, *Rhabditidae*, *Prismatolaimidae*, *Cephalobidae*) и 26 родам [13].

По количеству видов выделяются несколько родов: *Eudorylaimus* (5 видов), *Ceratoplectus* (3), *Plectus* (3), *Tylencholaimus* (3), *Anaplectus* (2), *Dorylaimus* (2), *Longidorus* (2), *Protorhabditis* (2).

Самым массовым оказались хищные нематоды *Iotonchus zschokkei*, обнаруженные в подстилке. Многочисленными являются два вида: сапробиотические нематоды – типичные обитатели прикорневой зоны – *Anaplectus grandepapillatus* и *Plectus acuminatus.* Практически отсутствуют стилетные виды нематод. Найдено только два немногочисленных паразитических вида: *Tylenchorhynchus sp*. (4 самки, 1 личинка) и *Xenocriconemella macrura* (8 самок). Также обнаружены два вида нематод с длинным копьём, относящиеся к семейству Longidoridae: *Longidorus lignosus* и *Longidorus sp.* [14]. Это семейство представляет особый интерес, так как большинство видов обитают вокруг корней в качестве эктопаразитических фитогельминтов. Считают, что такие нематоды могут быть также инокуляторами инфекций, в том числе вирусных [15].

Анализ внутрипрофильного распределения почвенных нематод показал, что наибольшее число видов (27) приурочено к подстилке (горизонт O). При этом отдельные виды (*A. grandepapillatus, E. parvulus*, *Geomonhysreta villosa*, *Iotonchus zschokkei, P. pusillus*) в массовом количестве присутствуют как в более сухом поверхностном слое (0–1 см), так и в нижней, более влажной, части (1–3 см) подстилки. Большая же часть видов предпочитает находиться в нижней части подстилки, богатой частично разложившимися растительными остатками. Исключение составляют три вида (*Hofmaenneria kazanensis, Mylonchulus agriculturae и Protorhabditis teres*), не встреченных в нижней части подстилки. В аккумулятивно-гумусовом горизонте (AY) присутствуют 16 видов нематод в единичном количестве. Из них 5 видов не встречаются в других горизонтах. В слабооподзоленном горизонте (AYeBM) обнаружены 7 видов нематод, 4 из которых выявлены только в этом горизонте. Наименьшее количество видов (4) обнаружено в глинистом иллювиальном горизонте

BMg с признаками оглеения из-за повышенной влажности. Два вида (*Alaimus primitivus, Eudorylaimus sp.3*) и паразитический вид нематод *Xenocriconemella macrura* встречены только в этих условиях среды.

Нами также проведен сравнительный анализ присутствия и внутрипрофильной дифференциации фауны почвенных нематод в рассматриваемых буроземах пихтарника и в буроземах под другими типами растительности на островах, изученными ранее.

Разнообразнее и многочисленнее, по сравнению с вышеописанным, оказались нематоды в буроземах под гмелинополынными зарослями на островах Большой Пелис и Попова [1, 2]. Это обусловлено оптимальными условиями жизни для большинства видов нематод в богатых органическими растительными остатками почвах.

Видовой состав и внутрипрофильное распределение почвенных нематод в буроземах пихтарника на о. Русский

Виды нематод	Горизонты, глубина в см				
	O 0–1	O 1–3	AY 3–7	AYeBM 7–28	BMg 28–35
1. *Acrobeloides büschlii*				+	
2. *Alaimus primitivus*					+
3. *Anaplectus granulosus*		+	+		
4. *A. grandepapillatus*	+++	+++			+
5. *Aporcelaimus obtusicaudatus*	+	++	+		
6. *Bastiania longicaudata*		+			
7. *Chronogaster gracilis*				+	
8. *Ceratoplectus armatus*			+		
9. *C. assimilis*		+			
10. *C. cornus*				+	
11. *Dorylaimus longicaudatus*	+	+	+		
12. *Dorylaimus sp.1*		+			
13. *Eudorylaimus sp*.	++				
14. *Eudorylamus sp.1*	+	+			
15. *Eudorylaimus sp. 3*					+
16. E. *leucarti*	++	++	+		
17. *E. parvulus*			+		
18. *Geomonhysreta villosa*	++	++			
19. *Heterocephalobus elongatus*				+	
20. *Hofmaenneria kazanensis*	+		+		
21. *Iotonchus zschokkei*	++++	++++	+		
22. *Longidorus sp. 1*		+	++		
23. *Longidorus sp. 2*			+		
24. *Monhystera macrura*			+		
25. *Mylonchulus agriculturae*	+				
26. *Plectus acuminatus*	+++	+			
27. *P. longicaudatus*	+	+	+		
28. *P. pusillus*	++	++			
29. *Prismatolaimus dolichurus*		+			
30. *Protorhabditis elaphri*		+			
31. *P. teres*	+			+	
32. *Pungentus sp.*			+		
33. *Rhabditis sp.*		+	+		
34. *Tripyla affinis*		+			
35. *Trischistoma monhystera*			++		
36. *Tylencholaimus sp.*		+			
37. *T. teres*		+			
38. *T. vigil*		+			
39. *Tylenchorhynchus sp.*		+		+	
40. *Xenocriconemella macrura*				+	++

Примечание. ++++ – массовые (более 50 экз.), +++ – многочисленные (до 20 экз.), ++ – немногочисленные (до 10 экз.), + – единичные виды (до 5 экземпляров).

В буроземах пихтарника видовое разнообразие нематод остается таким же высоким, как и под влажными дубняками острова Путятина [3], в отличие от сухих дубняков на о. Попова и Путятина [2, 3], где нематоды представлены единичными экземплярами.

Под разреженными широколиственными древостоями с развитым травянистым покровом наиболее комфортными условиями обладает подстилка (горизонт O) мюллевого (мягкого) типа как для сапробиотических, так и для стилетных нематод. В подстилке из хвойно-листового опада пихтарника, так же как и в слаборазложившейся подстилке грубого (модер) состава под высокосомкнутыми широколиственными лесами о. Попова, Большого Крейсера в бухте Трехозерье, встречаемость почвенных нематод значительно ниже [2, 4].

В аккумулятивно-гумусовых и иллювиальных горизонтах в меньшей степени проявляется зависимость от типа растительности. В иллювиальных горизонтах сравниваемых местообитаний наряду с сапробиотическими свободноживущими нематодами обитают и паразитические копьевидные виды.

Заключение

Под пологом пихтовой рощи в юго-восточной части п-ова Саперный о. Русский развиты слабооподзоленные маломощные сильноскелетные буроземы с набором генетических горизонтов: O-AY-AYeBM-BMg-BMC. В условиях глинистого грануометрического состава и плотного сложения при обильных атмосферных осадках наблюдается переувлажнение нижней части профиля и развитие оглеения.

Видовое разнообразие почвенных нематод составляет 40 видов, относящихся к 8 отрядам, 16 семействам и 26 родам. Самым массовым оказались хищные нематоды *Iotonchus zschokkei*. Многочисленными являются два вида сапробиотических нематод – типичные обитатели прикорневой зоны – *Anaplectus grandepapillatus* и *Plectus acuminatus*. Практически отсутствуют стилетные виды нематод.

Внутрипрофильное распределение нематод по генетическим горизонтам буроземов свидетельствует об избирательности почвенных нематод к местообитанию. Наибольшее число видов (27) приурочено к подстилке (горизонт O). В аккумулятивно-гумусовом горизонте присутствуют 16 видов нематод в единичном количестве. Из них 5 видов не встречаются в других горизонтах. В слабооподзоленном горизонте обнаружены 7 видов нематод, 4 из которых находятся только в этом горизонте.

Наименьшее количество видов (4) обнаружено в глинистом иллювиальном горизонте BMg с признаками оглеения из-за повышенной влажности. Два вида (*Alaimus primitivus, Eudorylaimus sp.3*) и паразитический вид нематод *Xenocriconemella macrura* встречены только в этих условиях среды. Два вида нематод с длинным копьём, относящиеся к семейству Longidoridae, обитают в почве вокруг корней растений в качестве эктопаразитических фитогельминтов.

Видовой состав и обилие почвенных нематод пихтовой рощи соответствуют общим тенденциям их разнообразия и внутрипрофильного распределения в буроземах прибрежно-островной зоны Приморья и свидетельствуют о благополучном экологическом состоянии геосистемы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (*проект 18-77-00001*).

Список литературы / References

1. Мухина Т.И., Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Фауна стилетных нематод буроземов острова Большой Пелис (Японское море, залив Петра Великого) // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 346. С. 153–160.

Mukhina T.I., Pshenichnikov B.F., Pshenichnikova N.F. Stylet nematode fauna in the burozems of Bolshoi Pelis Island (Japanese Sea, Peter the Great Gulf) // Tomsk State University Journal. 2011. № 346. P. 153–160 (in Russian).

2. Мухина Т.И., Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Фауна нематод буроземов острова Попова (залив Петра Великого, Японское море) // Труды Центра паразитологии. Т. XLVIII: Систематика и экология паразитов. М.: Центр паразитологии ИПЭЭ РАН, 2014. С. 196–199.

Mukhina T.I., Pshenichnikov B.F., Pshenichnikova N.F. Nematode fauna in the burozems of Popov Island (Peter the Great Gulf, Japanese Sea) // Trudy Centra parazitologii. T. XLVIII: Sistematika i ehkologiya parazitov. M.: Centr parazitologii IPEHEH RAN, 2014. P. 196–199 (in Russian).

3. Мухина Т.И., Пшеничникова Н.Ф., Пшеничников Б.Ф. Стилетные нематоды буроземов лесных экосистем острова Путятина (Японское море) // Леса российского Дальнего Востока: Мониторинг динамики лесов российского Дальнего Востока: материалы V Всероссийской конференции (18–20 сентября 2012 г.). Владивосток: ЛАИНС, 2012. С. 123–126.

Mukhina T.I., Pshenichnikova N.F., Pshenichnikov B.F. Stylet nematodes in burozems of the forest ecosystems of Putyatin Island (Japanese Sea) // Woods of the Russian Far East: Monitoring of dynamics of the woods of the Russian Far East: materials V of the All-Russian conference (on September 18–20, 2012). Vladivostok: LAINS, 2012. P. 123–126 (in Russian).

4. Пшеничников Б.Ф., Мухина Т.И., Пшеничникова Н.Ф. Фауна нематод в буроземах островов и побережья бухты Трехозерье (юго-восток Приморского края) // Современные исследования в естественных науках: материалы II Международной научной конференции (Владивосток, 26–28 августа 2015 г.). Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. С. 198–203.

Pshenichnikov B.F., Mukhina T.I., Pshenichnikova N.F. Nematode fauna in the burozems of Trekhzyor'e Bay islands

and coast (the south-east of Primorsky Territory) // Modern Researches in Natural Sciences: materials II of the International scientific conference (Vladivostok, on August 26–28, 2015). Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. un-ta, 2015. P. 198–203 (in Russian).

5. Казаченко И.П., Волкова Т.В. Анализ фауны корневых нематод естественных лесов Дальнего Востока // Состояние лесов Дальнего Востока и актуальные проблемы лесоуправления: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Хабаровск: ФГУ «ДальНИИЛХ», 2009. С. 20–22.

Kazachenko I.P., Volkova T.V Analysis of root nematode fauna in natural forest of the Far East // Condition of the woods of the Far East and current problems of forest management: materials of the All-Russian conference with the international participation. Habarovsk: FGU «Dal'NIILH», 2009. P. 20–22 (in Russian).

6. Волкова Т.В. Проблемы почвенной фитонематодологии на Дальнем Востоке России // Современные исследования в естественных науках: материалы II Международной научной конференции (Владивосток, 26–28 августа 2015 г.). Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. С. 83–86.

Volkova T.V. Problems of soil phytonematodology in the Russian Far East // Modern Researches in Natural Sciences: materialy II Materials II of the International scientific conference (Vladivostok, on August 26–28, 2015). Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. un-ta, 2015. P. 83–86 (in Russian).

7. Волкова Т.В., Казаченко И.П. Почвенные нематоды как компонент естественных и сельскохозяйственных ценозов в Приморском крае // Вестник ДВО РАН. 2014. № 3. С. 34–38.

Volkova T.V., Kazachenko I.P. Soil nematodes as a component of natural and agricultural coenoses in Primorsky Territory // Vestnik DVO RAN. 2014. № 3. P. 34–38 (in Russian).

8. Волкова Т.В., Ерошенко А.С. Эколого-фаунистический анализ корневых нематод хвойно-широколиственных лесов Уссурийского заповедника // Труды Института паразитологии РАН. Т. 43. Паразитические нематоды растений и насекомых. М.: Наука, 2004. С. 32–45.

Volkova T.V., Eroshenko A.S. Ecological and faunal analysis of root nematodes in coniferous-broadleaved forests of Ussurisky Reserve // Works of Institute of parasitology of RAS. T. 43. Parasitic nematodes of plants and insects. M.: Nauka, 2004. P. 32–45 (in Russian).

9. Волкова Т.В., Казаченко И.П., Клышевская С.В. Корневые нематоды древесных растений Уссурийского заповедника Приморского края // 8-я Дальневосточная конференция по заповедному делу (Благовещенск, 1–4 октября 2007 г.). Т. 1. Благовещенск: АФ БСИ ДВО РАН, 2007. С. 78–82.

Volkova T.V., Kazachenko I.P., Klyshevskaya S.V. Root nematodes of woody plants in Ussurisky Reserve of Primosky Territory // The 8th Far East conference on reserved business (Blagoveshchensk, on October 1–4, 2007). Vol. 1. Blagoveshchensk: AF BSI DVO RAN, 2007. P. 78–82 (in Russian).

10. Волкова Т.В. Краткий обзор результатов исследования сообществ корневых нематод естественных Дальневосточных лесов России // Состояние лесов Дальнего Востока и актуальные проблемы лесоуправления: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Хабаровск: ФГУ «ДальНИИЛХ», 2009. С. 6–7.

Volkova T.V. Summary of research results for root nematode communities in natural forest of the Far East // Condition of the woods of the Far East and current problems of forest management: materials of the All-Russian conference with the international participation. Habarovsk: FGU «Dal'NIILH», 2009. P. 6–7 (in Russian).

11. Клышевская С.В., Волкова Т.В. Оценка численности корневых нематод древесных растений Уссурийского заповедника [Приморский край] в зависимости от уровня содержания тяжелых металлов и кислотности почвенной среды // Состояние лесов Дальнего Востока и актуальные проблемы лесоуправления: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 70-летию образования Дальневост. науч.-исслед. ин-та лесного хоз-ва (Хабаровск, 6–8 окт. 2009 г.). Хабаровск: ФГУ «ДальНИИЛХ», 2009. С. 200–201.

Klyshevskaya S.V., Volkova T.V. Estimation of number of brown nematode of Ussurian Reserve depending on the level of heavy metals and acids on the ground // Condition of the woods of the Far East and current problems of forest management: materials of the All-Russian conference with the international participation. Habarovsk: FGU «Dal'NIILH», 2009. P. 200–201 (in Russian).

12. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

Field guide to the soils of Russia. M.: Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2008. 182 p. (in Russian).

13. Hodda M. Phylum Nematoda. Zootaxa. 2007. Vol. 1668. No 1. P. 265–293. DOI: 10.11646/zootaxa.1668.1.14.

14. Таболин С.Б., Романенко Н.Д., Митюшев И.М. Агронематология: учебное пособие. М.: РГАУ-МСХА, 2017. 200 с.

Tabolin S.B., Romanenko N.D., Mityushev I.M. Agronematology: study guide. M.: RGAU-MSKHA, 2017. 200 p. (in Russian).

15. Парамонов А.А. Основы фитогельминтологии. Т. 2. М.: Наука, 1964. 444 с.

Paramonov A.A. Basics of phytohelmintology. Vol. 2. M.: Nauka, 1964. 444 p. (in Russian).

УДК 502/504(571.56)

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ЯКУТИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА

Николаев А.А., Солдатов С.Н., Егорова Т.Н., Кочмар О.Н.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: cd051@mail.ru

Лено-Амгинское межуречье – это уникальный и живописный регион Якутии, где распространен аласно-таежный комплекс с нетронутой природой и животным миром; создание на базе уникального природного комплекса Амгинского природного парка защитит экосистемы и природу от промышленного освоения и от антропогенного пресса. Климат Лено-Амгинского междуречья резко континентальный, как и всей Якутии. Типами рельефа Лено-Амгинского междуречья являются эрозионно-аккумулятивный и термокарстовый – аласный. Развитию аласных форм рельефа способствуют определенные геоморфологические, геологические и криогенные условия типичной Центрально-Якутской низменности. Территория Лено-Амгинского междуречья состоит из плакорных, аласных, межаласных, мелкодолинных, склоновых типов ландшафтов, с преимущественно лиственничными лесами на мерзлотных почвах. Животный мир характерен для таежных видов Якутии, но среди них встречаются редкие, и не типичные в некоторых таксонах южные виды диких копытных – благородный олень (изюбр), косуля. Выбор для организации природного парка не случаен, этому отвечают несколько критериев: уникальная нетронутая природа бассейнов реки Амга и Тамма – эталона первозданной природы Лено-Амгинского междуречья; красивая и неповторимая жемчужина Якутии – чистейшая река Амга; редкие и исчезающие виды животных и растений Лено-Амгинского междуречья; географическая расположенность вблизи от крупных городов, удобство для развития туризма. На территории Амгинского природного парка можно выделить три функциональные зоны с особыми режимами: это заповедная (зона строгой охраны), туристско-рекреационная – здесь можно выделить даже две зоны с интенсивным и экстенсивным туризмом и рекреацией, а также зоной традиционного природопользования, здесь также можно выделить две зоны – с интенсивным и экстенсивным использованием природных ресурсов. К интенсивной зоне можно отнести сенокошение, пастбищное сайылычное скотоводство. К экстенсивной зоне традиционного природопользования, то есть к регулируемой зоне, можно отнести охоту, рыболовство, табунное коневодство, народные промыслы.

Ключевые слова: Лено-Амгинское междуречье, Центральная Якутия, климат Центральной Якутии, типы ландшафтов Якутии, ресурсные резерваты, природный парк, функциональные зоны природного парка

ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL GROUNDS OF NATURAL PARK ESTABLISHMENT IN THE LENA AND AMGA INTERFLUVE IN YAKUTIA

Nikolaev A.A., Soldatov S.N., Egorova T.N., Kochmar O.N.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: cd051@mail.ru

Тне Lena-Amginsky interfluve is a unique and picturesque region of Yakutia, where an alasno-taiga complex with untouched nature and wildlife is widespread, the creation of a unique natural complex of the Amginsky natural Park will protect ecosystems and nature from industrial development and from the anthropogenic press. The climate of the Lena-Amga interfluve is sharply continental as the whole of Yakutia. Types of the relief of the Lena-Amga interfluve are erosion and accumulation and thermokarst – alaasy. Development Alannah topography contribute to specific geomorphological, geological and cryogenic conditions are typical Central-Yakut lowland. The territory of the Lena-Amga interfluve comprises upland, thermokarst (alaas), interalaas, bottomland, sloping landforms with predominant larch forests on the frozen soil. The fauna is represented by taiga species inhabiting Yakutia, but among them there are rare and non- typical in some taxa southern species of wild ungulates such as the red deer and roe deer. The establishment of the natural park between the Amga and Tamma river basins meets several criteria: unique natural environment, the cleanest Amga river, rare and endangered animal and plant species, geographical location near towns, touristic development opportunities. On the territory there can be three functional zones with special regimes: a protected reserve, an intensive and extensive touristic and recreational area and a traditional nature management area with intensive and extensive use of natural resources. In the intensive zone there can be haying and grazing cattle breeding. In the extensive one there can be hunting, fishing, horse breeding and folk crafts.

Keywords: the Lena-Amga interfluve, Central Yakutia, climate of Central Yalutia, landform types, resource reserves, natural park, functional zones of a natural park

Лено-Амгинское междуречье – это уникальный регион Якутии, где широко распространены аласно-таежные комплексы растительности, где сохранились уникальные живописные экологически нетронутые места, участки природы и где люди в летнее время выезжают в эти места на отдых и рекреацию. Лесной покров Лено-Амгинского междуречья занимает 72% от всей территории. Близость от основного центра освоения территории – от густонаселенной части Центральной Якутии обусловили здесь развитие сельскохозяйственного освоения и с каждым годом усиливающееся промышленное освоение, в результате которого данный регион испытывает антропоген-

ное воздействие. Создание в этом регионе природного парка регионального значения в каком-то отношении сможет остановить данную тенденцию натиска антропогенного воздействия на уникальные нетронутые ландшафты Лено-Амгинского междуречья.

Цель исследования: эколого-географическое исследование Лено-Амгинского междуречья, изучение ресурсных резерватов «Тамма» и «Амга», их природных комплексов, ландшафтов, климата для организации природного парка регионального значения.

Материалы и методы исследования

При проведении работы использовались такие методы, как источниковедческий, камерально-ландшафтный, полевой, экспедиционный двухгодовой на территории ресурсных резерватов «Тамма» и «Амга», расположенных на Лено-Амгинском междуречье. При описании ландшафтов, растительности, животного мира, изучении ландшафтных особенностей, обосновании организации природного парка регионального назначения, опирались на работы Байлагасова [1], Иванова, Чижовой [2], Кревера, Стишова, Онуфреня [3], а также собственные материалы [4–6]. Был проведен аналитический обзор Закона об ООПТ [7], работ Шестакова [8], Штильмарка [9], изучение растительных и почвенных составляющих Лено-Амгинского междуречья по Бысыиной [10], Десяткину [11], климатические особенности Центральной Якутии по Гавриловой [12], описание типов мерзлотных ландшафтов по Федорову [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Территория Лено-Амгинского междуречья расположена в Центральной Якутии, где преобладают средневысотные аккумулятивно-эрозионные террасы, аллювиальные и изредка денудационные равнины. В Центральной Якутии преобладают полого-увалистые эрозионно-аккумулятивные равнины.

В Центральной Якутии основными типами рельефа являются аласный, эрозионно-аккумулятивный и термокарстовый. К появлению и развитию аласных форм рельефа способствуют геоморфологические, геологические и криогенные условия Центрально-Якутской низменности. Аласы это термокарстовые замкнутые или полузамкнутые котловины, развивающиеся на плакорных равнинах, где преимущественно распространены многолетнемерзлые породы. Главным признаком аласных котловин является вытаивание подземных многомерзлотных пород с образованием на нем в последующем озера термокарстового происхождения. С истощением подземного льда и из-за недостатка увлажнения озеро постепенно усыхает, а на дне развиваются засоленные типы почв. Постепенно засушливый климат Центральной Якутии обусловливает развитие аласных форм ландшафта, нигде не встречающихся в мире [10].

Современные ландшафты – это результат, стадия эволюции природы. В области распространения многомерзлотных пород природно-территориальные комплексы относятся к группе мерзлотных ландшафтов, для которых характерно развитие специфических физико-географических процессов. Мерзлотные ландшафты формируются как результат взаимодействия комплекса факторов, из которых определяющими являются климатические и литологические особенности региона [11].

Климат Лено-Амгинского междуречья, как и всей Якутии, резко континентальный, отличается очень низкими среднегодовыми и зимними температурами, характерными большими сезонными колебаниями и весьма малым количеством осадков. По осадкам Центральная Якутия относится к аридному климату.

В зимнее время с октября по апрель Лено-Амгинское междуречье находится под влиянием очень холодных сухих воздушных масс, формируемых в областях мощного азиатского антициклона. В процессе сильного выхолаживания на поверхности рельефа, холодный приземный воздух концентрируется в долинах рек, речек, термокарстовых котловинах. Вследствие, в атмосфере образуется температурная инверсия, достигая высоты до 2–3 км. Абсолютный температурный минимум воздуха приходится на январь и может достигнуть –65 °С.

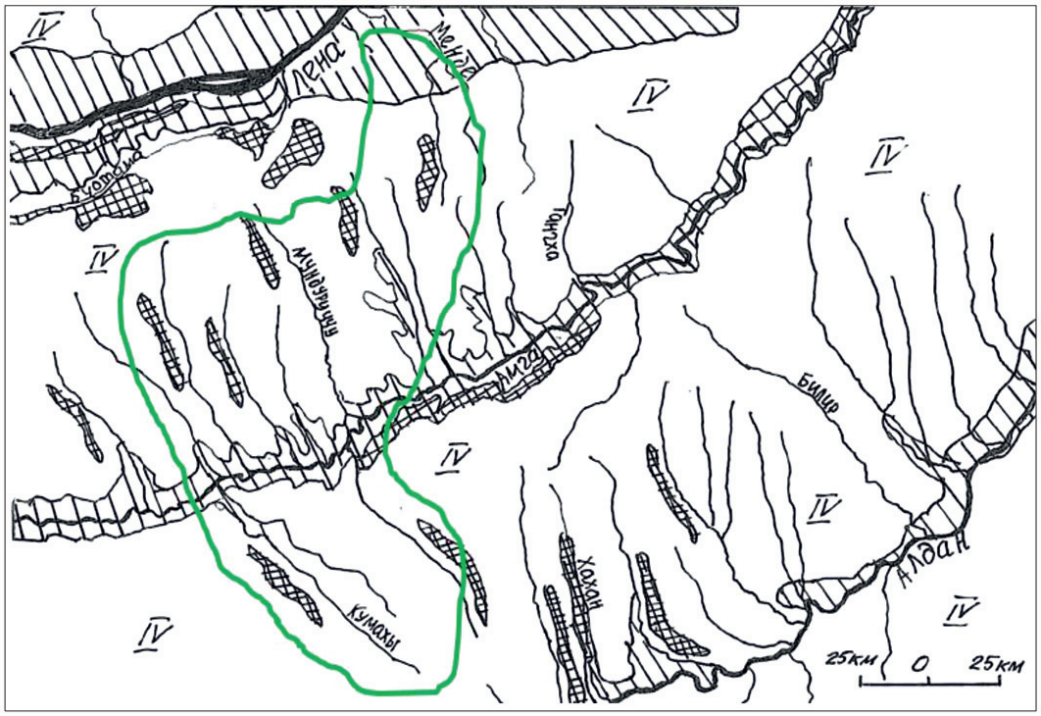
В летний период с приходом теплого воздуха с юга и с увеличением солнечного тепла в регионе активизируется циклоническая деятельность. Лето короткое, но жаркое, преобладает засушливая малооблачная погода. Абсолютный минимум температуры достигает 39 °С, а то и более.

Заморозки во время теплого сезона могут быть в любое время, вследствие проникновения арктических воздушных масс с севера по азональным формам рельефа, в частности, обширной долины реки Лены. Безморозный период продолжается отно-

сительно недолго, всего 56–64 дней в году. Средние годовые температуры воздуха низкие в среднем –10,2 °С. Амплитуды колебаний температуры в году весьма различны. В различных частях междуречья средние амплитуды колебаний температур равняются в пределах 54,3–61,6 °С, а по абсолютному минимуму и максимуму – 102–104 °С.

С господством антициклонального состояния погоды и большой сухостью поступающих воздушных масс, осадков выпадает мало. Относительная среднегодовая влажность воздуха составляет 72–73%. С приходом весны наступает наибольшая сухость воздуха, и в мае ее относительная влажность достигает своего минимального значения – 58–60%. Суммарное испарение превышает годовое количество осадков. Высота снежного покрова составляет 32–54 см. Средние даты постоянного появления базового снежного покрова приходится на первые числа октября, а таяния и разрушения – первые числа мая. Таким образом, климат Лено-Амгинского междуречья формируется с географическим положением в юго-восточной части Центральной Якутии, образованием в холодное время года мощного антициклона со свободным вторжением арктического воздуха с Севера и малой доступностью теплых и влажных воздушных масс с восточной и южной стороны, а также с рельефом и с характером подстилающей поверхности. Для междуречья характерно возрастание и увеличение континентальности климата с юго-запада на северо-восток. Климатические условия благоприятствуют консервации древних и формированию современных многолетнемерзлых пород, развитию термокарстовых и других криогенных образований [12].

Лено-Алданское плато глубоко расчленено долиной главного водотока Амга, где прослеживаются разновысотные террасовые уровни и выделяются VI террас (рисунок). Более широкое распространение в среднем течении реки получили пойма, I, II, III и IV террасы.



Картосхема надпойменных террас Лено-Алданского плато с перспективным природным парком «Амгинский»:

– I, II, III надпойменные террасы – нерасчлененные аллювиальные плоские низкие равнины с аласами;

– IV надпойменная терраса – расчлененные увалисто-всхолмленные возвышенные мерзлотно-таежные равнины;

– V–VI террасы – эрозионные известково-доломитовые останцы юрского периода;

– граница перспективного природного парка «Амгинский» на базе ресурсных резерватов «Тамма» и «Амма»

Высокие террасы эрозионного происхождения (V–VI) встречаются фрагментарно. Это останцы древних известково-доломитовых пород, обнаженные преимущественно по берегам рек и создающие причудливые столбы.

Формирование долины р. Амга и ее притоков слагается аллювиальными отложениями, в обе стороны р. Амга образующими заливные низкую и высокую пойму с участками сегментообразных площадок надпойменных террас, которые представлены карбонатными суглинками с галечником, вниз по течению реки в составе аллювия повышается доля песка.

Эрозионные поверхности III–IV террас, а также аккумулятивные обнажения I–II террас сверху перекрыты толщей так называемого «ледового комплекса», характеризующегося наличием повторно-жильных льдов различной мощности, которые обуславливают широкое развитие на террасированной части долины р. Амга термокарстовых и других форм мерзлотного рельефа, а также связанных с ними аласных отложений.

В области хозяйственного освоения территории находятся в основном поверхности террас и подножий пологих склонов долины реки, где развиты провальные формы рельефа. Вырубка лесов под пашни в 1960–1970-х гг., а также сплошная распашка участков аласов привели в последующем к развитию термопросадочных процессов и образование просадок. Появились бугорки пучения, неестественные неровности в рельефе, которые в настоящее время весьма плачевно сказываются на хозяйственной деятельности.

Верхние части склонов и поверхности водоразделов в меньшей степени затронуты антропогенными процессами и подвергаются воздействиям, главным образом при проведении лесоэксплуатационных и геолого-поисковых работ, которые приводят к развитию эрозионных и других процессов. Однако такие нарушения имеют не площадной, а очаговый и линейный характер и незначительно влияют на динамику природных процессов в целом.

В этом районе было выделено 6 типов местности.

1. Плакорный – это пологоволнистые, плоскоравнинные, дренированные междуречные пространства Лено-Алданского плато на элювиальных и элювиально-делювиальных отложениях с абсолютными высотами от 50 до 350 м. Здесь развиваются типичные таежные комплексы, по литологическим особенностям подразделены на 2 подтипа – карстовый – в области развития карбонатных пород и песчаниковым – на юрских песчаниках.

Для каждого подтипа характерно своеобразное сочетание почвенно-растительных ассоциаций. Так, в карстовом подтипе доминируют лиственничники с сосной, развитые на мерзлотных дерново-карбонатных почвах, для песчаников – преобладают брусничные лиственничники на мерзлотно-таежных и подзолистых почвах.

2. Склоновый занимает наклонные поверхности Лено-Алданского плато и склоны долины рек и речек, характеризующиеся наиболее близким расположением и залеганием коренных пород, которые местами выходят на поверхность, перекрытые тонким слоем коллювиальных, делювиально-солифлюкционных и других характерных для этой местности положений. Ведущую роль в образовании ландшафтов этого типа местности занимает крутизна склонов, которая определяет развитие и динамику склоновых комплексов [13].

