

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 Кузьяков 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.б.н. Сибикеев С.Н. (Саратов); 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 ВИНТИ.

Учредитель, издательство и редакция:

ИД «Академия Естествознания»

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

Адрес редакции: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Ответственный секретарь редакции –

Бизенкова Мария Николаевна –

+7 (499) 705-72-30

E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 30.07.2019

Дата выхода номера – 30.08.2019

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. 19,13

Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/7-2019

Подписной индекс 70878

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)**СТАТЬИ**

ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАСТОРОПШИ ПЯТНИСТОЙ (<i>SILYBUM MARIANUM</i> (L.)) В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КAVКАЗА	
<i>Джашеев А.-М.С., Джашеева З.А.-М., Акбаева Ф.А., Токова Ф.М.</i>	7
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	
<i>Ермолаева Т.Я., Нуржидина Н.Н., Говердов Д.В., Салманова Н.А., Федотова Н.М.</i>	14
НАКОПЛЕНИЕ ПОДРОСТА НА ОТВАЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА	
<i>Зарипов Ю.В., Залесова Е.С., Залесов С.В., Платонов Е.П.</i>	21
КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ПОЛОСОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ STRIP-TILL В УСЛОВИЯХ ЮГА КАЗАХСТАНА	
<i>Рзалиев А.С., Бекмухаметов Ш.Б., Голобородько В.П., Абдикаиров А.А., Бегалы Д.К., Боранбаев Б.Е.</i>	26
МНОГООБРАЗИЕ МАСШТАБА И ФОРМЫ СТРОЕНИЯ ДРЕВОСТОЕВ ТОПОЛЯ ЧЁРНОГО В ОСОКОРНИКАХ ПОЙМЫ РЕКИ УРАЛ	
<i>Хлюстов В.К., Елекешева М.М.</i>	33
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КОРМОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛУКУСТАРНИКОВ В УСЛОВИЯХ ПРИКАСПИЙСКОЙ ПОЛУПУСТЫНИ	
<i>Шамсутдинов Н.З., Каминов Ю.Б., Батыров В.А.</i>	39

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД МАЛЫХ ОЗЕР НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
<i>Агбалин Е.В., Шинкарук Е.В.</i>	45
МОДЕЛЬ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ	
<i>Агейкина О.В.</i>	52
ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДЛЯ ОДНОГО ПУНКТА ПО МНОГОЛЕТНИМ ДАННЫМ	
<i>Аджиева А.А., Кокоева М.Н.</i>	58
НАМЫВНЫЕ ГРУНТЫ В ГОРОДЕ ЯКУТСКЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА ОСНОВЕ КОМПРЕССИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ	
<i>Вахрин И.С., Кузьмин Г.П.</i>	66
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Галаганова Л.А.</i>	71
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{137}CS , ^{40}K , ^{238}PU , $^{239+240}\text{PU}$ И НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ ПОЧВЫ С УЧАСТКОВ ВОКРУГ СЕВЕРОВДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА	
<i>Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Ларионов Н.С., Скютте Н.Г.</i>	77

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ
НА МАГИСТРАЛЬНОМ НЕФТЕПРОВОДЕ

Иванченкова О.А., Гамазин В.П., Луцевич А.А.82

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ КАК ЧАСТЬ
ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА «БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН:
ОБЩЕСТВО И ПРИРОДА» (НАЗНАЧЕНИЕ, СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ)

Кузнецова Т.И.88

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЗИМУТА ВЕТРОВ НА ЭТАПЕ РОСТА ЛИСТЬЕВ
БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ПЕРИОДЫ ВЕГЕТАЦИИ 2014 И 2018 ГОДОВ

Мазуркин П.М., Кудряшова А.И.95

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ИШИМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Мезенцева О.В., Ломакина С.С.102

ВЕТРОЭНЕРГОРЕСУРСЫ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЯКУТИИ

Ноговицын Д.Д., Шеина З.М., Сергеева Л.П.108

ПРОГНОЗ КОЛЕБАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ОЦЕНКА
СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ С АКТИВНОЙ ТЕКТОНИКОЙ

Татаркин А.В.113

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЗОНЫ ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА
СКОВОРОДИНО – ТИКСИ ПО СОЧЕТАНИЮ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Ткаченко Г.Г.120

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗОНИРОВАНИИ СЕЛЬСКО-ГОРОДСКИХ
ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЧВ

Федоров В.И., Иващук О.Д., Долинский А.А.127

ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ГЕОСИСТЕМЫ СРЕДНЕГО ПОУРАЛЬЯ

Чибилёв А.А. (мл.), Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В.133

К ВОПРОСУ ПОИСКА НОВЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОДЫ В ГОРОДЕ СТЕРЛИТАМАКЕ

Шатов А.А.139

РАССЕЛЕНИЕ СТАРОВЕРОВ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В XIX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

Шведов В.Г., Чурзина А.А., Ушаков Е.А., Шведова В.В.146

CONTENTS
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)
ARTICLES

EXPERIENCE OF MILK THISTLE (<i>SILYBUM MARIANUM</i> (L.)) CULTIVATION IN THE NORTHERN CAUCASUS PIEDMONT CONDITIONS <i>Dzhasheev A.-M.S., Dzhasheeva Z.A.-M., Akbaeva F.A., Tokova F.M.</i>	7
COMPARATIVE EVALUATION OF WINTER RYE VARIETIES BY ECONOMIC AND BIOLOGICAL INDICATORS <i>Ermolaeva T.Ya., Nuzhdina N.N., Goverdov D.V., Salmanova N.A., Fedotova N.M.</i>	14
UNDERGROWTH ACCUMULATION ON DUMPS OF CHRYSOTILE-ASBESTOS DEPOSIT <i>Zaripov Yu.V., Zalesova E.S., Zalesov S.V., Platonov E.P.</i>	21
COMBINED TOOL FOR MAIN STRIP TILLAGE BY STRIP-TILL TECHNOLOGY IN THE CONDITIONS OF SOUTH KAZAKHSTAN <i>Rzaliev A.S., Bekmukhametov Sh.B., Goloborodko V.P., Abdikairov A.A., Begaly D.K., Boranbaev B.E.</i>	26
THE SCALE VARIETY AND STRUCTURE FORMS OF FOREST STANDS OF BLACK POPLAR IN FLOODPLAIN OF THE URAL RIVER <i>Khlyustov V.K., Elekesheva M.M.</i>	33
BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND FODDER PRODUCTIVITY OF DWARF SEMISHRUBS IN THE CONDITIONS OF THE CIRCUM-CASPIAN SEMI-DESERTS <i>Shamsutdinov N.Z., Kaminov Yu.B., Batyrov V.A.</i>	39

Earth sciences (25.00.00)
ARTICLES

CHEMICAL COMPOSITION OF WATER OF SMALL LAKES OF OIL AND GAS DIVING REGIONS OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA <i>Agbalyan E.V., Shinkaruk E.V.</i>	45
MODEL OF THERMAL TREATMENT OF CONSTRUCTION CONGLOMERATES USING CARBAMIDOFORMALDEHYDE RESINS <i>Ageykina O.V.</i>	52
RESEARCH OF THE FREQUENCY DISTRIBUTIONS OF ANNUAL AIR TEMPERATURE FOR A SINGLE POINT OF PERMANENT DATA <i>Adzhieva A.A., Kokoeva M.N.</i>	58
HYDRAULIC-FILL SOILS IN YAKUTSK AND DETERMINATION OF THEIR PHYSICAL PROPERTIES FROM CONSOLIDATION TESTS <i>Vakhrin I.S., Kuzmin G.P.</i>	66
ANALYSIS OF SOIL CONDITION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN LIPETSK REGION <i>Galaganova L.A.</i>	71
DISTRIBUTION OF ^{137}CS , ^{40}K , ^{238}PU , $^{239+240}\text{PU}$ AND SOME HEAVY METAL IN SPRAY TESTS FROM PLOTS AROUND THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA <i>Zykova E.N., Zikov S.B., Yakovlev E.Yu., Larionov N.S., Skyutte N.G.</i>	77
ESTIMATION OF THE CONDITION OF THE TERRITORY POLLUTED AS A RESULT OF THE ACCIDENT ON THE MAIN OIL PIPELINE <i>Ivanchenkova O.A., Gamazin V.P., Lutsevich A.A.</i>	82

LANDSCAPE AND ECOLOGICAL MAPS AS PART OF THE ELECTRONIC ATLAS «BAIKAL REGION: SOCIETY AND NATURE» (ITS FUNCTION, STRUCTURE, CONTENTS)	
<i>Kuznetsova T.I.</i>	88
THE PATTERNS OF DISTRIBUTION OF THE AZIMUTH OF THE WINDS AT THE STAGE OF GROWTH THE LEAVES OF THE BIRCH IN THE VEGETATION PERIODS 2014 AND 2018	
<i>Mazurkin P.M., Kudryashova A.I.</i>	95
GEOECOLOGICAL MONITORING OF SURFACE WATER DURING SPRING FLOODS IN THE MIDDLE REACHES OF THE ISHIM RIVER, USING REMOTE SENSING METHODS AND GIS-TECHNOLOGIES	
<i>Mezentseva O.V., Lomakina S.S.</i>	102
WIND ENERGY RESOURCES OF THE NORTHERN TERRITORIES OF YAKUTIA	
<i>Nogovitsyn D.D., Sheina Z.M., Sergeeva L.P.</i>	108
FORECAST OF GROUND SURFACE VIBRATIONS AND EVALUATION OF THE DEPTH OF RISK OF CHANGES IN ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF TERRITORIES WITH ACTIVE TECTONICS	
<i>Tatarkin A.V.</i>	113
ZONING OF THE TERRITORY OF THE TRANSPORT CORRIDOR SKOVORODINO – TIKSI BY THE COMBINATION OF MINERAL RESOURCES	
<i>Tkachenko G.G.</i>	120
DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT METHODS FOR URBAN DEVELOPMENT ZONING OF RURAL AND URBAN TERRITORIES USING SOIL QUALITY ASSESSMENT	
<i>Fedorov V.I., Ivaschuk O.D., Dolinskiy A.A.</i>	127
ASSESSMENT OF THE LANDSCAPE AND ECOLOGICAL STABILITY OF THE MIDDLE POURALIE GEOSYSTEM	
<i>Chibilev A.A. (jr.), Meleshkin D.S., Grigorevskiy D.V.</i>	133
TO THE ISSUE OF NEW ALTERNATIVE SOURCES OF MINERAL RAW MATERIALS FOR SODA PRODUCTION IN STERLITAMAK	
<i>Shatov A.A.</i>	139
DISSOLUTION OF OLD BELIEVERS IN THE SOUTH OF THE FAR EAST IN THE XIX – THE BEGINNING OF THE XXI CENTURIES	
<i>Shvedov V.G., Churzina A.A., Ushakov E.A., Shvedova V.V.</i>	146

СТАТЬИ

УДК 582.998:631.53:633.8(470.6)

**ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАСТОРОПШИ ПЯТНИСТОЙ
(*SILYBUM MARIANUM* (L.)) В УСЛОВИЯХ
ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КAVKAZA**

¹Джашеев А.-М.С., ¹Джашеева З.А.-М., ²Акбаева Ф.А., ²Токова Ф.М.

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

²Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, Черкесск

Статья посвящена исследованию технологии возделывания расторопши пятнистой сорта Амулет в предгорной зоне Карачаево-Черкесской республики с 2009 по 2012 г. Полученные результаты проведенных исследований дают возможность утверждать, что этот регион хорошо подходит для возделывания высококачественного семенного материала расторопши пятнистой. Предпосевная подготовка семян расторопши пятнистой требует небольших затрат средств и труда, но вместе с тем его экономическая эффективность весьма значительна. Лабораторная всхожесть семян, выращенных в этом регионе, составила $96 \pm 0,6\%$. Норма высева семян расторопши пятнистой с такой всхожестью составляет $19 \pm 0,9$ кг/га, расстояния между рядками 50 см, глубина заделки семян $4,5 \pm 0,5$ см. Оптимальным температурным режимом для одновременного прорастания семян в почве является диапазон $22 \pm 2^\circ\text{C}$, что обеспечивает полевую всхожесть семян до $90 \pm 4,6\%$ в течение 9–11 дней. После цветения бутона на корзинке расторопши пятнистой семена начинают созревать к 10 дню, они созревают кругами от центра к периферии корзинки. Раздельный способ уборки урожая расторопши пятнистой обеспечивает устойчивую работу комбайнов и получение до 0,90 т/га семян пригодных для реализации. Слабым местом в технологии возделывания расторопши пятнистой является уборка урожая. В процессе уборки потери выращенного урожая доходят до $22 \pm 2\%$, в связи с этим необходимо: 1) продолжить исследования и научно обосновать сроки начала уборки; 2) изыскать новые технологические приемы и способы для уборки урожая расторопши пятнистой. Анализ экономических показателей возделывания расторопши пятнистой показал, что данное направление деятельности является перспективным и экономически привлекательным для сельхозпроизводителей Карачаево-Черкесской республики.

Ключевые слова: Карачаево-Черкесская республика, расторопша пятнистая, Амулет, технология возделывания, норма высева, сроки посева, полевая всхожесть, десикант, уборка, потеря урожая

**EXPERIENCE OF MILK THISTLE (*SILYBUM MARIANUM* (L.)) CULTIVATION
IN THE NORTHERN CAUCASUS PIEDMONT CONDITIONS**

¹Dzhasheev A.-M.S., ¹Dzhasheeva Z.A.-M., ²Akbaeva F.A., ²Tokova F.M.

¹Limited Liability Company Karachay-Cherkess Research Institute of Agriculture,
Ust-Dzheguta, e-mail: 0909dams@mail.ru;

²North Caucasus State Humanitarian and Technological Academy, Cherkessk

The article is devoted to the study of Milk Thistle (variety Amulet) cultivation technology in the piedmont of Karachay-Cherkess Republic during the period from 2009 to 2012. Obtained results of the conducted studies allow to assert that this region is well suited for cultivation of high-quality milk thistle's seed material. Pre-sowing milk thistle seeds preparation requires a small expenditure of funds and labor, but at the same time, its economic efficiency is very significant. Seeds grown in this region has laboratory germination $96 \pm 0,6\%$. Milk Thistle seeds with such germination has seeding rate $19 \pm 0,9$ kg/ha, the distance between rows is 50 cm, seeding depth is $4.5 \pm 0,5$ cm. The optimal temperature for simultaneous seeds germination in the soil is $22 \pm 2^\circ\text{C}$, it provides seeds field germination up to $90 \pm 4,6\%$ for 9-11 days. The Milk Thistle seeds begin to ripen in a basket by day 10 after bud flowering. In the basket seeds mature circles, from the center to the periphery. Seeds harvest from beveled and dried stems provides combines stable operation and obtaining up to 0,90 t/ha of seeds suitable for sale. Harvesting is a weak point of Milk Thistle cultivation technology. During harvest up to $22 \pm 2\%$ of seeds are lost, in this regard necessary (1) to continue researches and scientifically substantiate harvesting dates commencement and (2) to find new technological methods for Milk Thistle harvesting. Analysis of Milk Thistle cultivation efficiency shows that this activity is promising and economically attractive for farmers in Karachay-Cherkess Republic.

Keywords: Karachay-Cherkess Republic, *Silybum marianum*, Amulet, cultivation technology, seeding rate, sowing dates, field germination, desiccant, harvesting, crop loss

Увеличение площадей посевов расторопши пятнистой, повышение урожайности и ее широкое применение в фармацевтической и пищевой отраслях является одной из народнохозяйственных задач России [1, 2]. Предгорные зоны Карачаево-Черкесской

республики благодаря своим климатическим характеристикам и агрохимическим особенностям почвы полей севооборота (пахотный слой) обеспечивают условия благоприятные для возделывания расторопши пятнистой. Сдерживающим фактором

распространения этой культуры в регионе является отсутствие знаний технологии возделывания рапса пятнистой и ее особенностей. Рапс пятнистый изучается для разных отраслей промышленности учёными в России и за рубежом. В этом направлении учёными России проделана огромная работа [3]. Однако многие аспекты возделывания рапса пятнистой носят разрозненный характер и недостаточно полно изучены и систематизированы. Такая ситуация объяснима, так как на технологию возделывания рапса пятнистой и на ее параметры влияет множество факторов, наиболее явные это сортность и качество семян, местность произрастания, погодные условия, уход за растениями и другие. ООО «Карачаево-Черкесский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (КЧНИИСХ) совместно с ведущими специалистами Аграрного института Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии (СевКавГГТА) в течение четырёх лет (с 2009 по 2012 г.) проводили исследования возделывания рапса пятнистой сорта Амулет РС-1-3, семена которых завозили каждый год из Самарской области.

Цель работы: определение эффективных агротехнических приёмов возделывания рапса пятнистой для прикладного семеноводства в условиях предгорной зоны Северного Кавказа.

Материалы и методы исследования

Почвенно-климатические условия региона исследования: расположен на северных склонах центральной части Кавказских гор в Карачаево-Черкесской республике, климат континентальный, на предгорных районах средняя температура января от -5°C до -8°C , июля $+21^{\circ}\text{C}$ до 28°C , осадков выпадает от 550 мм в год, качество почв выщелоченные чернозёмы, мощность их колеблется от 50 до 140 см, от 3 до 10% содержание гумуса. Продолжительность вегетационного периода – 140–150 дней. Для изучения свойств растений рапса пятнистой во время их развития и уборки использовались общеизвестные классические методики, взятые из доступных литературных источников. Повторность опытов трёхкратная, расположение делянок – рандомизированное [4].

1. Вначале, согласно рекомендациям Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур, семена рапса пятнистой с целью обеззараживания

погружали в однопроцентный раствор марганцовокислого калия на 20 мин, после чего тщательно промывали водой. Затем их выдерживали 24 ч в растворе микроэлементов (в 1 л воды растворяли 0,2 г борной кислоты и по 0,5 г сернокислого цинка и медного купороса). После обеззараживания и выдержки в растворе микроэлементов высушенные семена рапса пятнистой до сыпучей фракции протравливали так же, как и семена яровой пшеницы. Подготовленные семена высевались сеялкой СОНП-4,2 (шесть рядков, ширина захвата 3 м) для сравнительных исследований три рядка из шести одновременно высевали семенами, не прошедшими предпосевную подготовку в растворе микроэлементов, а просто протравленные так же, как и семена яровой пшеницы. Проводили фенологические наблюдения на протяжении всего периода вегетации рапса пятнистой два раза в неделю.

2. Лабораторную всхожесть семян после предпосевной обработки проверяли по общеизвестной методике в чашках Петри, поддерживая температуру $22 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$. Эту процедуру проводили для каждой партии семян и каждый год перед посевом. Для определения лабораторной всхожести семян подсчитывают количество проросших семян в течение 7–9 дней после закладки в термощкаф. Доля проросших семян, выраженная в процентах по отношению к числу заложённых семян на проращивание, принята за показатель их лабораторной всхожести [5]. Полевую всхожесть подсчитывали аналогичным способом, наблюдения проводили на небольших делянках высеянного поля, выделенных специально для этих целей, площадью 4 м² каждая. Для удобства определения влияния предпосевной обработки семян на лабораторную и полевую всхожести полученный цифровой материал обрабатывали с проведением дисперсионного анализа.

3. Норма и схема посева являются одними из важных составляющих элементов технологии возделывания любой культуры. Норму посева семян можно рассчитать по формуле

$$H = \frac{K \times A \times 100}{X \times P} \text{ кг/га,}$$

где H – норма посева семян, кг/га; K – количество растений, требуемое по норме на гектаре, шт.; A – масса 1000 шт., г; X – посевная (хозяйственная) годность семян, %; P – полевая всхожесть семян, %.

С целью определения влияния нормы и схемы посева на биологическую урожай-

ность расторопши пятнистой исследованы различные варианты, для чего ширину междурядий принимали 30, 50 и 60 см, гнезда в рядке формировали во всех случаях с шагом 16 ± 1 см, норму высева семян настраивали из расчёта, чтобы на одном гектаре площади взошедших растений было 350, 550 и 750 тыс. шт. Для предотвращения потери семян (осыпание, выклёвывание птицами) корзинок на растениях срезали по мере их созревания, учёт массы семян вели после их высушивания до $8 \pm 1\%$ влажности. При этом посеvy производились семенами расторопши пятнистой (Амулет РС-1-3), прошедшими комплексную предпосевную обработку в растворе микроэлементов. Повторность опытов трёхкратная. Делянки для фенологических наблюдений на протяжении всего периода вегетации на посеянных полях выбирали с учётом рандомизации. Глубина заделки семян варьировала в пределах $4,5 \pm 0,5$ см. Общая учётная площадь делянок 36 кв. м и количество делянок 9 шт.

4. Для проведения посева семян расторопши пятнистой в литературных источниках рекомендуют два вида сеялок [6]. Первая овощная сеялка СОНП-4,2, и вторая сеялка СЗС-2,1. Согласно инструкциям обе сеялки настраивали на норму высева $19 \pm 0,9$ кг/га. Посев производился на укатанную поверхность почвы с одинаковой высоты, (сошники подняты над поверхностью почвы). Сравнивали коэффициент вариации распределения семян вдоль рядка и по ширине относительно оси рядка. Такие же исследования проводили со всходами в рядках на 15 день после посевов.

5. Учитывая противоречивость выводов в отношении сроков и способов уборки расторопши пятнистой в литературных источниках и отсутствия научно обоснованных рекомендаций по данному вопросу [2, 6], вели наблюдения за развитием растений и бутонов с семенами в корзинках. Уборка урожая была опробована двумя способами: первый – прямым комбайнированием и второй – скашиванием в валки с последующим обмолотом после высыхания стеблевой массы с семенами, а также определяли их влияние на сбор урожая семян. Учитывая рекомендации из некоторых литературных источников в предуборочный период на обоих способах уборки нами опробован сильнодействующий препарат «Раундап» (системный гербицид) в качестве десиканта. При этом во всех случаях потери урожая

определяли путём сравнения с биологически выращенным урожаем.

6. Для ознакомления и ориентирования сельхозпроизводителей региона с экономическими показателями и рентабельностью возделывания расторопши пятнистой в сравнении с яровой пшеницей на полях ООО «Агрофирма Джаше» Карачаево-Черкесской республики вели учёт расхода и прихода, произведённые при возделывании расторопши пятнистой и яровой пшеницы на десяти гектарах площади.

Результаты исследования и их обсуждение

Четырёхлетние фенологические наблюдения на протяжении всего периода вегетации за всходами и их развитием в полевых условиях показали, что предпосевная подготовка семян повышает энергию их прорастания [7]. Так в течение 9–11 дней прорастали $90 \pm 4,6\%$ семян, прошедших комплексную предпосевную обработку. На 12–14 день после посевов аналогичные результаты показали семена, не прошедшие комплексную предпосевную обработку в растворе микроэлементов. Среднее значение за четыре сезона не плодоносящих, в том числе и не сохранённых до периода уборки растений, по отношению к всходам на исследуемых делянках составило $7 \pm 0,9\%$. Сроки посева семян расторопши для исследуемой зоны совпадают со сроками посева семян яровых культур с конца апреля и до второй половины мая. Предпосевная подготовка семян даёт возможность культурным растениям укорениться и развиваться быстрее, чем сорные растения. Так же замечено: особо интенсивный рост начинается со второй декады июня и к первой декаде июля достигают средних размеров 1,2 м, а порой достигают и 2,0 м, затем расцветают бутоны корзинок на центральных побегах. Количество побегов на одно растение три и более штук, а количество корзинок, дающих урожай, 2–4 шт. на каждом побеге (рисунок). Масса семян с одного растения достигает примерно $2 \pm 0,8$ г [7]. После цветения бутона на корзинке расторопши пятнистой семена начинали созревать к 10 дню, они созревали кругами от центра к периферии корзинки. Корзинки, находящиеся на первых побегах, раскрывались, созревшие семена высвобождались из гнезда в центральной части этих корзинок и начинали разлетаться при наличии ветра или их выклёвывали птицы. Остальные наблюдения представлены ниже.



*Расторопша пятнистая,
выращенная на территории КЧР
(ООО «Карачаево-Черкесский НИИСХ»),
июль 2009 г.*

Цифровой материал сравнительных опытов, полученный согласно вышеописанной методике с целью определения влияния предпосевной обработки семян расторопши пятнистой (Амулет РС-1-3) на лабораторную и полевую всхожести, анализирован

дисперсионным методом и представлен в табл. 1.

Нами в период исследований (с 2009 по 2012 г.) опробованы различные схемы и нормы высева семян расторопши пятнистой с целью определения их влияния на биологическую урожайность. Полученный цифровой материал после дисперсионного анализа представлен в виде табл. 2.

Сеялка СОНП-4,2 обеспечивала более равномерное распределение семян вдоль и поперёк рядка. Коэффициент вариации распределения семян вдоль рядка на поверхности укатанного поля составил $42 \pm 4\%$, а поперёк относительно оси рядка $38 \pm 3\%$; по всходам на 15 день этот показатель вдоль рядка получен $39 \pm 4,5\%$, а поперёк относительно оси рядка $35 \pm 2\%$. Такой результат вариации распределения растений можно объяснить тем, что борозды, образованные сошниками, улучшают равномерность распределения семян и фиксируют их почвой, как по длине, так и в поперечном направлении относительно оси рядка. Эти результаты считаются хорошими, по полю создаётся правильно выровненный фон распределения растений.

В период уборки урожая опробованы два способа с двумя вариантами уборки семян расторопши пятнистой с целью определения их влияния на собранный урожай. Полученный цифровой материал после дисперсионного анализа представлен в виде табл. 3.

Таблица 1
Влияние предпосевной обработки семян расторопши пятнистой (Амулет РС-1-3)
на лабораторную и полевую всхожести

Характеристика посевного материала		2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее значение
Лабораторная всхожесть						
1	Среднесуточный температурный режим в лабораторных условиях (град °С)	$22 \pm 2,5$	$22 \pm 2,5$	$22 \pm 2,5$	$22 \pm 2,5$	$22 \pm 2,5$
2	Всхожесть семян прошедших предпосевную обработку (%) в течение 8 ± 1 дней	$95 \pm 1,6$	$95 \pm 0,7$	$98 \pm 0,2$	$96 \pm 0,2$	$96 \pm 0,6$
3	Всхожесть семян не прошедших предпосевную обработку (%) в течение 8 ± 1 дней	$89 \pm 4,7$	$90 \pm 3,6$	$90 \pm 4,7$	$91 \pm 3,6$	$90 \pm 4,6$
Полевая всхожесть						
1	Среднестатистическая температура в мае в период прорастания растений в открытом грунте (град °С)	$18 \pm 0,8$	$19 \pm 0,9$	$19 \pm 0,5$	$20 \pm 0,5$	$19 \pm 0,6$
2	Среднестатистическая количество осадков в мае в период прорастания растений в открытом грунте (мм)	$109 \pm 0,9$	$87 \pm 0,4$	$82 \pm 0,8$	$68 \pm 0,5$	$87 \pm 1,5$
3	Всхожесть семян в течение 12 ± 1 дней прошедших предпосевную обработку (%)	$83 \pm 3,2$	$88 \pm 0,2$	$87 \pm 3,5$	$86 \pm 2,3$	$86 \pm 2,3$
4	Всхожесть семян не прошедших предпосевную обработку (%) в течение 12 ± 1 дней	$80 \pm 3,2$	$81 \pm 0,2$	$83 \pm 3,5$	$85 \pm 2,3$	$82 \pm 5,3$

Таблица 2

Влияние схемы и нормы высева семян расторопши пятнистой (Амулет РС-1-3), прошедших комплексную предпосевную обработку в растворе микроэлементов, на среднестатистическую биологическую урожайность

	Варианты схемы и нормы высева семян расторопши пятнистой (Амулет РС-1-3)	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднестатистический урожай
1	Ширина междурядий 30 см, шаг гнезда в рядке через 16 ± 1 см, норма возшедших семян 350 тыс. штук на 1 га	$1,1 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,06$	$1,2 \pm 0,03$	$1,0 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,01$
2	Ширина междурядий 50 см, шаг гнезда в рядке через 16 ± 1 см, норма возшедших семян 550 тыс. штук на 1 га	$1,3 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,15$
3	Ширина междурядий 60 см, шаг гнезда в рядке через 16 ± 1 см, норма возшедших семян 750 тыс. штук на 1 га	$1,2 \pm 0,01$	$1,1 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,07$	$1,0 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,8$

Таблица 3

Влияние способа уборки семян расторопши пятнистой (Амулет) на среднестатистическую урожайность в предгорной зоне Карачаево-Черкесской республики

	Варианты способа уборки семян расторопши пятнистой (Амулет)	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднестатистический урожай
1	Масса семян расторопши пятнистой, полученная прямым комбайнированием листостебельной массы (т/га)	$0,80 \pm 0,05$	$0,8 \pm 0,07$	$0,78 \pm 0,03$	$0,78 \pm 0,01$	$0,79 \pm 0,04$
2	Масса семян расторопши пятнистой, полученная прямым комбайнированием листостебельной массы, предварительно обработанной препаратом «Раундап» в качестве десиканта (т/га)	$0,82 \pm 0,03$	$0,81 \pm 0,09$	$0,79 \pm 0,05$	$0,79 \pm 0,04$	$0,80 \pm 0,03$
3	Масса семян расторопши пятнистой, полученная путём раздельной уборки (скашивание в валки с последующим обмолотом зерна после высыхания листостебельной массы) (т/га)	$1,1 \pm 0,07$	$1,1 \pm 0,07$	$1,1 \pm 0,04$	$1,0 \pm 0,01$	$1,1 \pm 0,02$
4	Масса семян расторопши пятнистой, полученная путём раздельной уборки (скашивание в валки с последующим обмолотом зерна после высыхания листостебельной массы, предварительно обработанной препаратом «Раундап» в качестве десиканта) (т/га)	$0,9 \pm 0,05$	$0,9 \pm 0,07$	$0,84 \pm 0,03$	$0,87 \pm 0,01$	$0,88 \pm 0,01$

Результаты исследований уборки урожая показали, что при прямом комбайнировании с корзинок осыпались и улетали часть спелых семян, а также корзинки, семена в которых уже спелые, но их влажность высокая, обмолачивались не полностью. Во время уборки урожая расторопши пятнистой была высокая влажность стеблевой и листовой массы, что препятствовало нормальной работе зерноуборочного комбайна. При ожидании высыхания

стеблевой массы для улучшения условий работы комбайна прямым комбайнированием более 50% качественных семян осыпались или улетали. При раздельной уборке соприкосновение подборщика с валком (подсохшая масса листьев и стеблей с корзинками, содержащими семена) сопровождается осыпанием семян из подсохших корзинок. Подсчёты показали, что потери при обоих способах уборки достигают $22 \pm 2\%$ биологически выращенного

урожая. Оптимальный способ уборки на сегодняшний день для указанного региона – раздельный, который обеспечивает в среднем уборку урожая 0,90 т/га семян пригодных для реализации.

Апробация препарата «Раундап» в качестве десиканта на расторопше пятнистой привела к нежелательным результатам. Увеличились потери урожая, семена из верхних корзинок начинали легко и быстро освобождаться из своих ячеек, осыпались и улетали даже при небольшом покачивании растения ветром. Семена расторопши пятнистой в основном возделывают для применения в фармации в виде лекарственных препаратов и пищевых добавок [1, 3]. Использование «Раундап» экономически нецелесообразно (высокая цена), он отрицательно влияет на экологию, а также высока вероятность проникновения гербицида в семена расторопши пятнистой через соковую систему растения или поверхность семян. В литературных источниках отсутствует информация о влиянии такой обработки на всхожесть семенного материала будущего урожая, что требует проведения дополнительных исследований.

Усреднённые результаты сравнительного анализа эффективности возделывания расторопши пятнистой по сравнению с яровой пшеницей, полученные в течение четырёх сезонов исследований, приведены в табл. 4.

Заключение

1. Предпосевная подготовка семян расторопши пятнистой даёт им возможность укорениться и взойти в среднем на 2 ± 1 дня раньше по сравнению с необработанными семенами, лабораторная всхожесть семян увеличивается на $6 \pm 0,6\%$, а полевая всхожесть до $4 \pm 2,3\%$.

2. Для обеспечения одного гектара площади 550 тыс. растений оптимальное значение нормы высева семян расторопши пятнистой при полевой всхожести семян $88 \pm 2\%$ составляет $19 \pm 0,9$ кг/га, расстояния между рядками 50 см, глубина заделки семян $4,5 \pm 0,5$ см. Сеялка СОНП-4,2 обеспечивает более равномерное распределение семян по площади. Коэффициент вариации распределения взошедших растений вдоль рядка на 15 день поле посева семян составил $39 \pm 4,5\%$, а поперёк (относительно оси рядка) $35 \pm 2\%$.

Таблица 4

Экономические показатели возделывания расторопши пятнистой в сравнении с яровой пшеницей на площади 10 га

№ п/п	Наименование технологического процесса	Сравниваемые культуры		Отклонение относительно показателей яровой пшеницы
		пшеница (яровая)	расторопша	
1	Норма высева семян на 10 га, кг	2130	$190 \pm 0,9$	1940
2	Стоимость семян для посева, руб. за 1 кг (рыночная стоимость на 1 квартал 2012 г.)	16	85	16
3	Расходы на закупку семян для посева на 10 га, руб.	34080	16150	34040
4	Расходы на предпосевную подготовку семян, для 10 га, руб.	4356	1845	2511
5	Средняя урожайность в регионе, (кг/га)	3500	900	2600
6	Урожай с 10 га, (кг)	35000	9000	26000
7	Средняя рыночная стоимость зерна, (руб./кг) на 1 квартал 2012 г.	8	85	77
8	Стоимость урожая, руб. с 10 га,	280000	765000	485000
9	Количество рейсов для перевозки, шт.	4	1	3
10	Транспортные расходы на 10 га (на плечо 50 км, 4 руб т/км) до склада хозяйства, руб.	7000	180	6820
11	Очистка зерна от примесей, урожая с 10 га	7840	1980	5860
12	Сушка зерна для хранения, урожая с 10 га	9537	2120	7417
13	Хранение зерна, урожая с 10 га за 9 месяцев	12200	4050	8150
14	Доставка урожая с 10 га к месту приёма (элеватор, мельницы, цех переработки), (на плечо 50 км, 4 руб т/км), руб.	7000	180	6820
15	Эффект в пользу расторопши пятнистой, по сравнению с яровой пшеницей с 10 га руб.			556618

3. Доля неплодоносящих, в том числе не сохранённых до периода уборки растений, по отношению к всходам на исследуемых делянках составила $7 \pm 0,9\%$.

4. После цветения бутона на корзинке расторопши пятнистой семена начинают созревать к 10 дню, происходит это кругами начиная от центра к периферии корзинки.

5. Раздельный способ уборки урожая расторопши пятнистой обеспечивает устойчивую работу комбайна без забиваний листостебельной массой и получение $0,90$ т/га семян пригодных для реализации.

6. В процессе уборки потери выращенного урожая в среднем достигают $22 \pm 2\%$, в связи с этим необходимо продолжить исследования и научное обоснование срока начала уборки, также актуален поиск новых технологических приёмов и способов уборки урожая расторопши пятнистой.

7. Анализ результатов исследований и экономических показателей возделывания расторопши пятнистой показывает, что данная культура востребована, имеет перспективу и экономически привлекательна для сельхозпроизводителей Карачаево-Черкесской республики.

Список литературы / References

1. Куркин В.А., Запесочная Г.Г., Авдеева Е.В., Рыжов В.М., Попова Л.Л., Грядунцов П.Е. Расторопша пятнистая. Самара: Офорт, 2010. 118 с.

Kurkin V.A., Zapsochnaya G.G. Avdeeva E.V., Ryzhov V.M., Popova L.L., Gryadunov P.E. Milk Thistle. Samara: Ofort, 2010. 118 p. (in Russian).

2. Николайченко Н.В. Расторопша пятнистая в Среднем Поволжье (биология и технология выращивания). Саратов: ООО «Орион», 2010. 100 с.

Nikolaichenko N.V. Milk Thistle in the Volga region (biology and cultivation technology). Saratov: ООО «Orion», 2010. 100 p. (in Russian).

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

Nikolaichenko N.V. Effect of the terms, norms and methods of sowing and depth of sowing on the productivity of a Milk Thistle on Chernozem soils of the Saratov right Bank: dis. ... kand. selkhoz. nauk. Saratov, 2011. 196 p. (in Russian).

4. Кузнецова Е.И., Алешенко М.Г., Закабунина Е.Н. Методы полевых, вегетационных и лизиметрических исследований в агрономии: учеб. пособие. М.: ФГОУ ВПО РГАУЗУ, 2010. 130 с.

Kuznetsova E.I., Aleshchenko G.M., Zakabunin E.N. Field methods, vegetation and visimetrics of research in agronomy. Manual. M.: FGOU VPO PGAZU, 2010. 130 p. (in Russian).

5. Николайченко Н.В. Агробиологические основы выращивания расторопши в Поволжье. Саратов: ООО «ЦеСАин», 2013. 198 с.

Nikolaichenko N.V. Agrobiological bases of cultivation of Milk Thistle in the Volga region. Saratov: ООО «CeSAin», 2013. 198 p. (in Russian).

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

УДК 633.14 «324»:631.526.32

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Ермолаева Т.Я., Нуждина Н.Н., Говердов Д.В., Салманова Н.А., Федотова Н.М.

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

В связи с аридизацией климата различных регионов и увеличением рисков по снижению продуктивности зерновых культур представляют интерес сорта озимой ржи, как засухоустойчивой культуры. Целью наших исследований была сравнительная оценка сортов озимой ржи различного эколого-географического происхождения по урожайности и другим хозяйственно-биологическим показателям в условиях Нижнего Поволжья. Изучали признаки: урожайность сортов, высота растений, масса и число зёрен с колоса, крупность зерна и его натурная масса. Выявлено, что в условиях засухи недостаточная выполненность зерна приводит к снижению натурной массы и урожайности сортов. По урожайности выделились сорта: Валдай, Саратовская 7, Марусенька, Московская 12, Радонь, Таловская 41, Флора, Тантана, Татьяна. Изучение физиолого-генетических систем, определяющих урожайность сортов, показало важность работы системы аттракции, определяющей поступление пластических веществ из стебля в колос. Выявлено, что интерес при отборах представляет расчёт индексов урожайности, перспективности и финно-скандинавского. По массе отрезка стебля определена прочность его у сортов с доминантно-моногоенной и рецессивно-полигенной основой короткостебельности. Представлены морфологические особенности стебля. Изучены особенности сортов по длине подколосового междоузлия, отражающей работу генов, определяющих высоту растений. Выделены сорта, представляющие интерес для селекции в качестве источников короткостебельности и устойчивости к полеганию: Рушник, Презент, Татьяна, Флора, Таловская 41, Таловская 33, Чулпан 7. По степени развития механической и проводящей тканей стебля выделились сорта: Эстафета Татарстана, Альфа.

Ключевые слова: сорта озимой ржи, урожайность, хозяйственно-биологические показатели, селекционные индексы, устойчивость к полеганию, прочность стебля

COMPARATIVE EVALUATION OF WINTER RYE VARIETIES BY ECONOMIC AND BIOLOGICAL INDICATORS

Ermolaeva T.Ya., Nuzhdina N.N., Goverdov D.V., Salmanova N.A., Fedotova N.M.

Agricultural Research Institute of the South – East, Saratov, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

In connection with the aridization of climate in different regions and increase in risks to reduce the productivity of grain crops, varieties of winter rye, as a drought-resistant crop, are of interest. The aim of our research was a comparative assessment of winter rye varieties of various ecological and geographical origin in terms of yield and other economic and biological indicators in the conditions of the Lower Volga region. The following signs were studied: the yield of varieties, plant height, weight and number of grains per spike, grain size and its natural weight. It was revealed that in conditions of drought, insufficient grain compliance leads to a decrease in natural weight and yield of varieties. By yield, the following varieties stood out: Valdai, Saratovskaya 7, Marusenka, Moskovskaya 12, Radon, Talovskaya 41, Flora, Tantana, Tatiana. The study of physiological and genetic systems that determine the yield of varieties showed the importance of the work of the attraction system, which determines the flow of plastic substances from the stem to the ear. It is revealed that the interest in the selection is the calculation of the indices of yield, prospects and Finno-Scandinavian. By the mass of a segment of the stem, its strength has been determined in varieties with a dominant-monogenic and recessive-polygenic basis of short stem. Morphological features of the stem are presented. The peculiarities of varieties along the length of the near-crochet interstice, reflecting the work of the genes that determine the height of plants, have been studied. Selected varieties of interest for breeding as sources of shortness and lodging resistance: Rushnik, Present, Tatiana, Flora, Talovskaya 41, Talovskaya 33, Chulpan 7. The degree of development of the mechanical and conductive tissues of the stem stood out for the variety: Estafeta Tatarstana, Alpha.

Keywords: varieties of winter rye, yield, economic and biological indicators, breeding indices, resistance to lodging, stem strength

В земледелии России озимая рожь имеет важное значение в первую очередь в связи со сложными, нестабильными метеорологическими условиями, позволяя за счёт высокой адаптивности, засухоустойчивости, зимостойкости, способности давать урожай на низкоплодородных почвах стабилизировать валовый сбор зерна, необходимого как для населения, так и для кормопроизводства. Многие исследователи

отмечают аридизацию климата различных регионов и связанный с этим риск снижения продуктивности [1]. Отмечается, что «даже при незначительном снижении среднего потенциала продуктивности риски крупных неурожаев могут возрастать в разы» [2]. Озимая рожь «на формирование единицы сухого вещества использует на 20–30% меньше воды, чем пшеница», существенны и межсортные различия по засухоустой-

чивости. Интерес представляют и данные о важной роли в фотосинтезе, особенно после опыления, стебля ржи (не только верхних, но и нижних междоузлий) [3, с. 66].

Линейка сортов озимой ржи представляет собой два направления селекции по типу короткостебельности: рецессивно-полигенное и доминантно-моногенное, оказывающему значительное влияние на особенности фотосинтеза сортов, их засухоустойчивость и урожайность, высоту, устойчивость к полеганию [4, 5]. По цвету зерна также представлено два направления – традиционный серо-зелёный цвет и светло-жёлтый, отличающиеся по технологическим свойствам [6].

Цель исследования: сравнительная оценка сортов по урожайности и другим хозяйственно-биологическим показателям в условиях Нижнего Поволжья, а также определение посредством изучения структуры урожая закономерности его формирования в зависимости от генотипа и многообразия факторов внешней среды. Изучить результативность применения теории селекционных индексов для идентификации физиолого-генетических систем, определяющих повышение урожая зерна, и рассмотреть прочность и морфологические особенности стебля сортов, оказывающие значительное влияние на устойчивость к полеганию, высоту растений.

Материалы и методы исследования

Исходным материалом служил 21 современный сорт озимой ржи. Сорта Марусенька, Памяти Бамбышева, Саратовская 7, Валдай, Альфа, Безенчукская 87, Безенчукская 110, Московская 12, Антарес характеризуются рецессивно-полигенным типом короткостебельности. Все сорта проходили сравнительное испытание на полях института в 2016–2018 гг. на делянках – 13,2 м² в трёхкратной повторности [7]. Норма высева – 4 млн шт/га. Густота стояния стеблей определялась путём отбора снопа с 1 м², показатели по колосу и высота оценивались с 25 растений, с каждой повторности.

Опираясь на основные положения теории селекционных индексов для генетического улучшения экономически важных свойств растений [8], были определены следующие индексы. Индекс урожайности – отношение массы зерна (г) / к общей сухой биомассе растений (г). Мексиканский индекс – отношение массы колоса (мг) / к длине побега (см). Финно-скандинавский индекс – отношение количества

зёрен в колосе (шт) / к длине побега (см). Индекс перспективности – отношение массы 1000 зёрен (г) / к длине побега (см). Индекс аттракции – отношение массы колоса (г) / к массе соломины (г). Индекс потенциальной продуктивности колоса – отношение массы зерна с колоса (г) / к массе колоса с семенами, умноженное на число зёрен в колосе. Плотность колоса на 1 см колосового стержня – отношение количества колосков в колосе к его длине (см). Озернённость колоса – отношение количества цветков с завязавшимся зерном к общему количеству цветков, умноженное на 100%.

Условия проведения опытов. По метеорологическим условиям 2016 г. характеризовался как средnezасушливый, $ГТК_{\text{мая-июля}} = 0,7$. Обильное выпадение осадков во второй и третьей декаде мая способствовало полноценному развитию растений. В 2017 г. наблюдалось повышенное выпадение осадков, $ГТК_{\text{мая-июля}} = 1,4$. Малоблагоприятным являлся 2018 г. в связи с пониженным температурным режимом в марте, апреле, конце мая и начале июня. По влагообеспеченности растений условия мая-июля были сильнозасушливыми.

Результаты исследований и их обсуждение

По урожайности в среднем за три контрастных по метеоусловиям года выделились сорта: Валдай, Саратовская 7, Марусенька, Московская 12, Радонь, Таловская 41, Флора, Тантана, Татьяна (табл. 1). Белозёрный сорт Памяти Бамбышева, характеризующийся светло-жёлтым цветом зерна, более высоким выходом муки с высокой белизной формировал урожай на уровне других современных сортов. Отрицательное влияние на средние показатели оказали данные по 2018 г., в сложных условиях которого многие сорта значительно снизили урожай зерна. Большое влияние на этот результирующий признак оказывают показатели, характеризующие колос, а также зимостойкость и засухоустойчивость сортов. По количеству стеблей с 1 м², количеству зёрен с колоса и массе зерна с него различия между сортами были недостоверны. Густота стеблестоя изменялась от 302 у сорта Презент до 436 стеблей на 1 м² у сорта Памяти Бамбышева. Отрицательное влияние засухи в 2018 г. привело к снижению массы 1000 зёрен и натурной массы зерна, его выполненности, что отразилось на средних данных по урожайности. Сорта достоверно различаются по этим показателям.

Таблица 1

Хозяйственно-биологическая характеристика сортов озимой ржи (2016–2018 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га	Количество стеблей с 1 м ²	Высота растений, см	Масса зерна с колоса, г	Количество зёрен с колоса, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Натурная масса зерна, г/л
Марусенька	4,60	348	139	2,1	49	39,2	729
Валдай	4,74	392	134	1,7	54	30,0	742
Альфа	3,73	340	136	1,6	50	28,6	727
Татьяна	4,02	380	126	1,6	52	28,8	727
Московская 12	4,61	372	127	1,5	49	28,9	733
Радонь	4,15	350	163	1,6	49	30,6	725
Эстафета Татарстана	3,35	320	169	1,6	50	28,7	721
Тантана	4,04	342	167	1,6	50	29,0	723
Таловская 41	4,23	342	135	1,7	49	30,0	733
Таловская 33	3,75	402	143	1,8	52	31,6	735
Безенчукская 110	3,70	316	159	1,8	50	32,9	739
Безенчукская 87	3,88	332	148	1,8	47	34,2	736
Роксана	3,67	410	138	1,6	51	29,2	726
Ангарес	3,69	326	148	1,7	46	33,3	737
Чулпан 7	3,63	342	149	1,7	48	32,7	712
Саратовская 7	4,69	344	132	1,9	47	35,9	733
Памяти Кунакбаева	3,87	340	152	1,9	52	31,4	708
Рушник	3,50	392	141	1,5	56	23,4	701
Флора	4,15	412	140	1,5	54	24,9	714
Презент	3,52	302	139	1,8	56	30,0	732
Памяти Бамбышева	3,64	436	157	1,7	46	34,2	755
F	2,0*		25,9*			5,9*	8,9*
HCP ₀₅	0,77	NS	6,9	NS	NS	4,4	11

Статистический анализ данных по высоте растений подтвердил достоверность межсортовых различий. Наиболее низкорослыми были сорта Татьяна и Московская 12. Сорта, средние показатели у которых в пределах 140–169 см, характеризуются высоким уровнем ответной реакции на повышенное увлажнение в мае. Сорта Эстафета Татарстана, Тантана, Флора, Памяти Кунакбаева в условиях длительного и высокого снежного покрова показывают более высокую выносливость к длительному снежному покрову и меньше повреждаются снежной плесенью – 5–15%, в то же время стандарт Саратовская 7 повреждается на 30–40%, это подтверждается и другими исследованиями [9].

С целью идентификации физиолого-генетических систем, определяющих урожайность сортов и влияющих на его повышение; для уменьшения влияния модификационных эффектов, отражённых на компонентных признаках индекса, но исче-

зающих при его расчёте, для сортов озимой ржи были рассчитаны индексы, наиболее часто используемые в селекционной практике (табл. 2). По индексу урожайности сорта достоверно не различались, что свидетельствует о достаточно высоком компенсационном эффекте в каждом популяционном сорте, так как в неблагоприятных для развития условиях 2018 г. сорта формировали как высокую общую сухую биомассу растений, так и урожай зерна, составивший от 14 до 26%, и чем выше индекс урожайности, тем более засухоустойчив и в целом более адаптивен сорт. При внешних лимитирующих факторах 2018 г. мексиканский индекс отразил преимущество сортов, характеризовавшихся более высокой массой колоса по отношению к длине стебля: Таловская 33, Безенчукская 87, Альфа, Саратовская 7, Чулпан 7. Достоверность различий между сортами по финно-скандинавскому индексу показывает важность работы на составляющие компоненты этого

индекса, первый из которых тесно связан как с длиной колоса, его плотностью, так и с озернёностью. Увеличение количества зёрен с колоса, с одной стороны, и снижение высоты растений, с другой, являются одним из направлений работы для увеличения урожайности, примером которой могут служить сорта Валдай, Альфа, Татьяна. По индексу перспективности выделились сорта Марусенька, Саратовская 7, Безенчукская 87, Антарес, характеризовавшиеся наиболее высокой массой 1000 семян. Плотность колоса у современных сортов изменяется от 3,3 до 3,9. По мнению В.Д. Кобылянского, колос средней плотности 32–35 колосков на 10 см стебля предпочтительнее для со-

ртов озимой ржи [10, с. 46]. Статистический анализ по индексу аттракции подтвердил достоверность межсортовых различий. По работе физиолого-генетической системы аттракции, т.е. поступления и усвоения пластических веществ из стебля в колос, лучшими были сорта, показатели которых выше или равны 1.

По индексу потенциальной продуктивности колоса сорта озимой ржи достоверно не различались. Наиболее высоким индексом продуктивности колоса, от 40 до 50, характеризовались сорта Валдай, Памяти Кунакбаева, Таловская 33, Флора, Эстафета Татарстана, Президент, Радонь, Саратовская 7, Безенчукская 87.

Таблица 2

Характеристика сортов озимой ржи посредством селекционно-генетических индексов (2018 г.)

Сорт	Индекс урожайности	Мексиканский индекс, мг/см	Финно-скандинавский индекс, шт/см	Индекс перспективности, г/см	Плотность колоса, шт/см	Озернёность колоса, %	Индекс аттракции	Индекс потенциальной продуктивности колоса
Марусенька	0,24	17,8	0,41	0,33	3,5	82	0,85	35
Валдай	0,24	17,6	0,52	0,24	3,9	84	1,10	50
Альфа	0,20	19,3	0,49	0,25	3,4	82	1,08	38
Татьяна	0,22	17,8	0,49	0,23	3,5	82	1,14	38
Московская 12	0,21	15,8	0,45	0,24	3,9	81	1,09	36
Радонь	0,18	13,6	0,38	0,19	3,3	82	0,87	41
Эстафета Татарстана	0,18	14,5	0,38	0,17	3,4	82	0,80	42
Тантана	0,20	13,3	0,36	0,18	3,5	78	0,81	37
Таловская 41	0,21	17,2	0,43	0,24	3,7	78	1,00	36
Таловская 33	0,13	20,9	0,49	0,26	3,1	86	1,12	45
Безенчукская 110	0,21	16,6	0,37	0,24	3,5	87	0,99	39
Безенчукская 87	0,19	19,8	0,42	0,28	3,3	87	1,08	40
Роксана	0,14	17,2	0,45	0,21	3,6	85	1,03	39
Антарес	0,20	15,1	0,33	0,27	3,5	80	0,98	30
Чулпан 7	0,22	18,5	0,37	0,23	3,3	81	1,05	33
Саратовская 7, St	0,25	18,4	0,44	0,29	3,6	83	1,10	41
Памяти Кунакбаева	0,22	17,9	0,43	0,23	3,3	85	1,04	45
Рушник	0,20	15,6	0,45	0,18	3,3	81	1,00	39
Флора	0,19	16,1	0,48	0,19	3,3	82	1,05	42
Презент	0,20	15,8	0,44	0,19	3,3	77	0,94	39
Памяти Бамбышева	0,19	13,7	0,35	0,20	3,3	87	0,93	38
F НСР ₀₅	NS	NS	4,3* 0,07	2,9* 0,07	7,3* 0,2	NS	3,1* 0,176	NS

Таблица 3

Характеристика сортов озимой ржи по отдельным показателям стебля (2018 г.)

Сорт	Длина стебля, см	Длина второго от корня междоузлия, см	Длина подколосового междоузлия, см	Масса 5 см второго от корня междоузлия, мг	Масса 5 см подколосового междоузлия, мг
Марусенька	109	12,3	30,0	115	58,0
Валдай	114	12,7	31,3	113	56,1
Альфа	106	9,7	33,5	136	65,0
Татьяна	108	10,7	25,4	112	55,1
Московская 12	103	11,6	30,9	106	50,9
Радонь	140	14,7	32,7	116	45,1
Эстафета Татарстана	145	14,5	31,7	136	54,5
Тантана	139	13,9	32,3	127	50,2
Таловская 41	112	11,5	24,8	114	59,5
Таловская 33	118	12,7	27,0	132	65,8
Безенчукская 110	132	16,1	36,2	113	51,8
Безенчукская 87	119	13,1	34,5	125	62,6
Роксана	118	12,1	29,6	110	55,1
Антарес	116	13,3	35,0	116	50,0
Чулпан 7	123	12,0	27,6	131	58,9
Саратовская 7, St	111	12,2	30,8	117	58,8
Памяти Кунакбаева	132	13,0	29,5	125	55,0
Рушник	118	12,0	25,3	113	58,4
Флора	114	12,1	26,4	108	52,2
Презент	123	11,7	25,3	125	52,3
Памяти Бамбышева	140	15,8	36,8	112	47,6
F	19,8*	6,8*	6,3*	NS	NS
HCP ₀₅	7,5	1,6	10,1		

Изучение сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности по устойчивости к полеганию показало более высокую прочность соломины у сортов с рецессивно-полигенным типом короткостебельности и необходимость отборов на прочность стебля при селекции на основе доминантно-моногогенного типа [11]. Чтобы определить результативность способа оценки на устойчивость к полеганию по массе 5 см междоузлия [12], по длине второго междоузлия и подколосового, а также их массе в 2018 г. были оценены сорта различных регионов (табл. 3). Масса междоузлия косвенно характеризует степень развития механической и проводящей тканей, от которой зависит устойчивость растений к полеганию [13, с. 233]. Длины междоузлий являются компонентными признаками, входящими в длину стебля. Длина верхнего

междоузлия отражает работу генетической системы короткостебельности, моногоенной или полигенной, так как гены доминантной короткостебельности наиболее сильно сокращают длину подколосового междоузлия [10, с. 106].