3. Низкотеррасовый – занимает пойму и низкие надпойменные террасы р. Амга, сложенные аллювиальными отложениями. Для низкой поймы характерны галечниковые и песчаные косы, пляжи с зарослями ивняка, березой тощей и разнотравно-злаковые, осоковые заливные луга на аллювиальных почвах. Такие урочища повергаются воздействию термокарста, морозобойного растрескивания и пучения.

4. Мелкодолинный – приурочен к днищам долин притоков р. Амга. Аллювиальные отложения состоят из суглинисто-супесчаных грунтов. Для этого типа характерно различие в строении долины от истока до устья. Например, в верховьях он представляет собой долины без постоянного водотока, так называемые «травяные реки» с зарослями ерниками и березы кустарниковой [13].

5. Межаласный тип местности расположен на высоких плоскоравнинных террасах р. Амга, отражающий специфику криогенного ландшафта. Для них характерны лиственничники лимнасово-брусничные на мерзлотно-палевых почвах. Данному типу местности свойственны зональные ландшафты, структура которой определяется высокой степенью подверженности термокарстовым процессам и образующие полигонально-просадочный микрорельеф.

6. Аласный – формирование которого связано с термокарстовыми процессами рельефа,

которая занимает своеобразные котловины и аласные долины. Широкие аласные котловины могут достигать до 20–25 км в диаметре, как знаменитые аласы – Мюрю, Тюнгюлю, Моро и т.д. Аласные типы местности связаны с процессами морозобойного растрескивания, пучения и термокарста и с проявлениями повторно-жильных льдов. Аласный тип местности образует интразональные ландшафты, связанные как с избыточным, так и с недостаточным увлажнением.

Животный мир характерен для таежных видов Якутии, но среди них встречаются редкие, и не типичные в некоторых таксонах южные виды диких копытных, это как благородный олень (изюбр), косуля. С каждым годом численность южных подвидов животных с потеплением климата Якутии повышается и в видовом составе, что интересно для данного региона [12].

Как уже отмечалось, в последнее время усиливается антропогенное воздействие на территории ресурсных резерватов «Тамма» и «Амга». В западной части данных охраняемых природных территорий проходит железная дорога, поэтому влияние промышленного освоения с каждым годом становится все более очевидным [14].

Заключение

Выходом из создавшейся ситуации на базах ресурсных резерватов «Тамма» и «Амга», а также с ее расширением границ в Лено-Амгинском междуречье могла бы стать организация природного парка регионального значения «Амгинский», имеющий более высокий статус особо охраняемой природной территории. Создание природного парка в этом регионе отвечает нескольким критериям:

1. Уникальная нетронутая природа бассейнов рек Амга и ее притоков – эталона первозданной природы Лено-Амгинского междуречья.

2. Красивая и неповторимая жемчужина Якутии – чистейшая река Амга, нуждающаяся в сохранении всего бассейна от промышленного и антропогенного освоения.

3. Ареалы редких и исчезающих видов животных и растений Лено-Амгинского междуречья, редкие для Якутии виды диких копытных – изюбр, косуля.

4. Амгинские столбы – причудливые останцы древнеюрских пород вдоль реки Амги.

5. Географическая расположенность вблизи крупных городов, транспортная доступность, удобство для туризма и рекреации в любой сезон года.

6. Северное скотоводство и коневодство – уникальный традиционный вид хозяйства якутов, также нуждающийся в охране от промышленного натиска.

Организация природного парка на базе ресурсных резерватов «Амга» и «Тамма» сумеет в будущем эффективно защитить нетронутый бассейн реки Амга от промышленного освоения и антропогенного воздействия.

Также необходимо уделить внимание охране и приумножению животного мира данного региона, который представлен ареалами редкими для Якутии видами диких копытных, описанные выше.

Кроме того, в летнее время река Амга является излюбленным местом массового неорганизованного отдыха якутян. Близость г. Якутска и транспортная доступность реки Амга являются благоприятными условиями для организации регулируемого туризма и рекреации на территории природного парка.

Не менее важно уберечь от промышленного освоения региона виды традиционного природопользования местного населения, таких как – северное скотоводство, северное табунное коневодство, охота, рыболовство, занятие народными промыслами, сбор ягод и собирательство. Исконные традиционные виды хозяйства, не наносящие вред природной среде, но вместе с тем приносящие дополнительный доход для местного населения, нуждаются в государственной поддержке и охране в виде организации природного парка, где в режимах парка разрешены их деятельность и выделены специальные функциональные зоны. Также они могут служить буферной защитной зоной от прямого и косвенного промышленного освоения в границах природного парка, как разведка и разработка полезных ископаемых, загрязнение компонентов природы, незаконная вырубка лесов, лесозаготовки, браконьерство и др.

На территории природного парка «Амгинский» можно будет выделить три функциональные зоны с особыми режимами:

1) заповедная – зона строгой охраны;

2) туристско-рекреационная – можно выделить две зоны: с интенсивным и экстенсивным туризмом и рекреацией;

3) зона традиционного природопользования – также можно выделить две зоны: с интенсивным и экстенсивным использованием природных ресурсов. К интенсивной зоне можно отнести сенокошение, пастбищное сайылычное скотоводство. К экстенсивной зоне традиционного приро-

допользования, то есть регулируемой зоне, можно отнести охоту, рыболовство, табунное коневодство и народные промыслы.

Список литературы / References

1. Байлагасов Л.В. Теория и практика заповедного дела: учебное пособие. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2013. 260 с.

Baylagasov L.V. Theory and practice of reserve management: Textbook. Gorno-Altaysk: RIO GAGU, 2013. 260 p. (in Russian).

2. Иванов А.Н., Чижова В.П. Охраняемые природные территории: учебное пособие. М.: МГУ, 2003. 119 с.

Ivanov A.N., Chizhova V.P. Protected natural areas: Textbook. Moscow: MGU, 2003. 119 p. (in Russian).

3. Кревер В.Г., Стишов М.С., Онуфреня И.А. Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития. М.: WWF России, 2009. 459 с.

Krever V.G., Stishov M.S., Onufrenya I.A. Specially protected natural areas of Russia: current condition and development perspectives. M.: WWF of Russia, 2009. 459 p. (in Russian).

4. Николаев А.А. Проблемы сохранения ООПТ при промышленном освоении // Международная научно-практическая конференция «Адаптация общества и человека в арктических регионах в условиях изменения климата и глобализации», Секция 6 «Экологические проблемы Арктики в условиях промышленного освоения» (Якутск, 25–26 ноября 2014 г.). Якутск: СВФУ, 2015. С. 35–37.

Nikolaev A.A. Problems of specially protected natural areas in industrial development // International scientific and practical conference «Social and human adaptation of the Arctic regions to climate change and globalization», 6 section «Environmental problems of the Arctic in industrial development». Yakutsk, 25–26 November, 2014. Yakutsk: SVFU, 2015. P 35–37 (in Russian).

5. Николаев А.А. Классификация озер РС (Я) по рациональному использованию // География и краеведение в Якутии: Озероведение холодных регионов. Сборник материалов IV респуб.науч.-практ.конф. к 80-летию со дня рождения профессора, к.г.н. И.И. Жирокова. Якутск, 23 марта 2016 г. / Под ред. Пахомовой Л.С., Трофимовой Т.П. Якутск: ИП «Никифоров А.М.», 2016. С. 40–44.

Nikolaev A.A. Classification of lakes in RS (Y) according to rational use // Geography and regional studies in Yakutia: Limnology of cold regions. IV republican scientific and practical conference proceedings dedicated to 80th anniversary of the professor, candidate of geographical sciences I.I. Zhirokhov. Yakutsk, 23 March 2016 / Ed. by Pakhomova L.S., Trofimova T.P. Yakutsk: IP «Nikiforov A.M.», 2016. P. 40–44 (in Russian).

6. Николаев А.А. Комплексный эколого-географический анализ особо охраняемых природных территорий Республики Саха (Якутия) // Современные тенденции развития науки и технологий. Периодический научный сборник 2017, № 1, ч. 4: по материалам XXII Межд. науч.-практ. конф. г. Белгород, 31 января 2017 Белгород: Агентство перспектив. научн. иссл. С. 28–30.

Nikolaev A.A. Integrated ecological and geographical analysis of specially protected natural areas of the Republic of Sakha (Yakutia) // Current trends in scientific and technological development. Periodical collection 2017, № 1, 4 part: XXII International scientific and practical conference proceedings. Belgorod, 31 January 2017. Belgorod: Agency of perspective researches. P. 28–30 (in Russian).

7. Проблемы законодательства об особо охраняемых природных территориях и предложения по его совершенствованию. (Аналитический обзор законодательства и проект новой редакции Федерального закона «Об особо охраняемых природных территориях»). Всемирный фонд дикой природы (WWF). М., 2009. 150 с.

Legislation problems with specially protected natural areas and proposals on improving (An analytical survey of legislation and a new draft of the Federal law «About specially protected natural areas»). World Wildlife Fund (WWF). M., 2009. 150 p. (in Russian).

8. Шестаков А.С. Программа работы по охраняемым природным территориям Конвенции о биологическом разнообразии. Комментарии для практического применения в регионах России. Всемирный фонд дикой природы (WWF). М., 2009. 96 с.

Shestakov A.S. The Convention on biological diversity work programme on protected natural areas. Practical implementation commentaries for the regions of Russia. World Wildlife Fund (WWF). M., 2009. 96 p. (in Russian).

9. Штильмарк Ф.Р. Избранные труды. Заповедное дело России: теория, практика, история. М.: Изд-во КМК, 2014. 512 с.

Shtilmark F.R. Selected papers. Reserve management in Russia: theory, practice and history. M.: Publisher KMK, 2014. 512 p. (in Russian).

10. Бысыина М. Ф. Особенности флоры Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия) // Молодой ученый. 2009. № 11. С. 67–69.

Bysyina M.F. Flora peculiarities of the Lena-Amga interfluve (Central Yakutia) // Young researcher. 2009. № 11. P. 67–69 (in Russian).

11. Десяткин Р.В. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья. Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1984. 168 с.

Desyatkin R.V. Alaas soils of the Lena-Amga interfluve. Yakutsk: Yakutskij filial SO AN SSSR, 1984. 168 p. (in Russian).

12. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. Якутск: Якутское книжное издательство, 1973. 119 с.

Gavrilova M.K. Climate of Central Yakutia, Yakutsk: Yakutskoe knizhnoe izdatel`stvo, 1973. 119 p. (in Russian).

13. Федоров А.Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы картографирования. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 1991. 140 с.

Fedorov A.N. Cryogenic landforms of Yakutia: identification methodology and mapping issues. Yakytsk: Institut merzlotovedeniya SO RAN, 1991. 140 p. (in Russian).

14. Иванов В.В. Преобразование экосистем Севера при недропользовании // Успехи современного естествознания. 2012. № 11–1. С. 95–97.

Ivanov V.V. The North ecosystem conversion in subsoil use // Advances in current Natural Sciences. 2012. № 11–1. P. 95–97 (in Russian).

УДК 552.5:552.08(571.12)

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ДОННОГО САПРОПЕЛЕВОГО ОСАДКА ОЗЕРА ГРЯЗНОЕ (ЮГ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)

[1]Новоселов А.А., [2]Малых А.Г.

[1]ФГБОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, e-mail: Mr.andreygeo@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень

В работе представлены результаты изучения минерального состава донных отложений пресноводных подтаежных водоемов юга Тюменской области, на примере оз. Грязного, входящего в крупную Андреевскую озерную систему. Принято считать, что процессы вторичного минералообразования значительно лучше выражены в минерализованных водоемах в аридных и семиаридных условиях, в то время как для бореальных и субнормальных водоемов характерно накопление органогенных сапропелевых осадков при подчиненной роли аутигенного минералогенеза. В то же время для пресноводных водоемов подтаежной зоны Западной Сибири проявления аутигенного минералообразования могут рассматриваться в качестве важного индикатора современного и голоценового озерного литогенеза, а также влияния деятельности человека на режим функционирования таких объектов. Настоящее исследование основывается на изучении двух колонок донного осадка, отобранных из центральной части оз. Грязного. Исследования высушенных проб включали в себя рентгеноструктурный анализ и изучение минерального состава при помощи сканирующего электронного микроскопа. Полученные результаты позволили подтвердить наличие процессов аутигенного минералообразования в донных отложениях, проявляющегося в формировании таких минералов, как пирит, гипс и вивианит, предположить значительное влияние бактерий на развитие системы вода – донные отложения, а также выявить степень влияния антропогенного воздействия на функционирование процессов сноса в водоем и геохимический баланс системы. Так же восстановительные условия придонных слоев водоема, на которые указывают обнаруженные в ходе исследований аутигенные минералы, и периодический замор рыб, происходящий в зимний период, создают условия для накопления значительного количества высокоорганических сапропелевых отложений.

Ключевые слова: донные отложения, Андреевские озера, аутигенное минералообразование, фрамбоидальный пирит, система вода – донные отложения

FEATURES OF THE MINERAL COMPOSITION OF THE BOTTOM SAPROPELINE SEDIMENT OF THE LAKE GRYAZNOE (SOUTH OF THE TYUMEN REGION)

[1]Novoselov A.A., [2]Malykh A.G.

[1]Tyumen State University, Tyumen, e-mail: Mr.andreygeo@mail.ru;
[2] Tyumen Industrial University, Tyumen

The paper presents the results of a study of the mineral composition of bottom sediments of freshwater subtaiga water bodies in the south of the Tyumen region, on the example of lake Gryaznoe, which is part of the large system of lake Andreevskoe. It is considered that the processes of secondary mineral formation are much better expressed in mineralized water bodies in arid and semiarid conditions, while boreal and subnormal reservoirs are characterized by accumulation of organogenic sapropelic sediments with the subordinate role of authigenic mineralogenesis. At the same time, for freshwater bodies of the subtaiga zone of Western Siberia, manifestations of authigenic mineral formation can be considered as an important indicator of modern and Holocene lake lithogenesis, as well as the impact of human activity on the functioning of such objects. This research is based on the study of two columns of bottom sediment, selected from the central part of the lake Gryaznoe. analysis of dried samples included X-ray diffraction analysis and the study of the mineral composition using a scanning electron microscope. The obtained results allowed us to confirm the presence of authigenic mineral formation processes in bottom sediments, manifested in the formation of such minerals as pyrite, gypsum and vivianite, suggest a significant effect of bacteria on the development of water-bottom sediments, as well as identify the degree of anthropogenic influence on the functioning of the processes of demolition in the reservoir and the geochemical balance of the system. Also, the reducing conditions of the bottom layers of the reservoir, indicated by authigenic minerals found in the course of research, and the periodic freezing of fish occurring in the winter period, create conditions for the accumulation of significant amounts of highly organic sapropel deposits.

Keywords: bottom sediments, lake Andreevskoe, authigenic mineral formation, framboid pyrite, water-bottom sediments system

Процессы современного вторичного минералообразования в донных отложениях являются одним из наиболее актуальных направлений исследований континентальных водоемов. Одним из факторов, осложняющих изучение минералообразования в аквальных условиях, является динамичность системы вода – донные отложения. Наибольший интерес представляют минерализованные водоемы, так как в них про-

цессы минералогенеза более выражены. В то же время в пресноводных озерах бореальной и суббореальной зон Западной Сибири, котловины которых расположена на бедных с точки зрения минерального разнообразия литогенной основы территориях, биогенные процессы превалируют над хемогенными, а донные отложения представлены преимущественно сапропелевыми осадками, смешанными с терригенным материалом, привнесенным с площади сноса. Аутигенные процессы в таких озерах выражены слабо, из-за низкой концентрации растворенного в воде минерального вещества и, соответственно, значительно реже становятся объектом исследований.

В работе представлены результаты исследования минеральных компонентов сапропелевых донных отложений небольших подтаежных водоемов, на примере оз. Грязного Андреевской озерной системы (юг Тюменской области) (рис. 1). Главной целью настоящего исследования было изучение проявлений вторичного минералообразования в условиях пресноводного бессточного озера, а также попытка объяснения выраженности и интенсивности протекания данных процессов.

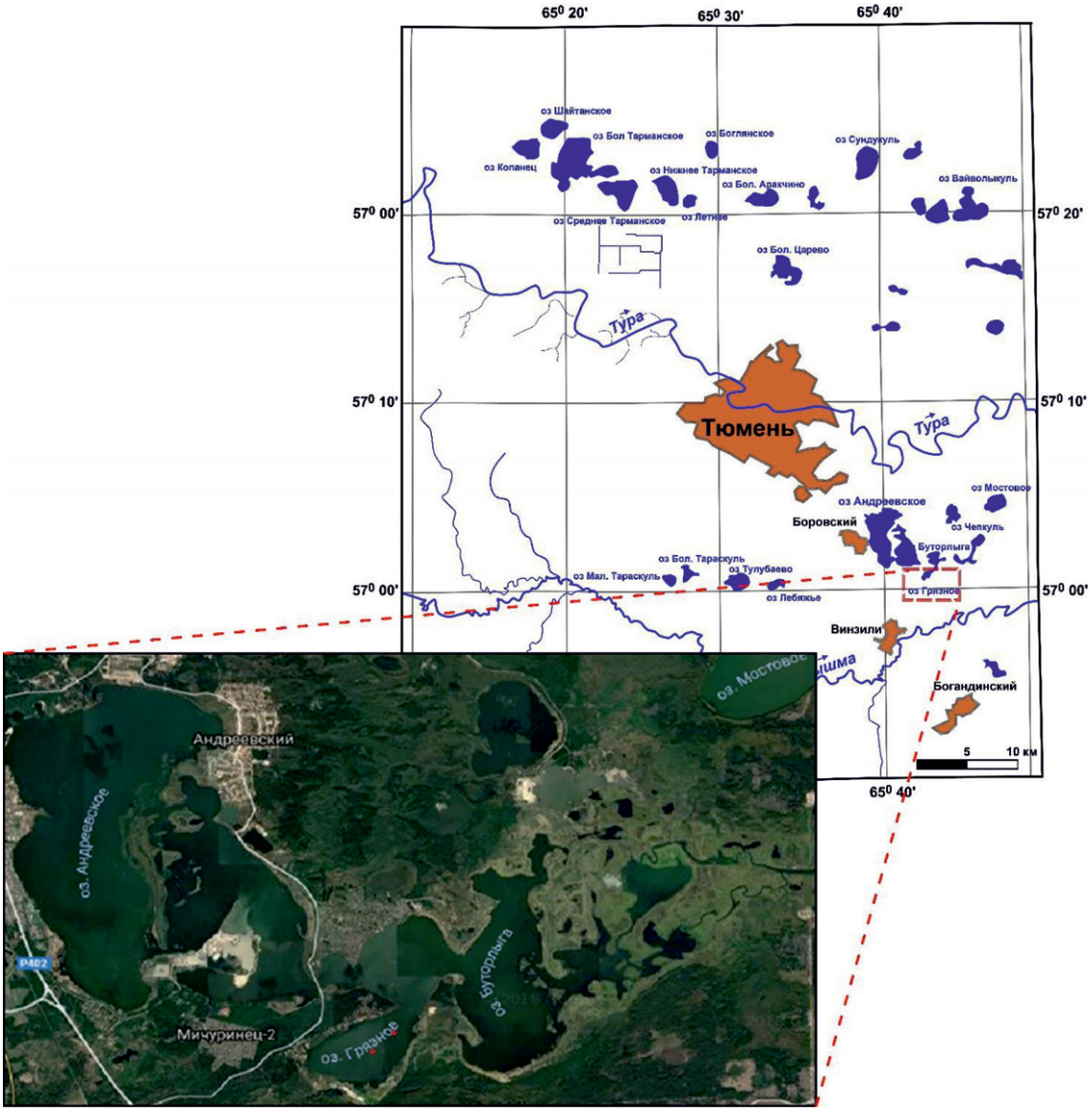


Рис. 1. Гидрографическая схема расположения озер Андреевской системы. На космоснимке точками обозначены места отбора проб

Материалы и методы исследования

Для изучения процессов аутигенного минералообразования в донных отложениях подтаежных водоемов юго-запада Западной Сибири было выбрано озеро Грязное, являющееся одним из крупнейших в сети Андреевских, имеющее площадь более 1,53 км^2. Озеро расположено в пределах Тура-Пышминского междуречья в подтаежной зоне Западно-Сибирской равнины. Котловины озер Андреевской системы приурочены к пойменным отложениям, верхние слои которых частично преобразованы эоловыми процессами и местами формирует дюнный рельеф, так называемые «баровые пески». Аллювиально-эллювиальные пески, имеющие мощность 1–3 м, подстилаются переслаивающейся толщей глин и обогащаются карбонатным материалом, суглинков, мощностью до 5 м. Существует несколько противоположных взглядов на генезис котловин рассматриваемых водоемов: суффозионно-эрозионные депрессии, днище древней ложбины стока.

В зимний полевой период 2018 г. из двух точек озера, располагающихся в центральной части озера, были отобраны колонки донных отложений. Пробы отбирались поршневым пробоотборником Бикера. Общая глубина отбора составляла 120 см, которые, для дальнейшего подробного изучения, после визуального описания, были разделены на 3 интервала (нижний, средний и верхний). Пробы были высушены при температуре 60 °С. Высушенный материал был изучен под сканирующим электронным микроскопом TM3000 «Hitachi» (Япония) с приставкой для элементного анализа поверхности Quantax 70. Также было проведено полуколичественное определение минерального состава рентгеноструктурным методом в ООО «Западно-Сибирский геологический центр» (г. Тюмень) на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2.

Результаты исследования и их обсуждение

По данным рентгеноструктурного анализа выявлена заметная неоднородность в минеральном составе зольной части донных отложений. В верхнем интервале отбора наблюдается преобладание терригенной составляющей, представленной кварцем и полевыми шпатами (в сумме более 90 %), в то время как доля карбонатного материала составляет только 7,5 %, что говорит о низкой интенсивности процессов образования аутигенных карбонатных минералов и преобладании привнесенного обломочного материала в формировании современных отложений. Интенсивная антропогенная деятельность, на берегу озера, представленная возведением и эксплуатацией дачных участков, с периодической активизацией строительной деятельности и постоянным движением транспорта, интенсифицирует эрозионные процессы, увеличивая долю терригенного материала, привносимого площадным смывом с водосбора озера. На границе 30–35 см происходит резкое увеличение содержания карбонатного вещества в составе минеральной фазы донных отложений; в среднем и нижнем интервалах содержание кальцита достигает 70,8 % и 62,2 % соответственно (таблица). Такой резкий скачок содержания карбонатного материала, как правило, говорит о значительных изменениях в режиме функционирования. Резкое повышение содержания биогенного и аутигенного кальцита, так же как и резкое сокращение, говорит о стремительном изменении климата, температурных условий или водного режима бассейна сноса.

Терригенные минералы

В составе донных отложений оз. Грязного обнаружено незначительное количество привнесенных терригенных обломков, которые представлены редкими, со слабыми, невнятными следами растворения, зернами кварца и единичными вытянутыми зернами полевых шпатов, также с незначительными следами растворения, а также плохо диагностируемыми глинистыми минералами. Основную же массу донных отложений составляет разнообразный органический материал в виде мелкодисперсных илов.

Минеральный состав донных отложений по данным рентгеноструктурного анализа

№ п/п	Шифр образца	Кварц	КПШ	NaПШ	Гидрослюда	Хлорит	Доломит	ССО	Пирит	Кальцит
28	Ан-2	82,3	1,6	6,3	0,0	0,9	0,0	0,0	1,4	7,5
29	Ан-3	30,9	0,9	3,7	0,0	0,8	0,0	0,0	1,5	62,2
30	Ан-4	20,4	1,4	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	70,8

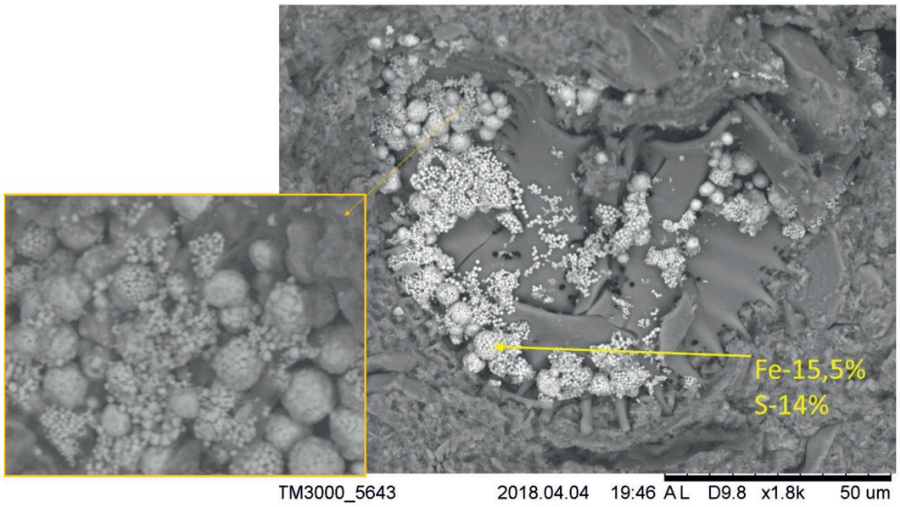


Рис. 2. Фрамбоидальный пирит, развивающийся по остаткам современной диатомовой водоросли

Аутигенные минералы

В донных отложениях, на всей изученной глубине, выявлены проявления аутигенного минералообразования. Интенсивность постседиментационного преобразования минеральных веществ, несмотря на бедность, с точки зрения минерального разнообразия, литогенной основы, довольно высокая.

По всему объему изучаемых интервалов донных отложений наблюдаются выделения аутигенного пирита. Минерал встречается в различных формах и равномерно распределен по обьему проб (рис. 2; рис. 4, б). Преобладающей формой выделения аутигенного пирита являются фрамбоэдры.

Такие формы пирита зачастую образуются в ходе разложения органического материала вследствие бактериальной сульфатредукции [1]. В некоторых случаях, мельчайшие микросферические агрегаты рассматриваются как пиритизированные бактериальные тельца [2]. Одним из доказательств бактериального генезиса фрамбоидального пирита, можно считать, описанные находки такого рода агрегатов в живых альгобактериальных матах гидротермальных источников острова Кунашир. Как известно, для формирования пирита в донных отложениях благоприятствует восстановительная обстановка в придонных слоях воды, наличие минералов железа и обилие органики, которое позволяет развиваться бактериям, востанавливающим сульфаты из воды и выделяющие сероводород [3].

Также, в верхней части исследуемого интервала был обнаружен аутигенный водный фосфат железа (рис. 3). В пробах аутигенный вивианит представлен уплощенными вытянутыми микрокристаллами, как правило сгруппированными в слаборасщепленные сноповидные агрегаты. Так же как и пирит, этот минерал указывает на процессы анаэробной деструкции органического вещества с попутным восстановлением железа. Результаты современных исследований, как натурных, так и лабораторных, показывают, что формирование аутигенного вивианита является следствием жизнедеятельности бактерий, что неоднократно доказано лабораторными методами. В модельных опытах минералы типа вивианита и сидерита образовывались в результате жизнедеятельности водородной бактерии, идентифицированной как *Pseudomonas* sp., при восстановлении ферригидрита [4].

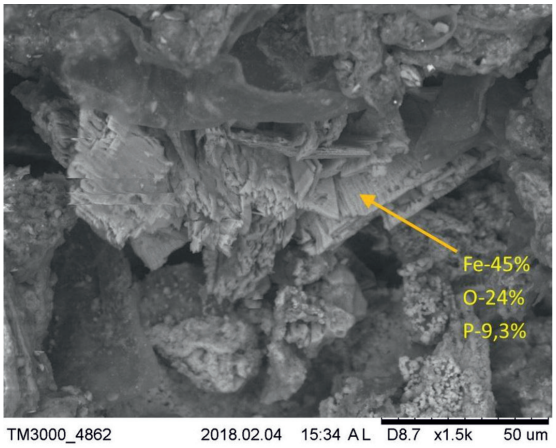


Рис. 3. Микроагрегаты вивианита, обнаруженные в верхней части изучаемой толщи донных отложений оз. Грязного

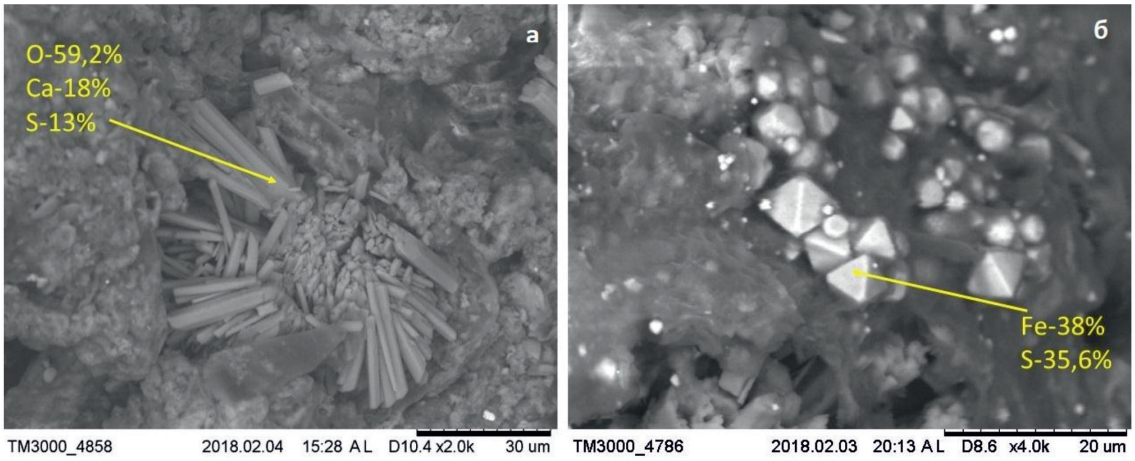


Рис. 4. а) радиальнолучистые шестоватые микроагрегаты аутигенного гипса; б) микрокристаллы пирита в виде пентагондодекаэдров и комбинации пентагондодекаэдра и октаэдра

Еще одним аутигенным минералом, обнаруженным в донных отложениях, является гипс, который представлен небольшими радиальнолучистыми игольчатыми микроагрегатами, относительно равномерно распределёнными в объёме проб (рис. 4, а). Образования этого минерала встречаются во всех изученных интервалах, но составляют незначительный процент от общей массы субстрата, из-за чего его наличие не отображено в данных рентгеноструктурного анализа. Как известно, для осаждения гипса в воде необходимо содержание, в определенных концентрациях, растворенных сульфатов, кальция и сероводорода. Несмотря на то, что в основном гидраты сульфата кальция образуются в водоемах с соленой водой, необходимые для его минерализации компоненты могут также быть обусловлены обилием органического материала. Так основной компонент – сероводород образуется в дезоксигенированных участках озер, как правило, после значительного понижения содержания кислорода в результате разложения биологического материала.

Выводы

Так же как и большая часть озер Андреевской системы, оз. Грязное характеризуется малыми глубинами (до 2 м) и обилием органики, представленной рыбами (окунь, карась, ротан, чебак, лещ), беспозвоночными (рак, улитка-прудовик) и многочисленными видами растений (роголистник, ряска и т.д.). Периодически происходящие заморы, а также эвтрофикация водоемов вследствие антропогенной деятельности приводят к аккумуляции слаборазложившегося органического вещества и формированию восстановительной обстановки.

В ходе поинтервального изучения отобранных колонок донных отложений была выявлена четкая граница, с резким увеличением содержания карбонатного материала в осадке. Такой резкий скачок, скорее всего, обусловлен климатической обстановкой в эпоху голоцена на территории юга Тюменской области [5]. Как известно, при аридизации климата и, соответственно, росте концентраций солей в водах континентальных водоемов возрастает интенсивность выпадения солей угольной кислоты, при достаточном количестве соединений углерода в растворенной форме. Однако настолько резкое снижение содержания кальцита в осадке в верхнем интервале, вероятно, связано не только с гумидизацией климата, но и со значительным увеличением антропогенного воздействия на водосборный бассейн озера.