С увеличением длины стебля наблюдается более высокая склонность к полеганию. Эта зависимость не носит универсального характера, так как связана дополнительно со строением подземных междоузлий и мощностью узловых корней [14, с. 128]. По длине второго от корня междоузлия размах варьирования у изученных генотипов составлял 6,4 см, в пределах 9,7–16,1 см, наиболее коротким междоузлием характеризовались сорта Альфа, Татьяна, Московская 12, Таловская 41. По длине подколосового междоузлия амплитуда изменения признака составляла

12 см, пределы – 24,8–36,8 см; наиболее коротким междоузлем характеризовались сорта Рушник, Презент, Татьяна, Флора, Таловская 41; Таловская 33, Чулпан 7, максимальные значения у сортов Памяти Бамбышева и Безенчукская 110. Согласованность по сокращению длин междоузлий выше средней $r = 0,63^*$. Длина междоузлий детерминируется генотипом сорта, зависит от использованных при создании сорта источников доминантной или рецессивно-поллигенной короткостебельности и является его индивидуальной характеристикой, она тесно связана с его физиологическими особенностями, что подтверждается достоверностью различий между сортами. Так, при различии по длине стебля между сортами Татьяна и Марусенька в 1 см, разница по длине подколосового междоузлия 4,6 см. По показателям массы 5 см междоузлия статистический анализ не выявил достоверности в различиях между изучаемыми сортами. Отдельные сорта по степени развития механической и проводящей тканей выделяются, так как характеризуются наиболее высокой массой отрезка. Это Альфа, Эстафета Татарстана, Тантана, Таловская 33, Чулпан 7.

Согласованность по показателям массы 5 см различных по расположению на стебле междоузлий ниже средней $r = 0,43^*$. Для оценки в связи с устойчивостью к полеганию логичнее выбирать нижние междоузлия. Определение дополнительно массы отрезка верхнего междоузлия позволило нам точнее оценить сорта. Все представленные сорта характеризуются относительно прочным стеблем и с этой точки зрения являются устойчивыми к полеганию. В полевых условиях не наблюдалось полегания данных сортов. В неблагоприятные годы причина полегания может быть связана с поражением корневой системы растений возбудителями фузариозной корневой гнили [15].

При посеве на «зелёный корм» следует отдавать предпочтение сортам Памяти Бамбышева, Флора, Московская 12, так как они имеют более лёгкую соломинку и, следовательно, менее грубую.

Заключение

В результате анализа охарактеризованы по хозяйственно-биологическим показателям сорта в условиях Нижнего Поволжья, выделены показатели: масса 1000 зёрен, выполненность зерна, натурная масса; снижение которых в условиях засухи обуславливает потери урожая. При селекции на уве-

личение продуктивности растений с целью определения результативности проведённых ранее отборов представляет интерес расчёт следующих селекционных индексов: финно-скандинавского, перспективности, аттракции. Расчёт индекса урожайности позволит точнее определить ценность того или иного селекционного материала. При сравнении с эталонными образцами, сортами с максимальным и минимальным выражением признака, длину подколосового междоузлия можно использовать в качестве признака идентификации сортов. Способ оценки устойчивости к полеганию по массе 5 см второго снизу междоузлия представляет интерес при селекции новых сортов.

Список литературы / References

1. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Селекция пшеницы при усилении засух // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 3–6.
2. Grabovec A.I., Fomenko M.A. Breeding of wheat with increased of droughts // Russian agricultural sciences. 2016. № 5. P. 3–6 (in Russian).
3. Якушев В.П., Жуковский Е.Е. Сравнительный анализ ожидаемых изменений рисков при благоприятных и неблагоприятных воздействиях меняющегося климата на потенциал продуктивности // Российская сельскохозяйственная наука. 2014. № 4. С. 45–48.
4. Yakushev V.P., Zhukovsky Ye.Ye. Comparative analysis of expected changes in risks with the favorable and unfavorable effects of a changing climate on productivity potential // Russian agricultural science. 2014. № 4. P. 45–48 (in Russian).
5. Бушук В., Кэмпбелл У., Дреус Э. Рожь: производство, химия, технология. М.: Колос, 1980. 247 с.
6. Bushuk W., Kempbell U.P., Drews E. Rye: production, chemistry, technology. M.: Kolos, 1980. 247 p. (in Russian).
7. Пономарёв С.Н., Пономарёва М.Л. Фотосинтетические особенности сортов озимой ржи с различным контролем короткостебельности // Земледелие. 2017. № 7. С. 36–40.
8. Ponomarew S.N., Ponomarewa M.L. Photosynthetic Peculiarities of Winter Rye Cultivars with Different Control of Dwarfness // Zemledelie. 2017. № 7. P. 36–40 (in Russian).
9. Бишарев А.А., Горянина Т.А. Зависимость показателей структуры урожая озимой ржи от генотипа и агроклиматических условий Среднего Поволжья // Молодой учёный. 2016. № 27–3. С. 13–16.
10. Bischarev A.A., Goryanina T.A. The dependence of the indicators of the structure of the harvest of winter rye on the genotype and agro-climatic conditions of the Middle Volga region // Molodoy uchenyj. 2016. № 27–3 P. 13–16 (in Russian).
11. Ермолаева Т.Я., Нуждина Н.Н., Кулеватова Т.Б. Технологические свойства озимой ржи // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 7. С. 5–7.
12. Ermolaeva T.Ya., Nuzhdina N.N., Kulevatova T.B. Technological Properties of Winter Rye // Chranenie i pererabotka selchozsyrya. 2014. № 7. P. 5–7 (in Russian).
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
14. Dospechov B.A. Field experience. M.: Kolos, 1985. 336 p. (in Russian).
15. Кочерина Н.В. Алгоритмы эколого-генетического улучшения продуктивности растений: дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2009. 130 с.
16. Kocherina N.V. Algorithms of ecological and genetic improvement of plant productivity: dis. ... cand. biol. nauk. SPb., 2009. 130 p. (in Russian).

9. Уткина Е.И. Селекция озимой ржи в условиях Волго-Вятского региона: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. М., 2017. 40 с.
- Utkina E.I. Selection of winter rye in the Volga-Vyatka region: avtoref. dis. ... doct. s.-ch. nauk. M., 2017. 40 p. (in Russian).
10. Кобылянский В.Д. Рожь. Генетические основы селекции. М., 1982. 271 с.
- Kobylyansky V.D. Rye. Genetic basis of selection. M., 1982. 271 p. (in Russian).
11. Макаров А.В. Пути повышения эффективности селекции озимой ржи на урожайность и качество зерна в Нечернозёмной зоне РФ: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Немчиновка, 2017. 49 с.
- Makarov A.V. Ways to improve the efficiency of selection of winter rye for grain yield and quality in the non-Chernozem zone of the Russian Federation: avtoref. dis. ... doct. s.-ch. nauk. Nemchinovka, 2017. 49 p. (in Russian).
12. Тороп Е.А., Чайкин В.В., Тороп А.А. Способ отбора устойчивых к полеганию форм зерновых колосовых злаков // Патент РФ № 2382549. Патентообладатель ГНУ НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. 2010. Бюл. № 6. 4 с.
13. Чайкин В.В. Селекция озимой ржи в условиях Центрально-Чернозёмного региона на урожайность и адаптивность: дис. ... докт. с.-х. наук. Каменная Степь, 2018. 379 с.
- Chaikin V.V. Selection of winter rye in the conditions of the Central Chernozem region on productivity and adaptability: dis. ... doct. s.-ch. nauk. Kamennaya step, 2018. 379 p. (in Russian).
14. Кобылянский В.Д., Корзун А.Е., Катерова А.Г., Лапиков Н.С., Солодухина О.В. Культурная флора СССР: т. II. ч. 1. Рожь. Л.: Агропромиздат, 1989. 368 с.
- Kobylyansky V.D., Korzun A.E., Katerova A.G., Lapikov N., Solodukhina O.V. Cultural flora of the USSR: vol. II. Th 1. Rye. L.: Agropromizdat, 1989. 368 p. (in Russian).
15. Глинушкин А.П., Овсянкина А.В., Киселёва М.И., Коломиец Т.М. Распространение грибов рода *Fusarium* Link. на зерновых культурах // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 19–25.
- Glinuchkin A.P. Ovsyankina A.V., Kiseleva M.I., Kolomiets T.M. The Fungi of the Genus *Fusarium* Link. on Cereal Crops // Russian agricultural science. 2018. № 2. P. 19–25 (in Russian).

УДК 630*231.32:553.676.2

НАКОПЛЕНИЕ ПОДРОСТА НА ОТВАЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Зарипов Ю.В., Залесова Е.С., Залесов С.В., Платонов Е.П.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург,
e-mail: Zalesov@usfeu.ru

Проанализированы количественные и качественные показатели подроста на отвалах месторождения хризотил-асбеста. В основу исследований положен метод учетных площадок. Последние закладывались на трансектах, расположенных на разном расстоянии от откосов трех террас отвала «Восточный». Весь подрост делился по породам (видам), жизненному состоянию и категориям крупности, с перерасчётом полученных данных на 1 га. Учитывая специфику условий произрастания при наличии ивы, последняя относилась к подросту без установления вида. Помимо густоты жизнеспособного подроста в пересчете на крупный на всех трансектах определялась встречаемость подроста, а на основании полученных данных – обеспеченность подростом хозяйственно ценными породами в соответствии с действующими нормативными документами (Правила ..., 2019). Исследования показали, что формирование подроста зависит от высоты террасы отвала месторождения хризотил-асбеста. На всех трех террасах отвала имеет место подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березы повислой (*Betula pendula* Roth.), осины (*Populus tremula* L.) и ивы (*Salix* L.). При этом в составе подроста абсолютно доминируют сосна обыкновенная и береза повислая, что позволяет надеяться на формирование в будущем смешанных насаждений. В то же время подрост на отвалах месторождений хризотил-асбеста произрастает в очень сложных лесорастительных условиях и характеризуется интенсивным отпадом на стадии всходов и мелкого подроста при ограниченном переходе его в средний и крупный. Другими словами, для ускорения процесса естественной биологической рекультивации отвалов необходимо в процессе технического этапа рекультивации наносить на поверхность отвала слой почвогрунта или нетрадиционных удобрений, в частности осадка сточных вод.

Ключевые слова: нарушенные земли, отвалы, естественная рекультивация, подрост, густота, встречаемость

UNDERGROWTH ACCUMULATION ON DUMPS OF CHRYSOTILE-ASBESTOS DEPOSIT

Zaripov Yu.V., Zalesova E.S., Zalesov S.V., Platonov E.P.

Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, e-mail: Zalesov@usfeu.ru

The paper deals with qualitative and quantitative undergrowth indices analysis on the dumps of chrysotile – asbestos deposits. The researches have been based on the method of accounting plots. The latter were laid on the trans sects located at different distances from the slopes of «vostochny dump» three terrace. The whole undergrowth was divided according to species life state and category of size with recalculation of the obtained data per 1 ha. Taking into consideration the specifics of growth conditions in availability of willow the last belonged to the undergrowth without establishing of a kind. Besides, pine viable undergrowth density in terms of large sized at all trans sects undergrowth occurrence was being determined and of the base of data obtained – undergrowth supply economically valuable species in accordance with current regulatory documents. The investigations have shown that undergrowth formation depends on the height of dump terrace in chrysotile asbestos deposits. The undergrowth of Scotch (ordinary) pine (*Pinus sylvestris* L.), silver birch (*Betula pendula* Roth.), aspen (*Populus tremula* L.), willow (*Salix* L.) takes place on all three dump terrace. At the same time Scotch pine and hanging birch are absolutely dominated in the undergrowth, this allows to hope for the formation of mixed plantations in the future. It has been established that the undergrowth on dumps of chrysotile – asbestos deposit growth in difficult forest growing conditions and is characterized by intensive attrition. In other words to speed up the process of dumps natural biologic recultivation it is necessary in the process of recultivation technic stage to apply a layer of soil on the surface of the dump or non-traditional fertilizers or sewage sludge.

Keywords: disturbed soils, dumps, natural recultivation, undergrowth, forest density, occurrence

Добыча полезных ископаемых неразрывно связана с изъятием земель для размещения вскрышных пород, отходов обогащения бедных руд и других отходов производства. Обычно указанные отходы размещаются в отвалах, представляющих собой искусственные сооружения разной высоты. Отвалы имеют одну или несколько террас разных уровней, каждая из которых представляет собой относительно ровную площадку. При этом террасы создаются по мере накопления отходов. Обычно после

завершения складирования отходов выполняется техническая рекультивация, при которой выравниваются террасы разных уровней и снижается крутизна откосов в целях избегания эрозионных процессов.

После завершения технического этапа рекультивации выполняется биологический этап в соответствии с запланированным направлением рекультивации. Поскольку на Урале основной объем земель изымается из лесного фонда, здесь доминирует лесохозяйственное направление рекультивации.

Другими словами, на нарушенных землях создаются условия для выращивания древесной растительности из произрастающих в данной местности видов. В научной литературе имеется значительное количество примеров эффективного выполнения биологического этапа рекультивации нарушенных земель [1–4]. Однако большинство работ анализирует последствия искусственного лесовосстановления на рекультивированных землях, а работ по эффективности естественной рекультивации в научной литературе относительно немного, что и определило направление наших исследований. Нами под термином «естественная биологическая рекультивация» понимается формирование растительности на нарушенных землях после завершения технического этапа рекультивации без вмешательства человека, т.е. естественное зарастание.

Цель работы: изучение эффективности естественной рекультивации отвалов месторождения хризотил-асбеста и разработка на этой основе предложений по ускорению естественного их зарастания.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований служили отвалы на месторождении хризотил-асбеста, расположенные на территории Асбестовского района Свердловской области. Согласно схеме лесорастительного районирования [5], территория района исследований относится к округу сосново-березовых предлесостепных лесов, Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. При этом в соответствии с лесохозяйственным районированием лесного фонда [6] территория района исследований относится к Средне-Уральскому таежному району.

Основной объем исследований выполнен на трех уровнях (террасах) Восточного отвала Южного рудоуправления открытого акционерного общества «Ураласбест». Указанный отвал имеет протяженность 3,2 км, при максимальной ширине в северной части – 3,2 км, в южной – 1,2 км. Высота первого уровня (яруса) – 45–50, второго – 70–75 и третьего – 105–110 м.

Характеристика подроста устанавливалась на учетных площадках размером 1×1 м, поскольку на исследуемом отвале доминировал мелкий подрост. При этом на каждом уровне закладывались трансекты на расстоянии 15, 100, 200 и 300 м от края отвала соответствующего уровня в количестве по 30 шт. Учетные площадки размеща-

лись на трансекте через равные расстояния, что позволяло получить объективные данные о количестве подроста в зависимости от уровня (террасы) отвала и расстояния до его внешнего откоса.

В процессе исследований весь подрост на учетных площадках распределялся по видам, жизненному состоянию и категориям крупности [7, 8]. Дополнительно рассчитывалась встречаемость подроста, как показатель, объективно характеризующий размещение подроста по площади [9, 10].

В камеральных условиях рассчитывались средние показатели количества жизнеспособного подроста в пересчете на крупный и устанавливалась обеспеченность подростом в соответствии с действующими нормативными документами.

Полученные данные, а также материалы предыдущих исследований [11–13] позволили дать предложения по ускорению процессов естественной рекультивации отвалов хризотил-асбеста.

Результаты исследования и их обсуждение

Обследование отвала, подлежащего рекультивации, показало, что он имеет устойчивое состояние и представлен обломками перидотитов (45%), серпентинитов (40%), дунитов (7%), габбро (5%) и диоритов (1%). Доля глинистых пород при этом не превышает 2%. Содержимое отвала характеризуется кусковой структурой. На куски размером менее 5 см приходится 25%, 6–10 см – 31%, 11–20 см – 28%, 21–50 см – 6% и более 50 см – 11% объема отвала.

Отсутствие или, точнее, минимальное содержание в отвалах серы, фтора, свинца, меди, цинка, бора и селена свидетельствует, что отвал не представляет экологической опасности в плане загрязнения грунтовых вод.

Особо следует отметить, что кусковая структура отвала и практически полное отсутствие элементов питания растений, прежде всего азота, создают экстремальные условия для естественной рекультивации отвала. Летние осадки и влага, полученная при таянии снега, легко просачиваются в нижние горизонты отвала и становятся недоступными для растений. Последнее приводит к иссушению верхних горизонтов отвала, гибели всходов и подроста. Кроме того, комковая структура субстрата отвала не обеспечивает формирование стержневого корня у сосны обыкновенной и способствует формированию поверхностной корневой системы (рисунк).



Поверхностная корневая система у подростка сосны на отвале месторождения хризотил-асбеста

В то же время отсутствие плодородного слоя на поверхности отвала исключает развитие живого напочвенного покрова и задернение почвы, создавая тем самым благоприятные условия для налета семян древесных растений и их прорастания. Последнее подтверждается данными о густоте подроста на всех уровнях отвала (табл. 1).

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что на отвале месторождения хризотил-асбеста имеет место подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березы повислой (*Betula pendula* Roth.), осины (*Populus tremula* L.) и ивы (*Salix* L.). При этом абсолютно доминируют в составе жизнеспособного подроста сосна обыкновенная и береза повислая.

Таблица 1

Характеристика жизнеспособного подроста на различных уровнях отвала месторождения хризотил-асбеста

Расстояние от откоса отвала, м	Состав подроста	Количество подроста по категориям крупности, шт/га					Встречаемость, %
		мелкий	средний	крупный	итого	в пересчете на крупный	
1	2	3	4	5	6	7	9
Терраса первого уровня, высота 45–50 м							
15	5,9С	10000	1667	0	11667	6334	50
	3,9Б	4000	2667	0	6667	4134	50
	0,2Ив	0	333	0	333	266	3
100	6,8Б	14667	7333	0	22000	13200	77
	2,9С	3000	4333	667	8000	5633	47
	0,3Ос	667	333	0	1000	600	7
200	6,5Б	16000	4000	333	20333	11533	67
	2,4С	3333	3333	0	6666	4333	53
	1,1Ос	0	2333	0	2333	1866	13
300	4,6Б	6000	3667	1667	11334	7601	53
	3,7С	7000	2667	333	10000	5967	67
	1,7Ос	4000	1000	0	5000	2800	33
Терраса второго уровня, высота 70–75 м							
15	5,0С	13000	667	0	13667	7034	73
	4,7Б	12000	0	667	12667	6667	53
	0,3Ив	1000	0	0	1000	500	10
100	4,8Б	9000	1333	333	10666	5899	63
	4,0С	4667	2333	667	7667	4867	47
	1,2Ос	2000	667	0	2667	1534	20
200	5,8С	31333	1333	4000	36666	20733	63
	4,0Б	17667	5333	1000	24000	14100	86
	0,1Ос	0	333	0	333	266	3
	0,1Ив	0	333	0	333	266	3
Терраса третьего уровня, высота 105–110 м							
15	5,2Б	5333	1333	333	6999	4066	43
	4,8С	4667	1333	333	6333	3733	63
100	5,4С	9333	4000	0	13333	7867	73
	4,2Б	3000	5000	667	8667	6167	40
	0,3Ос	333	333	0	666	433	7
	0,1Ив	333	0	0	333	167	3
200	6,2С	17333	667	333	18333	9533	77
	3,5Б	667	3667	2000	6334	5267	40
	0,2Ос	0	0	333	333	333	3
	0,1ив	333	0	0	333	167	3

Таблица 2

Распределение погибшего (нежизнеспособного) подроста на отвале хризотил-асбеста

Расстояние от откоса отвала, м	Состав подроста	Количество подроста по категориям крупности, шт/га				Встречаемость, %
		мелкий	средний	итого	в пересчете на крупный	
Терраса первого уровня, высота 45–50 м						
15	10,0С	9333	0	9333	4667	50
100	10,0С	7000	1000	8000	4300	57
200	9,0С	8667	333	9000	4600	60
	1,0Ос	0	1000	1000	800	10
300	0,3Б	333	0	333	167	3
	9,4С	9000	1000	10000	5300	50
	0,2Ив	0	333	333	266	3
Терраса второго уровня, высота 70–75 м						
15	8,6С	1667	333	2000	1100	20
	1,4Б	333	0	333	167	3
100	10,0С	15000	667	15667	8034	90
200	9,4С	22333	0	22333	11167	67
	0,4Б	1000	0	1000	500	10
	0,2Ос	333	0	333	167	3
Терраса третьего уровня, высота 105–110 м						
15	10,0С	5000	0	5000	2500	37
100	10,0С	6000	0	6000	3000	37
200	9,3С	8667	0	8667	4334	50
	0,7Б	0	667	667	534	6

Согласно действующему нормативному документу [8], естественное лесовосстановление путем сохранения подроста и ухода за ним планируется при наличии более 4,0 тыс. шт/га подроста сосны обыкновенной. Выполненные исследования показали, что на террасах всех трех уровней количество жизнеспособного подроста сосны значительно превышает нормативный показатель, а следовательно, другие способы лесовосстановления на отвале планировать нецелесообразно.

В соответствии с показателями встречаемости [8] подрост считается равномерным при встречаемости более 65%, неравномерным – 40–65% и групповым, когда он размещен группами не менее 10 шт. мелких или 5 шт. средних и крупных экземпляров. Приведенные в табл. 1 данные свидетельствуют, что подрост сосны характеризуется как равномерным, так и неравномерным размещением.

Жесткие лесорастительные условия обусловили интенсивный отпад подроста на всех уровнях отвала (табл. 2).

В соответствии с данными табл. 2 отпад подроста происходит за счет мелких и средних экземпляров преимущественно сосны обыкновенной на всех террасах. Среди нежизнеспособных нет крупных экземпляров, поскольку, как отмечено ранее, отпад происходит на стадии мелкого и среднего подроста.

Если сравнить данные о количестве подроста в пересчете на крупный из табл. 1 с данными о необходимом количестве подроста главной породы высотой более 1 м для перевода участка в покрытую лесной растительностью площадь [8], то все террасы отвала уже можно отнести к последней. Однако указанное не соответствует действительности. Несмотря на то, что отсыпка отвала была завершена в 1979 г., подрост представлен преимущественно мелкими экземплярами. Другими словами, зарастание отвала древесной растительностью растнуто во времени. Абсолютное большинство подроста отмирает до перехода его в крупный, а на смену приходит подрост новой генерации. Последнее вызывает необходимость содействия лесовосстановлению. Последнее, в частности, может быть достигнуто засыпкой поверхности отвала слоем почвогрунта при технической рекультивации или размещением на его поверхности осадка сточных вод ближайшего города Асбеста. Опыты по нанесению на поверхность отвала слоя осадка сточных вод показали прекрасные результаты [11, 12]. Последнее объясняется тем, что осадки сточных вод содержат большое количество азота, а также другие элементы, необходимые для растений. Кроме того, осадок сточных вод выполняет роль мульчи, удерживая влагу в верхнем горизонте отвала.

Выводы

1. Основным направлением рекультивации нарушенных земель на Урале является лесохозяйственное.
2. Лесовосстановление на отвалах месторождений хризотил-асбеста может быть обеспечено естественным путем за счет налета семян от стен леса.
3. Основными древесными породами на отвалах месторождений хризотил-асбеста в районе исследований являются сосна обыкновенная и береза повислая.
4. Количество жизнеспособного подроста сосны обыкновенной в пересчете на крупный вполне достаточно для перевода обследованного отвала в покрытую лесной растительностью площадь. Однако жесткие лесорастительные условия приводят к гибели подроста на стадиях мелкого и среднего.
5. В целях ускорения естественной рекультивации отвалов на террасы всех уровней следует наносить слой почвогрунта или осадка сточных вод г. Асбеста при выполнении технического этапа рекультивации. Последнее обеспечит формирование на отвалах смешанных сосново-березовых насаждений, не прибегая к искусственному лесовосстановлению.

Список литературы / References

1. Залесов С.В., Залесова Е.С., Зверев А.А., Оплетев А.С., Терин А.А. Формирование искусственных насаждений на золоотвале Рефтинской ГРЭС // ИВУЗ. Лесной журнал. 2013. № 2. С. 66–73.

Zalesov S.V., Zalesova E.S., Zverev A.A., Opletaev A.S., Terin A.A. Formation of artificial plantations on the ash dump of Refinskaya GRES // IVUZ. Lesnoy Zhurnal. 2013. № 2. P. 66–73 (in Russian).

2. Саранчук А.П. Опыт закрепления нарушенных земель путем создания лесных культур на отвалах Лучегорского угольного разреза Приморского края // Леса и лесное хозяйство в современных условиях. Материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Хабаровск: Изд-во ФГУ «ДальНИИЛХ», 2011. С. 136–139.

Saranchuk A.P. Experience of consolidation of disturbed lands by creating forest crops on the dumps of the Luchegorsk coal mine of Primorsky Krai // Lesa i lesnoye khozyaystvo v sovremennykh usloviyakh. Materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem. Khabarovsk: Izd-vo FGU «Dal'NIILKH», 2011. P. 136–139 (in Russian).

3. Залесов С.В., Залесова Е.С., Зарипов Ю.В., Оплетев А.С., Толкач О.В. Рекультивация нарушенных земель на месторождении тантал-бериллия // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 12. С. 63–67. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-12-63-67.

Zalesov S.V., Zalesova E.S., Zaripov Yu.V., Opletaev A.S., Tolkach O.V. Recultivation of Damaged Soils on Tantal-Berill Deposit // Ecology and industry of Russia. 2018. Vol. 22. № 12. P. 63–67 (in Russian).

4. Меньшиков Г.И. Некоторые итоги научно-исследовательских работ по рекультивации техногенных земель после разработки месторождений полезных ископаемых // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы X Всерос. конф. с междунар. участием. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2017. С. 200–206.

Menshikov G.I. Some results of research work on the reclamation of man-made lands after the development of mineral deposits // Biologicheskaya rekul'tivatsiya narushennykh

zemel': materialy X Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem. Yekaterinburg: Izd-vo UGLTU, 2017. P. 200–206 (in Russian).

5. Колесников Б.П., Зубарева П.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 177 с.

Kolesnikov B.P., Zubareva P.S., Smolnogov E.P. Forest Conditions and types of forests of Sverdlovsk region. Sverdlovsk: UNTS AN SSSR, 1973. 177 p. (in Russian).

6. Об утверждении перечня лесорастительных зон РФ и Перечня лесных районов РФ: утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 августа 2014 г. № 367 (в ред. Приказа Минприроды России от 23.12.2014 г. № 569). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420248201> (дата обращения: 28.05.2019).

About the approval of the list of forest growing zones of the Russian Federation and the List of forest areas of the Russian Federation: UTV. By order of the Ministry of natural resources and ecology of the Russian Federation of 18 August 2014 No. 367 (as amended by Order Minpriroda Russia from 23.12.2014, No. 569). [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420248201> (date of access: 28.05.2019) (in Russian).

7. Беспаленко О.Н. Лесоводство. Воронеж: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГЛУ», 2018. 140 с.

Bespalenko O.N. Forestry. Voronezh: Izd-vo FGBOU VO «VGLTU», 2018. 140 p. (in Russian).

8. Правила лесовосстановления: утв. Приказом Минприроды России от 25.03.2019 г. № 188. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/554151577> (дата обращения: 28.05.2019).

Reforestation rules: approved by order of the Ministry of Russia from 25.03.2019. No. 188. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/554151577> (date of access: 28.05.2019) (in Russian).

9. Мартынов А.Н. К вопросу о связи между численностью и встречаемостью подроста // ИВУЗ. Лесной журнал. 1995. № 2–3. С. 11–15.

Martynov A.N. On the question of the relationship between the number and occurrence of undergrowth // IVUZ. Lesnoy Zhurnal. 1995. № 2–3. P. 11–15 (in Russian).

10. Михеев А.Н. Лесная рекультивация нарушенных земель горных склонов в зоне влияния медеплавильного производства (на примере ЗАО «Карабашмедь»): дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2013. 182 с.

Mikheev A.N. Forest reclamation of disturbed lands of mountain slopes in the zone of influence of copper-smelting production (on the example of «Karabashmed»): dis. ... kand. of agricultural sciences. Ekaterinburg, 2013. 182 p. (in Russian).

11. Залесов С.В., Зарипов Ю.В., Фролова Е.А. Анализ состояния подроста березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на отвалах месторождений хризотил-асбеста по показателю флуктуирующей асимметрии // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2017. № 1 (46). С. 71–77.

Zalesov S.V., Zaripov Yu.V., Frolova E.A. The analysis of the state of the undergrowth of birch (*pendula* Roth *Betula*.) on the dumps of deposits of chrysotile asbestos in terms of fluctuating asymmetry // Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova. 2017. № 1 (46). P. 71–77 (in Russian).

12. Зарипов Ю.В., Залесов С.В., Залесова Е.С., Крюк В.И., Фрейберг И.А. Опыт рекультивации отвалов хризотил-асбеста // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы X Всерос. конф. с междунар. участием. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2017. С. 124–131.

Zaripov U.V., Zalesov S.V., Zalesova E.S., Kruk V.I., Freiberg I.A. The experience of recultivation of dumps of chrysotile-asbestos // Biologicheskaya rekul'tivatsiya narushennykh zemel': materialy X Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem. Yekaterinburg: Izd-vo UGLTU, 2017. P. 124–131 (in Russian).

13. Меньшиков Г.И. Итоги экспериментальных работ по технологии рекультивации нарушенных земель // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы X Всерос. конф. с междунар. участием. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2012. С. 166–172.

Menshikov G.I. The Results of experimental work on the technology of reclamation of disturbed lands // Biologicheskaya rekul'tivatsiya narushennykh zemel': materialy X Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem. Yekaterinburg: Izd-vo UGLTU, 2012. P. 166–172 (in Russian).

УДК 631.58:631.319.06(574)

КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ПОЛОСОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ STRIP-TILL В УСЛОВИЯХ ЮГА КАЗАХСТАНА

Рзалиев А.С., Бекмухаметов Ш.Б., Голобородько В.П., Абдикаиров А.А.,
Бегалы Д.К., Боранбаев Б.Е.

ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Алматы, e-mail: spcae@yandex.kz

В последнее время в ряде стран Западной и Восточной Европы, США и Канаде находят широкое применение минимальные технологии обработки почвы и в том числе технология полосовой обработки Strip-till. По данной технологии за рубежом выращивают те же культуры, что и на Юге Казахстана. В связи с этим в ТОО «НПЦ агроинженерии» разработали проект и аготребования к технологии Strip-till. Для внедрения данной технологии в растениеводческих хозяйствах Юга Казахстана необходимо разработать технологический комплекс машин для основной и предпосевной полосовой обработки почвы, внесения удобрений и посева. В статье приведены результаты исследований по созданию комбинированного орудия, выполняющего операции основной обработки почвы: формирование полос, уборка с их поверхности пожнивных остатков, глубокое рыхление с одновременным внесением основной дозы удобрений, дополнительному рыхлению и выравниванию поверхности полосы. Разработана конструктивно-технологическая схема орудия и проведены сравнительные испытания различных типов рабочих органов, в которых основным критерием выбора были качественные (площадь деформации, крошение, плотность, твердость, гребнистость) показатели обработки почвы. Выбраны следующие типы рабочих органов: чизельные рыхлители с прямой стойкой с боковым деформатором для рыхления почвы на глубину 35 см; зубчатый каток для дополнительного крошения и выравнивания почвы в полосе; турбодиски – для формирования полос заданного параметра. С учетом разработанной конструктивно-технологической схемы орудия и выбранных оптимальных типов его рабочих органов будет изготовлен экспериментальный образец комбинированного орудия.

Ключевые слова: технология Strip-till, комбинированное орудие, конструктивно-технологическая схема, типы рабочих органов, площадь деформации, плотность, твердость, крошение, гребнистость почвы

COMBINED TOOL FOR MAIN STRIP TILLAGE BY STRIP-TILL TECHNOLOGY IN THE CONDITIONS OF SOUTH KAZAKHSTAN

Rzaliev A.S., Bekmukhametov Sh.B., Goloborodko V.P., Abdikairov A.A.,
Begaly D.K., Boranbaev B.E.

LLP «Research and Production Center of Agroengineering», Almaty, e-mail: spcae@yandex.kz

Recently, in a number of countries in Western and Eastern Europe, the USA and Canada, minimal tillage technologies, including Strip-till strip processing, are widely used. According to this technology, the same crops are grown abroad as in the Southern Kazakhstan. In this regard, NPC Agroengineering LLP developed a project and agro requirements for Strip-till technology. To implement this technology in crop farms in Southern Kazakhstan, it is necessary to develop a technological complex of machines for the main and pre-sowing strip tillage, fertilization and planting. The article presents the research results on the creation of a combined tool that performs basic tillage operations: the strips formation, the removal of crop residues from their surface, deep loosening with simultaneous introduction of the main dose of fertilizers, additional loosening, leveling of the strip surface. A constructive-technological scheme of the instrument was developed, comparative tests of various types of working bodies were carried out, in which the main selection criteria were qualitative (deformation area, crumbling, density, hardness, ridging) tillage characteristics. The following types of working bodies were selected: chisel rippers with a straight upright and side deformer for loosening the soil to a depth of 35 cm; gear skating rink for additional crumbling and alignment of the soil in a strip; turbodisks – for the formation of strips of a given parameter. Taking into account the developed design-technological scheme of the tool and the selected optimal types of its working bodies, an experimental sample of the combined tool will be made.

Keywords: Strip-till technology, combined tool, constructive-technological scheme, types of units, deformation area, density, hardness, crumbling, the soil ridgeness

В последнее время в ряде стран Западной и Восточной Европы, США и Канаде находят широкое применение минимальные технологии обработки почвы [1–3], в том числе технология полосовой обработки Strip-till [4, 5], создающая в почве область оптимального прорастания корней растений, благодаря целенаправленному разрыхлению именно в месте развития корневой системы и удалению пожнивных остатков

с поверхности поля над рядком. При этом нетронутая почва между полосами остается защищенной пожнивными остатками. Сохранение капиллярной сетки в этой почве способствует повышению доступности влаги из её нижних слоев. Сохраненный на поверхности мульчированный слой пожнивных остатков снижает испарение влаги и способствует лучшему сохранению постоянной почвенной температуры, защищая

почву от водной и ветровой эрозии. Преимуществом данной технологии является то, что одновременно с рыхлением почвы вносятся удобрения на необходимую глубину и растения получают подкормку в период активного роста.

По данной технологии за рубежом выращивают сою, кукурузу, сахарную свеклу, подсолнечник, т.е. те же культуры, что возделываются и на Юге Казахстана. В связи с этим ТОО «КазНИИЗиР» совместно с ТОО «НПЦ агроинженерии» разработали проект и агротребования к технологии возделывания пропашных культур по Strip-till, которая включает основное осеннее рыхление полосы почвы шириной 30 см на глубину до 35 см с внесением минеральных удобрений и формированием границ полосы дисковыми рабочими органами. Весной производится предпосевная обработка: доформление границ полосы, рыхление ее поверхностного слоя на глубину заделки семян с одновременным их посевом и прикатыванием рядков. Для внедрения данной технологии в производство необходимо создать комбинированные орудия, выполняющие перечисленные операции.

Цель исследования: разработка конструктивно-технологической схемы комбинированного орудия для основной обработки почвы по технологии Strip-Till для Юга Казахстана. Выбор типов рабочих органов для формирования полос, глубокого их рыхления, дополнительного крошения и выравнивания.

Материалы и методы исследования

Для полевых испытаний рабочих органов орудий были изготовлены лабораторные установки. Испытания проводились на полях стационара в ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» согласно следующей нормативной документации: ГОСТ 20915-75 «Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний»; СТ РК 1559-2006 «Машины и орудия для поверхностной обработки почвы и по СТ РК 1560-2006 «Машины и орудия для глубокой обработки почв».

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно агротребованиям к технологии Strip-till, в осенний период ширина полосы должна быть стабильной – 30 см и ее края должны быть ровными. Глубина осеннего рыхления почвы должна регулироваться от 20 до 35 см. Глубина заделки удобрений должна быть стабильной и соответствовать установочной 20–25 см. Вы-

нос на поверхность комков почвы размером более 100 мм не допустим. Площадь деформации почвы в полосе должна быть не менее 60%. Плотность почвы после ее обработки в верхнем слое не должна превышать 1,3 г/см³.

При весенней обработке почвы содержание мелкокомковатой фракции почвы размером >20 мм должно быть не менее 70%, глубина заделки семян должна соответствовать установочной ±1 см.

С учетом приведенных данных была разработана конструктивно-технологическая схема комбинированного орудия для основной обработки почвы и внесения удобрений (рис. 1). При движении орудия игольчатые диски очищают поверхность полосы от стерневых остатков. Диски, идущие по краям полосы, образуют щель и тем самым формируют полосы заданной ширины. Чизельные рабочие органы рыхлят почву на глубину до 35 см с одновременным внесением полной дозы минеральных удобрений. Зубчатый каток крошит комки почвы в полосе и ее выравнивает. Комбинированное орудие будет формировать три полосы. Расстояние между полосами 40 см остается необработанным, на нем сохраняется до 70% пожнивных остатков. На раму орудия крепятся туковые емкости с дозирующими устройствами, от которых по тукопроводам минеральные удобрения подаются в зону рыхления почвы.

Для изготовления экспериментального образца по приведенной конструктивно-технологической схеме необходимо было выбрать оптимальный тип рабочих органов: чизельных рыхлителей: катков рыхлящих и выравнивающих почву и формирующих полосу дисков [6–8].

Игольчатые диски для уборки стерневых остатков с полосы, идущие перед чизельными рыхлителями, а также бункеры и оборудование для внесения туков были стандартными покупными и не испытывались.

Испытания проводились в августе – октябре 2018 г. Предшественник – стерня после уборки риса. Предельно-полевая влагемкость почвы составляла 23,5%. Влажность почвы во время проведения испытаний колебалась от 13% в августе до 22% в конце октября. Испытывались следующие типы чизельных рыхлителей: I – с криволинейной стойкой; II – с криволинейной стойкой с боковым деформатором; III – с наклонной стойкой; IV – с наклонной стойкой с боковым деформатором; V – с прямой стойкой; VI – с прямой стойкой с боковым деформатором.

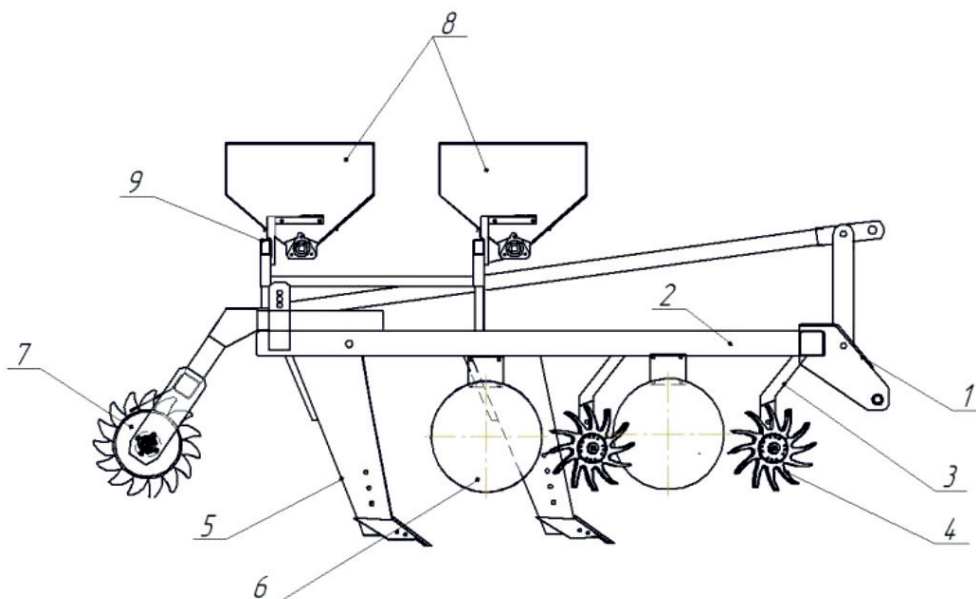


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема экспериментального образца комбинированного орудия для полосовой обработки почвы: 1 – трехточечная навеска; 2 – рама; 3 – поводки; 4 – игольчатые диски; 5 – чизельные рыхлители; 6 – дисковые рабочие органы; 7 – катки; 8 – ёмкости для удобрений с высевальными туками аппаратами и тукопроводами; 9 – стойки для крепления бункеров для удобрений

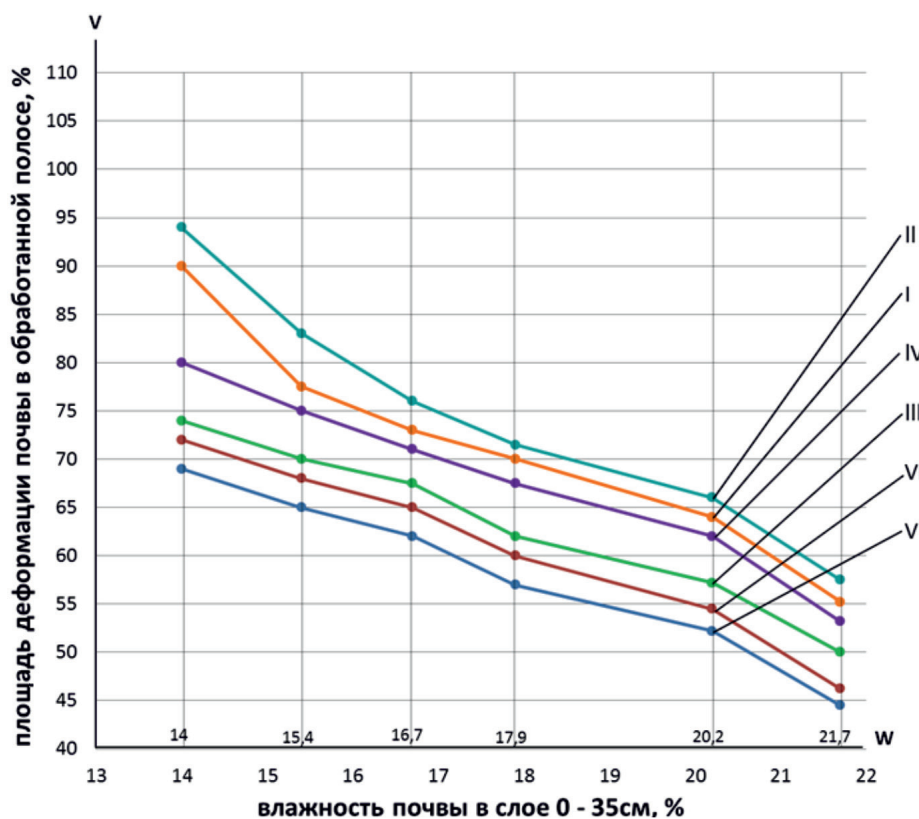


Рис. 2. Эффективность деформации почвы чизельными рабочими органами в зависимости от влажности почвы (междуследие 70 см, установочная глубина рыхления 35 см)

При испытаниях чизельных рыхлителей определялись: площадь деформации почвы различными типами чизельных рыхлителей при различной ее влажности (рис. 2); крошение почвы (табл. 1); распределение плотности почвы в поперечном сечении обработанной полосы (рис. 3).

Согласно полученным данным независимо от типов рабочего органа с увеличением влажности почвы степень ее деформации снижалась. Она была выше при работе чизельных рабочих органов с боковыми деформаторами. В интервале влажности почвы от 14 до 18% (от 60 до 80% ППВ) все типы чизельных рыхлителей обеспечивали согласно агротребованиям удовлетворительную степень деформации почвы – более 60% от площади сечения полосы. Степень деформации почвы при работе рыхлителей без деформаторов в зависимости от их типа колебалась от 60 до 75%. Причем максимальная степень деформации отмечена при работе чизельных рыхлителей с криволинейной и наклонной стойками. Установка дополнительных деформаторов на рыхлительные стойки увеличила площадь деформации до 80–95%. При этом сформировался в верхней части полосы полностью разрыхленный слой почвы глубиной 8–10 см.

При увеличении влажности почвы с 18 до 21,5% (вторая декада – конец октября) площадь деформации резко снижается при работе чизельных рыхлителей без деформаторов до 43–50%, при работе с боковыми деформаторами до 53–57%. Таким образом, использование данных типов рабочих органов эффективно на почвах Юга Казахстана при влажности почвы не более 18% (80% от ППВ). Следующим важным показателем, характеризующим качество работы чизельных рыхлителей, является вынос на поверхность почвы крупных комков. Нали-

чие комков почвы размером более 100 мм затрудняет дальнейшую обработку полосы. Препятствует накоплению влаги в осенне-зимний период качество весенней обработки почвы. В табл. 1 приведены данные по крошению почвы различными типами чизельных рыхлителей.

Согласно полученным данным чизельные рыхлители с прямой стойкой с деформатором и без деформатора не выносили на поверхность комки почвы размером более 100 мм.

Определение энергетических показателей показало, что данные рабочие органы менее энергоемкие. В связи с этим для дальнейших исследований нами был выбраны рабочие органы с прямой стойкой.

На рис. 2 и 3 приведены профили деформации почвы рыхлителем с прямой стойкой с деформатором и без деформатора. При наличии бокового деформатора на стойке, в верхней части полосы по всей ее ширине сформировался полностью разрыхленный слой почвы глубиной 7–10 см. Рабочий орган без бокового деформатора не сформировал сплошного рыхлого слоя почвы по всей ширине полосы.

Согласно агротребованиям плотность почвы в верхнем слое обрабатываемой полосы по всей ее ширине не должна превышать 1,3 г/см³. Анализ агрофизических свойств почвы показывает, что ее плотность увеличивалась от центра борозды при ее обработке к границе с монолитом. При этом в верхних слоях 0–5 и 5–10 см максимальная плотность на границе с монолитом составила 1,35–1,40 г/см³ при работе рабочего органа без деформатора и 1,19–1,15 г/см³ с деформатором. Таким образом, лучше разуплотнял почву рыхлитель с прямой стойкой с боковым деформатором (рис. 4).

Таблица 1

Крошение почвы различными типами чизельных рыхлителей

Размеры комков, мм	Типы чизельных рабочих органов					
	С криволинейной стойкой	С криволинейной стойкой с боковым деформатором	С наклонной стойкой	С наклонной стойкой с боковым деформатором	С прямой стойкой	С прямой стойкой с боковым деформатором
	Содержание комков почвы, %					
Более 100	5,3	6,2	3,7	3,9	0	0
100–50	12,5	13,0	10,7	11,5	5,0	6,5
50–20	45,7	43,4	42,2	40,0	38,5	36,0
Менее 20	36,5	37,4	43,4	44,6	56,5	57,5

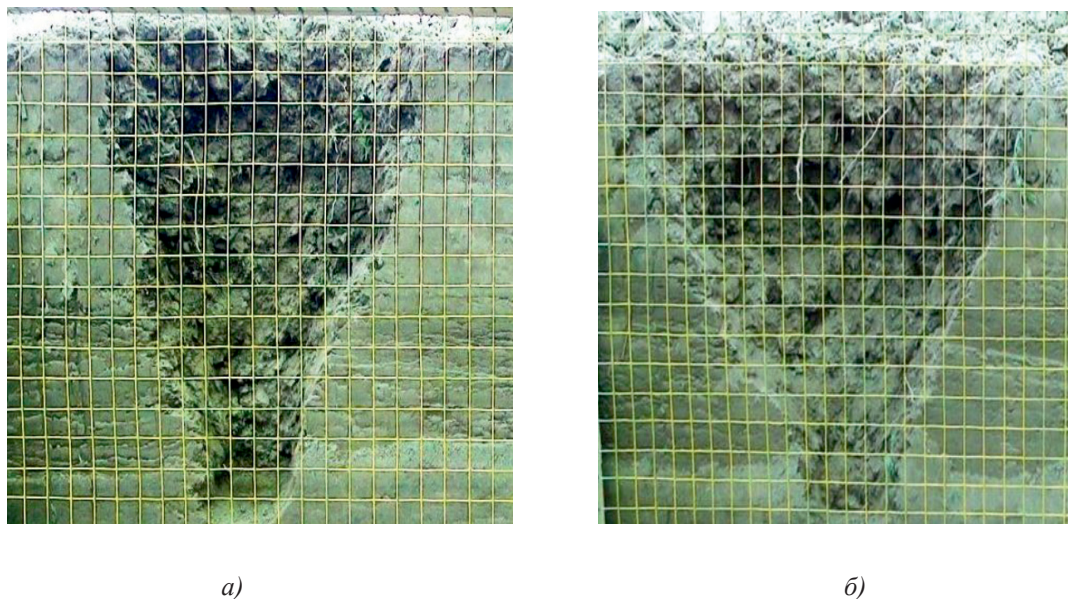


Рис. 3. Деформация почвы чизельным рыхлителем с прямой стойкой без деформатора (а) и с деформатором (б)

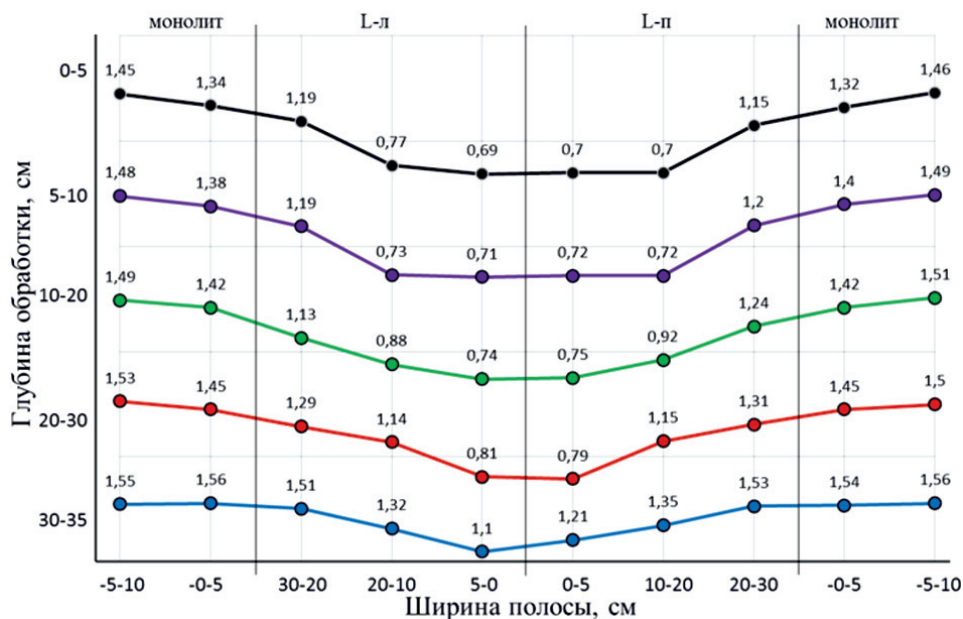


Рис. 4. Плотность почвы в полосе при ее обработке рыхлителем с прямой стойкой с боковым деформатором, г/см³

Аналогичная закономерность наблюдалась по показателям твердости почвы в полосе и в монолите. Плотность почвы в полосе по глубине ее рыхления (в слое 0–35 см) колебалась от центра к краям от 0,70 до 1,56 мПа тогда как твердость монолита доходила до 2,0–2,5 мПа.

Одним из основных показателей качества работы почвообрабатывающих орудий является содержание образованной ими мелкокомковатой фракции почвы размером менее 20 мм. Как следует из данных табл. 1, ее содержание было ниже рекомендуемого агротребованиями по всем типам рыхлителей.

Таблица 2

Крошение почвы различными типами катков, %

Тип катка	Гребнистость поверхности почвы, ±см	Размер фракций, мм			
		более 100	100–50	50–20	менее 20
Прутковый	7,5	–	7,3	52,5	40,2
Кольчатый	4,2	–	5,1	44,5	50,4
Зубчатый	2,7	–	2,0	32,5	65,5

Таблица 3

Заглубление дисковых рабочих органов при формировании полосы

Тип дисков	Влажность почвы, %				
	14,0	15,4	16,7	17,9	20,2
	Глубина обработки, см				
Сферические	2	2	3,0	4,5	5,0
Плоские	3,0	3,7	4,0	4,3	5,5
Турбодиски	7,5	7,9	8,0	8,5	9,0

В связи с этим в конструктивно-технологическую схему комбинированного орудия введены катки для улучшения качества крошения и выравнивания почвы. Испытывались три типа катков: прутковый, кольчатый, зубчатый. Сравнительная эффективность их работы приведена в табл. 2.

Во время испытаний на раме лабораторной установки устанавливались последовательно чизельные рыхлители с прямой стойкой с боковым деформатором и катки. Результаты исследований показывают, что агротребованиям соответствует только зубчатый каток, который лучше крошил и выравнивал почву.

В результате высокой плотности и твердости почвы возникает необходимость в подборе дисковых рабочих органов, обеспечивающих для формирования борозды нарезку щелей по ее краям на глубину 8–10 см. Для выбора оптимального типа рабочего органа испытывались различные типы дисков: сферические, плоские и турбодиски. Сравнительная характеристика их работы в зависимости от влажности почвы приведена в табл. 3.

Сферические и плоские диски не заглублялись в почву и не выполняли технологический процесс по формированию границ борозды. Турбодиски заглублялись на 8–9 см и формировали полосу с заданными параметрами.

В связи с изложенным выше, при проектировании и изготовлении экспериментального образца орудия для основной обработки почвы будут использованы следующие

рабочие органы: стандартные игольчатые диски для очистки полос от стерни; чизельные рыхлители с прямой стойкой с боковым деформатором для рыхления полосы на 35 см; бункеры для туков и семяпроводы стандартные, турбодиски для формирования полос заданных параметров.

Заключение

Разработана конструктивно-технологическая схема комбинированного орудия для основной обработки почвы и внесения удобрений по технологии Strip-till.

Проведены сравнительные испытания различных типов рабочих органов, в которых основным критерием выбора были качественные показатели обработки почвы: площадь деформации; плотность; твердость; гребнистость.

Выбраны следующие типы рабочих органов: чизельные рыхлители с прямой стойкой с боковым деформатором для рыхления почвы на глубину 35 см; зубчатый каток для дополнительного крошения и выравнивания почвы в полосе; турбодиски – для формирования полос заданного параметра.

С учетом разработанной конструктивно-технологической схемы орудия и выбранных оптимальных типов его рабочих органов будет изготовлен экспериментальный образец комбинированного орудия.

Список литературы / References

1. Jena P.R. Can minimum tillage enhance productivity? Evidence from smallholder farmers in Kenya. *Journal of Cleaner Production*. 2019. P. 465–475.