Несмотря на низкую минерализацию озерной воды, в донных отложениях были обнаружены некоторые аутигенные минералы. Активное вторичное образование таких минералов, как гипс, пирит и вивианит, говорит о наличии резких условий в придонных слоях воды, в которых происходит активная деятельность сульфатредуцирующих бактериальных сообществ. Так же образование подобных соединений указывает на присутствие в водах достаточного количества растворенных соединений железа, основным источником которых предположительно является антропогенное воздействие, а именно активное функционирование нескольких дачных кооперативов на берегу озера.

Список литературы / References

1. Астафьева М.М., Герасименко Л.М., Гептнер А.Р., Жегалло Е.А., Жмур С.И., Карпов Г.А., Орлеанский В.К., Пономаренко А.Г., Розанов А.Ю., Сумина Е.Л., Ушатинская Г.Т., Хувер Р., Школьник Э.Л. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах / Науч. ред. Розанов А.Ю., Ушатинская Г.Т. М.: ПИН РАН, 2011. 172 с.

Astaf'yeva M.M., Gerasimenko L.M., Geptner A.R., Zhegallo Ye.A., Zhmur S.I., Karpov G.A., Orleanskiy V.K., Ponomarenko A.G., Rozanov A.YU., Sumina Ye.L., Ushatinskaya G.T., Khuver R., Shkol'nik E.L. Fossil bacteria and other microorganisms in terrestrial rocks and astromaterials / Nauch. ed. Rozanov A.Yu., Ushatinskaya G.T. M.: PIN RAN, 2011. 172 p. (in Russian).

2. Sorokin D.Y., Berben T., Melton E.D., Overmars L., Vavourakis C.D., Muyzer G. Microbial diversity and biogeochemical cycling in soda lakes. Extremophiles. 2014. V. 18. P. 791–809. DOI: 10.1007/s00792-014-0670-9.

3. Berner R.A. Sedimentary pyrite formation: An update. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1984. V. 48. Iss. 4. P. 605–615.

4. Soliman M.F., Goresy A.E. Framboidal and idiomorphic pyrite in the upper Maastrichtian sedimentary rocks at Gabal Oweina, Nile Valley, Egypt: Formation processes, oxidation products and genetic implications to the origin of framboidal pyrite. Geochimica et Cosmochimica Acta. 2012. V. 90. P. 195–220. DOI: 10.1016/j.gca.2012.05.004.

5. Rudaya N., Nazarova L., Nourgaliev D., Palagushkina O., Papin D., Frolova L. Mid-late Holocene environmental history of Kulunda, southern West Siberia: vegetation, climate and humans. Quaternary Science Reviews. 2012. V. 48. P. 32–42. DOI: 10.1016/j.quascirev.2012.06.002.

УДК 550.8

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УГЛЕНОСНОСТЬ ЫТЫМДЖИМСКОЙ ВПАДИНЫ ГОНАМСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА ЮЖНО-ЯКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Рукович А.В.

Технический институт (филиал) СВФУ, Нерюнгри, e-mail: raul1975@mail.ru

Изученная территория расположена в Республике Саха (Якутия) на территории Нерюнгринского района, в пределах которого находится Южно-Якутский угольный бассейн. В настоящий момент на этой территории в промышленном освоении находятся Нерюнгринское каменноугольное месторождение, Денисовское каменноугольное месторождение, Чульмаканское каменноугольное месторождение, Инаглинское каменноугольное месторождение и Эльгинское каменноугольное месторождение. В связи с ростом промышленной добычи угля перед угледобывающими компаниями региона закономерно возникает вопрос о наращивании минеральной базы. Акцент делается на возможность промышленного освоения крупных залежей каменного угля, которые возможно добывать открытым способом. В связи с этим автором проведены исследования угленосности Гонамского угленосного района, как одного из самых перспективных. Гонамский район представляет собой систему мезозойских впадин, таких как: Куранах-Гынымская; Гынымо-Семджинская; Ытымджинская; Гюсканграа-Нарулакская; Гувилгринская; Токарикано-Конеркитская; Верхне-Тимптонская; Верхне-Гонамская; Верхне-Сутамская; Верхне-Даурканская; Чекчойская, Авенгурская. Ытымджинская впадина расположена в северо-восточной части Гонамского угленосного района в бассейне реки Ытымджа, левого притока р. Гонам. В пределах впадины расположена Приытымджинская депрессия, отделяющаяся от Гонамской депрессии хребтом Калтан-Джур на Гонамо-Ытымджинском водоразделе. Угленосные отложения развиты на площади в 845,2 кв.км. В геологическом строении впадины принимают участие глубокометаморфизованные толщи архея, частично отложения верхнего протерозоя, мезозойские угленосные осадочные отложения и рыхлые четвертичные образования. Разрез отложений мезозоя характеризуется терригенным составом пород, представляя собой обычный полный набор пород от конгломератов и гравелитов до аргиллитов и углей, переслаивающихся и чередующихся в малозакономерной последовательности ритмов. Основной фон пород принадлежит песчаникам (50–70%).

Ключевые слова: Ытыджимская впадина, угленосность, угленосная толща, угольный пласт, песчаник

GEOLOGICAL STRUCTURE AND COAL CONTENTS OF THE YTYMDJMSKY HOLLOW OF THE GONAMSKY CARBONIFEROUS AREA OF THE SOUTHERN YAKUT COAL BASIN

Rukovich A.V.

Technical institute (branch) of NIFU, Neryungri, e-mail: raul1975@mail.ru

The studied territory is located in the Sakha (Yakutia) Republic in the territory of Neryungrinsky district within which there is the Southern Yakut coal basin. At the moment in this territory are in industrial development the Neryungrinsky coal field, Denisovsky coal field, Chulmakansky coal field, Inaglinsky coal field and Elginsky coal field. Due to growth of commercial production of coal before the coal-mining companies of the region naturally there is a question of accumulation of mineral base. The emphasis is placed on a possibility of industrial development of large deposits of coal which are possible for getting in the open way. In this regard the author conducted researches of an uglenosnost of the Gonamsky carboniferous area as one of the most perspective. Gonamsky district represents the system of mesozoic hollows, such as: Kuranakh-Gynymskaya; Gynymo-Semdzhinskaya; Ytymdzhinskaya; Gyuskangra-Narulakskaya; Guvilgrinskaya; Tokarikano-Konerkitskaya; Upper-Timptonsky; Upper-Gonamsky; Upper-Sutamsky; Upper-Daurkansky; Chekchoyskaya, Avengursky. The Ytymdzhinsky hollow is located in a northeast part of the Gonamsky carboniferous area in a river basin of Ytymdzha, the left inflow of river Gonam. To rutting. Within the hollow the Priytymdzhinsky depression separating from the Gonamsky depression Ridge Kaltan-Dzhur on the Gonamo-Ytymdzhinsky watershed is located. Carboniferous deposits are developed on the area of 845,2 sq.km. Very metamorfic thicknesses of the Archean, partially deposits of the top Proterozoic, mesozoic carboniferous sedimentary deposits and friable quarternary educations take part in a geological structure of the hollow. The section of deposits of the Mesozoic is characterized by terrigenous structure of breeds, representing a usual full set of breeds from conglomerates and gravelit to the soapstones and coals interstratifying and alternating in a little natural sequence of rhythms. The main background of breeds belongs to sandstones (50-70%).

Keywords: Ytymdjmsky hollow, coal contents, carboniferous thickness, coal layer, sandstone

Южно-Якутский каменноугольный бассейн (рис. 1) является крупной и надежной базой высококачественных коксующихся и энергетических углей на востоке страны. В 1970-е гг. на юге Якутии было начато формирование Южно-Якутского ТПК, что и предопределило значительное усиление в этом регионе геологоразведочных работ на уголь. В настоящее время в бассейне разрабатываются открытым способом Нерюнгринское, Эльгинское месторождения и отдельные участки на Денисовском и Чульмаканском месторождениях.

Отсутствие вблизи действующего Нерюнгринского угольного разреза место-

рождений угля, пригодных для открытой разработки, а также ограниченные сроки эксплуатации Нерюнгринского месторождения (до 2018–2020 гг.) обусловили расширение поисковых работ на уголь на флангах бассейна, перспективных на выявление мощных угольных пластов, пригодных для разработки открытым способом. Одним из первоочередных объектов для решения этой задачи является Гонамский угленосный район.

Цель исследования: изучить угленосный потенциал Гонамского угленосного района (рис. 2) с целью наращивания минерально-сырьевой базы угледобывающих компаний, осуществляющих свою деятельность на территории Южно-Якутского угольного бассейна.

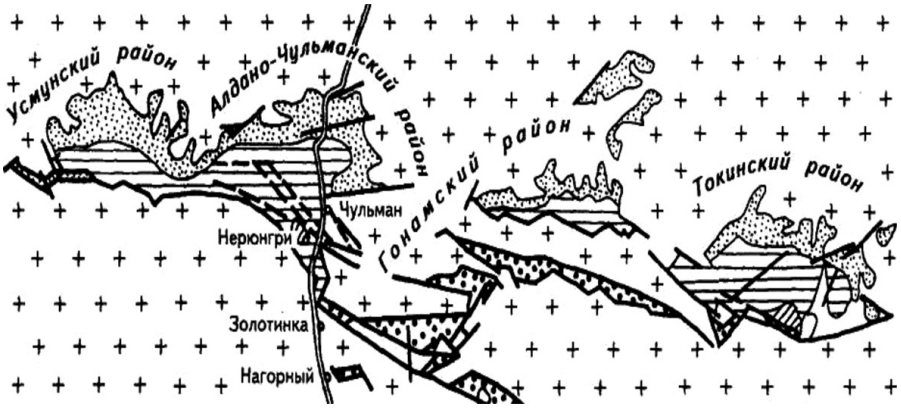


Рис. 1. Схема Южно-Якутского каменноугольного бассейна

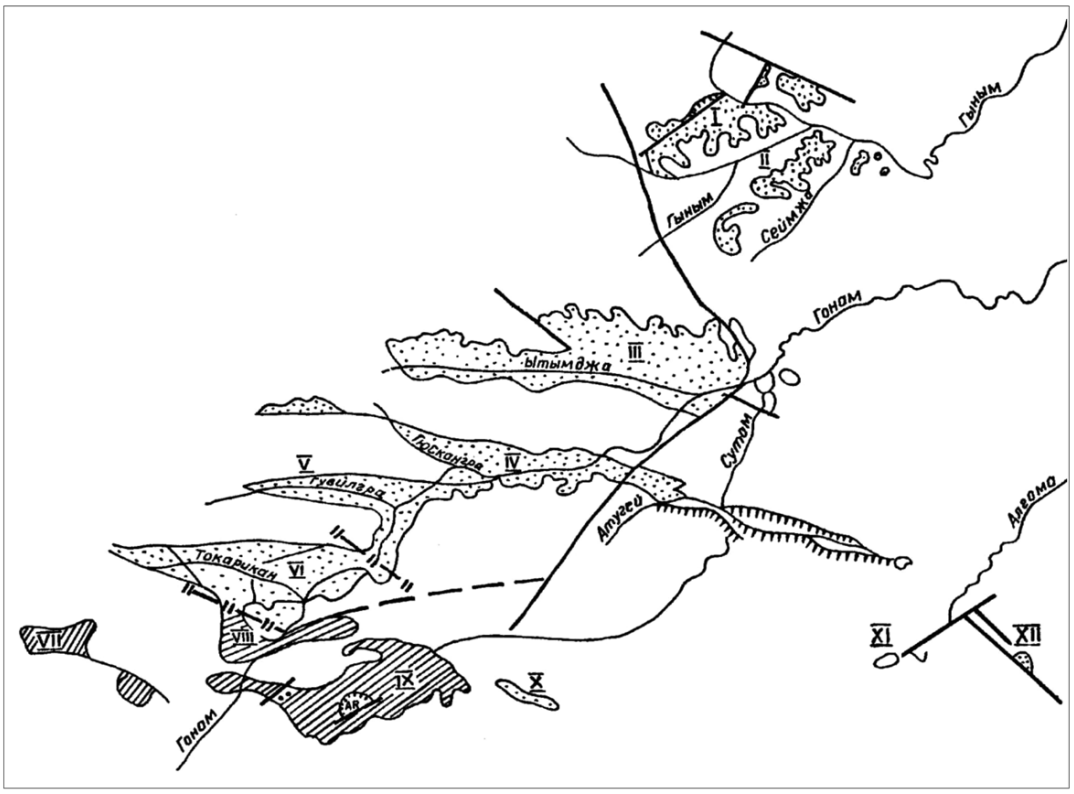


Рис. 2. Схема расположения впадин в Гонамском угленосном районе: I – Куранах-Гынымская; II – Гынымо-Семджинская; III – Ытымджинская; IV – Гюскангра-Нарулакская; V – Гувилгринская; VI – Токарикано-Конеркитская; VII – Верхне-Тимптонская; VIII – Верхне-Гонамская; IX – Верхне-Сутамская; X – Верхне-Даурканская; XI – Чекчойская, XII – Авенгурская

Материалы и методы исследования

Материалами, служащими основанием для написания данной статьи, являются исследования российских геологов конца XX начала XXI вв., а также собственные исследования автора, выполненные им в рамках работ по комплексной экспедиции РАН. Методы исследований: камеральные и полевые работы.

Результаты исследования и их обсуждение

Стратиграфия

Архейские метаморфические образования, входящие в состав Алданского щита, слагают нижний структурный этаж – кристаллический фундамент Гувилгринской впадины и обрамляют ее со всех сторон. Представлены они преимущественно переслаивающимися интенсивно дислоцированными гнейсами и кристаллическими сланцами, кварцитами. Архейские метаморфические образования относятся к тимптонской и джелтулинской сериям метаморфического комплекса, вскрытая их мощность на площади работ – 20–30 м.

Обнаженность архейских пород плохая, коренные породы в обнажениях встречаются редко. Как правило, архей контактирует с породами, выполняющими впадины, по разломам, исключение составляет северное обрамление Ытымджинской впадины, где вскрытая мощность архейских пород порядка 35 м является основанием осадочного комплекса пород.

Отложения верхнего протерозоя имеют ограниченное распространение, развиты в обрамлении впадины и представлены двумя толщами: терригенными породами верхнего протерозоя и карбонатными отложениями венда-юдомской свиты, залегающими трансгрессивно, с угловым несогласием на различных породах архея. В бассейне р. Ытымджи они слагают пологие крылья крупной синклинали и окаймляют преимущественно с севера толщу мезозойских отложений. Это карбонатные мелководные осадки открытого морского бассейна: доломиты, кремнистые, глинистые и песчанистые доломиты, мергели, доломитистые известняки.

Отложения верхнего протерозоя имеют ограниченное распространение, развиты в обрамлении впадины и представлены двумя толщами: терригенными породами верхнего протерозоя и карбонатными отложениями венда-юдомской свиты, залегающими трансгрессивно, с угловым несогласием на различных породах архея. В бассейне р. Ытымджи они слагают пологие крылья крупной синклинали и окаймляют преимущественно с севера толщу мезозойских отложений. Это карбонатные мелководные осадки открытого морского бассейна: доломиты, кремнистые, глинистые и песчанистые доломиты, мергели, доломитистые известняки.

Мезозойские угленосные отложения залегают непосредственно на глубоко эродированной поверхности архейских образований. Толща мезозойских отложений включает в себя три нижние свиты. Верхние свиты, развитые в более глубоких впадинах, здесь отсутствуют.

Разрез отложений мезозоя характеризуется терригенным составом пород, представляя собой обычный полный набор пород от конгломератов и гравелитов до аргиллитов и углей, переслаивающихся и чередующихся в малозакономерной последовательности ритмов. Основной фон пород принадлежит песчаникам (50–70 %).

Разрез мезозойских отложений характеризуется многопорядковой цикличностью, характерной для бассейнов с изменяющимися многократно фациальными условиями осадконакопления. Седиментационный цикл начинается грубо- или крупнозернистыми и заканчивается тонкозернистыми породами. На основании циклического строения осадочной толщи и структурной увязки буровых поисковых скважин в Ытымджинской впадине в составе мезозойских образований выделены отложения юрского возраста, вскрытая суммарная мощность их составляет порядка 1100 м. Толща мезозойских отложений представлена тремя свитами: юхтинской, дурайской и частично кабактинской.

Юхтинская свита (J_1 jh). Отложения юхтинской свиты протягиваются широкой полосой на севере Ытымджинской впадины, а на юге они развиты в виде узкой полосы. Контакт пород с более древними образованиями – тектонический.

В северной части впадины в отложениях юхтинской свиты отмечаются пласты и линзы средне-позднеюрских и раннемеловых пластовых и субпластовых, реже секущих интрузий состава диорит-гранодиоритовой и монцонит-сиенитовой формаций.

Начинается разрез отложений юхтинской свиты серыми и светло-серыми средне- и крупнозернистыми аркозовыми и полевошпатово-кварцевыми песчани-

ками с прослоями и линзами гравелитов, средне- и мелкогалечных конгломератов мощностью до 3–10 см. Выше по разрезу количество крупнозернистого материала в песчаниках уменьшается, появляются тонкие прослои алевролитов крупно- и мелкозернистых темно-серой окраски. Мощность юхтинской свиты колеблется в пределах 230–240 м.

Дурайская свита (J_2 dr). Отложения продуктивной дурайской свиты повсеместно согласно залегают на породах юхтинской свиты, особенно в центральной и северной частях впадины. В основании свиты залегают пачки крупно- и среднезернистых песчаников мощностью до 10–15 м с маломощными прослоями и линзами (до 0,5–1,0 м) мелкогалечных конгломератов и гравелитов. Средняя часть свиты сложена в основном серыми и темно-серыми пачками мелкозернистых песчаников, чередующихся с алевролитами мелко- и среднезернистыми и песчаниками среднезернистыми. Слоистость преобладает полого-волнистая и горизонтальная, приуроченная к алевролитовым пачкам, для песчаников характерна косоволнистая и волнистая слоистость. Верхняя часть разреза дурайской свиты, сложена преимущественно мелкозернистыми песчаниками светло-серой окраски, чередующимися с прослоями темно-серых алевролитов. В разрезе свиты выявлено десять угольных пластов и углепроявлений, из которых семь угольных пластов с рабочими значениями мощностью 0,7 м и более. Мощность свиты оценивается в 330 м.

Кабактинская свита (J_3 kb) согласно залегает на породах дурайской свиты и вскрыта на всей площади впадины. Начинается разрез свиты с чередования грубозернистого материала (средне- и крупнозернистые песчаники). В целом же вскрытая часть разреза свиты представлена мощными пачками (20–30 м) среднезернистых песчаников светло-серого цвета, слабо трещиноватых, неслоистых с прослоями песчаника мелкозернистого, серой окраски и алевролитов мелко- и среднезернистых темно-серого цвета, слабо трещиноватых, с неравномерно горизонтальной слоистостью. Во вскрытом разрезе свиты, установлено более 25 пластов и углепроявлений, из них 23 в отдельных пластопересечениях имеют мощность 0,7 м и более. Вскрытая мощность (неполная) кабактинской свиты оценивается в 550 м.

Таким образом, общая вскрытая мощность мезозойских отложений в Ытымджинской впадине составляет порядка 1120 м.

Четвертичные отложения (Q) также пользуются повсеместным развитием, как и на площади Гувилгринской впадины [1] и представлены аллювиальными, делювиально-солифлюкционными и озерно-болотными образованиями.

Тектоника

Ытымджинская впадина, ограниченная с юга региональным Южно-Ытымджинским разломом, представляет собой крупную асимметричную синклиналь с пологим северным крылом и крутым южным крылом, срезанным разломом. Впадина ориентирована в субширотном направлении, размеры ее 130х30 км. Наиболее погруженная часть фундамента впадины вблизи Южно-Ытымджинского регионального разлома по данным региональных геофизических исследований составляет 0,5–0,7 км. [2]

С севера Ытымджинская впадина ограничена площадью распространения протерозойских и мезозойских осадочных пород. В северной и средней частях впадины располагается зона слабодислоцированных пород. Здесь толща имеет простое моноклинальное строение, часто осложненное флексурами, мелкой складчатостью субширотного простирания. Наблюдаются мелкие внутрипластовые послойные подвижки, иногда приводящие к перераспределению угольного вещества. В этом случае в почве и кровле пласта угля наблюдаются хорошо выраженные зеркала скольжения. Флексурные перегибы на фоне спокойного моноклинального залегания пластов свидетельствуют о блоковом строении фундамента. Они сопровождаются параллельной трещиноватостью пород. Флексуры подтверждают предположение о длительном существовании разломов в фундаменте. На большей части площади Ытымджинской впадины мезозойские породы полого под углами 4–10^0 (до 20^0) наклонены к югу, к центру депрессии.

Зона сложно дислоцированных пород – южное крыло синклинали располагается на правобережье р. Ытымджи. Оно значительно более узкое, чем северное крыло, крутое, располагается в опущенном блоке, южнее которого выступает архейский горст. Ширина южного крыла 1,5–3,0 км, оно сложно дислоцировано и осложнено более мелкой складчатостью. Углы падения крыльев складок второго порядка достигает 50 и более градусов. Дизъюнктивные нарушения пород представлены сбросами, взбросами, надвигами с крутыми углами падения [3].

Основные параметры проиндексированных угольных пластов Ытымджинской впадины

Свита	Индекс пласта	Основные параметры				Пределы колебаний суммарной мощности угольных пачек пластов от – до Средняя мощность (число пересечений)	Строение пласта (кол-во разделяющих прослоев)
		Общее число вскрытий в скважинах	Число вскрытий мощностью до 0,7 м/нулевые значения	Число вскрытий мощностью 0,7 м и более	Коэффициент выдержанности пласта		
2	3	4	5	6	7	8	9
Дурайская	$Д_{19}$	12	5/6	1	0,1	0–0,86 / 0,20(12)	Сложное 1
	$Д_{15}$	12	0/0	12	1,0	0,84–6,0 / 1,80(12)	Сложное 1
	$Д_{14}$	9	1/7	1	0,1	0–0,86 / 0,13(9)	Сложное 1
	$Д_{13}$	9	1/5	3	0,33	0–1,44 / 0,44(9)	Сложное 1
	$Д_{11}$	8	1/5	2	0,25	0–0,78 / 0,23(8)	Простое
	$Д_{7}$	7	1/4	2	0,29	0–1,20 / 0,39(7)	Сложное 1–3
Кабактинская	$К_{14}$	8	5/2	1	0,12	0–1,30 / 0,45(8)	Сложное 2
	$К_{13}$	11	1/0	10	0,91	0,36–3,03 / 1,79(11)	Сложное 1–2
	$К_{10}$	13	12/0	1	0,1	0,30–1,02 / 0,50(13)	Сложное 1
	$К_{8}^{в}$	13	1/5	7	0,54	0–1,20 / 0,55(13)	Сложное 1–3
	$К_{8}$	13	0/0	13	1,0	0,92–1,68 / 1,27(13)	Сложное 1
	$К_{6}$	14	3/1	10	0,71	0–2,97 / 0,91(14)	Сложное 1
	$К_{5}$	15	7/5	3	0,20	0–1,82 / 0,50(15)	Сложное 1
	$К_{4}^{в}$	15	0/11	4	0,27	0–1,50 / 0,28(15)	Сложное1
	$К_{4}$	16	2/5	9	0,56	0–4,78 / 1,26(16)	Сложное 1–3
	$К_{3}$	16	2/9	5	0,31	0–1,32 / 0,43(16)	Сложное 1–2
	$К_{1}$	15	4/10	1	0,1	0–1,20 / 0,21(15)	Простое

Весьма характерной особенностью впадины является интенсивное проявление мезозойского магматизма, в результате чего юрские отложения прорваны многочисленными субщелочными пластовыми интрузиями, которые перемежаются с осадочными породами.

Угленосность

В изученном скважинами разрезе угленосной толщи пласты и прослои угля встречаются практически повсеместно (дурайская и кабактинская свиты), но распределение как в разрезе, так и по площади неравномерное. Суммарно во вскрытой угленосной толще установлено 37 пластов угля, в том числе более 25 пластов рабочей мощности (0,7 м и более). Суммарная мощность всех угольных пластов и прослоев по профилю 1–1 составляет более 40 м, а рабочих пластов – 25 м.

В литолого-стратиграфическом разрезе, как уже отмечалось, присвоены буквенные и цифровые индексы. Буквенный индекс соответствует названию свиты, а цифровой – порядковому номеру пласта в разрезе свиты (сверху – вниз) [4].

Ниже приводится характеристика угленосности по свитам.

Юхтинская свита практически не угленосна.

Дурайская свита. В разрезе свиты установлено более 12 углепроявлений мощностью от 0,20 м до 6,5 м (скв. 16, пласт $Д_{15}$). Из них 4 пласта имеют рабочие значения мощности (0,7 м и более), строение пластов сложное и представлены преимущественно одним прослоем [5]. По мощности пласты относятся преимущественно к категории тонких и средних. Из пяти проиндексированных пластов дурайской свиты, наиболее выдержанным как по разрезу, так и по мощности является пласт $Д_{15}$.

В разрезе кабактинской свиты выявлено более 25 углепроявлений, из них 8 имеют рабочие значения по мощности 0,7 м и более. Строение пластов сложное и представлено одним-двумя прослоями [6].

Характеристика проиндексированных пластов по свитам приводится в таблице.

Заключение

Из всего вышесказанного становится очевидным, что наиболее угленасыщенной является средняя часть разреза. Наибольший практический интерес представляют угольные пласты $К_{13}$, $К_8$, $К_6$, $К_4$, как наиболее выдержанные по разрезу и обладающие рабочими значениями мощности. Наиболее выдержанным из этих пластов является пласт $К_8$. По мощности пласты относятся к категории тонких и средних – средняя мощность 1,3 м. Для разработки угольных пластов средней части разреза потребуются дополнительные геолого-разведочные работы.

Список литературы / References

1. Рукович А.В. Геологическое строение и угленосность Гуврилгинской впадины Гонамского угленосного района Южно-Якутского угольного бассейна // Успехи современного естествознания. 2017. № 7. С. 108–112.

Rukovich A.V. Geological structure and uglenosnost of the Guvrilginsky hollow of the Gonamsky carboniferous area of the Southern Yakut coal basin // Advances in current natural sciences. 2017. № 7. P. 108–112 (in Russian).

2. Зализняк М.И. Отчет о поисковых работах в южной части Гонамского угленосного района за 1988–1996 гг. Фонды ГГГП «Южякутгеология», 1997.

Zaliznyak M.I. The report on search works in the southern part of the Gonamsky carboniferous area for 1988–1996 Funds of «Yuzhyakutgeologiya», 1997 (in Russian).

3. Ширяев В.П., Борзых С.Д. Отчет по теме: Структурно-тектоническая карта Южно-Якутского бассейна м-ба 1:500000 с картами-врезками м-ба 1:50000 для перспективных участков. Фонды ГГГП «Южякутгеология», 1981.

Shiryaev V.P., Fleet S.D. Report on a subject: The structural and tectonic map of the Southern Yakut pool of m – oh 1:500000 with cards inserts of m-oh 1:50000 for perspective sites. Funds of «Yuzhyakutgeologiya», 1981 (in Russian).

4. Утробин Д.В. Геологическое строение и полезные ископаемые Верхне-Сутамского золотоносного района. Фонды ГГГП «Южякутгеология», 1989.

Utrobin D.V. Geological structure and minerals of the Upper Sutamsky gold-field. Funds of «Yuzhyakutgeologiya», 1989. (in Russian).

5. Минаков В.С., Веревкин Н.И. Отчет о групповой геологической съемке и геологической доизученности м-ба 1:50000 на территории листов 0-51-132-В,Г; 133-А.Б; 134-А.Б; 0-51-121,122 (Гувилгринский золотоносный район по работам Мелемкенской партии за 1981-87 гг.). Фонды ГГГП «Южякутгеология», 1987.

Minakov V.S., Verevkin N.I. The report on group geological shooting and a geological doizuchennost of m – oh 1:50000 in the territory of sheets 0-51-132-B, G; 133-A. B; 134-A. B; 0-51-121.122 (the Guvilgrinsky gold-field on works of Melemkensky party for 1981-87). Funds of «Yuzhyakutgeologiya», 1987 (in Russian).

6. Верховцев А.Н., Лукьянова Ж.К. Проведение специализированных работ по прослеживанию угольных пластов с помощью дешифрирования АФС в Гонамском угленосном районе Южно-Якутского бассейна. Отчет за 1992–1996 гг. Якутск, 1996.

Verkhovtsev A.N., Lukyanova Zh.K. Carrying out specialized works on tracing of coal layers by means of decryption of AFS in the Gonamsky carboniferous district of the Southern Yakut basin. The report for 1992–1996. Yakutsk, 1996 (in Russian).

УДК 504.062.2: 502.333:911.375.62

АДАПТАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ

Сулкарнаева Л.Д.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, e-mail: l.d.sulkarnaeva@utmn.ru

Данная статья посвящена вопросам адаптации методик классификации и оценки экосистемных услуг для российских городов. Значимость данного исследования заключается в необходимости исполнения поручения президента Российской Федерации правительству России о разработке плана действий, направленных на усиление позиций России при формировании международной природоохранной повестки, а также при обсуждении вопросов, касающихся формирования системы компенсаций (платежей) за экосистемные услуги, исходя из понимания роли России как экологического донора (Пр-140ГС, п.1 д, от 26.12. 2016). Выбор методик по оценке экосистемных услуг при этом особенно важен в связи с необходимостью оценки экосистемных услуг для всей территории Российской Федерации. В данной работе раскрывается понятие экосистемных услуг как прямых и косвенных воздействий экосистем на благосостояние общества. Обосновывается необходимость оценки экосистемных и урбоэкосистемных услуг для Российской Федерации. Актуализируется адаптация зарубежных методик для Российской Федерации. Рассматриваются различные подходы к классификации урбоэкосистемных услуг, предлагается вариант классификации урбоэкосистемных услуг для российских городов в соответствии с российским законодательством. Рассматриваются зарубежные методики оценки экосистемной услуги «Очистка воздуха», выявляются существующие ограничения для применения данных методик в российских городах. Анализируются российские методики оценки средообразующих функций: улавливание пыли, газоочистки почвами, растениями для городской среды. Производится поиск методов оценки потребности в экосистемной услуге «Очистка воздуха» в условиях города. На примере данной услуги определяется возможность адаптации подходов к оценке экосистемных услуг для российских городов.

Ключевые слова: экосистемные услуги, урбоэкосистемные услуги, оценка урбоэкосистемных услуг, российские города

ADAPTATION OF ECOSYSTEM SERVICES CONCEPT FOR RUSSIAN CITIES

Sulkarnaeva L.D.

Tyumen State University, Tyumen, e-mail: l.d.sulkarnaeva@utmn.ru

This article considers the adaptation of methods for classifying and assessing ecosystem services for Russian cities. The high significance of this study is determined by the assignment of the President of the Russian Federation to the Government of Russia to develop an action plan aimed at strengthening Russia's position for the formation of international environmental agenda and discussion of issues related to the creation of a system of compensation (payments) for ecosystem services, focusing at Russia's position as an environmental donor (Pr-140GS, p.1 d, dated December 26, 2016). The choice of methodologies for the assessment of ecosystem services is becoming crucial along with the need to assess ecosystem services for the entire territory of the Russian Federation. In this paper, ecosystem services as both direct and indirect effects of ecosystems on the well-being of society are considered. The high relevance of the assessment of ecosystem and urban ecosystem services for Russian Federation is discussed. Adaptation of foreign methods for the Russian Federation is actualized. Various approaches to the classification of urban ecosystem services are considered, and a classification of urban environmental services for Russian cities is developed in accordance with Russian legislation. Foreign approaches for the assessment of the ecosystem service «Air Purification» are considered, and existing limitations for the application of these approaches in Russian cities are identified. Russian approaches for the regulation functions assessing of the urban ecosystems are analyzed: dust, gas purification by soils, urban green zones. Approaches for assessing the need for the ecosystem service «Air Purification» in the city were analyzed. By the example of the «Air Purification» service determines the possibility of adapting approaches to the assessment of ecosystem services for Russian cities are shown.