2. Harper J.K., Roth G.W., Garalejić B., Škrbić N. Programs to promote adoption of conservation tillage: A Serbian case study. *Land Use Policy*. 2018. P. 295–302. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.06.028.
3. Rusu T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. *International Soil and Water Conservation Research*. 2014. no 2(4). P. 42–49.
4. Беляев В.И., Майнель Т., Тиссен Р. Технология «Strip-Till»: особенности конструкций машин ведущих мировых производителей и их применения // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 11 (109). С. 86–91.
- Belyaev V.I., Mainel T., Thyssen R. Technology «Strip-Till»: features of machine designs of the world's leading manufacturers and their applications // *Bulletin of the Altai state agrarian University*. 2013. № 11 (109). P. 86–91 (in Russian).
5. Борисенко И.Б., Мезникова М.В. Применение ресурсосберегающей технологии Strip-till при выращивании сорго // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2015. № 6 (56). С. 82–84.
- Borisenko I.B., Melnikova M. V. The use of resource-saving technology Strip-till in the cultivation of sorghum // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 6 (56). P. 82–84 (in Russian).
6. Тихонов В.В. Совершенствования рабочего органа чизеля для дополнительного крошения почвы и обоснование его параметров: дис. ... канд. тех. наук. Уфа, 2012. 156 с.
- Tikhonov V.V. Improvement of the working body of the chisel for additional soil crumbling and justification of its parameters: dis. ... kand. tech. nauk. Ufa, 2012. 156 p. (in Russian).
7. Горовой С.А. Обоснование параметров рабочего органа плуга чизельного для обработки почвы в междурядьях садов предгорной зоны северного Кавказа: автореф. дис... канд. техн. наук. Краснодар, 2011. 23 с.
- Gorovoy S.A. Substantiation of parameters of the working body of the chisel plough for tillage in the aisles of the gardens of the foothill zone of the North Caucasus: autoref. dis... kand. techn. nauk. Krasnodar, 2011. 23 p. (in Russian).
8. Крук И.С., Чигарев Ю.В., Назаров Ф.И., Косовский П.В. Экспериментальные исследования уплотняющего воздействия на почву рабочего органа катковой приставки // *Агропанорама*. 2015. № 4. С. 2–5.
- Kruk I.S., Chigarev Yu.V., Nazarov F.I., Kosovsky P.V. Experimental studies of the compacting effect on the soil of the working body of the roller attachment // *Agropanorama*. 2015. № 4. P. 2–5 (in Russian).

УДК 630*236.4:630*51:633.878.32

МНОГООБРАЗИЕ МАСШТАБА И ФОРМЫ СТРОЕНИЯ ДРЕВОСТОЕВ ТОПОЛЯ ЧЁРНОГО В ОСОКОРНИКАХ ПОЙМЫ РЕКИ УРАЛ

Хлюстов В.К., Елекешева М.М.

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», Москва, e-mail: elekesheva@inbox.ru

Приведены результаты исследований закономерностей естественного формирования пойменных насаждений тополя черного (*Populus nigra*) в Западно-Казахстанской части бассейна р. Урал по среднестатистическим параметрам масштабов рядов распределения максимального и минимального диаметра, предельным отклонениям минимальных и максимальных диаметров от среднестатистических значений и коэффициентам вариации накопленной частоты по классам толщины. Были использованы общеизвестные теоретические разработки строения древостоев, которые базируются на параметрических и непараметрических методах анализа вариационных рядов. Основным условием построения адекватных моделей является использование рядов с постоянным числом классов распределения, которое равно 10. При этом использовалось научно-методическое решение выявления закономерностей строения древостоев по масштабу ряда (размаха варьирования), которое определяет форму рядов распределения. Было выявлено, что кривым распределения деревьев по толщине ствола в древостое присуща как левосторонняя, так и правосторонняя асимметрия, однако среднестатистическая форма близка к кривой нормального распределения. Наиболее чётко размах варьирования толщины деревьев связан со средним диаметром. Закономерное уменьшение коэффициента вариации накопленной частоты по классам толщины изменяется от значительной (100%) в первом классе до незначительной (3%) в девятом классе. Такая высокая изменчивость накопленной частоты характерна для насаждений тополя чёрного, которые в пойменных лесах постоянно подвергаются экстремальному воздействию природных факторов, связанных с подтоплением корневых систем деревьев. Приведенные особенности формирования тополевых насаждений могут быть полезны при проведении многомерной классификации рядов распределения и моделирования возрастного изменения структуры и строения древостоев.

Ключевые слова: строение древостоев, тополь чёрный, классы толщины деревьев, классификация вариационных рядов, накопленная частота, размах варьирования

THE SCALE VARIETY AND STRUCTURE FORMS OF FOREST STANDS OF BLACK POPLAR IN FLOODPLAIN OF THE URAL RIVER

Khlyustov V.K., Elekesheva M.M.

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, e-mail: elekesheva@inbox.ru

The results of studies of the natural formation of floodplain poplar black (*Populus nigra*) in the West Kazakhstan part of the Ural river basin on the average parameters of the scale of the series of distribution of the maximum and minimum diameter, the limit deviations of the minimum and maximum diameters from the average values and the coefficients of variation of the accumulated frequency were studied. Well-known theoretical development of the structure of stands, which are based on parametric and non-parametric methods of analysis of variational series were used. The main condition for the construction of adequate models is the use of series with a constant number of distribution classes, which is equal to 10. At the same time, a scientific and methodological solution was used to identify the regularities of the structure of stands on the scale of the series (the scope of variation), which determines the shape of the distribution series. It was found that the tree distribution curves for the trunk thickness in the tree stand are characterized by both left-hand and right-hand asymmetry, but the average form is close to the normal distribution curve. The most clear range of variation in the thickness of the trees is associated with the average diameter. The natural decrease in the coefficient of variation of the accumulated frequency in the thickness classes varies from a significant (100%) in the first class to a small (3%) in the ninth class. Such high variability of the accumulated frequency is typical for black poplar plantations, which in floodplain forests are constantly exposed to extreme effects of natural factors associated with flooding of the root systems of trees. The given features of the formation of poplar plantations can be useful in the multidimensional classification of the distribution series and modeling of age-related changes in the structure and structure of stands.

Keywords: the structure stands, black poplar, thickness classes of trees, classification of variational series, the cumulative frequency, variation range

Актуальность работы связана с необходимостью выявления закономерностей естественного формирования пойменных насаждений Западно-Казахстанской части бассейна реки Урал. До настоящего времени для этих лесов разработаны нормативно-справочные материалы, относящиеся только к стандартным и сортиментным та-

блицам, что крайне недостаточно для полной оценки ресурсно-экологического потенциала лесов региона. Следует признать, что «Нормативы для таксации лесов Казахстана», изданные в 1987 г., требуют модернизации информационного наполнения. Так, в них отсутствует системный комплекс решений по строению и продуктивности

древостоев, учитывающий всё многообразие экологических условий произрастания насаждений разного породного состава, полноты и густоты.

Существенное увеличение числа показателей, составляющих содержание таксационных таблиц, объёма цифровой информации, характеризующего состояние древесных ресурсов, привело к необходимости разработки и внедрению в производство информационно-справочных систем лесотаксационных нормативов. Актуальность темы напрямую связана с проблемой внедрения цифровой экономики в лесную отрасль.

Цель исследования: выявление закономерностей статистических моделей строения древостоев разного породного состава, полноты и густоты по группам типов лесов на примере роста и развития тополя черного в осокорниках поймы р. Урал в границах Западно-Казахстанской области. Представленной работой показаны возможные диапазоны изменения масштаба и формы кривых распределения деревьев по толщине для многомерной классификации вариационных рядов и построения нормативов роста, строения и продуктивности древостоев.

Материалы и методы исследования

Оценка качественного состояния лесов базируется на знании закономерностей роста и строения древостоев, которые определяют динамику их продуктивности. Под закономерностями строения древостоев понимается распределение числа деревьев, суммы площадей сечения, запаса, категорий крупности, дровяной древесины, фракционного состава фитомассы в размахе варьирования размера деревьев и, прежде всего, по толщине. Изучение динамики формирования структуры этих показателей в древостоях разной начальной густоты по типам лесорастительных условий имеет исключительно важное значение для выбора наиболее продуктивных, с лучшими товарными характеристиками древостоев. А это в свою очередь позволяет скорректировать и оптимизировать режим промежуточного и главного лесопользования, построить модели прогнозирования производительности лесов. Наряду с этим знание закономерностей динамики строения древостоев является теоретической основой разработки методов таксации и учёта лесного и лесосечного фонда, формирования товарно-денежного потенциала лесов.

Общеизвестна теория строения древостоев, базирующаяся на параметрических и непараметрических методах анализа вариационных рядов.

Параметрические методы строения древостоев

Широкое применение в лесной таксации при сглаживании отдельных рядов распределений числа деревьев по толщине получили модели двух параметрических кривых Гаусса (кривая нормального распределения) и четырёх параметрических кривых К. Пирсона (тип I) и Шарлье (тип A). Статистическими параметрами для построения теоретических кривых являются: средняя арифметическая величина (\bar{X}), стандартное отклонение (σ), асимметрия (As) и эксцесс (E).

Стандартное отклонение – это число, описывающее, насколько значения данных отличаются от среднего. Понятие стандартного отклонения является очень важным в статистике, поскольку оно представляет собой основной инструмент определения степени случайности отклонений отдельных значений от их среднего.

Асимметрия – скошенность ряда распределения возникает вследствие того, что какие-либо факторы действуют в одном направлении сильнее, чем в другом, или процесс развития явления таков, что доминирует какая-то причина. Кроме того, природа некоторых явлений такова, что имеет место асимметричное распределение

Эксцесс – крутизна ряда распределения, статистика, характеризующая степень остроты пика распределения случайной величины.

Указанные параметры определяются для каждого ряда использованием программы описательной статистики в среде MS Excel. Полученные значения параметров включаются в расчёт теоретических кривых распределения с последующим сравнением с эмпирическими рядами. Критериальная оценка соответствия теоретических распределений эмпирическому ряду осуществляется по критерию χ -квадрат Пирсона. Существующие методы строения древостоев подробно изложены в работе А.А. Макаренко [1]. По его рекомендации следует использовать метод построения рядов с постоянным числом классов, равным 10. Такое число отвечает требованиям математической статистики, обеспечивает нахождение достоверных параметров или статистик рядов распределения при минимально возможном числе наблюдений. Критически

оценивая параметрические методы строения древостоев, следует указать на наличие средних, слабых и недостоверных взаимосвязей между параметрами масштаба и формы рядов распределения, что ставит под сомнение результаты моделирования триады: ход роста – строение – продуктивность.

Непараметрические методы строения древостоев

Методы основаны на построении вариационных рядов накопленного распределения частот и анализа изменений квантилей ряда. Широкое применение в исследованиях строения древостоев нашла модель аппроксимации эмпирических распределений Н.Л. Джонсона. Также нами использована модель В.К. Хлюстова с алгоритмом расчёта теоретических частот [2]. Для аппроксимации эмпирических распределений по указанными моделями на кафедре лесоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева была разработана программа «Лескаф».

Новое научно-методическое решение задачи динамики строения древостоев было найдено и предложено к внедрению более 10 лет тому назад [3]. Основным элементом этого метода моделирования возрастного распределения частот вариационного ряда является доказательство того, что любой размах варьирования ряда распределения делится на две равные части. Так, при 10 классовых промежутках середина ряда соответствует пятому классу, при 12 – шестому, при 14 – седьмому и т.д. Затем накопленная частота распределения, названная в теории таксации рангом деревьев, выражается в долях частоты, соответствующей середине ряда.

Экспериментальный материал и объём выполненных работ

Полевой таксационный материал был собран в осокорниках Западно-Казахстанской части поймы р. Урал. При этом полу-

ченные данные охватывают все лесорастительные условия тополя чёрного (табл. 1).

Результаты исследования и их обсуждение

Масштаб ряда, или иными словами, размах варьирования является основным показателем, определяющим форму рядов распределения. Еще на ранних этапах исследований строения древостоев В. Вейзе [4] и А.В. Тюриным [5] отмечено, что максимальная толщина деревьев в спелых древостоях составляет от 1,5 до 1,6 от среднего диаметра, а минимальная 0,3 и не зависит от полноты, бонитета и, в значительной степени, от возраста древостоев. Согласно этому положению наиболее чётко размах варьирования толщины деревьев связан со средним диаметром [6, 7]. Наглядно эта закономерность для тополя чёрного в осокорниках представлена на рис. 1.

Судя по графику, предельные границы толщины деревьев имеют некоторый разброс. Этот разброс становится шире по мере увеличения среднего диаметра древостоя. Интерпретируя указанную закономерность, представим вначале линии регрессии, соответствующие средним значениям минимальных диаметров и средним значениям максимальных диаметров. При этом уравнения регрессии имеют следующий вид:

$$d_{\min \text{ перп}} = 0,1089 * D^{1,3931}, \quad (1)$$

$$d_{\max \text{ перп}} = 6,5804 * D^{0,5939}. \quad (2)$$

Вместе с тем при оценке размаха варьирования следует учитывать возможные их варианты с учётом возможного отклонения от средней линии регрессии, которые с возрастом древостоя при его естественном формировании существенно не изменятся. Так, возможные варианты размаха варьирования могут иметь комбинации, представленные в табл. 2.

Таблица 1

Объекты для проведения статистического анализа

Группа типов леса	Количество пробных площадей, ед.	Количество измерений деревьев, ед.	
		диаметров	высот
Осокорники низинные прирусловые (Онпр)	17	4185	353
Осокорники низинные центральной поймы (Онц)	8	1809	53
Осокорники средних уровней прирусловой поймы (Оспр)	47	11109	648
Осокорники средних уровней центральной поймы (Осц)	48	10128	228

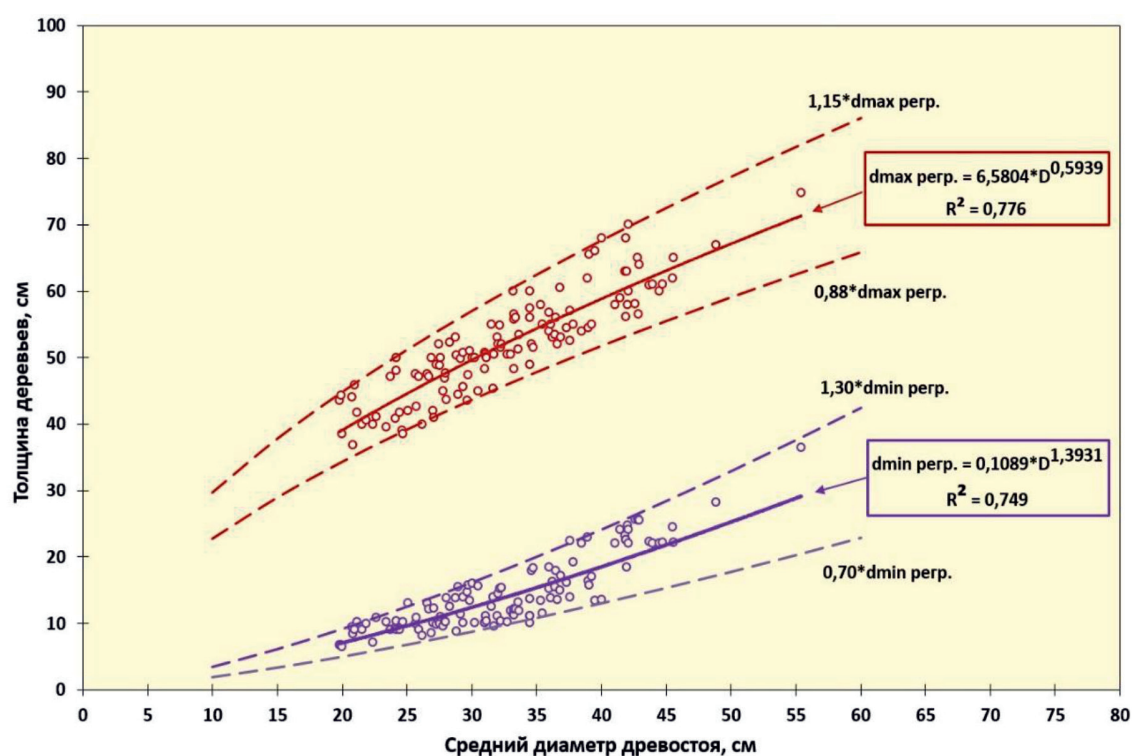


Рис. 1. Линии регрессии размаха варьирующей толщины деревьев в древостоях тополя чёрного (условные обозначения см. в тексте)

Таблица 2

Возможные варианты размаха варьирующей рядов распределения числа деревьев по толщине

№ п/п	Левая граница	Правая граница
1	$1,15 \cdot d_{\max \text{ перп}} = f(D)$	$0,7 \cdot d_{\min \text{ перп}} = f(D)$
2	$1,15 \cdot d_{\max \text{ перп}} = f(D)$	$d_{\min \text{ перп}} = f(D)$
3	$1,15 \cdot d_{\max \text{ перп}} = f(D)$	$1,3 \cdot d_{\min \text{ перп}} = f(D)$
4	$d_{\max \text{ перп}} = 6,5804 \cdot D^{0,5939}$	$0,7 \cdot d_{\min \text{ перп}} = f(D)$
5		$d_{\min \text{ перп}} = 0,1089 \cdot D^{1,3931}$
6		$1,3 \cdot d_{\min \text{ перп}} = f(D)$
7	$0,88 \cdot d_{\max \text{ перп}} = f(D)$	$0,7 \cdot d_{\min \text{ перп}} = f(D)$
8	$0,88 \cdot d_{\max \text{ перп}} = f(D)$	$d_{\min \text{ перп}} = f(D)$
9	$0,88 \cdot d_{\max \text{ перп}} = f(D)$	$1,3 \cdot d_{\min \text{ перп}} = f(D)$

Таким образом, точное определение размаха варьирующей является важнейшим звеном классификации рядов распределения.

Многообразие формы кривых распределения деревьев по толщине требует систематизации (классификации) рядов с учётом размаха варьирующей диаметров [8–11]. Для решения этой задачи использованы непараметрические методы строения древостоев.

Наряду с регрессиями масштаба рядов распределения приводится графическая интерпретация предельных и среднестатистических кривых распределения частот, что позволяет судить о широком диапазоне возможных вариантов встречаемости рядов распределения. На рис. 2 явно просматриваются ряды, как с левосторонней, так и с правосторонней асимметрией.

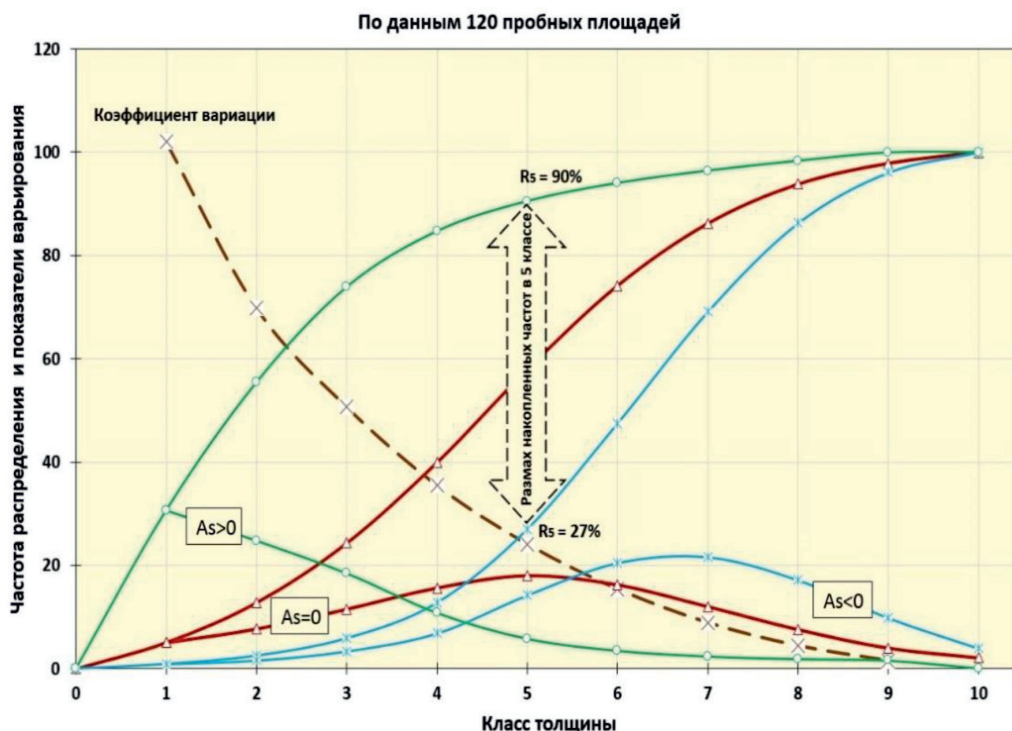


Рис. 2. Предельно асимметричные и среднестатистическое распределения частоты встречаемости деревьев по толщине (условные обозначения см. в тексте)

В соответствии с методикой моделирования строения древостоев, накопленное распределение частот в ряду с предельной правосторонней асимметрией ($As > 0$) ранг деревьев в центральном (пятом) классе насчитывает 90%. В ряду с предельной левосторонней асимметрией ($As < 0$) ранг деревьев в центральном (пятом) классе составляет 27%. Среднее распределение числа деревьев по всей совокупности вариационных рядов близко по форме к кривой нормального распределения, с максимумом частот в центральном классе.

Следует отметить закономерное уменьшение коэффициента вариации накопленной частоты по классам толщины от значительной (100%) в первом классе, до незначительной (3%) в девятом классе. Такая высокая изменчивость накопленной частоты характерна для насаждений тополя чёрного осокорниковой формации, которая в пойменных лесах р. Урал постоянно подвергается экстремальному воздействию факторов, связанных с подтоплением корневых систем деревьев [12–14].

Указанные особенности формирования насаждений тополя чёрного следует учитывать при проведении многомерной классификации рядов распределения

и моделирования возрастного изменения строения древостоев.

Выводы

Среднестатистические параметры масштаба рядов распределения по максимальному и минимальному диаметру деревьев имеют взаимосвязь со средним диаметром с показателями детерминации $R^2_{\max} = 0,776$, $R^2_{\min} = 0,749$. Предельные отклонения минимальных и максимальных диаметров от среднестатистических значений, полученных по модели, находятся в диапазонах: $0,70 \cdot d_{\min, \text{перп.}} \div 1,30 \cdot d_{\min, \text{перп.}}$ и $0,88 \cdot d_{\max, \text{перп.}} \div 1,15 \cdot d_{\max, \text{перп.}}$.

Форме рядов распределения древостоев присуща как левосторонняя, так и правосторонняя асимметрия. Предельные значения ранга деревьев в пятом классе варьируют от 27 до 90%. Среднестатистическая форма распределения соответствует кривой, близкой к кривой нормального распределения.

Коэффициент вариации накопленной частоты по классам толщины уменьшается от значительной (100%) в первом классе до незначительной (3%) в девятом классе, что, очевидно, связано с пониженной экологической устойчивостью деревьев, находящихся в нижней части полога.

Список литературы / References

1. Макаренко А.А. Структура древостоев. Алма-Ата: Кайнар, 1982. 68 с.
Makarenko A.A. The Structure of Forest stands. Alma-Ata: Kainar, 1982. 68 p. (in Russian).
2. Хлюстов В.К. Методическое пособие по выполнению курсовой работы учебной дисциплины системный анализ и моделирование экосистем. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2010. 177 с.
Khlyustov V.K. Methodical manual on the implementation of the course work of the discipline system analysis and modeling of ecosystems. M.: Izd-vo RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2010. 177 p. (in Russian).
3. Хлюстов В.К., Хлюстов Д.В. Новый способ моделирования возрастной динамики строения древостоев на примере культур лиственницы Сукачева // Второе региональное совещание «Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство» (г. Архангельск, 22–25 сентября 2008 г.). Архангельск: Архангельский ГТУ, 2008. С. 21–28.
Khlyustov V.K., Khlyustov D.V. A New way of modeling the age dynamics of the structure of stands on the example of the cultures of larch Sukachev // Vtoroe regional'noe soveshchanie «Listvennichnye lesa Arhangel'skoj oblasti, ih ispol'zovanie i vosproizvodstvo» (g. Arhangel'sk, 22–25 sentyabrya 2008 g.). Arhangel'sk: Arhangel'skij GTU, 2008. P. 21–28 (in Russian).
4. Weise W. Ertragstafeln für die Kiefer. Berlin: Springer, 1880. 157 p.
5. Тюрин А.В. Структура нормальных насаждений // Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо. 1923а. № 1. С. 10–14.
Tyurin A.V. Structure of normal plantings // Lesnoe hozjajstvo, lesopromyshlennost' i toplivo. 1923a. № 1. P. 10–14 (in Russian).
6. Поляков А.Н. Рост и строение берёзовых древостоев лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Известия ТСХА. 2012. № 1. С. 72–80.
Polyakov A.N. The growth and structure of birch stands of the forest experimental garden, Russian state agrarian University-MTAA named after K. A. Timiryazev // Izvestiya TSKHA. 2012. № 1. P. 72–80 (in Russian).
7. Поляков А.Н. Рост и строение дубовых насаждений Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Известия ТСХА. 2010. № 6. С. 27–35.
Polyakov A.N. The growth and structure of oak stands of the Forest experimental garden, Russian state agrarian University-MTAA named after K. A. Timiryazev // Izvestiya TSKHA. 2010. № 6. P. 27–35 (in Russian).
8. Данилов Д.А. Показатели строения сосново-еловых черничных древостоев, не затронутых лесохозяйственными рубками // Вестник Башкирского ГАУ. 2013. № 3 (27). С. 122–125.
Danilov D.A. Structure of pine-spruce myrtillus stands not under silviculture // Vestnik Bashkirskogo GAU. 2013. № 3 (27). P. 122–125 (in Russian).
9. Киселева В.В., Коротков С.А., Карминов В.Н., Стоноженко Л.В. О некоторых закономерностях в строении ельников Северо-Восточного Подмосквья // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2016. Т. 20. № 1. С. 158–171.
Kiselyova V.V., Korotkov S.A., Carminov V.N., Stonozhenko L.V. Some regularities in the structure of spruce forests of the North-East of the Moscow region // Vestnik MGUL – Lesnoj vestnik. 2016. V. 20. № 1. P. 158–171 (in Russian).
10. Неруш М.Н. Особенности роста и строения смешанных дубовых древостоев // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2014. № 39. С. 15–17.
Nerush M.N. Peculiarities of growth and structure of mixed oak stands // Aktual'nye problem lesnogo kompleksa. 2014. № 39. P. 15–17 (in Russian).
11. Неруш М.Н. Особенности строения смешанных древостоев дуба черешчатого // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2016. № 44. С. 50–52.
Nerush M.N. Features of the structure of mixed stands of English oak // Aktual'nye problem lesnogo kompleksa. 2016. № 44. P. 50–52 (in Russian).
12. Демаков Ю.П., Краснов В.Г., Исаев А.В. Закономерности строения и развития древостоя на плантации лиственницы сибирской в краткойпойменном экотопе // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 1 (33). С. 36–49.
Demakov Yu.P., Krasnov V.G., Isayev V.A. Structural and developmental patterns of the stand in the siberian larch plantations in the bottomland ecotope // Vestnik Povolzhskogo GTU. Seriya: Les. Ekologiya. Pririodopol'zovanie. 2017. № 1 (33). P. 36–49 (in Russian).
13. Кутявин И.Н. Роль возрастной структуры древостоев в строении коренных сосняков бассейна Верхней и Средней Печоры // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 5 (187). С. 10–13.
Kutyavin I.N. The role of the age structure of stands in the structure of indigenous pine forests of the upper and Middle Pechora basin // Vestnik IB Komi NC UrO RAN. 2014. № 5 (187). P. 10–13 (in Russian).
14. Кутявин И.Н. Структура древостоев и состояние подростов старовозрастных сосняков в Предгорьях Урала (бассейн Верхней Печоры) // Лесоведение. 2013. № 1. С. 46–55.
Kutyavin I.N. Structure of Stands and Regrowth State in Old-Growth Pine Forests of the Ural Piedmont (the Upper Pechora River Basin) // Lesovedenie. 2013. № 1. P. 46–55 (in Russian).