Keywords: ecosystem services, urban ecosystem services, assessment of urban ecosystem services, Russian cities

Концепция экосистемных услуг в настоящее время является одним из наиболее активно развивающихся направлений современной мировой науки. После выхода двух ключевых коллективных работ – «Millennium Ecosystem Assessment» (Оценка экосистем на пороге тысячелетия) [1] и «The Economics of Ecosystems and Biodiversity» (Экономика экосистем и биоразнообразия) [2] оценка экосистемных услуг стала важным трендом научных исследований.

Экосистемные услуги – выгоды, которые человечество получает от экосистемных функций, или прямые и косвенные воздействия экосистем на благосостояние человека [3]. Таким образом, концепция экосистемных услуг стремится к наиболее полному выявлению и оценке многообразия связей между человеческим обществом и окружающей средой.

В рамках подготовки к году экологии в Российской Федерации в декабре 2016 г. на заседании Государственного совета по

вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» был утвержден перечень поручений президента Российской Федерации. Одним из поручений (Пр-140ГС, п. 1 д) являлась разработка плана действий, направленных на усиление позиций России при формировании международной природоохранной повестки, а также при обсуждении вопросов, касающихся формирования системы компенсаций (платежей) за экосистемные услуги, исходя из понимания роли России как экологического донора.

В связи с внедрением механизмов платежей за экосистемные услуги и определенным на Саммите Рио 10+ в Йоханнесбурге в 2002 г. статусом России как «экологического донора» оценка экосистемных услуг представляется перспективной [4, 5]. В 2015 г. был опубликован прототип национального доклада «Экосистемные услуги России. Том 1. Услуги наземных экосистем» [5], в котором были оценены экосистемные услуги для наземных экосистем Российской Федерации. В прототипе доклада была проведена попытка адаптировать подходы и методы оценки экосистемных услуг для условий России: применены российские методики по оценке запасов ресурсов, экстраполированы данные для оценки экосистемных услуг в связи с их недостаточной полнотой и т.д.

Исследования в области адаптации подходов к оценке экосистемных услуг для Российской Федерации являются необходимыми, в связи с тем, что наиболее часто используемые методы оценки экосистемных услуг разрабатывались для территории Европы и США, где природные условия, степень изученности территорий, доступность и разрешение первичных данных существенно отличаются от территории России.

Низкой степенью изученности характеризуется оценка экосистемных услуг для российских городов (урбоэкосистемных услуг). В настоящее время такие исследования представлены оценкой особо охраняемых территорий в пределах города и трансляцией зарубежного опыта по оценке экосистемных услуг для российских городов.

Исторический аспект формирования современного облика и планировочной системы российских городов, высокий накопленный экологический ущерб, особые климатические условия, административные и законодательные ограничения [6] обусловили необходимость органичной интеграции российских подходов по оценке запасов и объемов возобновления ресурсов, средообразующих функций и рекреационного потенциала и мировой практики по оценке урбоэкосистемных услуг с учетом требований российского законодательства.

В связи с этим была сформулирована цель настоящего исследования: определение подходов к оценке экосистемных услуг (на примере услуги «Очистка воздуха») в российских городах.

Материалы и методы исследования

Адаптация концепции экосистемных услуг для российских городов предполагает, во-первых, разработку классификации экосистемных услуг для российских городов, основанной на мировом опыте, учитывающей особенности российского законодательства, специфику российских городов и российского опыта классификации природных функций и экосистемных услуг; во-вторых, проведение анализа существующих методик по оценке экосистемных услуг, а также мирового опыта их применения; в-третьих, изучение и анализ российского опыта оценки функций городских экосистем; в-четвертых, определение наиболее оптимальных методик по оценке экосистемных услуг российских городов, разработка рекомендаций по их применению.

Для разработки предложенного нами варианта классификации урбоэкосистемных услуг нами был проведен сравнительный анализ классификаций экосистемных услуг в ключевых работах («Millennium Ecosystem Assessment» (Оценка экосистем на пороге тысячелетия) [1], «The Economics of Ecosystems and Biodiversity» (Экономика экосистем и биоразнообразия) [2], «The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Urbanization, biodiversity and Ecosystem services: challenges and opportunities» (Экономика экосистем и биоразнообразия: Урбанизация, биоразнообразие и экосистемные услуги: вызовы и перспективы) [7]), классификации экосистемных услуг для России (Прототип национального доклада [5]), и жизнеобеспечивающих функций в российских нормативных документах (Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России, 2001 г.) для выделения групп и типов экосистемных услуг. Производилась коррекция перечня урбоэкосистемных услуг на основе законодательства Российской Федерации (Градостроительного, Лесного и Земельного кодексов, Федерального закона № 7 от 2002 г.).

Таблица 1

Классификация урбоэкосистемных услуг для российских городов

Регулирующие	Продукционные	Информационные	Рекреационные
Регулирование климата – Хранение запасов углерода Очистка воздуха Регулирование температуры воздуха Регулирование скорости ветра Снижение уровня шума Регулирование объема стока Смягчение перепадов объемов стока Очистка сточных вод Ассимиляция отходов Предотвращение эрозии Поддержание плодородия почв Контроль над вредителями Контроль над эпидемиями	Урожай Производство корма для скота Рыба Недревесные ресурсы леса Минеральные ресурсы Источники альтернативной энергии Чистая вода Сырье для медицинской промышленности	Информация о структуре и функционировании экосистем, которая может быть использована Генетические ресурсы Эстетическая ценность Когнитивное развитие человека Духовное значение	Территории для ежедневной рекреации Территории для еженедельной рекреации во время выходных Дачная рекреация Территории для активного туризма и спорта Территории для образовательного туризма Территории для оздоровительного туризма

Изучение мирового опыта оценки экосистемной услуги «Очистка воздуха» для городских экосистем позволило выделить необходимую информационную основу для проведения оценки, а также основные ограничения проведения оценки для российских городов.

Результаты исследования и их обсуждение

Для адаптации концепции экосистемных услуг для российских городов нами был предложен вариант классификации урбоэкосистемных услуг; был проведен обзор мирового опыта оценки урбоэкосистемных услуг на примере услуги «Очистка воздуха»; были рассмотрены российские методики оценки экосистемных функций «улавливание пыли и загрязняющих веществ»; были рассмотрены возможности адаптации концепции экосистемных услуг для российских городов.

Анализ классификаций экосистемных услуг позволил выделить группы (регулирующие, продукционные, информационные, рекреационные) и типы урбоэкосистемных услуг (табл. 1). Данный перечень был скорректирован с учетом российского законодательства, например согласно Лесному кодексу Российской Федерации вырубка городских лесов запрещена, соответственно, услуга «Производство древесины» городскими экосистемами не предоставляется.

Определение подходов к оценке экосистемных услуг рассмотрено на примере услуги «Очистка воздуха». В ходе разработки варианта классификации в Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России была выявлена экосистемная функция (улавливание пыли и загрязняющих веществ) – аналог услуги «Очистка воздуха». В связи с тем, что экосистемные услуги в отличие от экосистемных функций предполагают наличие реципиента (выгодополучателя) [5, 8], оценка экосистемной услуги предполагает так же оценку потребности в этой услуге.

Нами были проанализированы зарубежные методики оценки услуги «Очистка воздуха» («Air purification») и российский опыт оценки улавливания пыли и загрязняющих веществ именно для городской среды (табл. 2).

Проведенный анализ подходов к оценке экосистемной услуги «Очистка воздуха» (табл. 2) в городах показал, что в настоящий момент мировая практика накопила ряд методик для оценки услуги именно для городов. В настоящее время активно используется программный комплекс UFORE (Urban forest), с помощью которого можно оценить так же услуги «Регулирование климата – Хранение запасов углерода», «Регулирование температуры воздуха», «Регулирование объема стока», «Смягчение перепадов объемов стока». Данный комплекс используется для городской среды, оценка предоставляемых услуг производится с учетом условий города (концентрации загрязняющих веществ, состава загрязнителей), вызывающих снижение поглотительной способности зеленых насаждений. В частности, программный комплекс UFORE применялся в работе Дэвида Новака [12], где оценивалось удаление загрязнителей воздуха

не только древесным растениями, но и кустарниками – данный подход базируется на учете каждой кроны дерева или кустарника. Данный метод является трудоемким и подходит лишь для небольшого участка исследования – квартал города или район. Кроме того, программный комплекс в большинстве своем содержит сведения о типичных для США видах деревьев. В то же время оценка экосистемной услуги в монетарном выражении является оценкой потребности в услуге, так как выражает спрос на производимую «Очистку воздуха» [12]. Похожей трудоемкостью характеризуется работа по оценке фильтрующей способности древесных насаждений [11].

Совершенно иной подход предлагают использовать ученые из Нидерландов [13]: оценка экосистемных услуг, в том числе «Очистки воздуха», производилась на основе выделения восьми типов зеленых насаждений в городе и их картографирования. Данный подход сложно применим для российских городов в связи с использованием значений производства услуг зелеными насаждениями США и Европы.

Оценка экосистемных услуг в российских городах практически не проводилась. Среди российских исследований поглотительной способности деревьев и зеленых городских насаждений можно выделить работу О.В. Чернышенко [10], где была разработана математическая модель для оценки поглотительной способность древесных насаждений типичных для российских городов, объема уловленной пыли, где учитывалась газоустойчивость (устойчивость видов к загрязнениям атмосферного воздуха) деревьев в городской среде, метеорологические параметры (температура, осадки и др.) для адсорбции загрязняющих веществ (азота и серы), сезон года, концентрации загрязняющих веществ в почве. Данная методика также является трудоемкой, учет потребности в экосистемной услуге не проводится, однако основана на данных о российских видах деревьев и адаптирована для условий российских городов.

Таблица 2

Российские и зарубежные методики оценки услуги «Очистка воздуха» для городских экосистем

Параметр	Зарубежные методики оценки услуги «Очистка воздуха» в городах		Российские методики оценки услуги «Очистка воздуха» в городах	
	Методика	Необходимые данные	Методика	Необходимые данные
Улавливание загрязняющих веществ и пыли почвами	–	–	Оценка поглотительной способности почв [9] с дополнениями О.В. Чернышенко [10]	Структура и состояние почвенного покрова
Улавливание пыли растениями	Фильтрующая способность древесных насаждений [11]	Информация о структуре зеленых насаждений (виды, возраст, состояние деревьев и кустарников), период вегетации, состав и концентрация атмосферных загрязнителей	Методика О.В. Чернышенко, основанная на физиологическом принципе поглощения и связывания газов (оксидов серы и азота) [10]	Структура насаждений (видовой состав: устойчивость видов к загрязнению окружающей среды), период вегетации, метеорологические параметры (средняя температура воздуха, количество осадков, освещенность), содержание загрязнителей в почве, степень загрязнения атмосферного воздуха
Улавливание загрязняющих веществ растениями	Удаление загрязнений воздуха городскими деревьями и кустарниками в США [12]	Информация о структуре зеленых насаждений (виды, возраст, состояние деревьев и кустарников), период вегетации, состав и концентрация атмосферных загрязнителей		
Потребность в улавливании загрязняющих веществ и пыли	Удаление загрязнений воздуха прочими видами зеленых насаждений [13] Программный комплекс UFORE [14]		Расчет полей концентрации загрязняющих веществ с помощью программных комплексов УПРЗА «Эколог» 4,50, УПРЗА «Экоцентр»	Данные об объектах, оказывающих негативное воздействие на атмосферный воздух, данные федеральной службы статистики, данные гидрометцентра

Оценка газопоглотительной и пылеулавливающих свойств почвы для городской среды изучена не так подробно. В работе «Некоторые подходы к оценке экосистемных функций (услуг) в практике природопользования» [9] приводятся методики оценки газопоглотительной функции почв заповедника, которые можно скорректировать для городской среды, используя работы О.В. Чернышенко [10].

Можно отметить, что и зарубежные, и российские методики оценки услуги для всего города или его крупного района сложно применимы: необходимы подробные данные о структуре зеленых насаждений, их возрасте, состоянии, периоде вегетации, состоянии почвенного покрова. В связи с этим, можно предложить проводить оценку экосистемной услуги «Очистка воздуха» для российских городов, используя методику ученых M.L. Derkzen, A.J.A. van Teeffelen, P.H. Verburg [13], позволяющую оценить экосистемные услуги на основе картографирования зеленых насаждений для всего города, оценку производства услуги «Очистка воздуха» для каждого типа зеленых насаждений на модельных участках провести по методике О.В. Чернышенко [10], потребность в услуге «Очистка воздуха» определяется на основе анализа статистических данных о выбросах загрязняющих веществ.

Заключение

В данной статье были рассмотрены возможности адаптации концепции экосистемных услуг для российских городов. Предложенный автором вариант классификации экосистемных услуг российских городов может служить элементом адаптации концепции оценки экосистемных услуг для российских городов, так как перечень услуг скорректирован в соответствии с российским законодательством и уже имеющимся опытом оценки экосистемных услуг в России.

Основные подходы к оценке экосистемных услуг были рассмотрены на примере услуги «Очистка воздуха». На основе анализа полученных результатов можно сделать вывод, что необходимо комбинирование зарубежных и российских подходов к оценке экосистемных услуг городов.

Список литературы / References

1. MA, Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being. A framework for assessment [Electronic resource]. URL: http://biodiversity.europa.eu/maes (date of access: 06.11.2018).

2. TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations [Electronic resource]. URL: http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations/ (date of access: 06.11.2018).

3. Бобылев С.Н., Захаров М.Н. Экосистемные услуги и экономика. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. 72 с.

Bobylev S.N., Zaharov M.N. Ecosystem services and Economics. M.: «Tipografija LEVKO», 2009. 72 p. (in Russian).

4. Bukvareva E., Grunewald K., Bobylev S., Zamolodchikov D., Zimenko A., Bastian O. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: A status report. A Journal of the Human Environment. 2015. № 44. P. 491–507. DOI: 10.1007/s13280-015-0674-4.

5. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Том 1. Услуги наземных экосистем / Ред. Е.Н. Букварева, Д.Г. Замолодчиков. М.: «Центр Охраны Дикой Природы», 2016. 148 с. URL: http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/first-steps/Ecosystem-Services-Russia_V1_web.pdf (date of access: 06.11.2018).

Bukvareva E.N., Zamolodchikov D.G. (Eds.). (2018). Ecosystem services of Russia: Prototype National Report. Vol. 1. Terrestrial ecosystems services. Adapted English version of the report, originally published in Russian in 2016. Moscow: BCC Press. http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/first-steps/Ecosystem-Services-Russia_V1_eng_web.pdf (date of access: 06.11.2018).

6. Becker C.M., Mendelsohn S.J., Benderskaya K.A. Russian cities in the Soviet and post-Soviet eras. London: Human settlements group, 2012. 134 p.

7. Elmsqvist T., Fragkias M., Goodness J., Gueneralp B., Marcotullio P.J. etc. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem services: Challenges and opportunities. A global assessment. London: Springer Dordrecht Heidelberg New York, 2013. 755 p.

8. Bastian O., Grunewald K. Ecosystem services: Concept, Methodologies and case studies. Dresden: Springer Spectrum, 2015. 312 p.

9. Касимов Д.В., Касимов В.Д. Некоторые подходы к оценке экосистемных функций (услуг) в практике природопользования: монография. М.: Мир науки, 2015. 91 с.

Kasimov D.V., Kasimov V.D., Approaches for ecosystem functions (services) assessment in environmental management: monography. Moscow: Mir Nauky, 2015. 91 p. (in Russian).

10. Чернышенко О.В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города: монография. М.: МГУ, 2001. 120 с.

Chernyshenko O.V. Absorptive capacity and gas stability of woody plants in urban conditions: monography. Moscow: MSU, 2001. 120 c. (in Russian).

11. Kuypers V.H., De Vries E.A., Tonneijck F., Hofschreuder P. Grüne Maßnahmen für saubere Luft. Ein neuer Blick auf die Luftqualität in den Niederlanden. Berliner Geographische Arbeiten. 2007. № 109. P. 35–40.

12. Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in United States. Urban Forestry. Urban Greening. 2006. № 4. P. 115–123. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.007.

13. Derkzen M.L., van Teeffelen A.J.A., Verburg P.H. Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. Journal of Applied Ecology. 2015. Vol. 52 (4). P. 1020–1032. DOI: 10.1111/1365-2664.12469.

14. UFORE, Urban Forest Effect Model. [Electronic resource]. URL: https://www.nrs.fs.fed.us/tools/ufore/ (date of access: 09.11.2018).

УДК 504.53:549:631.4(470.56)

МИНЕРАЛЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г., Степанов А.С.

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: post@mail.osu.ru

В настоящее время геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых занимают важное место на всех стадиях геологоразведочных работ. Высокая эффективность и объективный характер геохимических методов поисков и оценки месторождений позволяют получать с их помощью надежные результаты в кратчайшие сроки и при значительной экономии средств. Месторождения меди Оренбургской области полностью обеспечивают сырьем местную цветную металлургию. Учитывая важность этих объектов, их всесторонне изучают. Особый интерес представляет вопрос о минералогическом составе почв на участках месторождений меди, который практически не изучен. Представлены данные по наиболее представительным месторождениям меди в восточной части Оренбургской области: Южно-Гайское медноколчеданное в Гайском рудном районе, Джусинское колчеданнополиметаллическое в Джусинском рудном районе, Весеннее серноколчеданное в Домбаровском рудном районе. Для проведения исследований была применена следующая группа методов: силикатный анализ на 14 компонентов, определение карбонатов по Голубеву, определение гипсов по Голубеву, петрографический анализ, микроморфологический анализ, минералогический анализ, электронный микроскопический анализ, термический анализ, рентгеноструктурный анализ. Полученные результаты свидетельствуют о наличии в профиле почв изучаемых месторождений следующих минералов: полевой шпат и кварц – основные; гранаты, ильменит, ставролит, хромит, магнетит – терригенные; гидрослюда, каолинит, монтмориллонит из числа глинистых минералов; гидроокислов железа, марганца, карбонаты меди из числа новообразований. Спектр минералов в почвенном покрове рассматриваемых участков полностью отвечает их составу в подстилающих корах выветривания или современных суглинков. На распределении перечисленных материалов по профилю почв сказываются неотектонические процессы и ксеротермичность климата.

Ключевые слова: месторождения меди, терригенные минералы, глинистые минералы, новообразования

MINERALS AND MINERAL COMPOUNDS OF THE SOIL COVER, COPPER DEPOSITS IN THE EASTERN PART OF THE ORENBURG REGION

Chernyakhov V.B., Shcheglova E.G., Stepanov A.S.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: post@mail.osu.ru

Currently, geochemical methods of prospecting for mineral deposits occupy an important place at all stages of exploration. High efficiency and objective nature of geochemical methods of prospecting and evaluation of deposits allows to obtain reliable results in the shortest possible time and with significant cost savings. Copper deposits of the Orenburg region fully provides raw materials for local non-ferrous metals. Given the importance of these objects, they were comprehensively examined. Of particular interest is the question about the mineralogical composition of the soils in areas of copper deposits, which is practically not studied. Presents data on the most representative deposits of copper in the Eastern part of the Orenburg region: South Gai Gai massive sulfide in the ore district, Gusinskii caledonianmales in Jasinska ore district, Spring Dombarovsky pyrite in the ore district. The following group of methods was used for research: silicate analysis for 14 components, determination of carbonates by Golubev, determination of gypsum by Golubev, petrographic analysis, micromorphological analysis, mineralogical analysis, electron microscopic analysis, thermal analysis, x-ray diffraction analysis. The results indicate the presence in the soil profile of the studied deposits of the following minerals: feldspar and quartz – basic; garnet, ilmenite, stavrolit, chromite, magnetite – clastic; hydromica, kaolinite, Mont-morillonite from among the clay minerals; the hydroxides of iron, manganese, Carbo-ordinates of copper from the number of tumors. Spectrum of minerals in the soil cover of the considered parcel is in their composition in the underlying weathering crust or a modern loam. The distribution of these materials in the soil profile affected by neotectonic processes and xerothermic climate.

Keywords: copper deposits, terrigenous minerals, clay minerals, neoplasms

Цветная металлургия Оренбургской области полностью обеспечивается медью за счет собственных месторождений. На востоке области имеется даже целый ряд районов месторождений меди: Медногорский, Гайский, Джусинский, Домбаровский, Светлинский, разработка которых ведется более полувека [1].

Представляет интерес на примерах более представительных месторождений рассмотреть минералогию почвенного покрова основных ландшафтно-геохимических участков этих месторождений: Южно-Гайского в Гайском рудном районе, Джусинского в Джусинском рудном районе, Весеннего в Домбаровском рудном районе [1, 2].

Целью данного исследования является изучение минералов и минеральных соединений почвенного покрова месторождения меди Оренбургской области.

Лабораторные исследования материалов,
полевых работ и минералогических опробований

№ п/п	Вид исследования	Количество отобранных проб / шлифов
1	Силикатный анализ на 14 компонентов	69
2	Определение карбонатов по методике Голубева	321
3	Определение гипсов по методике Голубева	122
4	Петрографический анализ	240
5	Микроморфологический анализ	43
6	Минералогический анализ	110
7	Электронный микроскопический анализ	34
8	Термический анализ	87
9	Рентгеноструктурный анализ	20

Материалы и методы исследования

Здесь и были проведены наши полевые работы и минералогическое опробование. Лабораторные исследования полученных материалов включали исследования, представленные в таблице.

Южно-Гайское месторождение расположено в 4 км к югу от современного г. Гая.

На территории Южно-Гайского месторождения сложилась достаточно сложная ландшафтно-геохимическая обстановка благодаря изрезанности рельефа [3]. От краевых приподнятых частей к центру депрессий между ними происходит смена ортоэлювиального-параэлювиального-супераквального ландшафтов.

Большая часть территории Южно-Гайского месторождения представлена параэлювиальным ландшафтом, сложенным отложениями мезокайнозойского возраста. Для указанного ландшафта наиболее типичными являются черноземы южные в комплексе с солонцово-солончаковыми разновидностями. Для почв в этом случае характерен полноразвитый профиль, где содержание гипса не превышает 0,02 %.

Мелкозернистая фракция этих почв – кварц (50 %), полевой шпат (10 %). В наибольшем количестве по сравнению с другими терригенными минералами находятся ильменит и эпидот. Уменьшение стабильных минералов с глубиной происходит следующим образом: ильменита в городе А до 6,5 % в городе С до 1,5 %; циркона до 13,2 и 4,7 соответственно. Отмечается хромит – 10,0 %, магнетит 10,0 %.

Обратное явление было выявлено для нестабильных минералов: их количество существенно возрастает на глубине до следующих отметок: эпидот в городе А до 23,2 %, в городе С до 30,6 %; гранат до 5,2 и 7,0 % соответственно. Кроме этого, нами было обнаружено, что хлорит и глауконит в городе С остаются.

Результаты исследования и их обсуждение

В мелкой фракции этих почв, а также на прилегающих территориях преобладает монтмориллонит. Данное утверждение подкрепляется данными анализа силикатов (отношение диоксида кремния к полуторным окислам составляет более 4), а также результатами исследований предельной гигроскопичности (предельное поглощение влаги наблюдается в интервале от одних до четырех суток).

Микроморфологический анализ глин показал, что грубообломочная часть представлена кварцем, полевым шпатом. Тонкодисперсная часть (60 %) находится в виде агрегатов. Последние неправильной, но в целом изометричной формы. Часть агрегатов имеет пустоты в центре. В тонкодисперсной массе также встречаются пустоты размером до 1 мм. Хорошо развита сложная система сообщающихся пор размером от 0,03 до 0,2 мм. Глина скоагулирована карбонатами. Последние имеют криптокристаллический облик и равномерно распространены по всей массе глины. Встречаются кристаллы гипса вытянутой и ромбической формы. Размер кристаллов 0,5–0,8 мм, иногда крупнее. Приурочены они в основном к трещинам.

В минеральном составе преобладает легкая фракция – 95 %. В составе легкой фракции основным компонентом является кварц – 75 %. Минерал окатанный или угловато-окатанный, в отдельных зернах отмечаются игольчатые включения турмалина и циркона. Вторым по распространенности – 10 % является плагиоклаз кислого состава, серицитизированный, форма угловатая. Да-

лее следует хлорит – 5%, форма – чешуйки, иногда округлые, цвет зеленовато-желтый. Остальное 15% – это слабодиспергированная масса. Тонкодисперсная часть не имеет четко выраженного минералогического облика и состоит из смеси гидрослюды, монтмориллонита и каолинита.

Новообразования особенно богаты гидроксидами железа и марганца. Их формы очень разнообразны. Их количество становится больше с глубиной. Кроме вышеуказанного, необходимо упомянуть о криптокристаллическом кальците. Он способствует коагуляции тонкодисперсной части.

Включения кальцита округлой и овальной формы обусловлены растительными остатками, которые этот минерал выполняют. В изобилии отмечается гипс, привнесенный грунтовыми водами. Марганцовистые (железистые) новообразования представлены дендритами, реже округлыми образованиями, мелкими натечными включениями. Размер зерен гидроокислов до 0,2 мм.

Соотношения в почвенном профиле стабильных и неустойчивых минералов указывают на зрелость верхних горизонтов [2]. Данное утверждение подтверждается корреляцией профиля оксида кремния и полуторных окислов, который в городе А снижается с 7,8 до 6,3 в городе С.

Максимальное содержание карбонатов – 13,19% наблюдается на глубине примерно в 200 см, гипс обнаруживается глубже.

Наличие карбонатов – типичный признак четвертичных глин. В почвах этих видов их содержание одинаково высокое.

В мелкообломочной фракции здесь преобладают кварц и полевой шпат в виде плохо, реже среднеокатанных зерен. Отдельные зерна кварца достигают 0,8 мм. Обломки кварцита еще больше – до 1,0 мм. Продолжает уменьшаться доля устойчивых минералов: ильменита – 1,5%, циркона – 4,7% и т.д. Доля неустойчивых минералов растет: эпидота – 30,6%, граната – 5,2% и т.д. Указанная закономерность свидетельствует о большей зрелости почв. Среди минералов в рассматриваемом горизонте сохранились такие, как глауконит, малахит, хлорит и т.д.

С целью установления состава глинистых минералов, были исследованы термическим и рентгеноструктурным анализами, суспензии сфотографированы на электронном микроскопе. Одновременно пробы подверглись силикатному анализу. На основании этих материалов можно сделать вывод, что в сравнении с нижележащими мезокайнозойскими образованиями глины почв имеют менее сформированный минеральный облик. Их диагностику к тому же затрудняют многочисленные примеси (органические соединения, солевые новообразования и т.п.). По совокупности аналитических данных можно сказать, что преобладающая часть глин представлена минералами монтмориллонитовой группы. В подчиненном отношении находятся гидрослюды и каолинит. О преобладающем значении монтмориллонита говорят также данные силикатного анализа. Этот же факт подтверждается высоким значением емкости поглощения данных почв. Минеральный состав тонкодисперсной фракции почв свидетельствует об относительной молодости рассматриваемых образований и об их формировании в условиях засушливого климата.

Обширное развитие в условиях параэлювиального и связанных с ним ландшафтов имеют солончаковые почвы. Монтмориллонит присутствует также был обнаружен в этих почвах.

Супераквальный ландшафт типичен для центральной и юго-восточной частей области исследования. Озеро Купоросное можно назвать наиболее интересным в этой области. Несмотря на близость к поверхности подземных вод, в этой области не было постоянного заболачивания. Почва и растительность здесь очень сложны. Луговые и лугово-болотные почвы имеют небольшую толщину, развитую на промытой глине и песке. Они представлены торфяно-иловым материалом с множеством переплетенных древесных корней и остатками травяной растительности. Вся масса насыщена гипсом. Содержание карбоната не превышает 0,1%, pH почвы уменьшается до двух. В этих условиях Cu и другие рудные элементы не концентрируются в больших количествах и продолжают следовать дальше. Результаты исследований показали наличие корок квасцов и солей сульфатов имеющих желтоватую ими красноватую окраску. Помимо вышеуказанного, в грунте, вблизи озера и на его берегах, обнаружены следующие оксиды: Fe, Al, Mg. В отличие от ранее исследуемых, в этих почвах были обнаружены гипергенные рудные минералы (малахит), количество которых увеличивается с глубиной.

В условиях ортоэлювиального ландшафта на молодых корах выветривания развиты не до конца сформированные, щебневатые виды чернозема. С глубиной в них увеличивается содержание щебня. В минеральной

части больше всего обнаруживается фрагментов коренных пород. Мелкодисперсная фракция представлена гидрослюдой. Помимо этого, можно отметить достаточно высокое содержание гидроксидов железа, что объясняется большим количеством минерала пирита в подстилающих породах.

Джусинское колчеданнополиметаллическое месторождение расположено в 3 км к югу от станции Тересай.

Вследствие того, что Джусинское месторождение располагается в пределах зоны южных черноземов, здесь сформировался определенный тип растительности. Еще один немаловажный фактор – река Джуса. По данному району она движется и меандрирует в направлении с севера-востока на юго-запад. Это способствует накоплению аллювиальных отложений. Здесь наблюдается ортоэлювиальный ландшафт с сильно колеблющимся аллювиальным покрытием. Вместе это определяет разнообразие почвенного покрова. Это дополняется значительным солончаком и щелочностью, которая имеет сложное происхождение. Первую роль играет южная черноземная почва, подчиненная роль связана с болотными лугами [4, 5].

Более эродированным является северо-западный район месторождения. Границы ландшафта на маломощном элювии (около 0,2 м) обладают вытянутой формой по простиранию пород, наиболее стойких к выветриванию. Границы последних обрамляют ландшафты толщиной до пяти метров и более корой выветривания. В общем ортоэлювиальные ландшафты занимают не менее 30 % площади вышеуказанного участка.

Северо-западную часть участка представленного ортоэлювиальным ландшафтом и характерными для него южными маломощными черноземами [6, 7].

При общей текстуре, ориентированной на профиль текстуры в городе С показывает максимальное содержание глины, что составляет 69,1 процента.

Второй наиболее распространенный тип ландшафта – супераквальный. Данный тип ландшафта включает в себя понижения, поймы. Почвы здесь следующие: луговые, болотные, и т.д.

Содержание солей в разрезе сравнительно маленькое: карбонат около 1 %, гипса – 0,13 %, расположенный ниже.

Из-за снижения уровня воды возник современный пятнистый вид почвы, когда соли были распределены по микро и мезоуровням. Эрозионные процессы также вызвали перераспределение компонентов почвы, как соли, так и минерала.

Весеннее серноколчеданное месторождение, расположено в 4 км южнее района Домбаровки.

Почва здесь тонкая из-за значительной эволюции эрозии. Она обнажил почву до иллювиальной горизонта соли и привел к обширному развитию пятен солонца и солончака. Окрашивание последнего связано с перераспределением влаги, источником солей в микро- и мезорельефных элементах. Эрозионные процессы и значительное содержание соли ухудшили физические свойства почвы и условия роста растений.

Наследуя каолинитовый, реже монтмориллонитовый состава основной коры выветривания, тонко измельченная часть почвы представлена смесью этих минералов. Этот факт подтверждают данные теплового анализа и размер молекулярного отношения диоксида кремния к полуторным окислам. Последние очень сильно изменяются. В верхних горизонтах почвы содержание двуокиси кремния удваивается из-за почвы, которая была недавно обработана.

Вместе со стабильной окисью кремния в городе А накапливается FeO. В городе С движутся более подвижные полторы оксидов алюминия и железа [1]. Содержание Al_2O_3 удваивается, Fe_2O_3 увеличивается в 5 раз. CaO накапливается в нижнем горизонте в количестве 2,42 %. В нижних горизонтах сосредоточены гипсы. Рост данных соединений вниз по разрезу было аналогично обнаружено в минералогических анализах.

Кроме вышеперечисленного, исследования проводились и на участках почв с малой мощностью. Было обнаружено, что их основной состав – лимонит, кварц и эпидот. В меньших количествах найдены: рутил, кианит, силлимонит. Важно также упомянуть про наличие хромита. В почвах участка часто наблюдается повышенное содержание хрома.

Около 20 % участка занято органическим материалом в виде редких участков крупной растительной ткани и главным образом аморфным темно-коричневым материалом. Широко распространены округлые поры каолинита и мелкозернистый кальцит по периферии; в некоторых случаях они полностью представлены агрегатами кальцита. Кальцит в разных вариантах поглощает до 5 % тонкой секции. Наблюдается ожелезнение.

Все небольшие впадины в рельефе подстилающих пород (коры выветрива-

ния) покрыты тонким выщелоченным песчано-суглинистым материалом. На этих породах развиваются темные каштаново-коричневые, средние по мощности, солонцеватые почвы.

Образование почвенного покрова исследуемого участка идет уже давно и соответствует четвертичному периоду. Такое продолжительное время их образования опровергается морфологическим описанием и информацией о составе вышеупомянутых почв. Естественные процессы регионального плана в условиях данной области усугублялись влиянием ветровой и водноэрозионной сил. Эти явления не только определяют минеральный вид, но также и их солевой состав. Физический и химический виды выветривания поспособствовали переносу солевой массы из разрушенного субстрата в почвенный покров. Климат, эрозия, а также высокий уровень грунтовых вод в прошлые геологические эпохи увеличили соленость почвы. В том же направлении оказывали влияние и осадки.

В конечном итоге это привело к широкому развитию комплексов солонцеватых почв.

Выводы

1. На участках месторождения меди в восточной части Оренбургской области фиксируются все основные типы геохимических ландшафтов либо на древних корах выветривания, либо на современных четвертичных отложениях.

2. Минералогический состав почвенного покрова полностью наследует состав подстилающих пород.

3. Основными минералами почвенного покрова остаются кварц и полевой шпат из числа основных; гранат, ильменит, магнетит, ставролит, хромит, эпидот из числа терригенных минералов; каолинит, монтмориллонит, гидрослюда из числа глинистых минералов; гидроокислы железа, марганца из числа новообразований.

4. На распространение минералов и минеральных соединений по профилю почв участков существенное влияние оказывают неотектонические процессы и ксеротермичность климата.

Список литературы / References

1. Байкенова Ю.Г., Байкин Ю.Л. Эффективность технологий экогеохимической рекультивации почв (ТЭРП), загрязненными тяжелыми металлами (ТМ) // Аграрный вестник Урала. 2015. № 4. С. 10–14.

Baikenova Yu.G., Baykin Yu.L. Efficiency technologies environmental and geochemical soil reclamation (ETSR), contaminated with heavy metals (TM) // Agrarian bulletin of the Urals. 2015. № 4. P. 10–14 (in Russian).

2. Черняхов В.Б., Щеглова Е.Г. Геохимические ореолы медноколчеданных месторождений Оренбургского Урала. Оренбург: ОГУ, 2015. 353 с.

Chernyakhov V.B., Shcheglova E.G. Geochemical halos of copper-plated of fields of the Orenburg Urals. Orenburg: OGU, 2015. 353 p. (in Russian).

3. Гусев Н.Ф., Филиппова А.В., Трубников В.В., Немерешина О.Н. Содержание тяжелых металлов в сырье тысячелистника обыкновенного в зоне влияния Гайского горнообогатительного комбината // Известия ОГАУ. 2015. № 6. С. 218–220.

Gusev N.F., Filippova A.V., Trubnikov V.V., Amerasia O.N. The content of heavy metals in raw materials yarrow in the zone of influence of the Gaysky mining and processing plant // Izvestiya OGAU. 2015. № 6. P. 218–220 (in Russian).

4. Черняхов В.Б., Куделина И.В. Экологически опасные элементы в почвенном покрове Джусинского месторождения // Многопрофильный университет как региональный центр образования и науки: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. С. 1939–1944.

Chernyakhov V.B., Kudelina I. V. Ecologically dangerous elements in the soil cover of the Dzhusinskoye field // Multidisciplinary University as a Regional center of education and science: materials of the all-Russian scientific-practical conference. Orenburg: IPK GOU OGU, 2009. P. 1939–1944 (in Russian).

5. Куделина И.В., Панкратьев П.В., Донецкова А.А. Оценка экологического состояния почвенного покрова и подземных вод Джусинского месторождения // Проблемы региональной экологии. 2011. № 5. С. 19–23.

Kudelina I.V., Pankratiev P.V., Donetskova A.A. Assessment of the ecological state of soil cover and groundwater Rusinskogo field // Problems of regional ecology. 2011. № 5. P. 19–23 (in Russian).

6. Шафигуллина Г.Т., Удачин В.Н., Филиппова К.А., Аминов П.Г. Геохимические характеристики техногенных почв горнопромышленных ландшафтов Южного Урала // Вестник академии наук Республики Башкортостан. 2015. Т. 20. № 4. С. 93–101.

Shafigullina G.T., Udachin V.N., Filippova K.A., Aminov P.G. Geochemical characteristics of technogenic soils of mining landscapes of the southern Urals // Herald of the Academy of Sciences of Republic of Bashkortostan 2015. V. 20. № 4. P. 93–101 (in Russian).

7. Зыбалов В.С., Попкова М.А. Влияние тяжелых металлов на агрохимические показатели почв Южного Урала // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2018. Т. 10. № 2. С. 33–40. DOI: 10.14529/chem180204.

Zybalov V.S., Popkov M.A. Influence of heavy metals on agrochemical parameters of soils of the southern Urals. Chemistry Series. 2018. Vol. 10. № 2. P. 33–40 (in Russian).

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 544.65:54.057

ИОННЫЕ ЖИДКОСТИ В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Чабакова А.К., Щепетова Е.В., Абдурахманова Н.М.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань, e-mail: akuanchalieva@rambler.ru

В обзорной статье дан анализ основных направлений применения ионных жидкостей в современном органическом синтезе в качестве экологически безопасных растворителей и эффективных каталитических сред. Описан синтез новых ионных жидкостей, обладающих хорошей экологичностью, вязкостью, способностью к регенерации и неоднократному использованию без предварительной очистки. Реакции с этими ионными жидкостями отличаются мягкими условиями, короткой продолжительностью процесса, легкостью выделения продукта и их хорошими выходами. Преимуществом ионных жидкостей над традиционными растворителями является их нелетучесть, малая токсичность, негорючесть, термическая и химическая стойкость. Они в широком интервале температур остаются в жидком состоянии, являются отличными растворителями многих химических соединений, в том числе комплексных и полимерных материалов. В статье описаны синтезы диамантана в присутствии ионной жидкости $[Et_3NH]^+ [Al_2Cl_7]^-$, 2-арил-2,3-дигидрохинолин-4(1*H*)–онов с использованием бромида 1-октил-4-аза-1-азобицикло[2.2.2]октана ($[C_8dabco]Br$), 2*H*-пиридазино[1,2-a]индазол-1,6,9(11*H*)–триона и 2*H*-индазоло[2,1-b]фталазин-1,6,11-триона с применением N, N-диэтил- N-сульфоэтанаммонийхлорида ($[Et_3N\text{-}SO_3H]Cl$), 1,2,4,5-тетрозамещенных имидазолов в присутствии три(1-бутил-3-метилимидазолий) гексахлорид гадолиния ($[bmim]_3[GdCl_6]$), гетероциклизация *o*-галобензойной кислоты с алкином с использованием [bmim]OH в качестве «зеленого» катализатора и др. Ионные жидкости характеризуются многообразием структур, возможностью многократного применения, высокой ионной проводимостью (более 10^{-4} $Ом^{-1}\cdot см^{-1}$), большим напряжением разложения (более 4 В). В статье приведены не только литературные данные, но и результаты собственных исследований авторов, в частности по синтезу 3-пиррол-3'-илоксоиндолов с карбаматной функцией. Обнаружен значительный каталитический эффект ионных жидкостей, а выход целевых продуктов реакции зависит от природы ионной жидкости. Ионные жидкости успешно применяются для получения самых разных классов органических соединений (пирролов, пиранов, диамантана, альдегидокислот, тиазоло[2,3-b]-хиназолин-3,5(2H)-диона, 5H-тиазоло-[2,3-b]хиназолин-5-она, синтеза 2-арил-2,3-дигидрохинолин-4 (1H)-онов, фитостеролов, имидазолов, пиперидинов, тетрагидропиридинов, индазолов и др.), а также в разнообразных реакциях (циклизация, альдольная конденсация, гетероциклизация, аминолиз, нуклеофильное замещение, окисление и др.).

Ключевые слова: ионная жидкость, органический синтез, гетероциклы, зеленые реагенты, соли имидазолия, катализатор, селективность, рециркуляция

IONIC LIQUIDS IN ORGANIC SYNTHESIS

Chabakova A.K., Shchepetova E.V., Abdurakhmanova N.M.

Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: akuanchalieva@rambler.ru

The review article gives an analysis of the main applications of ionic liquids in modern organic synthesis as environmentally safe solvents and effective catalytic media. The synthesis of new ionic liquids with good ecological compatibility, viscosity, ability to regenerate and repeated use without preliminary purification is described. Reactions with these ionic liquids are distinguished by mild conditions, short duration of the process, ease of product isolation and their good yields. The advantage of ionic liquids over traditional solvents is their non-volatility, low toxicity, and incombustibility, thermal and chemical resistance. They have a wide temperature range of the liquid state; they dissolve different chemical compounds, including metal complexes and polymers. The article describes the synthesis of diamantane in the presence of ionic liquid $[Et_3NH]^+ [Al_2Cl_7]^-$, 2-aryl-2,3-dihydroquinoline-4(1*H*)–ones using bromide 1-octyl-4-aza-1-azobicyclo[2.2.2]octane ($[C_8dabco]Br$), 2*H*-pyridazino[1,2-a]indazole-1,6,9(11*H*)–trione and 2*H*-indazolo[2.1-b]phthalazine-1,6,11-trione using N,N-Diethyl-N-sulfoethanammonium chloride ($[Et_3N\text{-}SO_3H]Cl$), 1,2,4,5-tetrasubstituted imidazoles in the presence of three(1-butyl-3-methylimidazolium) gadolinium hexachloride ($[bmim]_3[GdCl_6]$), heterocyclization of o-halobenzoic acid with alkine using [bmim]OH as a «green» catalyst, etc. Ionic liquids characterized by a variety of structures, the possibility of repeated use, high ionic conductivity (more than 10^{-4} $ohm^{-1} \cdot cm^{-1}$), high decomposition voltage (more than 4 V). The article presents not only literary data, but also the results of the author's own research, in particular on the synthesis of 3-pyrrole-3-yloxyindoles with a carbamate function. A significant catalytic effect of ionic liquids has been discovered, and the yield of the desired reaction products depends on the nature of the ionic liquid. Ionic liquids are successfully used for the synthesis of various classes of organic compounds (pyrroles, pyrans, diamantane, aldehyde acids, thiazolo [2,3-b]-quinazoline-3,5(2H)-dione, 5H-thiazolo[2,3-b]quinazolin-5-one, synthesis of 2-aryl-2,3-dihydroquinoline-4(1H)-ones, phytosterols, imidazoles, piperidines, tetrahydropyridines, indazoles, etc.), as well as in various reactions (cyclization, aldol condensation, heterocyclization, aminolysis, nucleophilic substitution, oxidation, etc.).

Keywords: ionic liquid, organic synthesis, heterocycles, green reagents, imidazole salts, catalyst, selectivity, recirculation

В последнее время соединения под названием «ионные жидкости» вызывают большой интерес у ученых в самых различных областях науки. Прежде всего это связано с тем, что ионные жидкости относят к числу «зеленых» реагентов. Многочисленные исследования посвящены поиску решений экономических и экологических проблем, существующих в мире в настоящее время. Это, прежде всего, загрязнение окружающей среды и нерациональное использование природных ресурсов.

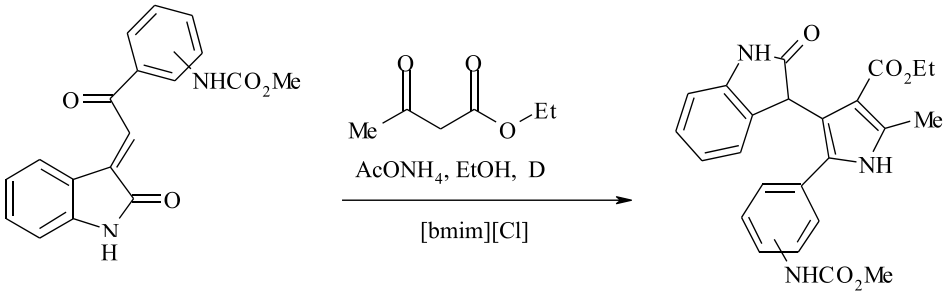
Ионные жидкости представляют собой огромный класс веществ, имеющих в своем составе определенные ионы. Эти соединения впервые были получены в 1914 г. Первая ионная жидкость имела температуру плавления 12 °C и получена была русским ученым П. Вальденом. В первой публикации об ионных жидкостях, которая вышла в 1888 г., говорилось о синтезе нитрата этаноламмония с температурой плавления 52–55 °C. В период с 1940 по 1980 г. было получено большое число самых разнообразных ионных жидкостей. Сейчас они представляют огромный интерес для ученых и в различных источниках информации описывается свыше 500 ионных жидкостей [1].

Ионные жидкости – низкотемпературные ($t_{пл}$ < 100 °C) расплавы солей, используемые в качестве электролитов в электрохимических процессах или среды в химических процессах и процессах разделения. Чаще всего применяют расплавы на основе органических солей. Содержат органические катионы, например диалкилимидазолиевые, алкилпиридиниевые, алкиламмониевые, алкилфосфониевые, и неорганические (Br^-, BF^{-4}, PF^{-6} и др.) либо органические (CF_3COO^-, CF_3SO^{-3} и др.) анионы. Впервые были исследованы П. Вальденом в 1914 г. на примере жидкой при комнатной температуре комплексной соли $[C_2H_5NH_3]^+[NO_3]$. Термин «ионные жидкости» появился в начале 1980-х гг., систематические исследования ионных жидкостей проводятся с 1990-х гг. [2].

Ионные жидкости нелетучи, малотоксичны, негорючи, устойчивы по отношению к высоким температурам и различным химическим веществам, в широком интервале температур остаются в жидком состоянии, являются отличными растворителями для различных химических соединений, в том числе комплексных и полимерных материалов. Ионные жидкости имеют разнообразные структуры (что позволяет варьировать в широких пределах свойства ионных жидкостей, например кислотно-основные или вязкость), пригодны для многократного использования, имеют хорошую ионную проводимость (более 10^{-4} $Ом^{-1}\cdot см^{-1}$), большим напряжением разложения (более 4 В) [2].

Наиболее распространённые ионные жидкости получают N-алкилированием гетероциклических соединений галогеналканами с последующим анионным обменом. Представляет интерес применение ионных жидкостей в роли катализаторов и реакционных сред при получении органических, металлорганических и полимерных соединений, электролитов в электрохимии, гальванических элементов в процессах электроосаждения металлов и сплавов, продуктивных и безвредных для окружающей среды растворителей и экстрагентов, в частности катионов металлов [2].

Большой интерес представляет использование ионных жидкостей в органическом синтезе. Нами изучено взаимодействие халконов (**1, 2**) с этилацетоацетатом и ацетатом аммония в присутствии 10–30 мол. % хлорида 1-*н*-бутил-3-метилимидазолия и тетрафторбората 1-*н*-октил-3-метилимидазолия. Процесс осуществляли кипячением реагентов в абсолютном этаноле [3].

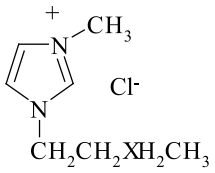
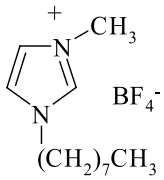


1, 2 **3, 4**

Найдено, что наименьшая продолжительность процесса (3 ч) и наибольшие выходы 3-пиррол-3'-илоксоиндолов (**3, 4**) наблюдаются при использовании 20 мол. % хлорида 1-*н*-бутил-3-метилимидазолия. Применение тетрафторбората 1-*н*-октил-3-метилимидазолия в этих превращениях также приводит к получению пирролоиндолов (**3, 4**) с высокими выходами (88, 90 % соответственно), однако продолжительность процесса при этом возрастает до 4 ч. Повышение концентрации ионной жидкости до 30 мол. % не приводит к увеличению выхода продуктов и сокращению продолжительности реакций (табл. 1) [3].

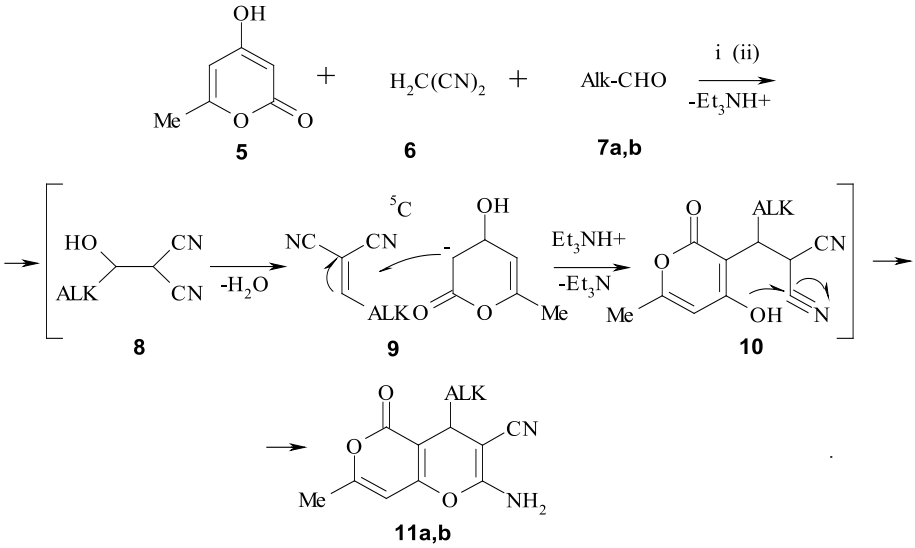
Таблица 1

Выходы 3-пиррол-3'-илоксоиндолов (3, 4) и продолжительность процесса в зависимости от типа и мольной доли ионной жидкости

Ионная жидкость	Концентрация, мол. %	Продолжительность процесса, ч	Выход, % (№ соед.)
	10	6	62 (**3**)
	20	3	91 (**3**) 92 (**4**)
	30	3	90 (**3**) 92 (**4**)
	10	7	43 (**3**) 56 (**4**)
	20	4	88 (**3**) 90 (**4**)
	30	4	89 (**3**)

Интересно использование ионной жидкости [bmim][PF_6] в одностадийном синтезе замещенных 2-амино-7-метил-5-оксо-4,5-дигидропирано[4,3-6]пиранов.

Хороший выход пирано[4,3-6]пиранов (**11a,b)** заметен при замене EtOH на [bmini][PF_6] в реакции пиранона **5**, малононитрила **6** и алифатических альдегидов **7**. При этом для осуществления реакции также нужно добавлять в реакционную массу в качестве катализатора Et_3N. Эффективность применения [bmim][PF_6], скорее всего, можно связать с различной скоростью элиминирования воды из образующегося в промежуточной стадии альдоля **8** в ионной жидкости и в EtOH [4].

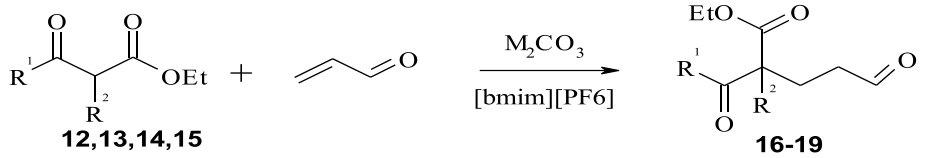


7, 11: ALK = $CHMe_2$ **(a);** CH_2CHMe_2 **(b)**

Реагенты и условия: i) EtOH, Et_3N, Δ; ii) [bmim][PF_6], Et_3N, 70 °C

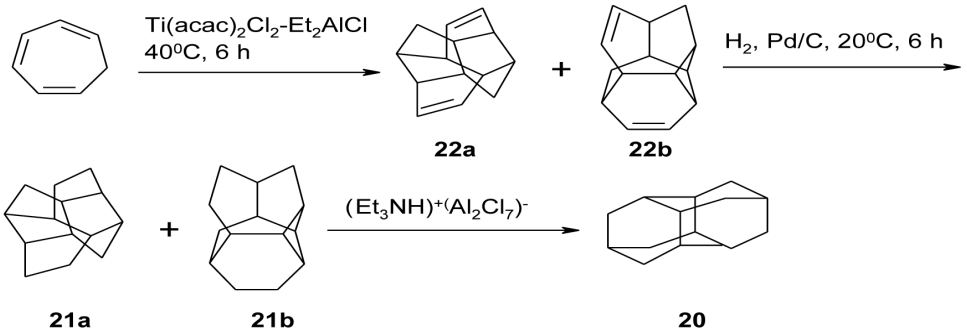
Полученные результаты показывают, что осуществление альдольной конденсации в ионных жидкостях значительно увеличивает скорость реакции и выход продуктов конденсации [4].

Ионные жидкости в качестве растворителей могут многократно использоваться в реакциях. Например, это было показано в реакции СН-кислот **12, 13, 14, 15** с акролеином в ионной жидкости [bmim][PF_6]. В результате реакции образуются с умеренными выходами аддукты Михаэля **16—19**. Повышению выходов альдегидокислот **16—19** благоприятствует применение «мягкого» депротонирующего агента карбоната натрия и инициирование системы ультразвуком [5].

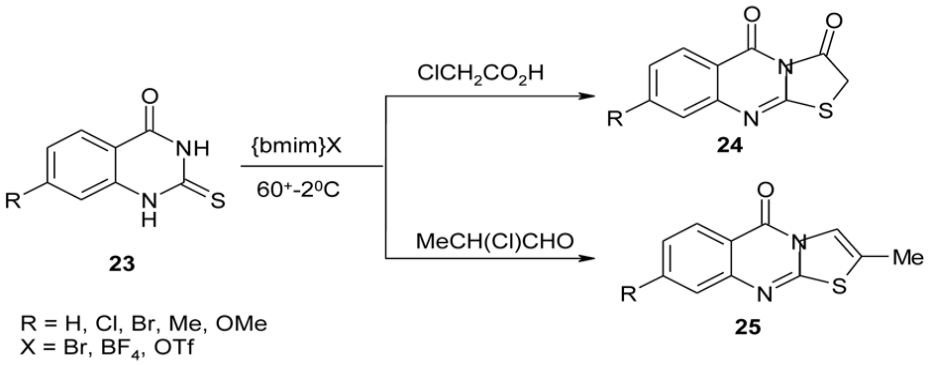


Ионную жидкость [bmim][PF_6] регенерировали и использовали неоднократно в нескольких реакционных циклах без уменьшения выходов и чистоты продуктов присоединения. Практически количественная регенерация спектроскопически чистой ионной жидкости свидетельствует о том, что она не взаимодействует в изученных условиях с компонентами реакционной смеси, в частности с карбонатами металлов и анионами СН-кислот. Применение ионной жидкости [bmim][PF_6] позволило повысить выход соединения **19**, являющегося ключевым интермедиатом в синтезе 5,9-диметил-2-(3-N,N- диметиламинопропил)додека-4,8-диеновой кислоты – эффективного средства для лечения инфаркта миокарда [5].

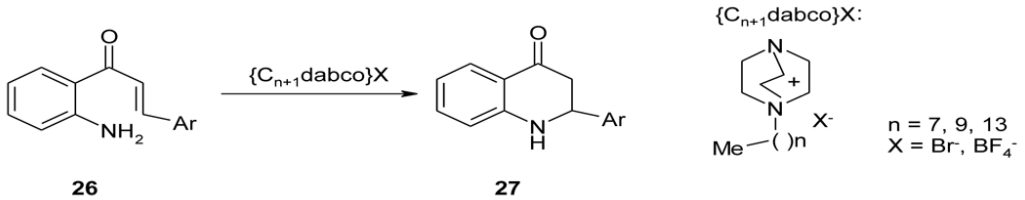
Диамантан **20** синтезирован с выходом 91–97% путем скелетной изомеризации смеси гидрогенизированных димеров циклогепта-1,3,5-триена, пентацикло[8.4.0.$0^{3,7}$.$0^{4,14}$.$0^{6,11}$]тетрадекана **21a** и пентацикло[7.5.0.$0^{2,8}$.$0^{5,14}$.$0^{7,11}$]тетрадекана **21b** в соотношении 3 : 2 в присутствии ионной жидкости $[Et_3NH]^+$ $[Al_2Cl_7]^-$ [6].



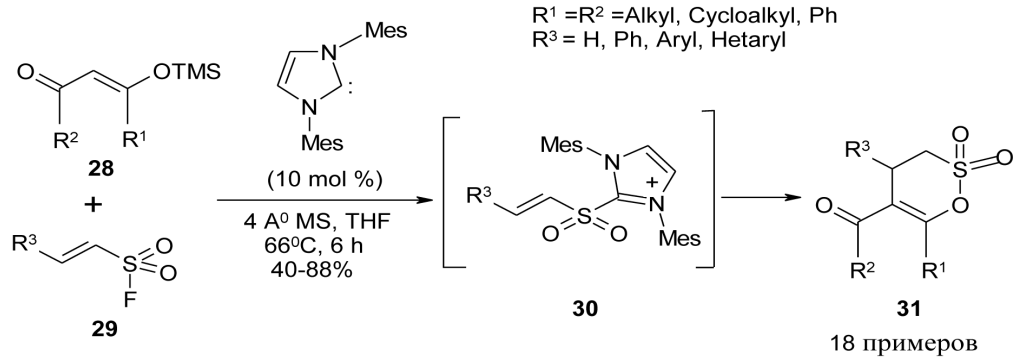
Известно о применении трех различных ионных жидкостей [bmim]X (X = Br, BF_4, OTf) в реакции циклизации 2-тиоксо-2,3-дигидрохиназолин-4(1*H*)-онов **23** с 2-хлороуксусной кислотой или 2-хлорпропанолом в атмосфере азота при температуре ~60 °C для синтеза производного тиазоло[2,3-b]-хиназолин-3,5(2*H*)-диона **24** и производного 5*H*-тиазоло-[2,3-b]хиназолин-5-она **25** соответственно. Наилучшие выходы соединений **24,25** получены при использовании [bmim]OTf (83-92 и 82-91 % соответственно) [7].



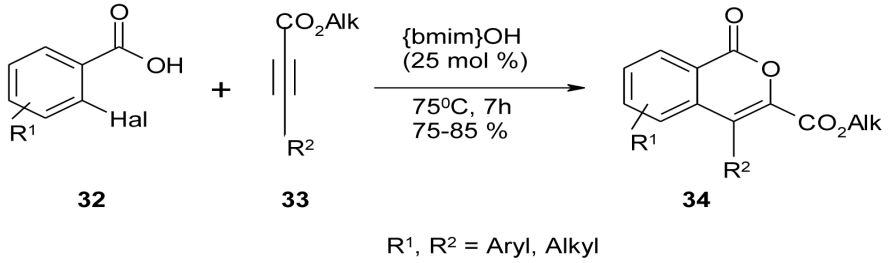
Современный эффективный синтез 2-арил-2,3-дигидрохинолин-4(1*H*)–онов **27** был предложен с применением внутримолекулярной циклизации 2-аминохалконов **26**, ускоряемой бромидом 1-октил-4-аза-1-азобицикло[2.2.2]октана ([C8dabco]Br). Возможность повторного использования катализатора, высокие выходы продуктов, простое выделение продуктов и высокая атомная эффективность – достоинства этого метода [8].



О получении N-гетероциклического карбен-катализируемого (NHC) δ-султона **31** с использованием триметилсилильных эфиров енола **28** и α,β-ненасыщенных сульфонилфторидов **29** через α, β-ненасыщенный сульфонилазолиевый интермедиат **30** сообщалось в работе [9]. Реакция умеренно чувствительна к электронным эффектам заместителей в исходных веществах: электронодефицитные и электроноизбыточные сульфонилфториды превращаются в соответствующие султоны практически с одинаковой скоростью. В этой удобной методике может быть использован как алифатический, так и ароматический триметилсилильный эфир енола. В случае несимметричных триметилсилильных эфиров енола региоселективность реакции была умеренной [9].

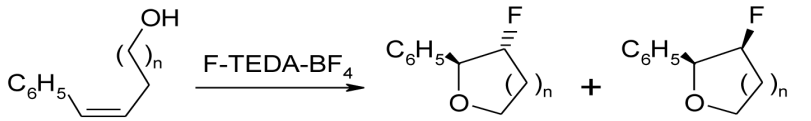


Разработана эффективная и экологически безопасная гетероциклизация *о*-галобензойной кислоты **32** с алкином **33** с использованием [bmim]OH в качестве «зеленого» катализатора. Эта методология дает высокие выходы, а также позволяет ввести различные функциональные группы. Выделение и повторное использование [bmim]OH позволяет широко использовать данную методологию [10].



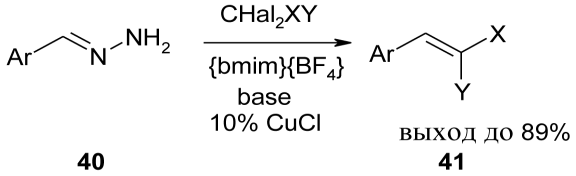
Фитостеролы эффективны в снижении холестерина в плазме. Известно исследование, направленное на создание зеленого и высокоэффективного метода синтеза линолената фитостерола с использованием кислотной ионной жидкости Bronsted (IL) в качестве катализатора для улучшения растворимости фитостерола в масле. Продукт отделяли, анализировали и затем характеризовали с использованием тонкослойной хроматографии, инфракрасной спектроскопии и масс-спектрометрии. Преобразование фитостеролов может достигать 96 % за очень короткое время (30 мин) при следующих оптимальных условиях: 3 %-ный трифторметансульфонат 1-бутилсульфонат–3-метилимидазолия ([BSO_3HMim] OTf) в качестве катализатора, 110 °C и 1: 1,75 М фитостеринов и этиллинолената. Установлено, что [BSO_3HMim]OTf является потенциальным катализатором синтеза эфира фитостерола. Растворимость линолената фитостерола в масле должна быть намного больше, чем растворимость соответствующих свободных фитостеринов [11].

Фторциклизация *цис*-алкенолов **35a** и **35b** с помощью F-TEDA-BF_4 была проведена в нитрометане и [emim][CF_3SO_3] в качестве реакционной среды. Фторциклизация *цис*-алкенола **35a** в нитрометане при 25 °C и 80 °C, а также в [emim][CF_3SO_3] при 105 °C протекает с предпочтительным образованием *цис*-изомера **38** с низкой стереоселективностью. Интересно отметить, что снижение температуры реакции в ионной жидкости до 80 °C уменьшает выход *цис*-изомера **38**. В случае фторциклизации *цис*-алкенола **35b** в ионной жидкости при 80 °C *цис*-продукт **39** был получен с лучшей стереоселективностью по сравнению с реакцией в нитрометане [12].