УДК 633.26/.29:633.2.03

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КОРМОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛУКУСТАРНИКОВ В УСЛОВИЯХ ПРИКАСПИЙСКОЙ ПОЛУПУСТЫНИ

¹Шамсутдинов Н.З., ²Каминов Ю.Б., ²Батыров В.А.

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Москва, e-mail: nariman@vniigim.ru;

²ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова», Элиста, e-mail: yukamin@mail.ru

Представлены результаты эколого-биологического изучения различных кормовых полукустарничков, таких как терескен серый (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.), прутняк стелющийся (*Bassia prostrata* (L.) A.J. Scott.), камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.), полынь белая (*Artemisia lerchiana* Web.), полынь черная (*A. pauciflora* Web.), полынь развесистая (*A. diffusa* Krasch.) в Прикаспийской полупустыне. Наблюдались характерные агробиологические свойства, ценные для использования в фитомелиоративных работах по восстановлению утраченного биоразнообразия и былой кормовой производительности российской Прикаспийской полупустыни. Кормовые полукустарнички имеют довольно существенное различие по срокам вегетации растений. Эти различия используются при создании пастбищных агрофитоценозов с различными сроками использования. Весной и летом необходимо использовать следующие полукустарнички: прутняк, камфоросму, терескен; осенью и зимой – полынь. Благодаря этому можно наладить зеленый кормовой конвейер для скота в следующие периоды года: первый период весна – лето, второй период осень – зима. Также установлено, что корни кормовых полукустарничков очень глубоко проникают в почву, что позволяет растениям извлекать запас продуктивной влаги из нижних горизонтов почвы. Конструирование агрофитоценозов с относительно густым расположением растений позволяет снизить негативное влияние ветровой эрозии и нагрузки от перевыпаса скота. Это также позволит растениям пастбищных угодий легче переносить значительные периоды подсыхания верхних слоев почвы. Технология конструирования улучшенных пастбищных угодий с посевом терескена серого (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.), прутняка простертого (*Bassia prostrata* (L.) A.J. Scott.), камфоросмы Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.) и совместного сева с полынью белой (*Artemisia lerchiana* Web.) и полынью черной (*A. pauciflora* Web.) на деградированных пастбищных угодьях позволяет получать урожай 1710...1815 руб/га, при продуктивности 715...1210 корм. ед/га и понесенные затраты окупались на второй год после посева, при этом себестоимость 100 корм. ед. (185...210 руб.) снижается от 1,5 до 2,0 раз, чем цена на зернофураж по региону.

Ключевые слова: терескен серый, прутняк простертый, камфоросма Лессинга, полынь белая, полынь черная, кормовая продуктивность, природные пастбища, агрофитоценозы

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND FODDER PRODUCTIVITY OF DWARF SEMISHRUBS IN THE CONDITIONS OF THE CIRCUM-CASPIAN SEMI-DESERTS

¹Shamsutdinov N.Z., ²Kaminov Yu.B., ²Batyrov V.A.

¹All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, e-mail: nariman@vniigim.ru;

²Kalmykian State Educational University named after B.B. Gorodovikov, Elista, e-mail: yukamin@mail.ru

The results of ecological and biological study of various fodder dwarf semi-shrubs – *Krascheninnikovia ceratoides* L. Gueldenst., *Bassia prostrata* L. A.J. Scott., *Camphorosma lessingii* Litv., *Artemisia lerchiana* Web., *A. pauciflora* Web., *A. diffusa* Krasch. in the Circum-Caspian semi-desert are presented. Characteristic of agrobiological properties valuable for use in phytomeliorative works for restoration of the lost biodiversity and former fodder productivity of the Russian Circum-Caspian semi-desert were observed. Fodder semi-shrubs have quite a significant difference in the terms of plants vegetation. These differences are used in the creation of pasture agrophytocenoses with different periods of use. In spring and summer it is necessary to use the following dwarf semi-shrubs: *Bassia prostrata*, *Camphorosma lessingii*, *Krascheninnikovia ceratoides* – in autumn and in winter – *Artemisia lerchiana*, *A. pauciflora*, *A. diffusa*. Owing to this, it is possible to establish a green fodder conveyor for livestock in the following periods of the year: the first period is spring-summer, the second period is autumn-winter. It is also established that the roots of the fodder dwarf semi-shrubs penetrate very deeply into the soil, which allows plants to extract a reserve of productive moisture from the lower soil horizons. The construction of agrophytocenoses with a relatively dense arrangement of plants can reduce the negative impact of wind erosion and the load from overgrazing. It will also allow pasture plants to more easily tolerate significant periods of topsoil drying. Technology of construction of improved pastures with sowing of *Krascheninnikovia ceratoides* L. Gueldenst., *Bassia prostrata* L. A. J. Scott., *Camphorosma lessingii* Litv. and joint sowing with *Artemisia lerchiana* Web. and *A. pauciflora* Web. on degraded pastures is 1710...1815 rubles/ha, when receiving 715...1210 fodder units/ha and justified the cost of the second season of vegetation after sowing; cost of 100 fodder units (185...210 RUB) declined 1.5...2.0 times than the price of grain commel.

Keywords: *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst., *Bassia prostrata* (L.) A.J. Scott., *Camphorosma lessingii* Litv., *Artemisia lerchiana* Web., *A. pauciflora* Web., *A. diffusa* Krasch., fodder productivity, natural pastures, agrophytocenoses

Часть сельскохозяйственных угодий в Прикаспийской полупустыне составля- ет 14,2 млн га территорий, которая занята природными кормовыми угодьями. Многие годы эти угодья использовались не очень рационально, что способствовало серьез-

нейшему снижению, а местами и потере кормовой продуктивности угодий [1–3].

Деградация агроландшафта происходит, когда его растительность, почвы и другие ресурсы изменяются, отрицательно воздействуя на потенциал землепользования. Негативно воздействуют на агроландшафт перевыпас животных, общий сток с водосбора, которые вызывают ухудшение продуктивности и истощения земель с изменениями густоты стояния растений, биомассы и флористического состава, плодородия почвы [4–8]. В аридных и субаридных районах России состояние агроландшафтов характеризуется высокой степенью деградированности [9].

Обширные природные пастбища являются главной кормовой базой и материальной основой рентабельного (успешного) функционирования ведущих отраслей сельского хозяйства – овцеводства, мясного скотоводства, табунного коневодства, верблюдоводства, дающие ценные продукты народного потребления – мясо, шерсть, молоко, кожевенное сырье [10, 11]. Велико экологическое значение пастбищной растительности, которая являясь важнейшим компонентом биосферы, определяет не только кормовые возможности страны, но и качество экологической среды проживания населения [10–12].

Цель исследования: изучение полукустарничков пастбищных агрофитоценозов, обеспечивающих восстановление и повышение кормовой продуктивности нарушенных кормовых угодий в полупустынной зоне Прикаспия. Для восстановления продуктивности этих деградированных пастбищных земель используются кормовые полукустарники и полукустарнички. Главной задачей наших исследований являлось изучение эколого-биологических показателей аридных растений: терескен серый, прутняк простертый, камфоросма Лессинга, полынь белая, полынь черная в условиях полупустынной зоны российского Прикаспия.

Материалы и методы исследования

Опыты проводили в 2011–2017 гг. на территории опорного пункта Всероссийского научно-исследовательского института кормов в Яшкульском районе Республики Калмыкия. Климатические условия в период наших исследований отмечались дефицитом влаги в атмосфере и почве, а сам регион относится к зоне с резко континентальным климатом. Характерная черта летнего сезона – высокая жара

и сухость воздуха, температура, достигающая +45 °С. Зимы, как правило, малоснежные. Годовое количество осадков не превышает в среднем 280 мм (рис. 1).

Физико-химические и морфологические свойства характеризуют почвы в районе исследований как бурые полупустынные, особенно суглинистые разновидности. Содержание гумуса в верхнем (0,00...0,10 м) слое почвы – 1,63%, в корнеобитаемом (0,10...0,40 м) слое – 0,62...0,94%. Количество аммиачного азота в плодородном горизонте 35 мг/кг, нитратного азота – 8,2 мг/кг. Обменного калия в верхнем горизонте до 430...740 мг/кг. По подвижному фосфору пахотный горизонт (0,00...0,10 м) отмечали достаточным наличием – 32,5 мг/кг, в горизонте 0,10...0,30 м – небольшое, а в 0,30...0,50 м нестандартное – 14...15 мг/кг почвы.

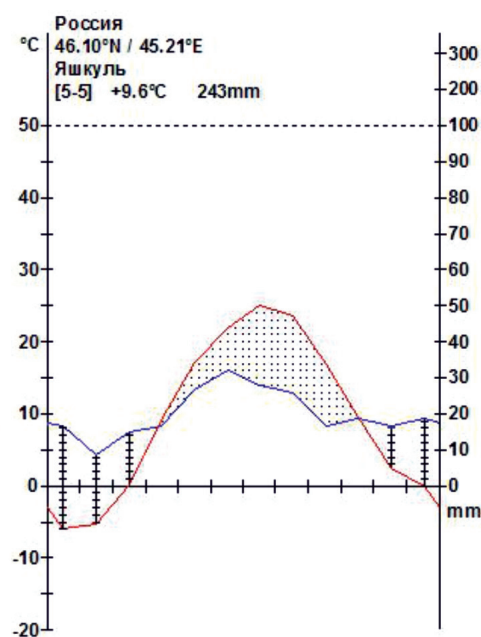


Рис. 1. Климатодиаграмма района проведения исследований (Калмыцкий стационар, метеостанция Яшкуль)

Схема опыта включала посев различных видов кормовых полукустарничков с оптимальной нормой высева семян, определяющих густоту их стояния и величину урожая кормовой массы:

1. *Krascheninnikovia ceratoides* – 6 кг/га.
2. *Bassia prostrata*, особи которого являются солонцовым экотипом – 4 кг/га, *Bassia prostrata*, особи которого являются песчаным экотипом – 4 кг/га, *Bassia prostrata*, особи которого являются каменистым эко-

типом – 4 кг/га. 3. *Camphorosma lessingii* – 4,5 кг/га, 4. *Artemisia pauciflora* – 0,6 кг/га, *A. lerchiana* – 0,6 кг/га, *A. diffusa* – 0,6 кг/га. Осенняя основная обработка почвы на глубину 0,20...0,22 м с одновременным боронованием. В опытах деланки площадью 20*20 м, расположенность регулярная. Посев проводился в оптимальные сроки – в начале зимы (декабрь). Семена заделывали на глубину – 6...12 мм.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследуемые кормовые полукустарники: терескен серый (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.), полукустарнички: прутняк простертый (*Bassia prostrata* (L.) A.J. Scott.), камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.), полынь белая (*Artemisia lerchiana* Web.), полынь черная (*A. pauciflora* Web.) являются экологически приспособленными растениями в условиях резко континентального климата российской Прикаспийской полупустыни, которая подвержена высоким перепадам зимних и летних температур. Биологические особенности каждого вида и жизненной формы растений влияют на сроки наступления и длительность прохождения этапов органогенеза, но вместе с тем в разных регионах, которые отличаются по климатическим и почвенным условиям, многое зависит от сезонной погоды. В наших опытах наблюдения за фенологией исследованных растений было отмечено, что при предзимнем севе (ноябрь) терескен начинает прорастать в середине апреля. Период бутонизации проходил с середины июля, фаза цветения отмечалась в первой декаде сентября. Плоды начинали формироваться к концу августа и в начале сентября. Масовое плодоношение наступает во второй декаде октября. На второй и последующие годы разница в наступлении фаз у терескена в зависимости от ареала происхождения отличалась на 6–12 дней. В первый год вегетации принесли плоды и дали небольшой урожай семян 19% особей. Периоды между фазами в зависимости от климатических условий в годы проведения наших наблюдений также от ареала происхождения растений составляют по годам 5...10 суток. В среднем продолжительность периода вегетации в зависимости от возраста особей 209...220 дней. Терескен рос довольно интенсивно в первый год своей жизни. Наиболее быстрый рост был в третьей декаде июля. Наиболее быстрый рост терескена

мы наблюдали у растений из Астраханской области (Лиманский район), в среднем за 7 лет – 0,62 м, а на 7-м году вегетации достиг 0,84 м (табл. 1). Практически все образцы терескена показывали менее интенсивные темпы роста в течение первых трех лет жизни. Затем темпы роста образцов увеличивались в 1,5 раза. Это свидетельствует, что терескен в культуре является очень интенсивно растущим полукустарником.

Развитие и рост корневых систем. При раскопке для наблюдения за ростом и развитием корневых систем выбирались наиболее типичные для популяции терескена образцы.

При этом соотношение высоты растения и глубины проникновения корневой системы составляло 1:3. На четвертый год жизни корневая система терескена достигала глубины 2,31 м (рис. 2). Корневая система терескена серого к концу первого года вегетации достигала глубины 0,95...1,05 м, а к возрасту 4 лет – проникала на 2,30...2,40 м. Необходимо отметить, что корни терескена к четвертому году жизни состояли из трех ярусов: первый верхний ярус находился в пахотном слое (0,15...0,25 м), потребляя влагу атмосферных осадков; второй ярус – в слое 0,35...0,45 м; третий ярус в слое 0,80...1,20 м – в нижнем суглинистом (местами супесчаном) уплотненном слое, где наблюдалось обилие длинных, тонких корней с всасывающими корешками.

Нами во время исследований, которые проводились в наиболее аридной зоне Северо-Западного Прикаспия, отмечены многие положительные эколого-биологические свойства кормовых полукустарника и полукустарничков (таблица).

Krascheninnikovia latens J.F. Gmel. наряду с различными засухоустойчивыми полукустарниками проявляет очень низкую полевую всхожесть посевного материала (35...41%), при этом приживаемость культур составляет 81...92%, рост в высоту растений до 0,52...0,61 м, плотность растений в среднем составляет 9,1...15,2 тыс. шт/га, корневая система достигает в глубину 2,31...2,43 м, при этом питательность корма составляет 0,64...0,67 корм. ед. или 8,6...9,2 МДж ОЭ в кг сухого вещества (далее – СВ) и очень существенной урожайностью (960 корм. ед., или 12,8 ГДж ОЭ с гектара). Терескен обыкновенный в сравнении с другими полукустарничками – более раннеспелый, что вызывает значительно высокое содержание в кормовой продукции сырого жира (10...11% от СВ), при доста-

точном количестве семян данной культуры. Благодаря этому свойству стало возможным использование данного вида кормовой продукции как одного из лучших наживочного метода для животных. В сравнении с другими изучаемыми растениями, терескен содержит высокое количество клетчатки в связи образованием у этого растения большого числа генеративных ответвлений.

Bassia prostrata (L.) A.J. Scott. показал полевую всхожесть семян на уровне 46...52%, выживаемость растений – 84...94%. Необходи-

мо отметить быстрые темпы отрастания (высота на уровне 0,44...0,51 м), плотность травостоя составила 15,1...19,7 тыс. растений/га, глубина проникновения корней достигала 2,15...2,22 м, при средней питательности корма (0,61...0,71 корм. ед/кг СВ) и энергонасыщенности (8,4...9,4 МДж ОЭ в кг СВ), отмечается высокой урожайностью (991 корм ед., или 13,2 ГДж ОЭ с га). Кормовая продукция данного аридного растения содержит значительное количество сырого протеина 12,1...14,4%.

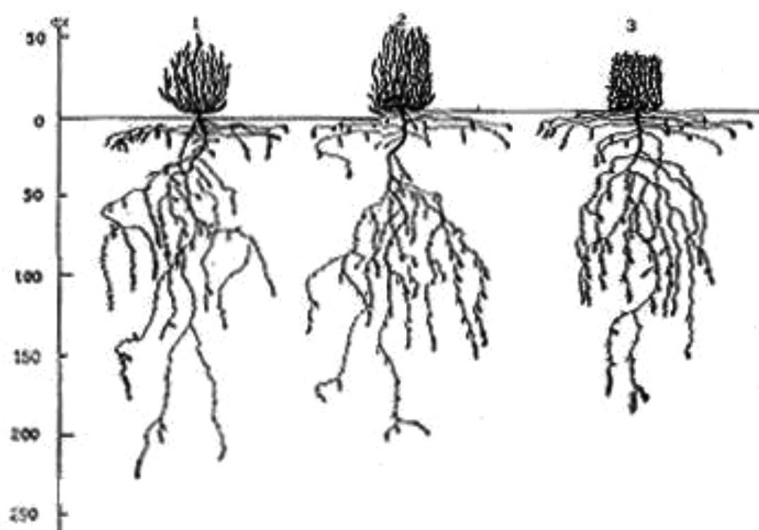


Рис. 2. Корневая система кормовых полукустарника: 1 – терескен серый и полукустарничков; 2 – прутняк простертый; 3 – камфоросма Лессинга

Эколого-биологические показатели аридных кормовых растений, среднее за 2011–2017 гг.

Показатели	Ед. измерения	Терескен серый	Прутняк простертый	Камфоросма Лессинга	Полынь белая
Полевая всхожесть семян	%	36...42	46...52	40...45	50...58
Приживаемость	%	82...91	84...94	69...95	87...92
Рост особей	м	0,51...0,62	0,44...0,51	0,30...0,33	0,31...0,50
Густота	тыс. особей/га	9,2...15,1	15,1...19,7	15,1...18,2	28,1...35,2
Проникновения корневой системы	м	2,32...2,42	2,16...2,21	1,91...2,10	1,12...1,31
Вегетационный период	сутки	209...213	207...214	213...224	226...235
Содержание в корме:					
Сырой протеин	%	9,8	12,1...14,4	13,4	10,9...12,1
Сырой жир	%	11,1...12,1	1,20...3,16	5,81	6,3...9,2
Сырая клетчатка	%	35,1...36,7	26,9...31,8	32,7	24,7...28,7
Питательность 1 кг СВ	Корм. ед.	0,65...0,68	0,62...0,72	0,62	0,75...0,87
	МДж	8,7...9,1	8,5...9,3	8,5	9,5...10,3
Продуктивность 1 га	Ц СВ	14,3	14,7	12,8	3,3
	Корм. ед.	971	992	791	282
	ОЭ, ГДж	13,1	13,1	11,2	3,3

Camphorosma lessingii Litv. отмечает- ся не очень высокой полевой всхожестью семян (41–44%), при этом выживаемость полукустарничков составляет (68–94%), незначительный рост в высоту надземной части (высота достигает 0,31–0,34 м), густота растений составляет (15,2–18,3 тыс. шт./га), корневая система проникает в глубину почвы на 2,00 м за 4-е года, питательность корма существенно ниже по сравнению с другими полукустарниками (0,62 корм. ед., или 8,5 МДж ОЭ в кг СВ) и урожайность составляет (792 корм. ед., или 11,2 ГДж ОЭ с га). Процент сухого вещества у данного полукустарника достигает 13,3%.

Artemisia lerchiana Web. в сравнении с остальными изучаемыми засухоустойчивыми растениями отмечается очень высокой полевой всхожестью семенного материала (51–59%) и густотой растений на ед. площади (28,2–35,3 тыс. экз/га), при этом высотой растений, которые достигают (0,32–0,51 м), высокой приживаемостью экземпляров (88–93%), относительно других полукустарничков, корни проникают не столь глубоко в почву (до 1,13–1,32 м), кормовая питательность продукции (0,82 корм. ед. в кг СВ) и энергонасыщенность составляет (10,0 МДж в 1 кг СВ), но при этом относительно низкая продуктивность (283 корм. ед., или 3,5 ГДж ОЭ). При этом содержание питательных веществ полыни незначительно меньше, чем у других аридных кормовых пастбищных полукустарничков, в осенне-зимний период при пастьбе овец являются основным питательным кормом.

Кормовые полукустарнички имеют довольно существенное различие по срокам вегетации растений. Эти различия используются при создании многолетних пастбищно-мелиоративных агрофитоценозов с различными сроками использования. Весной и летом необходимо использовать следующие виды растений: полукустарник терескен серый, полукустарнички прутняка простертый и камфоросму Лессинга, а осенью и зимой – полынь белую и полынь черную. Благодаря этому можно наладить зеленый кормовой конвейер для скота в следующие периоды года: первый период весна – лето, второй период осень – зима. Установлено, что корни кормовых полукустарничков очень глубоко проникают в почву, что позволяет растениям извлекать запас продуктивной влаги из В, С горизонтов.

Технология конструирования улучшенных пастбищных угодий с посевом терескена серого (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.)

Gueldenst.), прутняка простертного (*Bassia prostrata* (L.) A.J. Scott.), камфоросмой Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.) и совместного сева с полынью белой (*Artemisia lerchiana* Web.) и полынью черной (*A. pauciflora* Web.) на деградированных пастбищных угодьях позволяет получать урожай 1710–1815 руб/га, при продуктивности 715–1210 корм. ед/га и понесенные затраты окупались на второй год после посева, при этом себестоимость 100 корм. ед. (185–210 руб.) снижается от 1,5 до 2,0 раз, чем цена на зернофураж по региону.

Заключение

С целью получения достаточного количества урожая кормов с нарушенных сельскохозяйственных угодий в резко континентальных условиях Северо-Западного Прикаспия имеется хозяйственная необходимость в использовании способов экологической реставрации с применением следующих растений: полукустарника терескена серого и полукустарничков прутняка простертного, камфоросмы Лессинга, видов полыней. Для изучаемых полукустарничков характерны следующие свойства: стремительное увеличение количества растений на единице посевной площади, ранне-весенняя вегетация, которая стабильно продолжается в течение сезона. Изучаемые аридные растения очень хорошо переносят засушливые летние месяцы за счет корневой системы, которая проникает на значительные глубины почвы. На посевах полукустарничков и полукустарничков получают высокие урожаи питательных кормов. Указанные характеристики способствуют получению продукции в течение весенне-летнего и осенне-зимнего периодов для пастбищных животных.

Список литературы / References

1. Зонн И.С., Трофимов И.А., Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Земельные ресурсы аридных территорий России // Аридные экосистемы. 2004. Т. 10. № 22–23. С. 87–102.
2. Zonn I.S., Trofimov I.A., Shamsutdinov N.Z., Shamsutdinov Z.Sh. Lands Resources of Russia Arid Territories // Arid ecosystems. 2004. Vol. 10. № 22–23. P. 87–102 (in Russian).
3. Косолапов В.М., Шамсутдинов Н.З., Парамонов В.А., Каминов Ю.Б. Фитомелиорация деградированных пастбищных экосистем с использованием инновационных сортов аридных кормовых растений // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 3. С. 26–28.
4. Kosolapov V.M., Shamsutdinov N.Z., Paramonov V.A., Kaminov Yu.B. Phytomelioration of degraded pasture ecosystems using innovative varieties of arid fodder plants // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skoxozyajstvenny'x nauk. 2014. № 3. P. 26–28 (in Russian).
5. Миркин В.М., Наумова Л.Г. Введение в современную науку о растительности. М.: ГЕОС, 2017. 280 с.
6. Mirkin V.M., Naumova L.G. Introduction to the modern science of vegetation. M.: GEOS, 2017. 280 p. (in Russian).

4. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З. Биогеоценоотическая технология как способ ускоренного восстановления биоразнообразия и биологической производительности опустыненных пастбищных земель в Прикаспийской полупустыне // Охрана био-ноосферы и космология. Нетрадиционное растениеводство, селекция и биоземледелие. Экологичные экономика, технологии и системы питания. Медицина и геронтология: материалы XXVI международного научного симпозиума (Алушта, 10–17 сентября 2017). Симферополь: ООО «Форма», 2017. С. 390–394.
- Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinova E.Z. Biogeocenotic technology as a method of accelerated restoration of biodiversity and biological productivity of desert pastures in the Caspian semi-desert // Protection of the bio-noosphere and cosmology. Non-traditional crop production, breeding and bio-farming. Eco-friendly economy, technology and food systems. Medicine and gerontology: materials of the XXVI international scientific Symposium (Alushta, 10–17 sentyabrya 2017). Simferopol': ООО «Форма», 2017. P. 390–394 (in Russian).
5. Barrett-Lennard E.G. Restoration of saline land through revegetation. *Agric. Water Manage.* 2002. V. 53. P. 213–226.
6. Gravel D., Canham C.D., Beaudet M., Messier C. Recolonizing niche and neutrality: the continuum hypothesis. *Ecol. Letters.* 2006. № 9. P. 399–409.
7. Шамсутдинов З.Ш. Основные принципы селекции кормовых культур в России // Повышение эффективности АПК в современных условиях: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня основания ТатНИИСХ. Казань, 2015. С. 325–331.
- Shamsutdinov Z.Sh. Basic principles of selection of forage crops in Russia // Improving the efficiency of agriculture in modern conditions: materials of the all-Russian scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the founding of TatNIIS. Kazan', 2015. P. 325–331 (in Russian).
8. Писковацкий Ю.М., Шамсутдинова Э.З., Шамсутдинов З.Ш. Фитоценоотическая селекция кормовых культур: научные предпосылки и результаты // Совмещенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта: Международная научная экологическая конференция. Под ред. И.С. Белоченко. Краснодар, 2016. С. 268–273.
- Piskovskii J.M., Shamsutdinova E.Z., Shamsutdinov Z.Sh. Phytocenotic breeding of forage crops: scientific background and results // Combined field crops in crop rotation of the agricultural landscape: international scientific ecological conference. Ed. by I.S. Belyuchenko. Krasnodar, 2016. P. 268–273 (in Russian).
9. Шамсутдинов З.Ш., Зотов А.А., Натыров А.К., Каминин Ю.Б., Шамсутдинов Н.З., Шагаипов М.М., Пюрвенов Ч.А. Формирование полукустарничково-травянистых пастбищных агрофитоценозов на сильно сбитых природных кормовых угодьях в полупустынной зоне Российского Прикаспия // Кормопроизводство. 2015. № 11. С. 10–16.
- Shamsutdinov Z.Sh., Zotov A.A., Natyrov A.K., Kaminin Yu.B., Shamsutdinov N.Z., Sagaipov M.M., Purvenov Ch.A. Formation of dwarf semishrubs-grasses pasture agrophytocenosis on a heavily shot down of natural fodder lands in the semi-arid zone of the Russian Circum-Caspian Region // Fodder production. 2015. № 11. P. 10–16 (in Russian).
10. Шамсутдинова Э.З., Старшинова О.А., Шамсутдинов З.Ш. Биогеоценология и селекция кормовых растений для формирования многовидовых кормовых агрофитоценозов // Разработка и внедрение почвозащитных энергоберегающих технологий – основной путь повышения рентабельности и экологической безопасности растениеводства на современном этапе: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ижевск, 2016. С. 283–290.
- Shamsutdinova E.Z., Starshinova O.A., Shamsutdinov Z.Sh. Biogeocenology and selection of forage plants for the formation of multi-species forage agrophytocenoses // Development and implementation of soil-protective energy-saving technologies – the main way to improve the profitability and environmental safety of crop production at the present stage: materials of the all-Russian scientific and practical conference with international participation. Izhevsk, 2016. P. 283–290 (in Russian).
11. Шамсутдинов З.Ш., Косолопов В.М., Шамсутдинова Э.З., Благоразумова М.В., Шамсутдинов Н.З. About the Concept of Ecological Niche and its Role in Design of Adaptive Arid Pasture Agroecosystems. *Agricultural Biology.* 2018. V. 53. № 2. P. 270–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.2.270rus.
12. Shamsutdinov N.Z., Savchenko I.V., Shamsutdinova E.Z., Orlovsky N.S., Shamsutdinov Z.Sh., Kaminin Yu.B. The Water Regime of Black Saxaul in Various Environmental Conditions of the Central Asian Desert. *Russian Journal of Ecology.* 2018. Vol. 49. № 6. P. 475–483. DOI: 10.1134/S1067413618060115.