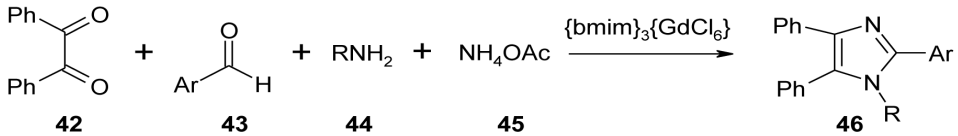
(cis-) **35a**, n=2 **35b**, n=1 | (trans-) **36**, n=2 **37**, n=1 | (cis-) **38**, n=2 **39**, n=1

Найдено, что ионные жидкости являются превосходными средами для реакций, катализируемых медью, например в реакции каталитического олефинирования. В результате появился новый зеленый подход к галогеноалкенам. Отмечена возможность проведения до 5 циклов реакции без регенерации катализатора и без снижения выхода целевых продуктов. В результате скрининга ряда различных ионных жидкостей было выявлено, что тетрафторборат 1-бутил-3-метилимидазолия ([bmim][BF_4]) является наиболее эффективным растворителем. Мягкие условия, высокая атомная эффективность по сравнению с другими известными методами, низкое количество отходов и возможность извлечения и повторного использования ионной жидкости являются преимуществами предлагаемого метода [13].



X=F, Cl, Br; Y=Cl, Br,CF_3, CO_2Et

Магнитная ионная жидкость, три(1-бутил-3-метилимидазолий) гексахлорид гадолиния ([bmim]$_3$[$GdCl_6$]), была использована в качестве эффективного зеленого катализатора в *one-pot* синтезе 1,2,4,5-тетразамещенных имидазолов **46** путем конденсации бензила **42**, ароматического альдегида **43**, амина **44** и ацетата аммония **45**. Отличная селективность, мягкие условия реакции, а также легкость выполнения эксперимента – только некоторые преимущества данного метода [14].

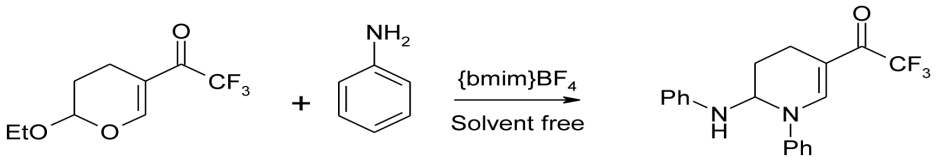


Ar=C6H6, **43a**
Ar=4-MeC6H4, **43b**
Ar=4-ClC6H4, **43c**

R=benzyl, **44a**
R=phenyl, **44b**
R=cyclohexyl, **44c**
R=ethyl, **44d**

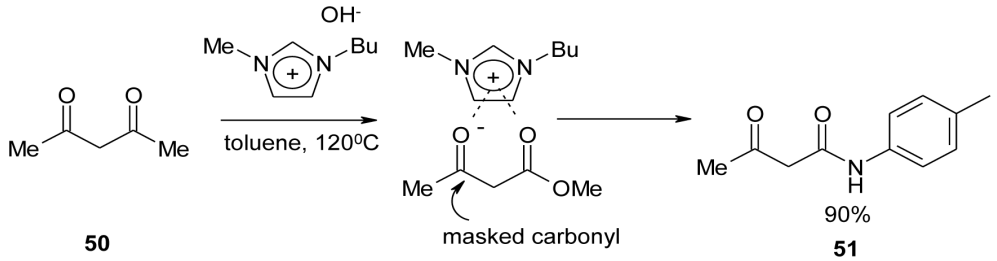
Функционализированные пиперидины или тетрагидропиридины имеют важное значение в качестве строительных блоков для синтеза многочисленных классов азотистых гетероциклических соединений, включая природные соединения. Методики синтеза, описанные в литературе для получения этого класса соединений, характеризуются сложностями выделения продуктов из смеси реагентов и их очисткой, требующей использования вредных органиче-

ских растворителей при больших значениях температур, большой длительностью по времени и многостадийностью реакций. Ионные жидкости помогают в решении этих проблем. Известно о получении 1-арил-2-ариламино-5-трифторацетил-1,2,3,4-тетрагидропиридинов **49** из циклических енонов **47** и ариламинов **48** с отличными выходами (87–97%), при этом продолжительность реакций варьировала в широком диапазоне в зависимости от используемого метода. В то же время при использовании тетрафторбората 1-бутил-3-метилимидазолия [bmim] BF_4 при микроволновом облучении продолжительность реакции уменьшалась до 1 мин, что свидетельствует о синергетическом эффекте [15].



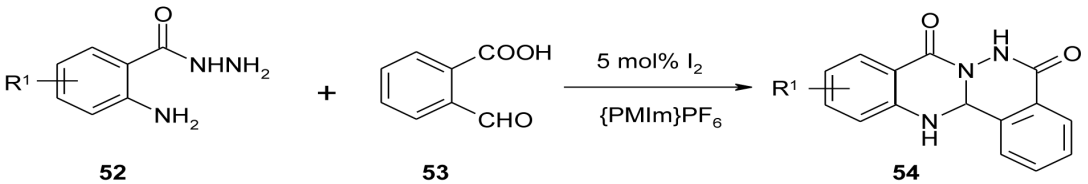
47 **48** **49**

Ионная жидкость основания Бренстеда позволила осуществить селективный аминолиз сложного эфира 50 с получением ацетоацетамидных производных 51. Другая ионная жидкость, бромид 1-бутил-3-метилимидазолия, выполняет продуктивный катализ с использованием карбонильных групп ацетоуксусного эфира и *о*-фенилендиамина при высоких температурах с получением бензимидазолов с помощью разрыва связи С-С в промежуточном 1,5-бензодиазепиноне без растворителей [16].



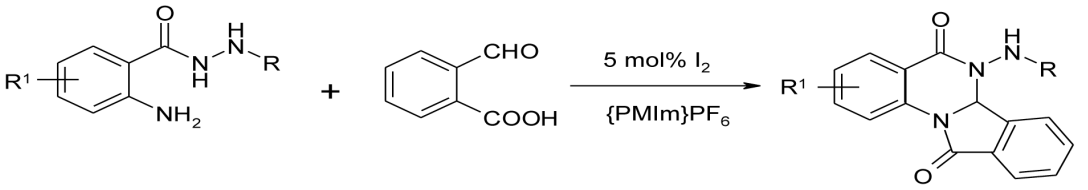
50 **51**

Хемоселективные реакции 2-аминобензогидразидов **52** и 2- формилбензойной кислоты **53**, описанные в получении 5*H*-фталазино[1,2-b] хиназолина **54** и изоиндоло[2,1-a] хиназолина **55** осуществляются в ионных жидкостях, с использованием иода в качестве катализатора. Установлено, что тип продуктов зависит от стерического эффекта в 2-аминобензогидразиде [17].



52 **53** **54**

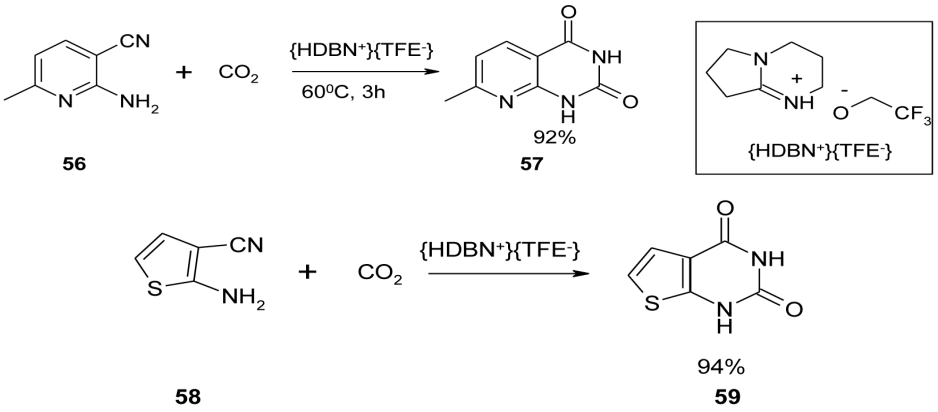
R^1 = H, 5-CH_3, 4-Cl, 5-Cl, 5-F, 5-Br, 6-Cl



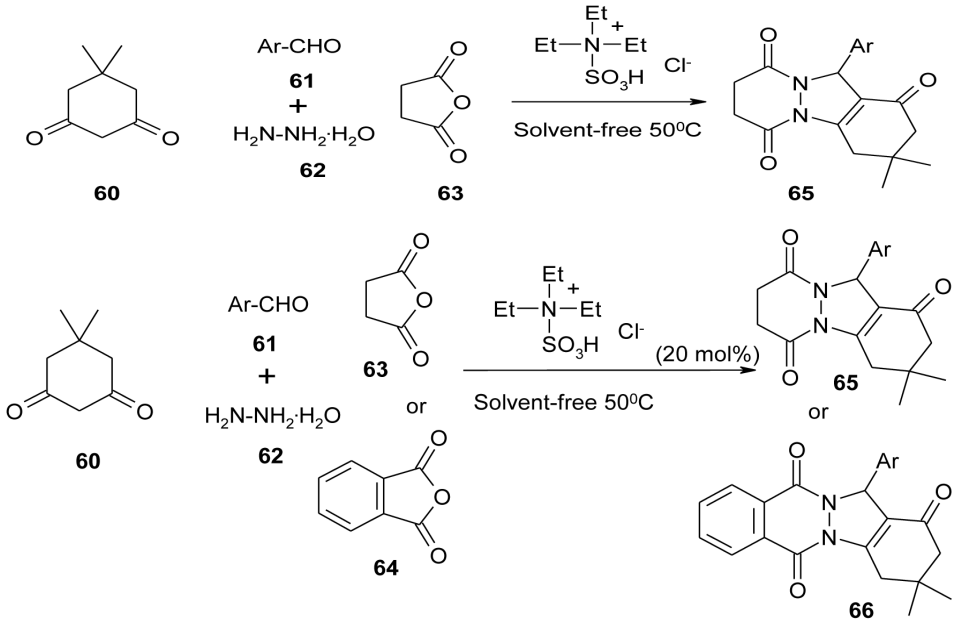
52 **53** **55**

R = 4-MeC_6H_4, Ph, 4-MeC_6H_4, 4-ClC_6H_4, Ph, Ph, 4-MeC_6H_4, Ph, Ph, 4-MeC_6H_4
R[1] = 5-Br, 5-CH_3, H, 5-Br, H, 5-Cl, 4-Cl, 5-Br, 5-CH_3, 4-Cl

Разработана эффективная ионная жидкая система для получения пиримидин-2, 4(1*H*, 3*H*)–дионов с умеренными и отличными выходами (52–95 %). Обнаружено, что [HDBN +] [TFE-], простая и легко получаемая ионная жидкость, может действовать как растворитель и катализатор реакции. Эти реакции могут эффективно осуществляться при взимодействии *o*-аминогетарилнитрилов с CO_2 при атмосферном давлении [18].

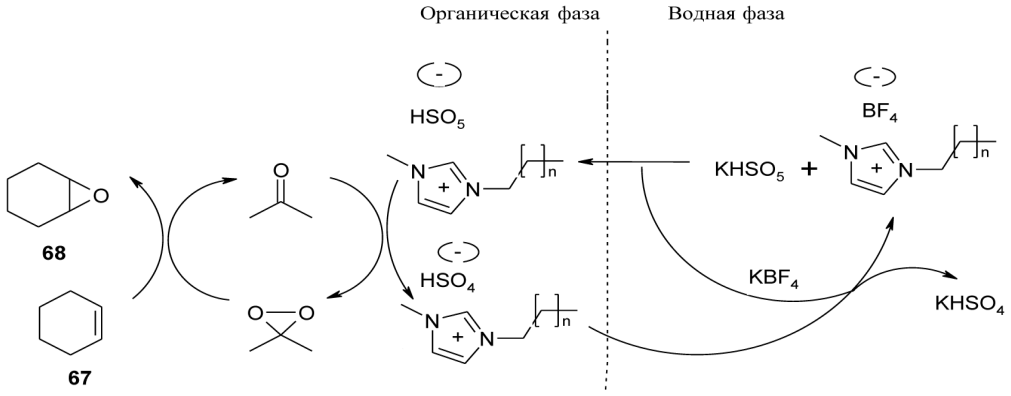


Был разработан быстрый и эффективный *one-pot* четырехкомпонентный синтез нового 2*H*-пиридазино[1,2-a]индазол-1,6,9(11*H*)–триона (**65**) и 2*H*-индазоло[2,1-b]фталазин-1,6,11-триона (**66**) с использованием стабильной и ионной жидкости Бренстеда, N, N-диэтил- N-сульфоэтанаммонийхлорида ($[Et_3N\text{-}SO_3H]Cl$). В этом превращении использовался ряд разнообразных альдегидов и получены соответствующие продукты с хорошими и отличными выходами без каких-либо побочных продуктов [19].

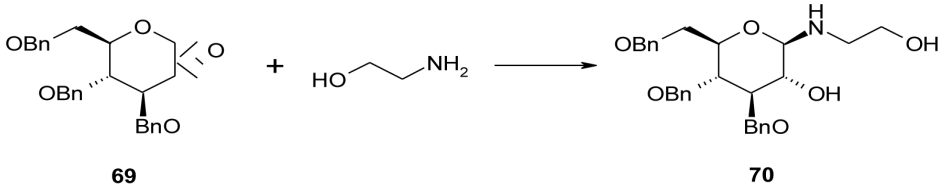


Сообщается об эффективном синтезе новых конденсированных пиридинов трехкомпонентной конденсацией альдегидов, койевой кислоты и 6-амино-1,3-диметилурацила, катализируемой ионной жидкостью гидросульфатом аминопропил-1,3,5-триазин-2,4-дифосфония. Катализатор наносился на функционализированный нанокремнезем в отсутствии растворителей. Бис-производные этих соединений легко синтезировали из диальдегидов. Этот метод имеет ряд преимуществ: мягкие условия, высокие выходы, короткое время реакции, легкое выделение и экологичность процесса. Кроме того, катализатор можно легко выделить из реакционной смеси, регенерировать и неоднократно использовать без заметного снижения каталитической активности [20].

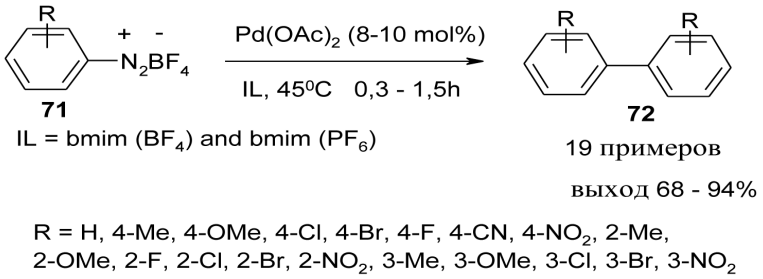
Установлено, что ионные жидкости катализируют эпоксидирование сахаров, работая как межфазные катализаторы. 1,2-Ангидросахара синтезированы реакцией окисления диметилдиоксирана, образующегося *in situ* из оксона и ацетона с участием амфифильных ионных жидкостей в качестве катализаторов. β-O-гликозиды синтезированы с хорошими выходами путем раскрытия эпоксидного цикла углеводных производных под действием нуклеофилов. Кроме того, этим способом могут быть получены 3,4,6-бензилзащищенные углеводы и β-N-гликозиды [21]. На схеме, приведенной ниже, показано эпоксидирование циклогексена **67** диметилдиоксираном при участии ионной жидкости с образованием эпоксидного производного **68**.



Раскрытие эпоксидного цикла 1,2-ангидросахара **69** под действием этаноламина с образованием соответствующего производного **70** проиллюстрировано ниже на схеме.

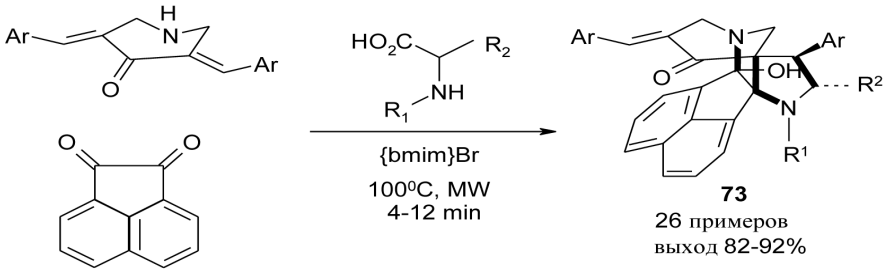


Предложен высокоэффективный и удобный метод получения симметричных биарилов **72** из солей арилдиазония **71** с использованием небольших количеств $Pd(OAc)_2$ и доступных ионных жидкостей на основе имидазола, без окислителей, летучих растворителей, лигандов и добавок. Высокий выход продукта, легкое выделение, регенерация и повторное использование ионных жидкостей являются важными преимуществами этого метода [22].



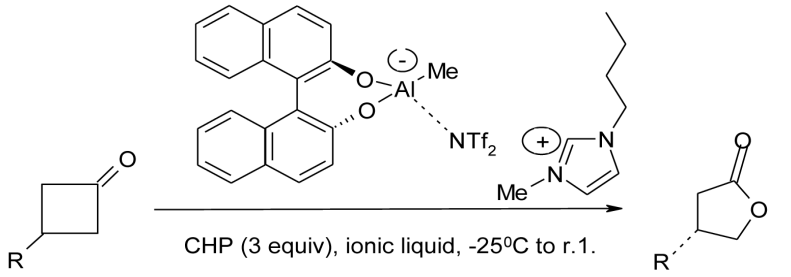
Синтезированы серии новых ионных жидкостей, обладающих хорошей экологичностью, вязкостью, способностью к регенерации и неоднократному использованию без предварительной очистки [23–25]. Реакции с этими ионными жидкостями отличаются мягкими условиями, короткой продолжительностью процесса, легкостью выделения продукта и их хорошими выходами [26–28].

Библиотека новых бифункциональных полициклических структур **73** была впервые синтезирована в ионной жидкости, в бромиде 1-бутил-3-метилимидазолия, в условиях микроволнового облучения, в одном реакторе трехкомпонентной реакцией [3+2]-циклоприсоединения с последующим аннелированием, с хорошими и отличными выходами. Созданные таким образом циклические системы содержат в качестве структурных элементов мостиковые, конденсированные и спиросочлененные кольца с полной регио- и стереоселективностью через образование двух C-C и двух C-N связей, что ведет к образованию двух азагетероциклических колец и пяти смежных стереогенных атомов углерода, три из которых являются четвертичными [29].



Ar = Ph, 2-MeOC6H4, 2-ClC_6H_4, 2-BrC_6H_4, 4-ClC_6H_4, 4-BrC_6H_4, 4-FC_6H_4
R_1 = H, R_2 = Ph

Описана новая каталитическая система для асимметричного окисления монозамещенных прохиральных циклобутанонов по реакции Байера – Виллигера с γ-бутиролактонами с высоким выходом (40–99%) и энантиоселективностью (45–87%). Представлены алюминиевые комплексы с биарильными лигандами и ионными жидкостями. Включение ионной жидкости в сложную структуру подтверждается наблюдаемой четырехкоординатной природой алюминия [30].



R = Ph, *p*-$MeOC_6H_4$, 4-ClC_6H_4, *n*-Bu

выход 40-99%

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что ионные жидкости широко используются в органическом синтезе как «зеленые» растворители и как каталитические среды для получения различных классов органических соединений.

Список литературы / References

1. Бурмистр М.В., Свердликовская О.С., Бурмистр О.М., Феденко О.А. Современное состояние и основные тенденции развития перспективных ионных жидкостей // Вестник Удмуртского университета. Физика. Химия. 2012. № 1. С. 55–68.

Steward M.V., Sverdlovskaya O.S., Steward O.M., Fedchenko O.A. Current state and basic tendencies of development of perspective ionic liquids // Vestnik of Udmurt University. Physics. Chemistry. 2012. № 1. P. 55–68 (in Russian).

2. Выгодский Я.С. Ионные жидкости [Электронный ресурс]. URL: http://knowledge.su/i/ionnye-zhidkosti (дата обращения: 17.08.2018).

Vygodsky Ya.S. Ionic liquid [Electronic resource]. URL: http://knowledge.su/i/ionnye-zhidkosti (date of access: 17.08.2018) (in Russian).

3. Великородов А.В., Куанчалиева А.К., Ионова В.А. Синтез 3-пиррол-3′-илоксиндолов с карбаматной функцией // Журнал органической химии. 2011. Т. 47. № 11. С. 1679–1681.

Velikorodov A.V., Kuanchalieva A.K., Ionova V.A. Synthesis of 3-Pyrrol-3′-yloxindoles with a Carbamate Function // Russian Journal of Organic Chemistry. 2011. Vol. 47. № 11. P. 1715−1717. DOI: 10.1134/S1070428011110108/

4. Шестопалов А. М., Злотин С.Г., Шестопалов А.А., Мортиков В.Ю., Родиновская Л.А. Кросс-реакции производных циануксусной кислоты и карбонильных соединений. Одностадийный синтез замещенных 2-амино-7-метил-5-оксо-4,5-дигидропирано[4,3-й]пиранов в этаноле и ионной жидкости [bmim][PF_6] // Известия академии наук. Серия химическая. 2004. № 3. С. 546–552.

Shestopalov A.M., Zlotin S.G., Shestopalov A.A., Mortikov V.Y., Rodinovskaya L.A. Cross-reactions linuxprog acid derivatives and carbonyl compounds. One-step synthesis of substituted 2-amino-7-methyl-5-oxo-4,5-dihydropyrano[4,3-d]

of pirano in ethanol and ionic liquid [bmim][PF6] // Izvestiya akademii nauk. Seriya ximicheskaya.2004. № 3. P. 546–552 (in Russian).

5. Крышталь Г. В., Жданкина Г.М., Астахова Ч.В., Злотин С.Г. Реакции СН-кислот с а,β-непредельными альдегидами в ионных жидкостях // Известия академии наук. Серия химическая. 2004. № 3. С. 618–621.

Kryshtal G.V., Zhdankina G.M., Astakhov H.V., Zlotin S.G. Reactions of CH-acids with a,β-unsaturated aldehydes in ionic liquids // Izvestiya akademii nauk. Seriya ximicheskaya. 2004. № 3. P. 618–621 (in Russian).

6. Аминов Р.И., Хуснутдинов Р.И. Синтез диамантана путем скелетной изомеризации гидрированных циклогепта-1,3,5-триеновых димеров в ионной жидкости $[Et_3NH]^+[Al_2Cl_7]^-$ // Журнал органической химии. Т. 53. 2017. № 12. С. 1845–1847.

Aminov R.I., Khusnutdinov R.I. Diamantan Synthesis by skeletal isomerization of hydrogenated cyclohept-1,3,5-triene dimers in ionic liquid $[Et_3NH]^+[Al_2Cl_7]^-$// Russian Journal of Organic Chemistry. 2011. Vol. 53. № 12. P. 1881–1883 DOI: 10.1134/S107042801712017X.

7. Bekheit M.S., Farahat A.A., Abdel-Wahab B.F. Synthetic routes to thiazoloquinazolines. Chemistry of Heterocyclic Compounds. 2016. vol. 52. no. 10, P. 766–772. DOI: 10.1007/s10593-016-1961-0.

8. Derabli C., Mahdjoub S., Boulcina R., Boumoud B., Merazig H., Debache A.. [C8dabco]Br: a mild and convenient catalyst for intramolecular cyclization of 2-aminochalcones to the corresponding 2-aryl-2, 3-dihydroquinolin-4(1H)-ones. Chemistry of Heterocyclic Compounds. 2016. vol. 52. no. 2. P. 99–103. DOI: 10.1007/s10593-016-1840-8.

9. Pustenko A., Zalubovskis R. Recent advances in sultone synthesis (microreview). Chemistry of Heterocyclic Compound. 2017. vol. 53. no. 12. P. 1283–1285. DOI: 10.1007/s10593-018-2208-z.

10 Saeed A., Larik F.A. Metal-free synthesis of isocoumarins (microreview). Chemistry of Heterocyclic Compounds. 2016. vol. 52. no. 7. P. 450–452. DOI: 10.1007/s10593-016-1911-x.

11. He W-S., Li L-L., Huang Q-J., Yin J., Cao X-C. Highly efficient synthesis of phytosterol linolenate in the presence of Bronsted acidic ionic liquid. Food Chemistry. 2018. vol. 263. P. 1–7. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.04.107.

12. Lourie L.F., Serguchev Y.A., Ponomarenko M.V., Rusanov E.B., Vovk M.V., Ignat'ev N.V. Electrophilic fluorocyclization of unsaturated alcohols in ionic liquids. Tetrahedron. 2013. vol. 69. no. 2. P. 833–838. DOI: 10.1016/j.tet.2012.10.094.

13. Muzalevskiy V.M., Shastin A.V., Shikhaliev N.G., Magerramov A.M, Teymurova A.N., Nenajdenko V.G. Ionic liquids as a reusable media for copper catalysis. Green access to alkenes using catalytic olefination reaction. Tetrahedron. 2016. vol. 72. no. 45. P. 7159–7163. DOI: 10.1016/j.tet.2016.09.050.

14. Akbari A. Tri(1-butyl-3-methylimidazolium) gadolinium hexachloride, ($[bmim]_3[GdCl_6]$), a magnetic ionic liquid as a green salt and reusable catalyst for the synthesis of tetrasubstituted imidazoles. Tetrahedron Letters. 2015. vol. 57. no. 3. P. 431–434. DOI: 10.1016/j.tetlet.2015.12.053.

15. Andrade V.P., Mittersteiner M., Lobo M.M., Frizzo C.P., Bonacorso H.G., Martins M., Zanatta N. A comparative study using conventional methods, ionic liquids, microwave irradiation and combinations thereof for the synthesis of 5-trifluoroacetyl-1,2,3,4-tetrahydropyridines. Tetrahedron Letters. 2018. vol. 59. no. 10. P. 891–894. DOI: 10.1016/j.tetlet.2018.01.059.

16. Chakraborty A., Majumdar S., Maiti D.K. Selective exploitation of acetoacetate carbonyl groups using imidazolium based ionic liquids: Synthesis of 3-oxo-amides and substituted benzimidazoles. Tetrahedron Letters. 2016. vol. 57. no. 30. P. 3298–3302. DOI: 10.1016/j.tetlet.2016.06.048.

17. Jin R-Z., Zhang W-T., Zhou Y-J., Wang X-S. Iodine-catalyzed synthesis of 5*H*-phthalazino[1,2-*b*]quinazoline and isoindolo[2,1-*a*]quinazoline derivatives via a chemoselective reaction of 2-aminobenzohydrazide and 2-formylbenzoic acid in ionic liquids. Tetrahedron Letters. 2016. vol. 57. no. 23. P. 2515–2519. DOI: 10.1016/j.tetlet.2016.04.101.

18. Li C., Lu X., Yang Y., Yang S., Zhang L. Ionic liquid promoted synthesis of heterocycle-fused pyrimidine-2,4(1*H*,3*H*)-diones utilising CO_2. Tetrahedron Letters. 2018. vol. 59. no. 25. P. 2463-2466. DOI: 10.1016/j.tetlet.2018.05.043.

19. Pouramiri B., Kermani E.T. One-pot, four-component synthesis of new 3,4,7,8-tetrahydro-3,3-dimethyl-11-aryl-2*H*-pyridazino[1,2-*a*]indazole-1,6,9(11*H*)-triones and 2*H*-indazolo[2,1-*b*]phthalazine-1,6,11(13*H*)-triones using an acidic ionic liquid *N,N*-diethyl-*N*-sulfoethanammonium chloride ($[Et_3N–SO_3H]Cl$) as a highly efficient and recyclable catalyst. Tetrahedron Letters. 2016. vol. 57. no. 9. P. 1006–1010. DOI: 10.1016/j.tetlet.2016.01.074.

20. Rahmani F., Mohammadpoor-Baltork I., Khosropour A.R., Moghadam M., Tangestaninejad S., Mirkhani V. Efficient one-pot synthesis of new fused pyridines and bis-pyridines catalyzed by triazine diphosphonium hydrogen sulfate ionic liquid supported on functionalized nano-silica. Tetrahedron Letters. 2016. vol. 57. no. 21. P. 2294–2297. DOI: 10.1016/j.tetlet.2016.04.053

21. Santiago C.C., Lafuente L., Bravo R., Díaz G., Ponzinibbio A. Ionic liquids as phase transfer catalysts: Enhancing the biphasic extractive epoxidation reaction for the selective synthesis of b-O-glycosides. Tetrahedron Letters. 2017. vol. 58. no. 38. P. 3739–3742. DOI: 10.1016/j.tetlet.2017.08.033.

22. Savanur H.M., Kalkhambkar R.G., Laali K.K. $Pd(OAc)_2$ catalyzed homocoupling of arenediazonium salts in ionic liquids: synthesis of symmetrical biaryls. Tetrahedron Letters. 2016. vol. 57. no. 6. P. 663–667. DOI: 10.1016/j.tetlet.2015.12.108.

23. Xu H., Pan L., Fang X., Liu B., Zhang W., Lu M., Xu Y., Ding T., Chang H. Knoevenagel condensation catalyzed by novel Nmm-based ionic liquids in water. Tetrahedron Letters, 2017, vol. 58, no. 24, P. 2360–2365. DOI: 10.1016/j.tetlet.2017.05.006.

24. Periyasami G, Arumugam N, Aldalbahi A. Inexpensive ionic liquid mediated green synthetic approach of multi-functionalized regioselective β-lactam fused isoxazolidine heterocyclic hybrids. Tetrahedron, 2017, vol. 73, no. 4, P. 322–330. DOI: 10.1016/j.tet.2016.12.004.

25. Reddy M.V., Byeon K.B., Park S.H., Kim D.W. Polyethylene glycol methacrylate-grafted dicationic imidazolium-based ionic liquid: Heterogeneous catalyst for the synthesis of aryl-benzo[4,5]imidazo[1,2-*a*]pyrimidine amines under solvent-free conditions. Tetrahedron. 2017. vol. 73. no. 35. P. 5289–5296. DOI: 10.1016/j.tet.2017.07.025.

26. Li W., Dai S., Li D., Zhang Q., Fan H., Zhang T., Zhang Z. Redox reaction: a new route for the synthesis of water-miscible imidazolium ionic liquids. Synthesis. 2017. vol. 49. no. 5. P. 1065–1072. DOI: 10.1055/s-0036-1589402.

27. Palit S., Bera S., Singh M., Mondal D. Synthesis of novel indazole-derived ionic liquids. Synthesis. 2015. vol. 47. no. 21. P. 3371–3384. DOI: 10.1055/s-0034-1381135.

28. Speziali M.G., Monteiro A.L. Synthesis of imidazole-derived ionic liquids from monoterpenes by means of the sonogashira reaction. Synthesis. 2012. vol. 44. no. 22. P. 3505–3511. DOI: 10.1055/s-0032-1317354.

29. Kumar R.S., Almansour A.I., Arumugam N., Menéndez J.C., Osman H., Kumar R.R. Dipolar cycloaddition-based multicomponent reactions in ionic liquids: a green, fully stereoselective synthesis of novel polycyclic cage systems with the generation of two new azaheterocyclic rings. Synthesis. 2015. vol. 47. no. 18. P. 2721–2730. DOI: 10.1055/s-0034-1379931.

30. Drożdż A., Foreiter M.B., Chrobok A. Stable chiral complexes of ionic liquids with aluminium and biaryl ligands as efficient catalysts for the synthesis of chiral lactones. Synlett. 2014. vol. 25. no. 4. P. 559–563. DOI: 10.1055/s-0033-1340518.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.46:574.587

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ГИДРОБИОНТОВ В УСЛОВИЯХ ОСВОЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Агарков С.А., Козьменко С.Ю., Малавенда С.С., Мотина Т.Н.

ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», Мурманск, e-mail: agarkovsa@mstu.edu.ru, msergmstu@yandex.ru

При промышленном освоении шельфовой зоны бентосные организмы испытывают негативное воздействие, что может являться начальным этапом деградации экосистем. Исследование обобщает данные ряда работ, выполненных в различное время, посвященных изучению состояния зообентосных сообществ юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море), в условиях освоения углеводородных ресурсов на примере эксплуатации месторождения «Приразломное». Состояние сообществ гидробионтов оценивалось по структурным показателям: биомасса, плотность и количество таксонов. Показаны изменения в зооценозах в районе лицензионного участка в 2010–2017 гг. Анализ литературных данных выявил уменьшение биомассы, плотности поселений и таксономического состава сообществ. Техногенное воздействие на бентосные сообщества в районе акватории МЛСП «Приразломная» не является основным фактором изменения структуры сообществ. Наиболее вероятными причинами являются естественные факторы, такие как перемещение органического вещества на акватории Печорского моря, естественные популяционные циклы крупных бентосных организмов и увеличение численности краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*), что привело к смене доминатов на мониторинговых станциях. Крупные двустворчатые моллюски и асцидии заместились полихетами и мшанками. На протяжении всего изучаемого периода ежегодно встречаются такие виды, как *Hyas araneus*, *Macoma calcarea*, *Nephtys paradoxa* и *Serripes groenlandicus*, являющиеся индикаторами устойчивого состояния морских экосистем Арктической зоны. Это свидетельствует о стабильном, устойчивом и ненарушенном состоянии донных сообществ, об отсутствии значительных очагов антропогенной нагрузки, выраженных негативными изменениями в структуре донных сообществ в районах исследуемых месторождений.

Ключевые слова: Печорское море, бентосные сообщества, гидробионты, Приразломное месторождение

THE STATE OF BIOLOGICAL FORMS BENTHIC COMM UNITIES UNDER CONDITIONS OF DEVELOPING THE HYDROCARBONS OF THE ARCTIC SHELF

Agarkov S.A., Kozmenko S.Yu., Malavenda S.S., Motina T.N.

Murmansk State Technical University, Murmansk, e-mail: agarkovsa@mstu.edu.ru, msergmstu@yandex.ru

The industrial development of the shelf zone, benthic organisms are the first to experience a negative impact, which may be the initial stage of ecosystem degradation. The study summarizes the data of a number of works carried out at different times devoted to the study of the state of zoobenthos communities in the southeastern part of the Barents Sea (Pechora Sea), in conditions of development of hydrocarbon resources based on the operation of the Prirazlomnoye field. The status of communities was estimated by structural indicators: biomass, density and number of taxa. Changes in zoocenoses in the area of the license area in 2010–2017 are shown. Analysis of literature data revealed a decrease in biomass, population density and taxonomic composition of communities. The technogenic impact on benthic communities in the water area of the Prirazlomnaya OIRFP is not a major factor in changing the structure of communities. The most likely causes are natural factors, such as the movement of organic matter in the water area of the Pechora Sea, the natural population cycles of large benthic organisms and the increase in the number of snow crabs (Chionoecetes opilio), which led to a change in the dominas at monitoring stations. Large bivalve mollusks and ascidians were replaced by polychaetes and bryozoans. Throughout the entire study period, species such as Hyas araneus, Macoma calcarea, Nephtys paradoxa, and Serripes groenlandicus occur annually, which are indicators of the steady state of marine ecosystems in the Arctic zone. This indicates a stable, stable and undisturbed state of the bottom communities, the absence of significant anthropogenic foci, expressed by negative changes in the structure of benthic communities in the areas of the investigated deposits.

Keywords: Pechora Sea, benthic communities, hydrobionts, Prirazlomnoye field

Одним из базовых условий рационального экономического освоения энергетических ресурсов является гарантированное обеспечение экологической безопасности всего регионального пространства [1]. Это особо актуально для арктических морских экосистем, которые становятся чрезвычайно уязвимыми ввиду холодного климата и повышенной ледовитости, а также из-за низкой интенсивности движения воды, и химико-биологической активности среды обитания [2].

Важнейшим показателем устойчивости больших экосистем служит видовое разнообразие. На него влияют все известные абиотические факторы, которые могут быть связаны как с антропогенной нагрузкой: выбросы предприятий коммунального хозяйства и промышленности, продукты разведки, добычи и переработки углеводородного

сырья, тяжелые металлы и другие отходы металлургического производства, загрязнители с береговых военных баз, отходы судов, работающих на атомном топливе, так и изменения климатического характера.

При интенсификации работ в шельфовой зоне бентосные организмы первые испытывают негативное воздействие, в особенности сообщества мелководных песчано-илистых грунтов, как, например, на юге-востоке Баренцева моря.

Цель работы – проанализировать видовой состав и структуру сообществ бентоса юго-восточной части Баренцева моря, оценить возможное влияние хозяйственной деятельности в районах нефтегазовых месторождений на примере лицензионного участка «Приразломное» в Печорском море.

Настоящая работа основана на литературном анализе исследований отечественных и зарубежных ученых по данной тематике. В качестве информационной базы были использованы справочные издания, монографии, публикации в периодической печати, отчеты ОВОС и интернет-ресурсы.

Характеристика района исследований

Юго-восточная часть Баренцева моря по гидрологическим и метеорологическим характеристикам относится к морям арктического типа. Для них характерно короткое и холодное гидрологическое лето с долгим зимним периодом и полярная ночь, продолжающаяся почти 2,5 месяца. С октября до конца июня (иногда до начала июля) образуется ледовый покров. К концу июля Печорское море полностью высвобождается ото льда [3].

Печорским морем называют наиболее мелководный юго-восточный участок Баренцева моря. На сегодняшний день это район не выделен в самостоятельный водоём. Но ряд существенных особенностей, таких как сравнительная замкнутость и мелководность, действие речного стока и таяния снегов береговой полосы, близость к холодным водам Карского моря, дают основания употреблять наименование Печорское море, где подчеркиваются и географические, и гидрологические особенности района [4].

Первые крупнейшие месторождения углеводородов на юго-востоке Баренцева моря были открыты ещё в 1990-х гг. Они привлекают как запасами нефти (например, на Долгинском месторождении запасы оцениваются порядка 200 млн т), так и качеством нефти [5]. Кроме того, небольшие глубины (глубина моря в районах месторождений не превышает 50 м) позволяют вести добычу без излишних экономических затрат. Главной проблемой считаются сложные климатические особенности (температура воздуха зимой может опускаться до –45 °C) и достаточная отдаленность от основных промышленных центров переработки углеводородного сырья [3]. Кроме тех месторождений, на которых уже ведётся добыча, разведано еще более двух десятков перспективных. В отношении запасов углеводородов Печорское море является уникальным районом: по количеству и концентрации месторождений сопоставимо со всем Баренцевым морем.

Состояние бентосных сообществ Печорского моря

Бентосные организмы являются важной экологической группой, имеющей важное хозяйственное значение, в том числе в качестве объектов промысла. На разных стадиях развития они входят во все трофические цепочки в арктических экосистемах. Кроме того, они способны изменять физические и химические свойства донных осадков.

По разнообразию макрозообентоса среди арктических морей лидирует Баренцево море. По разным оценкам число видов бентосных животных колеблется от 2435 до 3300 видов [6, 7], в прочих морях российской Арктики видовое разнообразие донных сообществ в несколько раз меньше: Карское море – 1302 вида [8, 9]; Чукотское море – 1217 видов [10]; Белое море – 1185 видов [6].; море Лаптевых – 1143 вида [11, 12]; Восточно-Сибирское море – 850 видов [6, 13]. Баренцево и Чукотское моря арктического шельфа относятся к умеренно высокопродуктивным, а от Карского до Восточно-Сибирского – к малопродуктивным [2, 13].

Для фауны арктических морей характерно следующее соотношение групп бентосных беспозвоночных: макробентос – 60 % от общего числа видов, мейобентос – 34 %. Наибольшей численностью среди макробентоса обладают полихеты (*Polychaeta* – 347 видов), бокоплавы (*Gammaridae* – 337 видов, предпочитающих мелководные участки), мшанки (*Bryozoa* – 273 вида), брюхоногие моллюски (*Gastropoda* – 258 видов) [6].

Промысловыми видами беспозвоночных Баренцева моря являются краб камчатский (*Paralithodes camtschaticus*), краб-стригун опилио (*Chionoecetes opilio*), морской гребешок (*Chlamys islandica*),

креветка северная (*Pandalus borealis*), шримсы-медвежата (ракообразные рода Sclerocrangon), кукумария (морской огурец *Cucumaria frondosa*), морской ёж зеленый (*Strongylocentrotus droebachiensis*), двустворчатые моллюски модиолус (*Modiolus modiolus*) и мидии (*Mytilus edulis*), эвфаузиды (*Thysanoessa inermis*, *T. raschii*) [14].

Распределение зообентоса в Печорском море неоднородно и в начале прошлого века оценивалось как сравнительно бедное в таксономических и количественных характеристиках [15]. Исследователи насчитывали в составе бентоса Печорского моря только 220 видов. Однако число таксонов, найденных в результате экспедиционных исследований в 1990-е гг., составило около семисот, что в три раза больше, чем отмечено в исследованиях 1925–1932 гг. [15]. Таким образом, количество видов, зарегистрированных в фауне Печорского моря к настоящему времени, не превышает 40% от общего числа видов, известных для всего Баренцева моря [15]. Основываясь на исторической оценке экспедиционных работ в Печорском море, описанной в монографии С.Г. Денисенко, можно сделать предварительный вывод о том, что с 1990-х гг. и до начала эксплуатации данного района таксономический состав и показатели обилия бентосных организмов достаточно стабильны. Незначительные отличия в многолетней динамике биомассы, численности бентоса и доминирование разных таксонов во многом связаны с вертикальным и горизонтальным перемещением органического вещества [15].

Результаты мониторинговых исследований на акватории Приразломного месторождения

В качестве примера эксплуатации акватории Печорского моря было выбрано месторождение «Приразломное», поскольку имеется достаточный набор данных опубликованных в свободном доступе, в том числе на официальных ресурсах ООО «Газпром нефть шельф» (дочернее общество ПАО «Газпром нефть») – нефтяная компания, осуществляющая добычу нефти на арктическом шельфе России в Печорском море. По данным ООО «Газпром нефть шельф» [16], мониторинговые исследования в районе лицензионного участка Морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная» проводятся с 2010 г. Мониторинговые станции и сам лицензионный участок показаны на рис. 1.

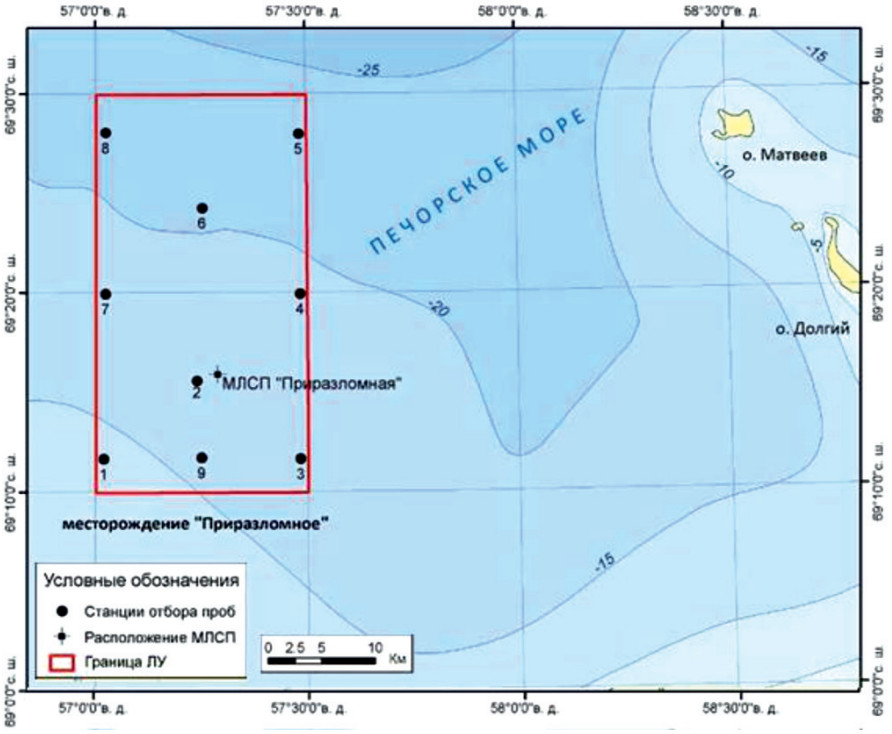


Рис. 1. Карта мониторинговых станций в районе месторождения «Приразломное» [16]

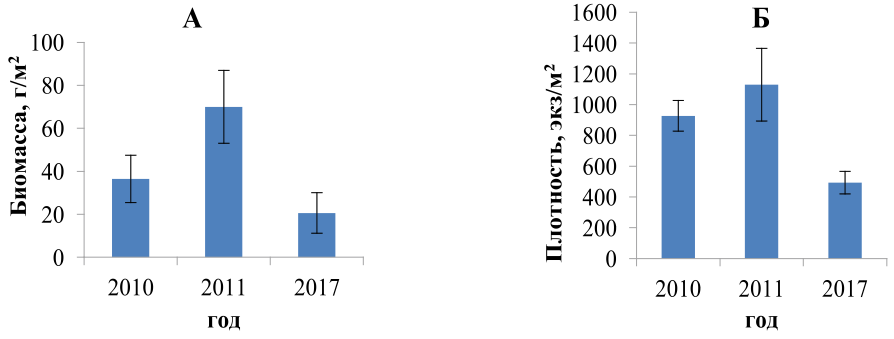


Рис. 2. Биомасса (А) и плотность (Б) зообентоса на акватории МЛСП «Приразломная»

Результаты первых исследований 2010 и 2011 гг. могут являться контрольными, поскольку эксплуатация данного района началась только с 2012 г. Непосредственная добыча нефти на месторождении началась в декабре 2013 г., в апреле 2014 г. была отгружена первая партия арктической нефти [5].

Для оценки возможного воздействия на акватории Приразломного месторождения (Печорское море) далее будут использованы данные съёмок ПИНРО за 2010 и 2011 гг. [9], а также краткие отчеты о результатах производственного экологического контроля и мониторинга, в том числе морской биоты, в районе расположения МЛСП «Приразломная» за 2015, 2016 и 2017 гг., находящиеся в свободном доступе [17–19].

Как правило, наиболее показательными и понятными широкому кругу специалистов являются биомасса, плотность и число таксонов в сообществе. Они в целом отражают состояние экосистемы, особенно при многолетних исследованиях. По имеющимся данным [16, 19] средняя (по выборкам) биомасса в 2010, 2011 и 2017 сильно варьировала в пределах от 20 до 70 г/м² (рис. 2, А), при плотности поселений 450–1300 экз/м². Приведенные в отчетах стандартные ошибки, показанные на рис. 2, позволяют обсуждать изменения средних значений биомассы и плотности. Колебания этих показателей не позволяют выявить негативное влияние на донную фауну, так как в 2011 г. наблюдалось их увеличение. При этом анализ данных показывает снижение количества таксонов (рис. 3) в этот период.

Также можно отметить снижение общего количества таксонов, найденных на мониторинговых станциях в течение всего периода, охватываемого исследованием [16–18] (рис. 3).

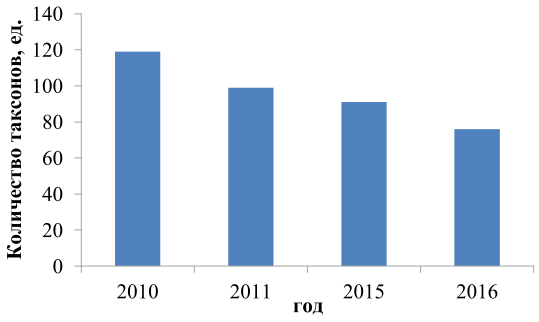


Рис. 3. Количество таксонов зообентоса на акватории МЛСП «Приразломная»

Однозначно нельзя утверждать, что приведенные выше данные указывают на непосредственное влияние МЛСП «Приразломная» на бентосные сообщества Печорского моря. Существует много естественных факторов, которые могут привести к уменьшению биомассы, плотности и таксономического состава зообентоса.

Во-первых, влияние оказывают естественные циклы снижения биомассы и численности крупных бентосных организмов. Они хорошо изучены на двустворчатых моллюсках, хотя могут распространяться и на других беспозвоночных животных [20, 21]. Кроме того, имеются факты смены эдификаторных видов в стагнационном бентосном сообществе, которые могут проходить раз в 6–10 лет [22–24]. Снижение числа таксонов и показателей обилия бентоса также может быть связано с естественным перемещением органического вещества в Печорском море [15].

Ещё одной причиной может являться увеличение численности крупного хищника, как показывают изученные нами материалы в районе МЛСП «Приразломная», к 2017 г. увеличилась численность краба-

стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*), что привело к смене доминатов на мониторинговых станциях. Крупные двустворчатые моллюски и асцидии заместились полихетами и мшанками [19]. Некоторые исследователи отмечали возможность расселения краба-стригуна в Печорском море, поскольку наличие мягких грунтов, низкие среднегодовые температуры воды (не превышающие 3 °C) присутствие кормового бентоса, в частности моллюсков и асцидий, создают в совокупности оптимальные условия для его расселения и развития [25, 26].

На протяжении обзорного периода ежегодно встречаются такие виды, как *Hyas araneus*, *Macoma calcarea*, *Nephtys paradoxa*, и *Serripes groenlandicus*, которые входят в «Перечень видов флоры и фауны, являющихся индикаторами устойчивого состояния морских экосистем Арктической зоны Российской Федерации» [27]. Таким образом, можно сделать вывод, что техногенное воздействие на бентосные сообщества в районе акватории МЛСП «Приразломная» не является основным фактором изменения структуры сообществ. А снижение показателей обилия и числа таксонов может быть вызвано и естественными причинами.

В настоящее время, когда идет активное освоение пространств и ресурсов Арктики, природа которой очень уязвима ввиду чрезвычайной чувствительности особенно арктических морских экосистем к любым антропогенным воздействиям, становится весьма актуальной задача поиска современных методов ранней диагностики и прогнозной (среднесрочной, долгосрочной) оценки состояния окружающей среды, в том числе состояния бентосных сообществ арктических морей, как одного из важных маркеров, позволяющих выявлять на разных временных стадиях, даже незначительные изменения морских экосистем. Это особенно важно для мониторинга влияния техногенных факторов в местах активного антропогенного воздействия, связанного с шельфовыми проектами добычи углеводородов.

В этой связи представляются актуальными научные исследования и технологические разработки на принципах междисциплинарных знаний, позволяющие всесторонне и комплексно оценивать параметры окружающей среды. Важнейшим фактором в решении этой сложной проблемы является задача объединения усилий академической науки и высшей школы с целью создания специализированной (арктической) инновационной научно-технологической экосистемы, интегрированной в глобальную инновационную экосистему и предусматривающую организацию ультрасовременных научных лабораторий и инжиниринговых центров, позволяющих проводить на принципах коллективного пользования передовые научные исследования и технико-технологические разработки в области наукоемкого арктического морепользования, включая разработки современных методов мониторинга, оценки, прогнозирования и предупреждения рисков антропогенного воздействия на морские арктические экосистемы, возникающего в результате активного освоения пространств и ресурсов Арктических морей.

Это так же обусловливает необходимость адаптации региональной (арктического макрорегиона) системы профессионального образования под меняющуюся технологическую структуру арктической экономики, динамика которой может быть описана как процесс развития и последовательной смены технологических укладов. Несмотря на то, что данный процесс является эволюционно естественным для экономики в целом, но арктическая экономика требует в силу экстремальных условий хозяйствования более совершенных технологий и соответственно более подготовленных кадровых ресурсов – человеческого капитала, который становится основным катализатором развития в экономике знаний и инноваций.

При этом высшая школа арктического макрорегиона должна обеспечить подготовку перспективных кадров новой технологической волны, так называемой категории «знание», обладающих не только уникальными компетенциями в области современных арктических научных исследований и технологий, но и способных работать в условиях неопределенности (неструктурированных задач), выполнять сложные аналитические исследования, требующие научной импровизации и творчества.

В этом смысле представляется целесообразным создание на принципах коллективного пользования межвузовского центра превосходства арктического морепользования, включающего лабораторный комплекс технологических процессов и операций на Арктическом шельфе, лабораторный и бассейновый комплекс для тестирования технологий ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в условиях арктических морей, лабораторный комплекс

по исследованию свойств нефти в морских условиях и оценке эффективности применения диспергентов, лабораторного комплекса биомониторинга, лабораторию ихтиопатологии, криоколлекции гидробионтов, что позволит проводить на междисциплинарной основе комплексные исследования, направленные, с одной стороны, на создание инновационных технологий, продуктов и сервисов по освоению ресурсов океана в Арктическом регионе, с другой, защиту окружающей среды и техносферную безопасность морских арктических экосистем.

В этом подходе перспективными и заслуживающими, на наш взгляд, интенсивных научных исследований и разработок могут быть следующие целевые направления.

1. Морская робототехника (механотроника) – разработка и использование морских подводных автономных аппаратов (беспилотников), позволяющих с минимальными затратами и на системной основе производить комплексный мониторинг морской среды в Арктическом бассейне, в том числе в отдаленных, малодоступных и глубоководных районах (акваториях), а также подледные (под паковыми льдами) исследования.

2. Комплексное изучение экологического состояния на основе исследования всех элементов биологической пищевой цепи; для определения влияния загрязнений, вызванных в результате активного освоения пространств (развитие судоходства по СМП) и ресурсов (шельфовые проекты добычи и переработки углеводородов) в Арктическом бассейне.

3. Изучение заболеваний рыб в условиях индустриализации производства аквакультуры (марикультуры), разработка методологии мониторинга, оценки, прогнозирования и предупреждения рисков, связанных с распространением заболеваний (эпидемий) в арктических экосистемах.

4. Математическое моделирование (совершенствование математических моделей), описывающих возможные последствия антропогенного воздействия в разных сценариях развития техногенных ситуаций (включая аварийные), связанные в том числе с добычей, перевалкой и транспортировкой углеводородов.

Заключение

На рассматриваемой акватории Баренцева моря наблюдается неоднородный видовой состав зообентосных сообществ. Анализ рассматриваемых в статье работ свидетельствует о стабильном, устойчивом и ненарушенном состоянии донных сообществ, об отсутствии на современном этапе значительных очагов антропогенной нагрузки, выраженных негативными изменениями в структуре донных сообществ в районе исследуемого месторождения. В целом следует отметить, что разработки нефтяных месторождений в юго-восточной части Баренцева моря дали, с одной стороны, толчок для изучения биоразнообразия в данном районе, с другой, вызвали необходимость в проведении научных исследований в области арктического эколого-устойчивого природопользования (морепользования), разработки современных методов мониторинга, оценки, прогнозирования и предупреждения рисков, связанных с активным промышленным освоением пространств и ресурсов Арктического бассейна.

Исследования выполнены в соответствии с базовой частью государственного задания высшим учебным заведениям Минобрнауки России в части инициативных научных проектов по теме НИР «Совершенствование методов оперативной и долгосрочной диагностики среды обитания морских гидробионтов в условиях активного промышленного освоения углеводородов арктического шельфа», № 13.11485.2017/8.9 БЧ.

Список литературы / References

1. Агарков С.А. Модернизация высшего образования региона в условиях экономической глобализации: проблемы и решения // Высшее образование сегодня. 2017. № 12. С. 2–8. DOI: 10.25586/RNU.HET.17.12.P.02.

Agarkov S.A. Modernization of higher education in the region in the context of economic globalization: problems and solutions // The higher education today. 2017. № 12. P. 2–8 (in Russian).

2. Комплексные исследования больших морских экосистем России / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Мурман. мор. биол. ин-т Кольского науч. центра РАН. Апатиты: КНЦ РАН, 2011. 516 с.

Integrated research of large marine ecosystems in Russia / Ed. G.G. Matishov. Murman. Mor. Biol. Institute of the Kola Science. center of RAS. Apatity: KNC RAN, 2011. 516 p. (in Russian).

3. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том. VI. Баренцево море. Вып. 3. Юго-восточная часть моря / Под ред. Ф.С. Терзиева. Мурманск, 1984. 273 с.

Hydrometeorological conditions of the shelf zone of the seas of the USSR. Tom. VI. Barrens sea. – Release 3. South-eastern part of the sea / Ed. F.S. Terzieva. Murmansk, 1984. 273 p. (in Russian).

4. Энциклопедический словарь географических названий. М.: Советская энциклопедия, 1973. 808 с.

Collegiate Dictionary of Geographical Names. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1973. 808 p. (in Russian).

5. Приразломное месторождение [Электронный ресурс]. URL: http://www.gazprom.ru/about/production/projects/deposits/pnm (дата обращения: 22.09.2018).

Prirazlomnoye field [Electronic resource]. URL: http://www.gazprom.ru/about/production/projects/deposits/pnm (date of access: 22.09.2018) (in Russian).

6. Sirenko B.I. List of species of free-living invertebrates of Eurasian Arctic Seas and adjacent waters. Exploration of the Fauna of the Seas. St. Petersburg. 2001. Vol. 51(59). 131 p.

7. Денисенко С.Г. Видовое богатство и биоразнообразие зообентоса Баренцева моря // Материалы XII научного семинара «Чтения памяти К.М. Дерюгина». СПб.: СПбГУ, 2010. С. 29–41.

Denisenko S.G. Species richness and biodiversity of zoobenthos of the Barents Sea // Proceedings of the XII scientific seminar «Readings in memory of KM Deryugin». St. Petersburg: SPbGU, 2010. P. 29–41 (in Russian).

8. Анисимова Н.А., Любин П.А., Менис Д.Т. Бентос // Экосистема Карского моря / Под общ. ред. Б.Ф. Прищепы. Мурманск: ПИНРО, 2008. С. 43–105.

Anisimova N.A., Lyubin P.A., Menis D.T. Benthos // Ecosystem of the Kara Sea. Under the general editorship of B.F. Prischepy. Murmansk: PINRO, 2008. P. 43–105 (in Russian).

9. Фролова Е.А. Фауна и экология многощетинковых червей (Polychaeta) Карского моря. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2009. 141 с.

Frolova E.A. Fauna and ecology of polychaete worms (Polychaeta) of the Kara Sea. Apatity: Izd-vo Kol`skogo nauchnogo centra RAN, 2009. 141 p. (in Russian).

10. Сиренко Б.И. Состояние изученности фауны Чукотского моря // Фауна и зоогеография бентоса Чукотского моря. Т. 2. Исследования фауны морей. СПб.; М.: Наука, 2010. С. 163–198.

Sirenko B.I. The state of the study of the fauna of the Chukchi Sea // Fauna and zoogeography of the benthos of the Chukchi Sea. T. 2. Studies of the fauna of the seas. St. Petersburg; M.: Nauka, 2010. P. 163–198 (in Russian).

11. Sirenko V., Denisenko S., Deubel H., Rachor E. Deep water communities of the Laptev Sea and adjacent parts of the Arctic Ocean // Studies of the fauna of the seas. SPb.: Publishing house ZIN RAS, 2004. T. 54 (62). P. 28–73.

12. Петряшев В.В., Голиков А.А., Шмид М., Рахор А. Макробентос шельфа моря Лаптевых // Фауна и экосистемы моря Лаптевых и сопредельных глубоководных участков Арктического бассейна. СПб., 2004. Ч. 1. С. 9–27.

Petryashev V.V., Golikov A.A., Shmid M., Rakhor A. Macrobenthos of the Laptev Sea shelf // Fauna and ecosystems of the Laptev Sea and adjacent deep-water areas of the Arctic basin. St. Petersburg, 2004. Part 1. P. 9–27 (in Russian).

13. Глебов И.И., Надточий В.А., Савин А.Б., Слабинский А.М., Борилко О.Ю., Чульчеков Д.Н., Соколов А.С. Результаты комплексных исследований в Восточно-Сибирском море в августе 2015 г // Известия ТИНРО. 2016. Т. 186. С. 81–92. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-186-81-92.

Glebov I.I., Nadtochy V.A., Savin A.B., Slabinsky A.M., Borilko O.Y., Chulchekov D.N., Sokolov A.S. Results of complex surveys in the East Siberian Sea in August 2015 // Izvestiya TINRO. 2016. V. 186. P. 81–92 (in Russian).

14. Баканев С.В. Промысловые беспозвоночные Баренцева моря: состояние ресурсов и промысел // Вопросы рыболовства. 2016. Т. 17. № 4. С. 406–420.

Bakanev S.V. Commercial shellfish of the Barents Sea: current stock and fisheneries // Problems of Fisheries. 2016. V. 17. № 4. P. 406–420 (in Russian).

15. Денисенко С.Г. Биоразнообразие и биоресурсы макрозообентоса Баренцева моря: Структура и многолетние изменения. СПб.: Наука, 2013. 284 с.

Denisenko S.G. Biodiversity and bioresources of the macrozoobenthos of the Barents Sea: Structure and long-term changes. SPb.: Nauka, 2013. 284 p. (in Russian).

16. Проведение ежегодного экологического мониторинга в районе расположения МЛСП «Приразломная» (Итоговый отчет за 2011 г.). М.: ООО «ФРЭКОМ», 2011. 210 с.

Conduct annual environmental monitoring in the area of the location of OIRFP Prirazlomnaya (Final Report for 2011). M.: OOO «FRECOM», 2011. 210 p. (in Russian).

17. Результаты производственного экологического контроля и мониторинга, в том числе морской биоты, в районе расположения МЛСП «Приразломная» в 2015 году // Экологический мониторинг и поддержка биоразнообразия [Электронный ресурс]. URL: http://shelf.gazprom-neft.ru/development/Ecology/environmental_monitoring/ehkologicheskiy_monitoring_2015.pdf (дата обращения: 22.09.2018) (in Russian).

Results of industrial environmental monitoring and monitoring, including marine biota, in the area of the location of OIRFP Prirazlomnaya in 2015. // Ecological monitoring and support of biodiversity [Electronic resource]. URL: http://shelf.gazprom-neft.ru/development/Ecology/environmental_monitoring/ehkologicheskiy_monitoring_2015.pdf (date of access: 22.09.2018) (in Russian).

18. Результаты производственного экологического контроля и мониторинга, в том числе морской биоты, в районе расположения МЛСП «приразломная» в 2016 году // Экологический мониторинг и поддержка биоразнообразия [Электронный ресурс]. URL: http://shelf.gazprom-neft.ru/development/Ecology/environmental_monitoring/ehkologicheskiy_monitoring_2016.pdf (дата обращения: 22.09.2018) (in Russian).

Results of industrial environmental monitoring and monitoring, including marine biota, in the area of the OIRFP «prirazlomnaya» in 2016 // Ecological monitoring and biodiversity support [Electronic resource]. URL: http://shelf.gazprom-neft.ru/ development / Ecology / environmental_ monitoring / ehkologicheskiy_monitoring_2016.pdf (date of access: 22.09.2018) (in Russian).