СТАТЬИ

УДК 504.4.062.2

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД МАЛЫХ ОЗЕР
НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ****Агбальян Е.В., Шинкарук Е.В.***ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард, e-mail: agbelena@yandex.ru*

В настоящее время все более весомый вклад в формирование химического состава вод суши вносит хозяйственная деятельность человека. Цель исследования заключается в изучении состояния поверхностных вод малых озер, расположенных на территории нефтегазодобывающих районов Ямало-Ненецкого автономного округа и оценке уровня их загрязнения. В работе представлены результаты оригинальных исследований химического состава 25 озер, расположенных в подзоне северной тайги Западно-Сибирской равнины на исследовательских участках: Лонгьюганский, Надымский, Правохеттинский, Пуровский и Тазовский. В пробах поверхностных вод проводилось определение биогенных элементов, тяжелых металлов, органических веществ, нефтепродуктов. В озерных водах установлены повышенные концентрации органических веществ, ионов аммония, фосфат-ионов, Fe, Mn, Al, Cu. К антропогенно-привнесённым химическим веществам в изученных поверхностных водах относятся нефтепродукты – основной загрязнитель, сопутствующий нефтедобыче. Значительные загрязнения поверхностных вод выявлялись в озерах Пуровского, Тазовского и Лонгьюганского участков. В озерных водах Пуровского участка уровни нефтепродуктов достигали 8,3 ПДК и 17,4 ПДК. В малых озерах Тазовского полуострова концентрации нефтепродуктов превышали нормативные уровни и составляли соответственно 6,1 ПДК и 7,4 ПДК. На Лонгьюганском участке в поверхностных водах озер выявлялись загрязнения нефтепродуктами в концентрациях 6,4 ПДК и 5,8 ПДК. Анализ гидрохимических показателей позволил выявить малые озера, подвергающиеся наибольшей антропогенной нагрузке – озера Пуровского участка. Интегральная оценка качества поверхностных вод в большей степени указывает на гидрохимические и геохимические особенности территории. Количественные оценки качества вод требуют разработки новых методов, объективно и с учетом региональной специфики отражающих существующее качество воды.

Ключевые слова: Надым-Пур-Тазовский регион, малые озера, гидрохимические показатели, качество природных вод, аммонийный азот, нефтепродукты, фосфаты

**CHEMICAL COMPOSITION OF WATER OF SMALL LAKES OF OIL
AND GAS DIVING REGIONS OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA****Agbalyan E.V., Shinkaruk E.V.***GKU YaNAO Scientific Center for the Study of the Arctic, Salekhard, e-mail: agbelena@yandex.ru*

At present, human economic activity is making an increasingly important contribution to the formation of the chemical composition of land waters. The purpose of the study is to study the state of surface waters of small lakes located on the territory of oil and gas producing areas of the Yamalo-Nenets Autonomous District and to assess their level of pollution. The paper presents the results of an original study of the chemical composition of 25 lakes located in the subzone of the northern taiga of the West Siberian Plain on research sites: Longyugansky, Nadym, Pravohetta, Purovsky and Tazovsky. In surface water samples, nutrient elements, heavy metals, organic substances, oil products were determined. In lake waters, elevated concentrations of organic substances, ammonium ions, phosphate ions, Fe, Mn, Al, Cu are established. Anthropogenically introduced chemicals in the studied surface waters include petroleum products – the main pollutant associated with oil production. Significant pollution of surface waters was detected in the lakes of the Purovsky, Tazovsky and Longyugansky areas. In the lake waters of the Purovsky area, the levels of oil products reached 8.3 MPC and 17.4 MPC. In small lakes of the Tazovsky peninsula, the concentrations of oil products exceeded the normative levels and amounted to 6.1 MPC and 7.4 MPC, respectively. At the Longyugansky site, surface contamination of the lakes revealed oil pollution at concentrations of 6.4 MPC and 5.8 MPC. The analysis of hydrochemical indicators allowed us to identify small lakes exposed to the greatest anthropogenic load – the lakes of the Purovsky site. Integral assessment of the quality of surface water to a greater extent indicates hydrochemical and geochemical features of the territory. Quantitative assessments of water quality require the development of new methods, objectively and taking into account regional specificities reflecting the existing water quality.

Keywords: Nadym-Pur-Taz region, small lakes, hydrochemical indicators, natural water quality, ammonium nitrogen, petroleum products, phosphates

Водные ресурсы Ямало-Ненецкого автономного округа представлены многочисленными реками, озерами, болотами и заливами Карского моря, эстуариями Оби и Таза. Формирование химического состава поверхностных вод происходит под влиянием многих факторов. Определяющее значение имеют физико-географические ус-

ловия: климат, рельеф, горные породы, почвы и растительность. В настоящее время все более весомый вклад в сложные многокомпонентные водные системы вносит хозяйственная деятельность человека [1–3]. Интенсивное промышленное освоение территории Надым-Пур-Тазовского экономического региона приводит к загрязнению во-

дных объектов и значительному снижению качества вод. Исследование экологического состояния водных экосистем необходимо для получения данных о текущем состоянии водных ресурсов и своевременного выявления загрязнений в процессе хозяйственной деятельности, оценки и прогнозирования развития ситуации в дальнейшем [4, 5].

Цель исследования: изучить состояние поверхностных вод малых озер, расположенных на территории нефтегазодобывающих Надымского и Пуровского районов Ямало-Ненецкого автономного округа, и оценить уровень их загрязнения.

Материалы и методы исследования

Представлены результаты оригинальных исследований химического состава 25 озер, расположенных в подзоне северной тайги Западно-Сибирской равнины (рис. 1). По морфометрическим показателям обследованные озера относятся к малым (площадь зеркала менее 10 км²).

Отбор проб проводился с учетом требований ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Отбор осуществлялся с глубины 0,3–0,5 м в количестве 5 л в полиэтиленовые бутылки для общего ги-

дрохимического анализа и 1 л в бутылки из темного стекла для определения содержания нефтепродуктов.

Химико-аналитические работы проводились в стационарной лаборатории качества вод, устойчивости водных экосистем и экотоксикологии, а также в сертифицированной Федеральной службой по аккредитации лаборатории экологических исследований Тюменского государственного университета.

В пробах поверхностных вод проводилось определение следующих показателей: рН, минерализация, биогенные элементы (аммонийный азот, фосфаты), кальций, магний, кремний и тяжелые металлы (Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb), органические вещества (по ХПК), АПАВ, нефтепродукты,

Определения показателей проводились следующими методами: рН – потенциометрическим методом, кальций – титриметрическим методом, магний – хроматографическим методом, нефтепродукты – флуориметрическим методом, кремний, аммоний, фосфаты, АПАВ – спектрометрическим методом, валовое содержание элементов – методом эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.



География исследований. Примечание. 1 – Лонгьюганский участок, 2 – Надымский участок, 3 – Правохеттинский участок, 4 – Пуровский участок, 5 – Тазовский участок

Результаты исследования и их обсуждение

Гидрохимической особенностью территории ЯНАО является низкая минерализация вод. Снеговое питание и пресные мономинеральные породы зоны аэрации, торфяные и песчаные почвы обуславливают малое содержание солей в поверхностных водах. Высокая цветность и окисляемость также относятся к характерным показателям состояния поверхностных вод севера Западной Сибири [4, 5]. Коричневый оттенок природных вод связан с большим количеством комплексных соединений гумусовых кислот, вымываемых из органической массы торфов и лесной подстилки.

Кислотно-щелочной показатель обследованных вод варьировал от 4,9 до 7,3 ед. рН (табл. 1). Минимальные уровни водородного показателя поверхностных вод выявлены в озерах Тазовского полуострова. Вода трех из пяти обследованных озер относилась к группе кислых природных вод. Исследованные озерные воды не соответствовали экологическим нормативам по показателю рН, за исключением одного озера на Надымском участке.

Высокая окисляемость поверхностных вод исследованных озер выявлена на Лонгъюганском и Надымском участках и связана с большим количеством природной органики, поступающей из болот и торфяников. Среднее значение перманганатной окисляемости высокое в озерах Надымского участка ($10,37 \pm 2,57$ мгО₂/дм³).

Аммонийная форма азота в поверхностных водах Западной Сибири имеет повышенные концентрации. Связано это с природными причинами – с низкой скоростью разложения органических веществ и анаэробными условиями разложения на дне водоемов [3, 7]. Аммонийный азот является индикатором сброса неочищенных хозяйственно-бытовых стоков. Средние концентрации аммонийного азота превышают экологические нормы на Тазовском и Лонгъюганском участках ($1,432 \pm 0,925$ мг/дм³ и $0,732 \pm 0,308$ мг/дм³; ПДК_{рх} составляет 0,5 мг/дм³). На Тазовском участке три озера относятся к «грязным» по уровню содержания ионов аммония. Самые чистые озера на Правохеттинском участке.

Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ) выявлены в поверхностных водах, в концентрациях превышаю-

щих ПДК для рыбохозяйственных водных объектов, только в озерах Лонгъюганского участка. Во всех остальных обследованных озерах концентрация АПАВ была ниже фоновых значений.

Средняя концентрация фосфатов в поверхностных водах обследованных озер более чем в два раза превышает экологические нормативы ($0,417 \pm 0,687$ мг/дм³; ПДК_{рх} составляет 0,2 мг/дм³). Поверхностные воды двух малых озер Надымского участка содержали 1,4 ПДК и 2,1 ПДК ионов НРО₄²⁻ соответственно. Значительное превышение нормы фосфатов выявлено в озерах Пуровского участка – от 2,1 ПДК до 13,1 ПДК.

Нефтепродукты являются типичными загрязнителями водной среды севера Западной Сибири. Средние концентрации нефтепродуктов в обследованных озерах более чем в 3 раза превышали ПДК. Значительные загрязнения поверхностных вод выявлялись в озерах Пуровского, Тазовского и Лонгъюганского участков. В озерных водах Пуровского участка уровни нефтепродуктов достигали 8,3 ПДК и 17,4 ПДК. В малых озерах Тазовского полуострова концентрации нефтепродуктов превышали нормативные уровни в двух озерах и составляли соответственно 6,1 ПДК и 7,4 ПДК. На Лонгъюганском участке в поверхностных водах озер выявлялись загрязнения нефтепродуктами в концентрациях 6,4 ПДК и 5,8 ПДК. Литературные источники указывают на возможность природного загрязнения водной среды нефтепродуктами (нефтяными углеводородами) до концентраций равных 1,0 мг/дм³ и 1,5 мг/дм³ [7, 8].

Высокие концентрации железа и марганца в поверхностных водах Ямало-Ненецкого автономного округа являются типичными и связаны с геохимическими особенностями территории и поступают в окружающую среду в процессе химического выветривания горных пород и минералов, высокой подвижностью соединений этих элементов в условиях болот [3, 9]. Средние величины концентраций железа и марганца в озерных водах всех участков превышали ПДК (табл. 2). Максимальные концентрации железа в поверхностных водах показаны для озер Надымского района. Озёра Правохеттинского и Тазовского участков содержали железа в пределах экологических норм. Содержание марганца в поверхностных водах было наибольшим в озерах Лонгъюганского участка.

Таблица 1
Гидрохимические показатели поверхностных вод малых озер Надым-Пуровского междуречья

Водные объекты	pH	Жесткость, °Ж	Перманганатная окисляемость, мГО ₂ /дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	АПAB, мг/дм ³	Фосфат, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
Участок № 1 (Лонгъюганский) (n = 7)	$5,46 \pm 0,15$ 5,2–5,7	$0,13 \pm 0,01$ <0,1–0,14	$3,93 \pm 4,81$ 1,0–15,0	$0,732 \pm 0,308$ 0,172–1,0	$0,022 \pm 0,001$ <0,015–0,024	$0,043 \pm 0,017$ <0,01–0,057	$0,131 \pm 0,113$ 0,026–0,321
Участок № 2 (Надымский) (n = 3)	$6,47 \pm 0,59$ 6,0–7,3	$0,58 \pm 0,44$ <0,1–1,02	$10,37 \pm 2,57$ 8,5–14,0	$0,414 \pm 0,073$ 0,333–0,51	$0,019 \pm 0,000$ <0,015–0,019	$0,258 \pm 0,148$ 0,066–0,427	$0,0295 \pm 0,0025$ <0,02–0,032
Участок № 3 (Правохеттинский) (n = 5)	$5,78 \pm 0,47$ 5,4–6,4	$0,19 \pm 0,05$ 0,14–0,26	$2,26 \pm 0,79$ 1,3–3,1	$0,224 \pm 0,085$ <0,04–0,309	$0,020 \pm 0,000$ <0,015–0,020	<0,01	$0,079 \pm 0,035$ 0,023–0,110
Участок № 4 (Пуровский) (n = 5)	$5,52 \pm 0,32$ 5,1–5,9	<0,1	$2,92 \pm 2,33$ 1,1–6,0	$0,290 \pm 0,164$ <0,04–0,506	$0,017 \pm 0,001$ <0,015–0,018	$1,331 \pm 0,937$ <0,01–2,62	$0,453 \pm 0,025$ <0,02–0,87
Участок № 5 (Газовский) (n = 5)	$5,14 \pm 0,44$ 4,8–6,0	$0,14 \pm 0,03$ 0,11–0,19	$2,98 \pm 0,94$ 1,7–4,0	$1,432 \pm 0,925$ 0,323–2,590	$0,017 \pm 0,000$ <0,015–0,017	<0,01	$0,20 \pm 0,142$ <0,02–0,372
M ± σ	$5,62 \pm 0,55$ 4,9–7,3	$0,211 \pm 0,207$ <0,1–1,02	$3,92 \pm 3,68$ 0,68–8,6	$0,696 \pm 0,638$ <0,04–2,59	$0,022 \pm 0,001$ <0,015–0,024	$0,417 \pm 0,687$ <0,01–2,62	$0,181 \pm 0,191$ <0,02–0,87
ПДКрх	6,5–8,5	7,0 (х/п)	5,0 (х/п)	0,5	0,2	0,2	0,05
Фон*	6,93–7,35	–	–	0,52–0,78	0,03–0,056	0,038–0,046	0,016–0,028

Примечание. В числителе – среднее значение и среднеквадратичное отклонение, в знаменателе – пределы содержания; ПДКрх – экологические нормы для водоемов рыбохозяйственной категории; * – данные для Надымского, Пуровского и Газовского районов (по [6]).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах малых озер Надым-Пуровского междуречья

Водные объекты	Zn, мг/дм ³	Cu, мг/дм ³	Cr, мг/дм ³	Ni, мг/дм ³	Pb, мг/дм ³	Si, мг/дм ³	Al, мг/дм ³	Mn, мг/дм ³	Fe, мг/дм ³
Участок № 1 (Лонгъюганский) (n = 7)	0,005 ± 0,005 <0,0005–0,0113	0,0032 ± 0,0006 <0,0005–0,0039	<0,001	0,005 ± 0,002 0,001–0,009	0,0236 ± 0,0185 0,0051–0,042	<0,5	0,03 ± 0,02 <0,01–0,06	0,06 ± 0,04 <0,01–0,09	0,76 ± 0,76 <0,1–1,82
Участок № 2 (Надымский) (n = 3)	0,003 ± 0,003 <0,0005–0,0058	0,0013–0,0002 <0,0005–0,0016	0,001 ± 0,0003 0,0003–0,0017	0,002 ± 0,001 0,001–0,003	0,0006 ± 0,0001 0,0005–0,0007	2,9 ± 2,4 <0,5–5,3	0,03 ± 0,006 <0,01–0,03	0,02 ± 0,00 <0,01–0,02	1,24 ± 0,59 0,57–2,0
Участок № 3 (Правохеттинский) (n = 5)	0,0005 ± 0,0001 <0,0005–0,0005	0,0031 ± 0,0008 0,0023–0,0045	<0,001	0,003 ± 0,001 <0,001–0,003	0,0058 ± 0,0018 0,0034–0,0077	0,8 ± 0,02 <0,5–0,8	0,05 ± 0,03 0,015–0,07	<0,01	<0,1
Участок № 4 (Пуровский) (n = 5)	0,002 ± 0,0003 <0,0005–0,0017	0,0008–0,0003 <0,0005–0,0012	<0,001	0,001 ± 0,0001 <0,001–0,001	0,0003 ± 0,0001 0,0002–0,0003	0,6 ± 0,004 <0,5–0,6	0,16 ± 0,08 <0,01–0,20	<0,01	0,94 ± 0,02 <0,1–0,96
Участок № 5 (Газовский) (n = 5)	0,001 ± 0,0003 <0,0005–0,0012	0,0036–0,0009 0,0027–0,0052	<0,001	0,003 ± 0,001 0,002–0,006	<0,0001	1,8 ± 0,00 <0,5–1,8	0,03 ± 0,01 0,03–0,04	0,02 ± 0,00 <0,01–0,018	<0,1
M ± Б	0,003 ± 0,003 <0,001–0,042	0,0027 ± 0,0012 <0,0005–0,0052	0,002 ± 0,001 <0,001–0,003	0,003 ± 0,002 <0,001–0,009	0,0062 ± 0,0103 <0,0001–0,042	1,3 ± 1,4 <0,5–1,8	0,06 ± 0,06 <0,01–0,20	0,04 ± 0,03 <0,01–0,09	0,91 ± 0,57 <0,1–1,82
ПДКрх	0,01	0,001	0,4	0,01	0,006	10,0	0,04	0,01	0,1
Фон*	0,0066–0,0095	0,00098–0,0013	0,007–0,008	0,0023–0,0032	0,00137–0,0017	–	–	0,024–0,044	0,63–2,11

Примечание. В числителе – среднее значение и среднеквадратичное отклонение, в знаменателе – пределы содержания, * – данные для Надымского, Пуровского и Газовского районов (по [1]).

Алюминий поступает в окружающую среду в результате растворения бокситов, алюмосиликатов, глин. Возможен аэротехногенный путь поступления алюминия в водную среду с атмосферными осадками [8]. В кислой среде алюминий находится в виде подвижных гидроксидов $Al(OH)_2^+$. Максимальные концентрации алюминия выявлялись в поверхностных водах малых озер Пуровского района. Уровни алюминия в воде трех озер в 5 раз превышали ПДК. На первом и третьем участках в поверхностных водах также отмечались высокие концентрации алюминия, но не более чем 2 ПДК.

Превышения концентраций цинка в поверхностных водах исследованных озер не выявлено, за исключением одного озера Лонгъюганского участка, воды которого содержали 1,1 ПДК цинка.

Средние концентрации меди в малых озерах Надым-Пуровского междуречья составляли 2,7 ПДК и превышали фоновый уровень. На Правохеттинском и Тазовском участках превышение ПДК по меди выявлялось в 100% обследованных озер с максимальным значением 5,2 ПДК.

Средние содержания свинца в обследованных озерах незначительно превышают экологические нормативы. В обследованных озерах Лонгъюганского участка среднее содержание свинца составляло $0,024 \pm \pm 0,019$ мг/дм³. Загрязнение поверхностных вод свинцом, выявленное в озере Лонгъюганского участка, достигало уровня 7 ПДК и в Правохеттинских озерах – 1,3 ПДК. Известно, что в кислой среде увеличивается миграционная активность многих металлов.

Воды Лонгъюганских и Надымских озер относились к 3 и 4 классам качества с умеренно загрязненными и загрязненными водами. Правохеттинские озера имели наилучшие показатели качества по сравнению с другими участками. Индексы загрязнения воды Правохеттинских озер находились в интервале от 0,9 до 1,3. Поверхностные воды озера б/н № 3, расположенного на Пуровском участке, отличались повышенным индексом загрязнения вод – 5,9, что соответствует 5 классу качества: «грязные воды». Поверхностные воды малых озер Тазовского полуострова относятся к разным классам качества: от 2 класса «чистые воды» до 4 класса «загрязненные воды».

Выводы

Поверхностные воды каждого третьего обследованного озера относились к чистым

водам, каждого второго – к загрязненным водам. Основную роль в формировании качества поверхностных вод играет так называемое «природное загрязнение» – смыв загрязняющих веществ с прибрежных территорий озер. Интегральная оценка качества поверхностных вод ведет к простому осреднению показателей и в большей степени отражает гидрохимические и геохимические особенности территории. Количественные оценки качества вод требуют разработки новых методов, объективно и с учетом региональной специфики отражающих существующее качество воды. Анализ гидрохимических показателей позволил выявить малые озера, подвергающиеся наибольшей антропогенной нагрузке – озера Пуровского участка.

Исследования проведены в 2015 г. в рамках темы НИР «Экологический мониторинг исконной среды обитания коренного малочисленного населения Ямало-Ненецкого автономного округа».

Список литературы / References

1. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Дину М.И. Закисление вод: Уязвимость и критические нагрузки. М.: ЛЕНАНД, 2017. 400 с.
2. Moiseenko T.I., Gashkina N.A., Dinu M.I. Water Acidification: Vulnerability and Critical Loads. М.: LENAND, 2017. 400 p. (in Russian).
3. Лезин В.А. Водные ресурсы рек и озер Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 12. С. 62–69.
4. Lezin V.A. Water resources of rivers and lakes of the Tyumen region // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. № 12. P. 62–69 (in Russian).
5. Моисеенко Т.И., Калабин Г.В., Хорошавин В.Ю. Закисление водосборов арктических регионов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2012. № 2. С. 49–58.
6. Moiseenko T.I., Kalabin G.V., Khoroshavin V.Yu. Acidification of Drained Areas of Arctic Regions // News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series. 2012. № 2. P. 49–58 (in Russian).
7. Гашкина Н.А. Пространственно-временная изменчивость химического состава вод малых озер в современных условиях изменения окружающей среды: дис... докт. геог. наук. Москва, 2014. 207 с.
8. Gashkina N.A. Spatio-temporal variability of the chemical composition of the waters of small lakes in modern conditions of environmental change: dis... dokt. geog. nauk. Moskva, 2014. 207 p. (in Russian).
9. Кремлева Т.А., Моисеенко Т.И., Хорошавин В.Ю., Шавнин А.А. Геохимические особенности природных вод Западной Сибири: микроэлементный состав // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. С. 80–89.
10. Kremleva T.A., Moiseenko T.I., Khoroshavin V.Yu., Shavnin A.A. Geochemical features of natural waters of Western Siberia: the trace element composition // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 12. P. 80–89 (in Russian).
11. Справочник по применению средних региональных значений содержания контролируемых компонентов на мониторинговых полигонах при оценке состояния и уровня

загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Братск, 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://dprg.yanao.ru/documents/active/22460/> (дата обращения: 01.07.2019).

Reference book on the application of average regional values of the content of monitored components at monitoring sites in assessing the state and level of environmental pollution in the Yamalo-Nenets Autonomous District. Bratsk, 2014. [Electronic resource]. URL: <https://dprg.yanao.ru/documents/active/22460/> (date of access: 01.07.2019) (in Russian).

7. Гагарина О.В. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы: учебно-методическое пособие. Ижевск: Удмуртский университет, 2012. 199 с.

Gagarina O.V. Assessment and regulation of the quality of natural waters: criteria, methods, existing problems: Teaching guide. Izhevsk: Udmurtskiy universitet, 2012. 199 p (in Russian).

8. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. М.: Социально-экологический союз, 2000. 148 с.

Guseva, T.V., Molchanova Y.P., Zaika E.A., Vinichenko V.N., Averochnik E.M. Hydrochemical indicators of the state of the environment: reference materials / by ed. T.V. Guseva. M.: Sotsial'no-ekologicheskii soyuz, 2000. 148 p. (in Russian).

9. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Новосибирск: Наука, 2007. 152 с.

Babushkin A.G., Moskovchenko D.V., Pikunov S.V. Hydrochemical monitoring of surface waters of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra. Novosibirsk: Nauka, 2007. 152 p (in Russian).

УДК 624.138.41

МОДЕЛЬ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

Агейкина О.В.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: berlinao@yandex.ru

Геотехническое строительство в настоящее время требует значительного увеличения затрат материальных ресурсов сравнительно с предыдущими периодами. Ресурсоемкость комплексов подземных сооружений усугубляется тем, что наряду с новым строительством пришло время реконструкции и капитального ремонта значительной части существующих объектов. В этом контексте очевиден экономический эффект, который обеспечит широкое применение строительных конгломератов с использованием карбамидоформальдегидных смол (КФС) и местных грунтов, при их термокаталитическом отверждении и поверхностной пропитке изделий из них продуктами переработки нефти. При этом термокаталитическое отверждение исключает выделение формальдегида в воздух при производстве и применении указанных строительных конгломератов, обеспечивает высокие показатели прочности и однородности, а также обеспечивает изготовление широкого ассортимента сборных конструктивных элементов для строительства подземных сооружений. Для расчета рациональных режимов тепловой обработки разработана модель процесса термокаталитического отверждения, основанная на зависимости прочности от молекулярной массы полимерного вяжущего. В разработанной модели пренебрегли влиянием теплового эффекта реакции ΔH на молекулярную массу. Материал и методы исследования, использованные при решении поставленной цели, были основаны на изучении процессов структурообразования и оценке технологических решений посредством механических (деформации, напряжения) воздействий на образцы композиционного материала на основе КФС и грунтов. Указанный выбор предопределен тем, что показатели прочности просты в определении, достаточно полно отражают вероятностный характер формирования структуры и чувствительны к воздействию структурных и технологических факторов. Определение параметров модели основано на подходах восстановления показателей экспонент и реализовано на ЭВМ в программе Delphi, что обеспечивает определение неизвестных параметров в автоматическом и интерактивном режимах.

Ключевые слова: геотехническое строительство, комплекс подземных сооружений, строительные конгломераты, карбамидоформальдегидные смолы, грунты, термокаталитическое отверждение, математическая модель

MODEL OF THERMAL TREATMENT OF CONSTRUCTION CONGLOMERATES USING CARBAMIDOFORMALDEHYDE RESINS

Ageykina O.V.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: berlinao@yandex.ru

Geotechnical construction currently requires a significant increase in the cost of material resources compared with previous periods. The resource intensity of complexes of underground structures is aggravated by the fact that, along with the new construction, the time has come for the reconstruction and overhaul of a significant part of the existing facilities. In this context, the economic effect is obvious, which will ensure widespread use of construction conglomerates using urea-formaldehyde resins (UFR) and local soils, when they are thermocatalytic cured and surface impregnated with products from them by refining products. At the same time, thermal catalytic hardening eliminates formaldehyde emission into the air during the production and use of these building conglomerates, provides high strength and homogeneity, and also ensures the manufacture of a wide range of prefabricated structural elements for the construction of underground structures. To calculate the rational modes of heat treatment, a model of thermal catalytic curing process has been developed, based on the dependence of strength on the molecular weight of the polymer binder. In the developed model, the effect of the heat effect of the reaction ΔH on the molecular weight was neglected. The material and research methods used to solve the goal were based on the study of structure formation processes and the assessment of technological solutions through mechanical (deformation, stress) effects on samples of composite material based on UFR and soil. This choice is predetermined by the fact that the strength indicators are simple to determine, sufficiently reflect the probabilistic nature of the formation of the structure and are sensitive to the effects of structural and technological factors. The determination of model parameters is based on approaches to recovering exponent indicators and implemented on a computer in the Delphi program, which provides for the determination of unknown parameters in automatic and interactive modes.

Keywords: geotechnical construction, complex of underground structures, construction conglomerates, urea-formaldehyde resins, soils, thermal catalytic hardening, mathematical model

Геотехническое строительство в настоящее время требует значительного увеличения затрат материальных ресурсов сравнительно с предыдущими периодами. При этом ресурсоемкость комплексов подземных сооружений усугубляется тем, что наряду с новым строительством при-

шло время реконструкции и капитального ремонта значительной части существующих объектов, со сложными природно-климатическими и гидрогеологическими условиями на этих территориях. Представляется, что рассмотрение экономических и экологических проблем необходи-

мо начинать с производства строительных материалов [1, 2].