19. Реализация Программы по сохранению биологического разнообразия на основе перечня видов флоры и фауны, являющихся индикаторами устойчивого состояния морских экосистем Арктической зоны РФ в зоне ответственности ООО «Газпром нефть шельф» // Экологический мониторинг и поддержка биоразнообразия [Электронный ресурс]. URL: http://shelf.gazprom-neft.ru/development/Ecology/environmental_monitoring/ehkologicheskiy_monitoring_2017.pdf (дата обращения: 22.09.2018).

Implementation of the Program for the Conservation of Biological Diversity on the basis of the list of species of flora and fauna that are indicators of the sustainable state of marine ecosystems in the Arctic zone of the Russian Federation in the zone of responsibility of Gazprom Neft shelf // Ecological monitoring and biodiversity support [Electronic resource]. URL: http: //shelf.gazprom-neft.ru/development/Ecology/environmental_monitoring/ehkologicheskiy_monitoring_2017.pdf (date of access: 22.09.2018) (in Russian).

20. Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт экологофаунистического анализа. СПб., 2006. 367 с.

Naumov A.D. Bivalve mollusks of the White Sea. Experience of ecological and faunal analysis. SPb., 2006. 367 p. (in Russian).

21. Герасимова А. В., Максимович Н. В. О закономерностях организации поселений массовых видов двустворчатых моллюсков белого моря // Вестник Санкт-петербургского университета. 2009. Серия 3. Биология. № 3. С. 82–97.

Gerasimova A.V., Maksimovich N.V. On regularities of Bivalvia population organization in the White Sea // Vestnik of Saint Petersburg University. Series 3. Biology. 2009. Series 3. № 3. P. 82–97 (in Russian).

22. Халаман В.В. Развитие сообществ обрастания и взаимоотношения между организмами – обрастателями в белом море: дис. ... докт. биол. наук: 03.00.18. Санкт-Петербург, 2008. 368 с.

Khalaman V.V. Development of fouling communities and relationships between organisms – fouling in the white sea: dis. ... doct. biol. sciences: 03.00.18. St. Petersburg, 2008. 368 p. (in Russian).

23. Бритаев Т.А., Удалов А.А., Ржавский А.В. Структура и многолетняя динамика сообществ мягких грунтов заливов Баренцева моря // Успехи современной биологии. 2010. Т. 130. № 1. С. 50–62.

Britaev T.A., Udalov A.A., Rzhavsky A.V. Structure and long-term dynamics of communities of soft soils of bays of the Barents Sea // Uspexi sovremennoj biologii. 2010. T. 130. № 1. P. 50–62 (in Russian).

24. Макаревич П.Р., Ишкулов Д.Г. Структура и видовое разнообразие пелагических и донных биоценозов Баренцева моря в условиях меняющегося климата // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2010. Т. 13. № 4–1. С. 633–640.

Makarevich P.R., Ishkulov D.G. Structure and species diversity of pelagic and benthic biocenoses of the Barents Sea in a changing climate // Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2010. V. 13. № 4–1. P. 633–640 (in Russian).

25. Баканев С.В. Расселение и оценка возможного ареала краба-стригуна (*Chionoecetes opilio*) в Баренцевом море // Принципы экологии. 2015. № 3. С. 27–39. DOI: 10.15393/j1.art.2015.4401.

Bakanev S.V. Dispersion and assessment of possible distribution of snow crab opilio (*Chionoecetes opilio*) in the Barents Sea // Principy èkologii. 2015. № 3. P. 27–39 (in Russian).

26. Мартынова Д.М., Усов Н.В., Сухотин А.А., Пугачев О.Н. Многолетняя и сезонная динамика гидрологического режима и планктонных сообществ Белого и Печорского морей в свете изучения стабильности пелагических морских сообществ Арктики // Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://www.ras.ru/viewstaticdoc.aspx?id=6fa0e4e3-9753-428b-a447-1befb815cd93&_Language=ru (дата обращения: 05.11. 2018).

Martynova D.M., Usov N.V., Sukhotin A.A., Pugachev O.N. Long-term and seasonal dynamics of the hydrological regime and plankton communities of the White and Pechora Seas in the light of studying the stability of the Arctic pelagic sea communities // Search basic scientific research in the interests of the development of the Arctic zone of the Russian Federation 2015. [Electronic resource]. URL: http://www.ras.ru/viewstaticdoc.aspx?id=6fa0e4e3-9753-428b-a447-1befb815cd93&_Language=ru (date of access: 05.11. 2018) (in Russian).

27. Распоряжение Минприроды России от 22.09.2015 № 25-р «Об утверждении перечня видов флоры и фауны, являющихся индикаторами устойчивого состояния морских экосистем Арктической зоны Российской Федерации» // Консультант Плюс [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=639995#003004811750141445 (дата обращения: 22.09.2018).

Decree of the Ministry of Natural Resources of Russia of 22.09.2015 № 25-r «On the approval of the list of species of flora and fauna that are indicators of the sustainable state of marine ecosystems of the Arctic zone of the Russian Federation» // Consultant Plus [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=639995#003004811750141445 (date of access: 22.09.2018) (in Russian).

УДК 504.3

ИЗУЧЕНИЕ КОНФЛИКТОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

[1]Сагова З.М., [1]Межова Л.А., [2]Луговской А.М.

[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Воронеж, e-mail: lidiya09@rambler.ru;
[2]ГБОУ ВО «Московский государственный областной университет», Москва, e-mail: alug1961@yandex.ru, mailto:vazhov49@mail.ru

Экологические конфликты рассматриваются различными областями науки. Проведен теоретический и методологический анализ зарубежных исследований по экологическим конфликтам. Были определены этапы выявления конфликтов, степень интенсивности их проявления. Особое внимание зарубежные авторы уделяют причинам возникновения конфликтов. Проводится моделирование экологических конфликтных ситуаций, дается комплексная оценка экологических конфликтов в окружающей среде. Рассматриваются теоретические и практические результаты для более эффективного разрешения экологических споров и конфликтов. Зарубежные исследователи определяют широкий спектр процессов различной степени институциализации. В области управления экологическими конфликтами зарубежные ученые и практики уделяют внимание процессу медиации – это когда добиваются консенсуса с участием нейтрального независимого лица, которой помогает спорящим сторонам прийти к согласованию по решению различных типов конфликтов. В статье рассматриваются основные научные подходы в области экологических конфликтов, определяются основные направления теоретических и прикладных исследований. Традиции, обычаи, правила, законы и политика характерны для каждого исторического этапа природопользования и государственной политики и представляют управление природными ресурсами, на основе которых разрабатываются формы управления конфликтами. Дан обзор стран, активно работающих в экологической сфере. В большинстве тематических исследований рассматриваются проблемы управления конфликтами в области экологической политики. Отмечено, что управление конфликтными ситуациями во многих странах развивается медленно. На международном уровне определены различные противоречия в политической, культурной и экологической сферах. Обращается внимание на разработку методов и организационных принципов по структурированию и проведению процедуры посредничества при решении конфликтных ситуаций.

Ключевые слова: экологический конфликт, конфликт природопользования, окружающая среда, урегулирование экологических споров, противоречия природопользования, моделирование экологических ситуаций

STUDY OF NATURE MANAGEMENT CONFLICTS IN FOREIGN RESEARCH

[1]Sagova Z.M., [1]Mezhova L.A., [2]Lugovskoy A.M.

[1]Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, e-mail: lidiya09@rambler.ru;
[2]Moscow State Pedagogical University, Moscow, e-mail: alug1961@yandex.ru, mailto:vazhov49@mail.ru

Environmental conflicts are examined by various fields of science. Conducted theoretical and methodological analysis of international research on environmental conflicts. Identified the stages of identifying conflicts, the degree of intensity of their manifestation. Special attention to foreign authors give to the causes of conflict. Simulation of environmental conflict situations, a comprehensive assessment of environmental conflicts in the environment. Examines the theoretical and practical results for more effective resolution of environmental disputes and conflicts. Foreign researchers define a broad range of processes of varying degrees of institutionalization. In the management of environmental conflicts milestone for scholars and practitioners on the process of mediation is when achieve consensus with participation of a neutral independent person who helps the disputing parties come to an agreement to address various types of conflicts. In the article the main scientific approaches in the field of ecological conflicts, defines the main directions of theoretical and applied research. Traditions, customs, rules, laws and policies specific to each historical stage of environmental management and public policy and represent the management of natural resources on the basis of which developed forms of conflict management. A review of countries active in the environmental field. In most of the case studies discusses the problems of conflict management in environmental policy. It is noted that the management of conflict situations in many countries are developing slowly. At the international level is determined by various differences in the political, cultural and environmental spheres. Focuses on the development of methods and organizational principles for structuring and mediation in solving conflict situations.

Keywords: environmental conflict, conflict, natural resources, environment, the settlement of environmental disputes, contradictions of nature, modeling of ecological situations

В настоящее время интенсивно развивается экологически ориентированная стратегия природопользования, которая обусловлена устойчивым развитием, необходимостью декларирования как на международном так и на государственном уровнях. Разработка научных основ экологически ориентированного природопользования является активно изучаемым направлением.

Цель исследования заключается в изучении методологических подходов экологических конфликтов природопользования за рубежом.

Материалы и методы исследования

Проблемами изучения конфликтов природопользования занимаются в программах ЮНЕП, ДРА, РСОМ, ДОП. Среди основных разработчиков этих программ следует отметить Девида Дженсена, Силья Халле, Тобиаса Хагманна, Девида Ланца и Мариан Зумбулев [1]. В фундаментальных исследованиях отмечены следующие направления: определена типология конфликтов, возникающих в окружающей среде в результате ее использования, были определены связи между окружающей средой и конфликтами. Особое место уделено неомальтузианским тематическим исследованиям экологических конфликтов. Авторами разработана методология возникновения конфликта ресурсов, которую можно выделить на основе анализа статистической информации с учетом политических конфликтов.

Наиболее сложным вопросом является разработка подходов управления ресурсами в зоне конфликтов. Среди подходов по изучению конфликтных ситуаций природопользования авторы выделяют политические, пост-позитивистские и экологические подходы, которые позволят выработать управленческие решения при каждом типе конфликтов. Особый интерес вызывают исследования А.И. Пыжева, Ю.И. Пыжевой, Е.В. Зандера [2], и Дж.Ф. Гербер, С. Веутей и Дж. Мартинес-Алиер [3].

В процессе природопользования конфликты возникают из-за использования природных ресурсов, а также конфликтов окружающей среды. Были выделены прямые и косвенные конфликты. Авторы рассматривают особенности возникновения локальных и региональных конфликтов, возникающих на основе дефицита ресурсов.

На современном этапе особое место занимают геоэкологические конфликты, которые возникают на основе борьбы за энергетические ресурсы в Центральной Азии и на Ближнем Востоке. Большое внимание уделено социально-политическим факторам, которые формируют тенденции развития процессов возникновения экологических конфликтов в окружающей среде, к таким относят изменения климата, обеспечение энергетической безопасности, качества воды и продуктов питания.

В настоящее время ООН и ЮНЕП занимаются проблемами конфликтности природопользования. Под эгидой ООН активно развивается эволюционный подход в изучении конфликтов природопользования и разрабатываются меры по их предотвращению, развивают направление природоохранной деятельности в районах интенсивного природопользования и путей рационального доступа к природным ресурсам. В учебном центре Института мира Соединенных Штатов с 2007 г. разрабатываются внутренние программы, посвященные выявлению и разрешению конфликтов природопользования, возникающих на почве использования природных ресурсов [4]. В Конгрессе США создано Управление по оценке технологий, торговле и окружающей среде, которое оценивает конфликты природопользования с точки зрения возможностей их безопасного урегулирования.

Значительное место уделяется координации в системе информатизации, в которую включены, как внутренние, так и общеинформационные ресурсы. Разрабатываются методы по оценке воздействия и обработки статистической и научной информации по окружающей среде и жизнедеятельности населения.

В зарубежных исследованиях выработаны философские нормы управления природными ресурсами и решение проблем сертификации. В обосновании проблем конфликтного природопользования принимают участие как частные компании, так и международные группы.

Тревогу вызывают экологические проблемы трансграничных пресноводных геосистемных конфликтов, которые, например, рассматриваются в исследованиях J. Jaggernath [5], F.C. Onuoha [6] и F. Ahmed [7]. Давно ООН занимается проблемами изменения климата, начиная с Киотского протокола, задачами которого является смягчение последствий изменения климата, а также разработка адаптационных механизмов для населения в условиях глобального потепления климата.

Результаты исследования и их обсуждение

ООН разрабатывает методологические подходы к разработке мероприятий по урегулированию конфликтов с повышенной эскалацией, среди которых обосновывается необходимость предотвращения оперативных конфликтов. Основными мерами являются диалого-ориентированные подходы, в структуру которых включено создание смешанных мер по устранению конфликтов, где значительное место уделяется организации диалога между различными природопользователями.

Одним из главных направлений являются экономико-политические подходы, которые используют мирные соглашения по использованию природно-ресурсного потенциала, создание парков мира, организации экологически обоснованных заповедных территорий. Уделяется внимание созданию моделей блока управления природными ресурсами и качеством окружающей среды.

Интересный подход следует отметить в работах Н.А. Омоло [8], L. Fuhr и C. Chemnitz [9].

Среди зарубежных исследований большое внимание уделяется разработке стратегии альтернативного разрешения споров и конфликтов. В основном рассматриваются юридические основы эффективного разрешения конфликтов. Для решения спорных проблем используется медиация, которая представляет процесс консенсуса с нейтральным независимым лицом, который вырабатывает концепцию, приемлемую для всех участников конфликта и согласованную стратегию. Такие подходы урегулирования конфликтных ситуаций начали использовать в 1970-е гг. в США, в 1980-е гг. в Канаде, в 1990-е гг. в Японии.

Методология теории и практики управления экологическими конфликтами развивается благодаря институтам посредничества. В США разрабатываются, структурируются особенности проведения посреднических операций для решения экологических конфликтов. В США, Канаде, Германии, Швейцарии, Австрии проводятся тематические исследования, которые в основном посвящены проблемам управления отходами, особенно ядерными, которые приводят к конфликтам различных типов природопользования. В 12 странах получены теоретические и эмпирические выводы преимуществ и недостатков посредничества в решении конфликтных ситуаций. Посредничество развивается в сферах политических, конкурирующих неокорпорационистских дискуссионных конфликтов, которые рассматриваются на централизованных и федеральных уровнях. Были выявлены отличительные черты экологических конфликтов.

В работах Кирка Эмерсона, Патрисии Дж. Орр, Дейла, Д. Кейсса, Кетрин М. Макнейна [10] определены пути разрешения экологических конфликтов. Выявлены факторы и результаты возникновения экологических конфликтов. На основе эмпирических исследований процессов разрешения конфликтов было проведено многоуровневое моделирование по выработке соглашений и улучшение отношений между конфликтующими сторонами, привлечение информации и разрабатываются практические рекомендации эффективного участия.

Питер Кастро и Эрика Нильсен [11] считают, что управление природными ресурсами являются формой управления конфликтами. Авторы считают, что с объединением деятельности государства, политики, ученых и практических специалистов можно решить проблемы конкуренции и конфликтующих интересов. В последние годы растет понимание масштабов последствий, которые могут возникнуть в результате освоения природных ресурсов. Конфликты возрастают в связи с глобализацией, централизацией, децентрализацией и урбанизацией. Возникла необходимость в стратегии устойчивого управления ресурсами. Они утверждают, что конфликт возникает, когда заинтересованные стороны имеют непримиримые различия или несовместимые интересы, ценности и цели. Особенно рассматриваются политические конфликты, такие как межгосударственные или внутригосударственные войны. Конкуренция за ограниченные экологические ресурсы возникает на основе расходящихся взглядов и убеждений, а также институциональных факторов, которые стимулируют и усугубляют экологические конфликты. Проблема нехватки природных ресурсов является ключевым компонентом понимания экологических конфликтов.

Тобиас Хагманн (T. Hagmann) рассматривает причины экологических конфликтов в развивающихся странах, критически определяет подходы к обоснованию теории конфликта. Теоретические исследования экологических конфликтов опираются на экоцентрические и антропоцентрические философии и не учитывают субъективное восприятие. Основное внимание уделяют причине стратегий взаимодействия человека и природы [1].

Сандер Керкес [12] рассматривает природные и промышленные катастрофы, а также противоречия которые возникают в результате управленческих решений. В связи с проблемами глобализации и интенсивным развитием коммуникационный инфраструктуры увеличивается количество природных и техногенных катастроф и возрастает их частота. В этой связи необходимо провести типологию уровней конфликтов, участников конфликтов и экологическую их составляющую.

Гультер Барбас Баптиста [13] уделяет внимание изучению экологических конфликтов, исследует их социальный метаболизм. Доказывает необходимость расширения лесных массивов и показывает возможные социально-экономические изменения. Проводит анализ экологических конфликтов, возникших в Португалии в 1980-е гг. в связи с посадкой плантаций эвкалиптов, и высокую интенсивность конфликтов в этот период. Автором выделена социально-политическая составляющая экологических конфликтов, разработан международный исследовательский проект экологического конфликта (ENCOP). По этой программе проведено около сорока исследований в Бангладеше, Германии, Великобритании, Нигерии, Швейцарии. Исследование было направлено на изучение глобальных процессов. По их определению экологические конфликты проявляются как политические, экономические, этнические, религиозные.

Выделены территориальные, ресурсные, национальные конфликты, конфликты, вызванные деградацией окружающей среды. Причиной экологических конфликтов считают: чрезмерное использование возобновляемых ресурсов; загрязнение окружающей среды и снижение ее самоочищающихся свойств; изменение пространства жизни.

Широкомасштабная деятельность человека привела к разрушению природных ландшафтов. В результате исследований было выяснено, что апокалиптические сценарии катастроф и прогнозы мировых экологических войн создают дилеммы развития и безопасности и связаны с факторами, приводящими к экологическим конфликтам различной интенсивности и природы их происхождения. Успешность регионального управления зависит от взаимосвязи интересов между государственными учреждениями, частным капиталом и общественностью. Согласование их действий может привести к оптимизации природопользования.

Авторами предлагается 5 методов разрешения конфликтов по решению противоречий между потребностями и интересами, которая рассматриваются на примере национальных парков реки Снейк. В национальной зоне отдыха Хеллс-Каньон в Айдахо, заповедник реки Метолей в Орегоне, зона отдыха реки Арканзас в Колорадо, пустыня Джеладия Смит в Вайоминге. Опыт США показал, что общественные целевые группы являются полезными при решении проблем при конфликтах и их управлении.

Интересные подходы исследования региональных конфликтов рассмотрены в работах В.К. Верма [14] по изучению экологических конфликтов, которые вызваны незаконной добычей полезных ископаемых в Индонезии. В частности, на примере золотодобычи в Западном Калимантане, которые распространены в 6 районах, в 200 шахтах. Были определены точки с самыми высоким уровнем конфликтов. В работе Марии Габриэлы Мерлински [15] рассматриваются экологические конфликты и проблемы их решения на территории Аргентины.

В работах Гюнтера Бахлера [16] изучены конфликты в развивающихся странах, в которых рассматриваются социально-природные отношения в зонах конфликтов. Среди основных зарубежных конфликтов следует отметить: конфликты биоразнообразия, которые включают взаимоотношение людей и дикой природы; конфликты между охраняемыми территориями и региональным природопользованием; конфликты по внедрению «зеленых технологий»; конфликты на основе несовершенства налоговой документации по сохранению биоразнообразия; международные конфликты, имеющие серьезные политические и юридические последствия; конфликты в результате воздействия на природно-ресурсную базу сельскохозяйственного производства; конфликты на основе несбалансированности потребностей и интересов сохранения, которые приводят к различным типам конфликтов.

Считается, что необходимо создание и расширение нового институционального подхода к экологическому руководству, особенно по вопросам природопользования и использования природных ресурсов. Они считают необходимым усилить влияние общественности. Это позволит повысить основы политической легитимности. Экологические конфликты усиливают уровень бедности, увеличивают разногласия между домашними хозяйствами и сообществами, которые приводят к конкуренции и сокращению ресурсов. Обращает внимание на особенности гендерных конфликтов. Наиболее острые конфликты возникают с точки зрения контроля и доступа к различным ресурсам, особенно землепользования.

Конфликты возникают в результате промышленного развития, экономического роста. Особенно страдают бедные и маргинализированные расовые группы от экологических последствий конфликтов, которые влияют на их здоровье. Занимаются

изучением реакции экосистем на естественные и антропогенные факторы. Возникают конфликты между потребностями человека и товарами и услугами, которые ему предоставляются.

Следует отметить, что связь между окружающей средой и конфликтами разнообразна и сложна. Причины конфликтов окружающей среды различаются по всему миру, и их проявления значительно различаются. Причины могут варьироваться от контроля над жизненно важными экологическими ресурсами, такими как ископаемые виды топлива, до оспаривания природных ресурсов на уровне сообщества и домашних хозяйств. Конфликты могут проявляться по-разному – от откровенных войн и даже геноцида до разногласий на местном уровне. Валленштейн утверждает, что конфликт состоит из трех частей: несовместимость, действия и действующего лица – и, следовательно, «полное определение» конфликт – это «социальная ситуация, в которой стремятся как минимум два субъекта приобрести в тот же момент времени доступный набор ограниченных ресурсов.

Африканский центр конструктивного разрешения споров также утверждает, что конфликт аналогичен ситуации человеческого взаимодействия, где есть дисгармония или воспринимаемое расхождение интересов, потребностей или целей. Существует мнение, что интересы, потребности или цели не могут быть достигнуты из-за вмешательства другого человека или группы лиц. Какая бы форма конфликта ни возникала, она, вероятно, будет иметь несколько воздействующих субъектов или объектов, различающихся по масштабу, которые могут оказывать физический вред как на людей, так и на природно-ресурсный потенциал, воздействие на уровни производительности и экономического развития в целом.

Разрешение конфликтов может приводить к необходимости согласования нормативных вопросов, позволяющих каждому участнику добиться достаточного прогресса по отношению к его желаемым целям, но вместе с тем не всегда устраняется напряженность между сторонами конфликтов.

Конфликты в области окружающей среды и государственной политики часто возникают из-за разногласий по доступу к государственным землям, ресурсам и их использованию, а также контролю для защиты биоразнообразия и поддержания безопасной окружающей среды. Конфликты в области окружающей среды и государственной политики касаются разных ценностей. Некоторые люди считают окружающую среду бесценной, в то время как другие видят необходимость национальной энергетической независимости. Одни выходят на защиту природных ландшафтов, другие обосновывают рост урбанизации для размещения растущего населения. Эти различия отражаются в стоимости, в способах, которые направлены на решение проблем. Ценности очень важны, но различия остро выражены. Конфликты в области окружающей среды и государственной политики наиболее сложные, так как его участники придерживаются разных убеждений.

Участники проекта ОТА рассматривают торговлю и окружающую среду как возможность проявления конфликтных ситуаций. По мнению Уэйн М. Моррисон на международной арене и в сфере безопасности конфликты возникают между торговлей и окружающей средой, как на пример, между США и КНДР [17]. Следует отметить, что как охрана окружающей среды так и торговля имеют большое значение для благосостояния нации.

Т. Охлсон в своих трудах рассматривает военные конфликты, при этом он считает что причиной многих вооруженных конфликтов становятся конфликты природопользования. В своих публикациях он выдвигает новую концепцию, в которой ключевым моментов является урегулирования вооруженных конфликтов внутри государства. Структура концепции имеет триединую форму: причины, ресурсы, решение [18].

С.М. Муршед и М. Таджуедин рассматривают конфликты природопользования с точки зрения алчности. В своей работе они дают оценку двум объяснениям возникновения внутреннего конфликта природопользования: жадности и жалобе. Первая отражает элитную конкуренцию за ценные природные ресурсы, а вторая . является порождением обиды, которая подпитывают конфликт [19].

Важно также отметить, что в зарубежных исследования также рассматриваются этнорелигиозные конфликты. Иногда причиной таких конфликтов становятся противоречия использования природных ресурсов. В работе С.А. Кадайифчи-Орельяна рассматриваются роль религии в разжигании и урегулировании подобных конфликтов [20].

П. Луяла рассматривает конфликты природопользования с точки зрения доступности природных ресурсов. Согласно этим ис-

следованиям многие конфликты, в том числе и вооруженные, чаще возникают в зависимых от природных ресурсов стран, то есть наличие или, наоборот, отсутствие какого-нибудь природного ресурса напрямую влияет на возникновение конфликта. При этом если ресурсы находятся в зоне конфликта, длительность его увеличивается [21].

Заключение

Конфликтные ситуации представляют собой серьезную проблему для управление ресурсами и устойчивости территории. Слияние конфликтов в более широкие и разрушительные социальные конфликты могут закончиться свертыванием производственных систем и приводит к хронической незащищенности. Конфликты ресурсов могут быть решены путем разработки и внедрения эффективных подходов, методов и инструментов для их управления и разрешения. Социально-экономические и политические факторы, которые ограничивают местное участие в процессах управления конфликтами, может решить с помощью реформ политики, законодательств, учреждений и других сфер политики.

Управление и разрешение конфликтов при использовании природных ресурсов является приоритетной областью отделов лесной политики институтов (FONP) продовольствия и сельского хозяйства Организации Объединенных Наций (ФАО), FONP активно разрабатывает рабочие документы, проводит электронные конференции, разрабатывает учебные материалы и проводит международные, национальные и региональные семинары. Все эти действия направлены на поддержание разнообразных и многочисленных и заинтересованных сторон в управлении конфликтами, которые неизбежно возникают при защите, использовании и контроле лесов и других природных ресурсов. Связанная с этим цель – усилить роль и признание местных ресурсопользователей, особенно среди обездоленных групп, путем наращивания их потенциала для участвовать в управлении ресурсами. Рассматриваются различные стратегии вмешательства, используемые методы и инструменты для решения конфликтов на уровне общин в различных социальных, экологических и региональных ситуациях. Изучены случаи на территории Африки, Азии и Северной и Южной Америки. Случаи были отобраны FONP как примеры общей тенденции в области управления и разрешения конфликтов.

Ученые Швейцарского федерального института Саймон А. Мейсон и Курт Р. Спиллманн [22] определили типологию и классификацию региональных конфликтов. В работе дано определение экологически обусловленным конфликтам. Проведен методологический, теоретический и критический анализ конфликтов природопользования. Рассматривают проблемы управления экологическими конфликтами.

Таким образом, анализ зарубежных исследований по изучению конфликтов природопользования показал, что исследования проводятся на основе объединения экологических и антропоцентрических концепций. Недостаточно разработаны методические подходы к анализу социальных конфликтов, особенно вопросы оптимизации депрессионных процессов, нарастающих в окружающей среде.

В стадии развития находятся методология и теории исследований в области экологических конфликтов. Имеются принципиальные и эвристические недостатки концепции экологического природопользования, выражена необходимость разработки альтернативных и перспективных концепций по изучению экологического конфликтного природопользования.

Список литература / References

1. Hagmann T. Confronting the Concept of Environmentally Induced Conflict. Peace, Conflict and Development. 2005. Issue 6. P. 1–22.

2. Пыжев А.И., Пыжева Ю.И., Зандер Е.В. Разрешение конфликта интересов компаний-природопользователей и коренных народов: зарубежный опыт // Проблемы современной экономики. 2013. № 4 (48). P. 410–413.

Pyzhev A.I., Pyzheva YU.I., Zander E. V. Resolution of the conflict of interests between nature-management companies and indigenous peoples: foreign experience // Problems of modern economics. 2013. № 4 (48). P. 410-413 (in Russian).

3. Gerber J-F., Veuthey S., Martínez-Alier J. Linking political ecology with ecological economic in tree plantation conflicts in Cameroon and Ecuador. Ecological Economics. 2009. Vol. 68. P. 2885–2889.

4. U.S. Congress, Office of Technology Assessment, Trade and Environment: Conflicts and Opportunities, OTA-BP-ITE-94. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1992. 109 p.

5. Jaggernath J. Environmental conflicts in the South Durban Basin: Integrating residents' perceptions and concerns resulting from air pollution. African Journal on Conflict Resolution. 2010. № 10 (2). P. 137–152.

6. Onuoha F.C. Environmental degradation, livelihoods and conflicts: A focus on the implications of the diminishing water resources of Lake Chad for North-Eastern Nigeria. African Journal on Conflict Resolution. 2009. № 8 (2). P. 35–62. DOI: 10.4314/ajcr.v8i2.39425.

7. Ahmed F. Approaches to and tools for managing environmental conflicts in coastal zones in Africa: Challenges and prospects in relation to Integrated Coastal Zone Management (ICZM). African Journal on Conflict Resolution. 2011. Vol. 10. P. 31–47. DOI: 10.4314/ajcr.v10i2.63308.

8. Omolo Na. Gender and climate change induced conflict in pastoral communities: case study of Turkana in north-western

Kenya. African Journal on Conflict Resolution. 2011. Vol. 10. P. 81–102. DOI: 10.4314/ajcr.v10i2.63312.

9. Fuhr L., Chemnitz C. To Have or Have Not-Resource Equity in a Finite World. Heinrich-Boll-Stifung. Berlin, 2012. 14 p.

10. Kirk Emerson, Patricia J. Orr, Dale L. Keyes, Katherine M. Mcknight Environmental conflict resolution: Evaluating performance outcomes and contributing factors. Conflict resolution Quarterly. 2009. Vol. 27. № 1. P. 27–38. DOI: 10.1002/crq.247.

11. Castro A.P., Nielsen E. Natural resource conflict management case studies: an analysis of power, participation and protected areas. Rome, 2003. 282 p.

12. Kerekes S. Contradictions Inherent in the Management of Natural and Industrial Disasters. Journal of Environmental Sustainability. 2011. Vol. 1. Iss. 1. P. 39–49. DOI: 10.14448/jes.01.0003.

13. Baptista G.B. Bridging environmental Conflicts with Social Metabolism. New University of Lisbon, Faculty of Sciences and Technology. Lisbon, 2010. 318 p.

14. Verma V.K. Conflict Management.From the Project Management Institute Project Management Handbook. Ed: Jeffrey Pinto, 1998. P. 1–12.

15. Merlinsky M.G. Environmental conflicts and public Deliberation Arenas around the Environmental Issue in Argentia/María Gabriela Merlinsky. Ambiente & Sociedade Ambiente & Sociedade. 2017. Volume 20. P. 121–138. DOI: 10.1590/1809-4422asoc265r1v2022017.

16. Baechler G. Why Environmental Transformation Causes Violence: A Synthesis // Environmental Change and Security Project Report. 1998. Issue 4. P. 24–44.

17. Wayne M.M. Trade Conflicts between the U.S. and China Paper. Congressional Research Service, 2018. 86 p.

18. Ohlson T. Understanding Causes of War and Peace. European Journal of International Relations. 2008. Vol. 14. No. 1. P. 133–160. DOI: 10.1177/1354066107087765.

19. Murshed S.M., Tadjoeddin M.Z. Revisiting the Greed and Grievance Explanations for Violent Internal Conflict. Journal of International Development. 2009. Vol. 21. No. 1. P. 87–111.

20. Kadayifci-Orellana S.A. Ethno-Religious Conflicts: Exploring the Role of Religion in Conflict Resolution. The SAGE Handbook of Conflict Resolution, eds., J. Bercovitch, V. Kremenyuk, I.W. Zartman, SAGE, London, 2009. P. 264–280.

21. Lujala P. The Spoils of Nature: Armed Civil Conflict and Rebel Access to Natural Resources. Journal of Peace Research. 2010. Vol. 47. № 1. P. 15–28.

22. Mason S.A., Spillmann K.R. Environmental Conflicts and regional Conflict Management. Welfare Economics and sustainable Development. 2007. Vol.11. P. 9–30.