В этом контексте очевиден экономический эффект, который обеспечит широкое применение строительных конгломератов с использованием карбамидоформальдегидных смол (КФС) и местных грунтов [3–5]. Дело в том, что:

– выпуск КФС, мочевины и формалина неуклонно расширяется;

– химико-минералогический состав, практическое отсутствие гумуса, состав аутигенных пленок, рН грунтов большей части территории способствует проявлению высокой адгезионной способности КФС;

– КФС характеризуются сравнительно низкой вязкостью при высокой скорости отверждения, низкой токсичностью, стабильностью при хранении и сравнительно невысокой стоимостью;

– КФС обеспечивает возможность управления в широких пределах свойствами строительных конгломератов, они стойки к воздействию агрессивных сред;

– разработан способ термокаталитического отверждения строительных конгломератов с использованием КФС и местных грунтов и поверхностной пропитки изделий из них продуктами переработки нефти.

Следует отметить, что термокаталитическое отверждение исключает выделение формальдегида в воздух при производстве и применении указанных строительных конгломератов, обеспечивает высокие показатели прочности и однородности, а также обеспечивает изготовление широкого ассортимента сборных конструктивных элементов для строительства подземных сооружений.

Цель исследования: для расчета рациональных режимов тепловой обработки необходимо разработать модель процесса термокаталитического отверждения.

Материалы и методы исследования, использованные при решении поставленной цели, были основаны на изучении процессов структурообразования и оценке технологических решений посредством механических (деформации, напряжения) воздействий на образцы композиционного материала на основе КФС и грунтов. Направленность экспериментальных исследований обусловлена следующими факторами:

– показатели прочности просты в определении, достаточно полно отражают вероятностный характер формирования структуры и чувствительны к воздействию структурных и технологических факторов;

– изучение показателей прочности в качестве выходной величины позволит определить параметры разработанной зависимости и раскрыть тем самым механизмы термокаталитического отверждения. Как показали многочисленные исследования, широко распространенные физико-химические методы определения полноты отверждения (анализ функциональных групп, изменение массы в растворителях, инфракрасная спектроскопия и др.) вследствие их недостаточной чувствительности на последних стадиях превращений не могут полностью характеризовать степень завершенности процессов поликонденсации. Это объясняется тем, что на последних стадиях поликонденсации сшивка весьма небольшого числа непрореагировавших функциональных групп приводит к существенному изменению густоты сетки полимерной матрицы и, соответственно, механических показателей композиционных материалов [6, 7];

– показатели прочности являются расчетными характеристиками, поэтому их знание, особенно на первом этапе эксперимента, позволит ограничить область исследований и оценить целесообразность дальнейшей работы.

Здесь уместно использовать зависимость прочности от молекулярной массы. Основным фактором в этом случае оказывается число концов цепей. Многие такие характеристики можно описать уравнениями типа

$$R = R^* - A^* / \bar{M}n,$$

где R – рассматриваемая характеристика; R^* – асимптотическое значение этой характеристики при очень больших молекулярных массах;

A^* – постоянная;

$\bar{M}n$ – среднечисловая молекулярная масса.

В свою очередь:

$$\bar{M}n = Q^* / C^*,$$

где Q^* – общая масса полимера;

C^* – общее число молекул.

Именно это представление о зависимости прочности от молекулярной массы и было положено в основу теоретических и экспериментальных исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Опишем реакцию поликонденсации следующими кинетическими уравнениями:

$$\frac{dC(t)}{dt} = -k_1(t)C(t),$$

$$\frac{dN(t)}{dt} = k_1(t)C(t) - k_2(t)N(t),$$

где C – удвоенное количество реакционных центров (метилольные и аминогруппы); N – количество образующихся связей в процессе отверждения; $k_{1,2}$ – константы скорости реакции поликонденсации и деструкции соответственно.

Найдем решение первого уравнения

$$\frac{dC}{C} = -k_1(t)dt \Rightarrow \int \frac{dC}{C} = \int -k_1(t)dt +$$

$$+ \ln M \Rightarrow \ln C = \int -\bar{k}_1(t)dt + \ln M,$$

$$C(t) = Me^{\varphi(t)},$$

где $\varphi(t)$, после проведения усреднения константы $k_1(t)$ с помощью $\bar{k}_1 = \frac{1}{t} \int_0^t k_1(t)dt$, примет следующий вид:

$$\varphi(t) = - \int_0^t k_1(t)dt = -\bar{k}_1 t.$$

Тогда общее решение первого уравнения будет следующим: $C(t) = Me^{-\bar{k}_1 t}$.

Учитывая начальные условия при $t = 0$, получим: $C(t) = C_0 e^{-\bar{k}_1 t}$. Таким образом, первая физическая величина изменяется в среднем по экспоненте.

Подставляя найденное решение первого уравнения во второе, получим общее решение второго.

$$\frac{dN}{dt} = k_1(t)C_0 e^{-\bar{k}_1 t} - k_2(t)N(t).$$

Для решения данного неоднородного уравнения, проведем усреднение параметра $k_2(t)$ по прежней схеме и получим

$$\bar{k}_2 = \frac{1}{t} \int_0^t k_2(t)dt.$$

Тогда, второе уравнение примет следующий вид:

$$\frac{dN}{dt} = \bar{k}_1 C_0 e^{-\bar{k}_1 t} - \bar{k}_2 N(t).$$

Однородная часть решения, как и прежде, будет следующей:

$$N(t) = \bar{N}(t) e^{-\bar{k}_2 t}.$$

Неоднородную часть решения найдем, подставив полученное решение во второе уравнение, и получим уравнение для $\bar{N}(t)$:

$$\frac{d\bar{N}}{dt} e^{-\bar{k}_2 t} - \bar{N} \bar{k}_2 e^{-\bar{k}_2 t} = k_1(t)C_0 e^{-\bar{k}_1 t} - k_2(t)\bar{N} e^{-\bar{k}_2 t}.$$

Пренебрегая различием между средним значением \bar{k}_1 , \bar{k}_2 и мгновенным значением $k_1(t)$, $k_2(t)$ коэффициентов, заменим все значения средними величинами.

$$\frac{d\bar{N}}{dt} e^{-\bar{k}_2 t} - \bar{N} \bar{k}_2 e^{-\bar{k}_2 t} = \bar{k}_1 C_0 e^{-\bar{k}_1 t} - \bar{k}_2 \bar{N} e^{-\bar{k}_2 t}$$

или

$$\frac{d\bar{N}}{dt} e^{-\bar{k}_2 t} = \bar{k}_1 C_0 e^{-\bar{k}_1 t}.$$

Тогда решение неоднородного уравнения, после разделения переменных $d\bar{N} = \bar{k}_1 C_0 e^{-\bar{k}_1 t} e^{\bar{k}_2 t} dt$, примет следующий вид:

$$\bar{N} = \frac{\bar{k}_1 C_0 e^{(\bar{k}_2 - \bar{k}_1)t}}{\bar{k}_2 - \bar{k}_1} + \tilde{N}.$$

Общее решение можно записать как

$$N(t) = \left(\frac{\bar{k}_1 C_0 e^{(\bar{k}_2 - \bar{k}_1)t}}{\bar{k}_2 - \bar{k}_1} + \tilde{N} \right) e^{-\bar{k}_2 t}.$$

После учета начальных значений, а именно, при $t = 0$, $N(0) = 0$, $\frac{\bar{k}_1 C_0}{\bar{k}_2 - \bar{k}_1} + \tilde{N} = 0$, решение можно записать в следующей форме:

$$N(t) = \frac{\bar{k}_1 C_0 e^{-\bar{k}_1 t}}{\bar{k}_2 - \bar{k}_1} - \frac{\bar{k}_1 C_0 e^{-\bar{k}_2 t}}{\bar{k}_2 - \bar{k}_1}.$$

Анализ полученного решения показывает, что амплитуды экспонент равны друг другу и противоположны. Если же начальные условия при $t = 0$ $N(0) = N_0$, то есть ненулевые, то амплитуды экспонент не обязательно равны друг другу, а именно:

$$N_0 = \frac{\bar{k}_1 C_0}{\bar{k}_2 - \bar{k}_1} + \tilde{N}.$$

Тогда решение можно записать таким образом:

$$N(t) = \frac{\bar{k}_1 C_0}{\bar{k}_2 - \bar{k}_1} e^{-\bar{k}_1 t} + \left(N_0 - \frac{\bar{k}_1 C_0}{\bar{k}_2 - \bar{k}_1} \right) e^{-\bar{k}_2 t}.$$

Для среднечисловой молекулярной массы будет справедливо следующее выражение:

$$\bar{M}_n(t) = \frac{Q^*}{(C_0 - N(t)) \cdot 2}.$$

Сопоставляя рассмотренные выражения и имея в виду, что C_0 пропорционально расходу КФС, окончательно получаем уравне-

ние изменения прочности в процессе тер-
мокаталитического отверждения:

$$R = \left[\frac{A \cdot Q \cdot \bar{k}_1}{k_2 - k_1} \right] \cdot [\exp(-\bar{k}_1 t) - \exp(-\bar{k}_2 t)],$$

где Q – расход КФС;

A – структурно-технологический параметр.

Кроме того, в расчетах необходимо учесть влияние теплового эффекта реакции

ΔH на молекулярную массу, а следовательно, и на параметр A уравнением

$$\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = -\left(\frac{\Delta H}{R_1}\right) \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right).$$

Однако тепловой эффект в нашем случае незначителен (33–42 кДж), поэтому с достаточной точностью для инженерных расчетов мы можем положить $A(T) \approx \text{const}$.

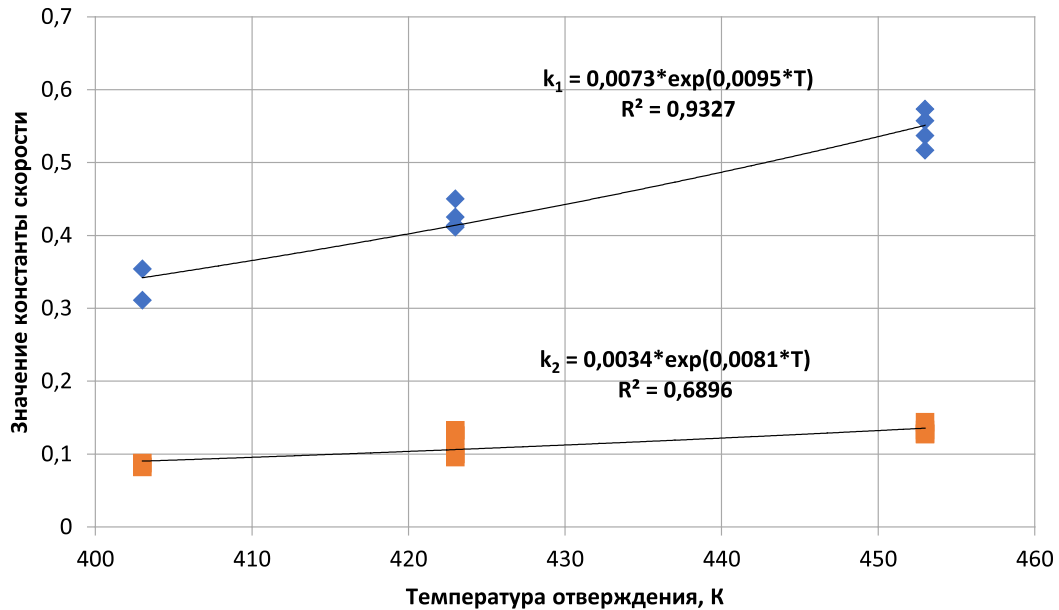


Рис. 1. Влияние температуры отверждения на константы скорости поликонденсации и деструкции

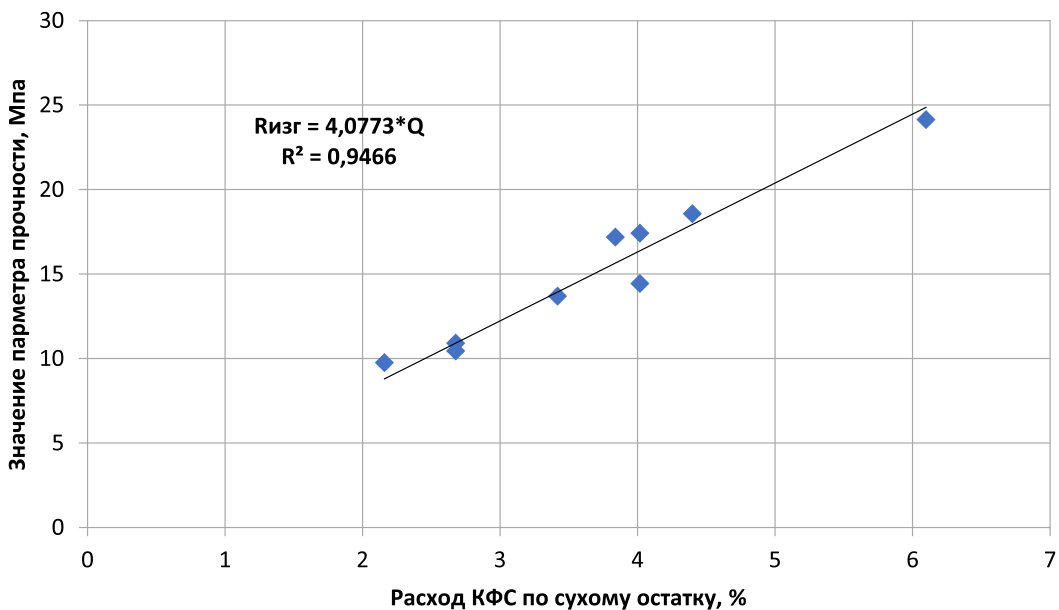


Рис. 2. Влияние расхода КФС на прочность при изгибе

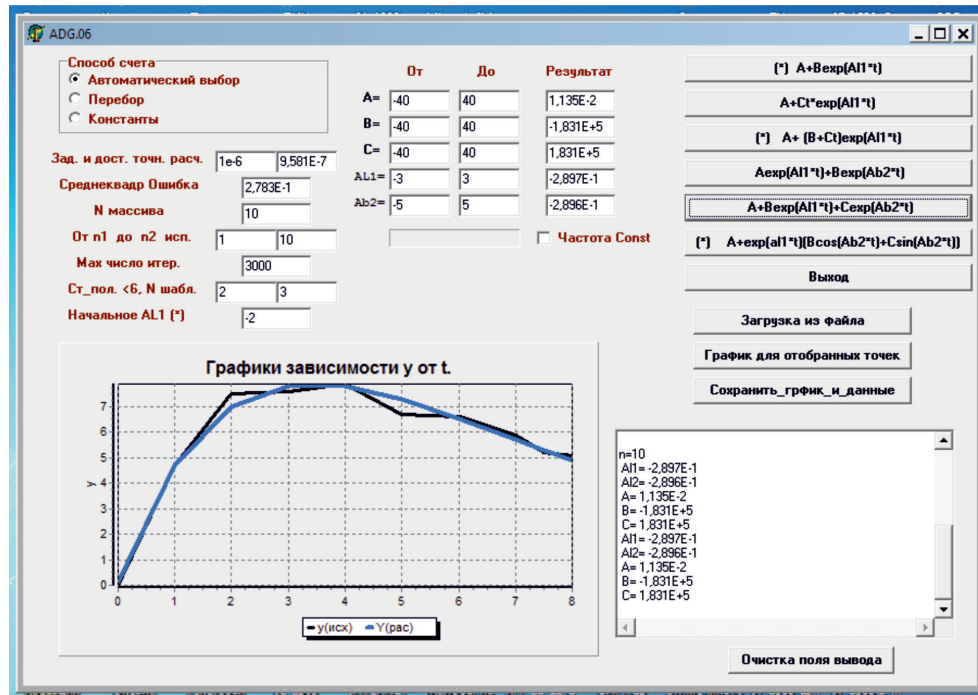


Рис. 3. Пример определения параметров модели

В частном случае изотермического отверждения КФС уравнение будет иметь вид

$$R = \left[\frac{A \cdot Q \cdot k_1}{k_2 - k_1} \right] \cdot [\exp(-k_1 t) - \exp(-k_2 t)].$$

Максимальное значение прочности соответствует равновесному состоянию реакционной среды и достигается в момент времени:

$$t_p = \frac{1}{(k_1 - k_2)} \cdot \ln \left(\frac{k_2}{k_1} \right).$$

Абсцисса точки перегиба

$$t_q = \frac{1}{(k_1 - k_2)} \cdot \ln \left(\frac{k_2^2}{k_1^2} \right)$$

характеризует завершение в основном процесса деструкции менее термостойких эфирных связей.

Для определения параметров модели разработан подход, реализованный в Delphi 6. При этом обеспечена возможность определения неизвестных параметров в автоматическом режиме, в интерактивном, а также прямым перебором в заданном интервале. Необходимо заметить, что определение показателей параметров модели базируется на подходах восстановления пока-

зателей экспонент и реализовано на основе известных идей [8].

На втором этапе исследований по результатам испытаний серии образцов (три образца в каждой точке) определены параметры зависимости (рис. 1 и 2) с использованием вышеописанного программного обеспечения (рис. 3). В качестве функций отклика рассматривали показатели прочности при изгибе. Для изготовления смеси использовали мелкие пески и применяли наиболее распространенные и доступные карбамидоформальдегидные смолы марок КФ – МТ и КФ – Ж производства Нижнетагильского завода пластмасс.

Заключение

Нам представляется, что изложенные особенности разработанной модели соответствуют теоретическим представлениям о механизме реакции поликонденсации КФС и подтверждены экспериментальными данными.

Определение параметров модели основано на подходах восстановления показателей экспонент и реализовано на ЭВМ в программе Delphi, что обеспечивает определение неизвестных параметров модели в автоматическом и интерактивном режимах.

Список литературы / References

1. Агейкина О.В., Агейкин В.Н. Экологический аспект применения композиционных материалов на основе местных грунтов при обустройстве месторождений Западной Сибири // Северный морской путь, водные и сухопутные транспортные коридоры как основа развития Сибири и Арктики в XXI веке: материалы XX международной научно-практической конференции (г. Тюмень, 23 марта 2018 г.). Тюмень: Изд-во ТИУ, 2018. С. 251–256.
- Ageikina O.V., Ageikin V.N. The environmental aspect of the use of composite materials based on local soils in the development of fields in Western Siberia // *Severnyy morskoy put', vodnyye i sukhoputnyye transportnyye koridory kak osnova razvitiya Sibiri i Arktiki v XXI veke: materialy XX mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (g. Tyumen', 23 marta 2018 g.). Tyumen: Izd-vo TIU, 2018. P. 251–256 (in Russian).
2. Агейкина О.В., Агейкин В.Н. Химическая безопасность при использовании карбаминоформальдегидных смол в дорожном строительстве // Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности: материалы IV международной. Конференции (г. Москва, 17–18 октября 2018 г.). М.: Изд-во ФГБУН Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, 2018. С. 149.
- Ageikina O.V., Ageikin V.N. Chemical safety with the use of urea-formaldehyde resins in road construction // *Aktual'nyye nauchnyye i nauchno-tekhnicheskiye problemy obespecheniya khimicheskoy bezopasnosti: materialy IV mezhdunarodnoy konferentsii* (g. Moskva, 17–18 oktyabrya 2018 g.). M.: Izd-vo FGBUN Institut khimicheskoy fiziki im. N.N. Semenova RAN, 2018. P. 149 (in Russian).
3. Мачнева О.П. Модифицированные карбаминоформальдегидные смолы при изготовлении древесностружечных плит // Наука без границ. 2018. № 8 (25). С. 15–18.
- Machneva O.P. Modified carbamide-formaldehyde resins in the manufacture of particle boards // *Nauka bez granits*. 2018. № 8 (25). P. 15–18 (in Russian).
4. Обливин А.Н., Семочкин А.Ю., Семочкин Ю.А., Лопатников М.В. Модификация карбаминоформальдегидных олигомеров углеродными нанотрубками // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 7. С. 121–123.
- Oblivin A.N., Semochkin A.Yu., Semochkin Yu.A., Lopatnikov M.V. Modification of urea-formaldehyde oligomers with carbon nanotubes // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik*. 2012. № 7. P. 121–123 (in Russian).
5. Мубаракшина Л.Ф., Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А., Зарипова В.М. Наномодификация карбаминоформальдегидных смол для производства строительных материалов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 2 (14). С. 239–244.
- Mubarakshina L.F., Khozin V.G., Abdrakhmanova L.A., Zaripova V.M. Nano-modification of urea-formaldehyde resins for the production of building materials // *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2010. № 2 (14). P. 239–244 (in Russian).
6. Агейкин В.Н., Линцер А.В., Платонов А.П. Способ укрепления песчаного грунта // Авторское свидетельство № 1536914. СССР, МКІ³ Е. 6 с.
- Ageikin V.N., Linzer A.V., Platonov A.P. Method of strengthening the sandy soil // *Avtorskoye svidetel'stvo № 1536914. SSSR, MKI³ Ye. 6 p.* (in Russian).
7. Линцер А.В., Агейкин В.Н. Индустриальная технология укрепления грунтов карбаминоформальдегидными смолами в условиях Западной Сибири // Применение каменных материалов, отходов промышленности и укрепленных грунтов в дорожных конструкциях. М.: Изд-во СоюздорНИИ, 1987. С. 72–75.
- Linzer A.V., Ageikin V.N. Industrial technology of soil reinforcement with carbamide resins in the conditions of Western Siberia // *Primeneniye kamennykh materialov, otkhodov promyshlennosti i ukreplennykh gruntov v dorozhnykh konstruktsiyakh*. M.: Izd-vo SoyuzdorNII, 1987. P. 72–75 (in Russian).
8. Булычев А.А., Верхотуров В.Н., Гуляев Б.А. Современные методы биофизических исследований. Практикум по биофизике. Учеб. пособие для биол. спец. вузов под ред. А.Б. Рубина. М.: Высшая школа, 1988. 359 с.
- Bulychev A.A., Verkhoturlov V.N., Gulyayev B.A. Modern methods of biophysical research. Workshop on biophysics. Training manual for biol. specialist. universities ed. A.B. Rubina. M.: Vysshaya shkola, 1988. 359 p. (in Russian).

УДК 551.524.3:53.087(470.64)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДЛЯ ОДНОГО ПУНКТА ПО МНОГОЛЕТНИМ ДАННЫМ

Аджиева А.А., Кокоева М.Н.

*ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокоева»,
Нальчик, e-mail: aida-adzhieva@mail.ru*

Актуальной проблемой, обсуждаемой в настоящее время, является глобальное изменение климата, которое связывают как с природными причинами, так и с антропогенной деятельностью. Для понимания процессов, протекающих в атмосфере, и в особенности тех, что связаны с глобальным изменением климата, требуются углубленные исследования климатообразующих характеристик, на постоянной основе. Часто для понимания локальных трендов, связанных с развитием городской инфраструктуры, необходимо достаточно простое и в то же время расширенное описание характеристик атмосферы. В работе рассматривается вариант для описания многомодального распределения частот годового хода температуры воздуха как суммы гауссиан. Чтобы продемонстрировать особенности предлагаемого варианта, в работе собраны данные многолетних наблюдений температуры атмосферного воздуха. Для полноты представления о годовом ходе температуры воздуха предложено использовать помимо таких величин, как средняя годовая температура воздуха для конкретной местности, абсолютная максимальная температура воздуха, средняя суточная амплитуда температуры наиболее холодного месяца, средняя суточная амплитуда температуры наиболее теплого месяца года, также данные о модах. На основании экспериментальных данных наблюдений выполнено обоснование расчетного варианта выявления особенностей распределения частот внутригодовых значений температуры воздуха с помощью оценивания сдвигов мод по многолетним данным метеостанции Нальчик. Новизна предлагаемого варианта выявления особенностей распределения частот внутригодовых значений температуры воздуха с помощью оценивания сдвигов мод по многолетним данным метеостанции Нальчик, связана как с особенностями расположения метеостанции, ее высотой над уровнем моря, так и в особенности с местонахождением в пределах городской черты. Микроклимат городской среды неизбежно оказывает влияние на значение всех метеорологических характеристик, наблюдаемых на метеостанциях в пределах городской территории.

Ключевые слова: температура воздуха, частотные распределения, бимодальное распределение температуры, годовой ход температуры, гауссовы смеси

RESEARCH OF THE FREQUENCY DISTRIBUTIONS OF ANNUAL AIR TEMPERATURE FOR A SINGLE POINT OF PERMANENT DATA

Adzhieva A.A., Kokoeva M.N.

*Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik,
e-mail: aida-adzhieva@mail.ru*

The current problem discussed now is global climate change which is connected both with the natural reasons, and with anthropogenic activity. For understanding of the processes proceeding in the atmosphere and in particular those that are connected with global climate change in-depth studies of climate characteristics, on a constant basis are required. Often understanding of the local trends connected with development of city infrastructure requires rather simple and in too time the expanded description of characteristics of the atmosphere. In work the option for the description of multimodal distribution of frequencies of the annual course of air temperature as the sums Gaussian distribution is considered. To show features of the offered option in work data of long-term observations of temperature of an atmospheric air are collected. For completeness of idea of the annual course of air temperature it is offered to use in addition to such values as average annual air temperature for the specific area, the absolute maximum temperature of air, average daily amplitude of temperature of the coldest month, average daily amplitude of temperature of the warmest month of year also this about modes. On the basis of experimental data of observations justification of estimated option of identification of features of distribution of frequencies of intra annual values of air temperature by means of estimation of shifts of modes according to long-term data of a meteorological station Nalchik is executed. The novelty of the offered option of identification of features of distribution of frequencies of intra annual values of air temperature by means of estimation of shifts of modes according to long-term data of a meteorological station Nalchik, is connected as with features of arrangement of a meteorological station, its height above sea level, and in particular with location within city line. The microclimate of the urban environment inevitably has an impact on value of all meteorological characteristics observed on meteorological stations within the urban area.

Keywords: air temperature, frequency distributions, bimodal temperature distribution, annual temperature variation, Gaussian mixtures

Физические процессы, протекающие в атмосфере, формируют погоду и климат, участвуют в формировании рельефа, влияют на инфраструктуру, жизнь и здоровье людей. К таким процессам относят-

ся и изменения температуры воздуха при кондуктивном и радиационном теплообмене. Актуальной проблемой, обсуждаемой в настоящее время, является глобальное изменение климата, которое привязыва-

ют к природным причинам [1, 2], а также к антропогенной деятельности [3, 4]. Как глобальное похолодание, так и потепление имеют потенциальные опасности в масштабе всей планеты: оледенение рек, снижение пригодных для открытого земледелия зон, повышение интенсивности движения льда в океане, несущее опасность судоходству, распространение мерзлоты на территории, интенсивно используемой в аграрной, животноводческой отраслях, и, например, лесозаготовках, смена биоценозов в сторону обеднения или же, в противоположном случае, интенсивное таяние льдов и вечной мерзлоты, подъем уровня океана и ущерб для береговых, островных и других зон, при их малом или вообще отрицательном повышении над уровнем моря и многое другое. Следует отметить, что температура воздуха, наряду с осадками, входит в основные климатические показатели [5–7].

В связи с этим особое внимание уделяется предупреждениям о сложившихся опасных для сельскохозяйственных культур агрометеорологических условиях – засухах, суховеях, заморозках и т.д. в летний период, и угрозе повреждений озимых культур от вымерзания, выпревания, ледяной корки в зимний период. Для оценки урожайности чрезвычайно важен и ход температуры в целом за вегетационный период. Чтобы оценить процессы, происходящие с ростом урбанизации для земледелия в пределах зоны влияния городской среды, требуется усовершенствовать стандартные методы обработки метеорологических данных.

Цель исследования: развитие и совершенствование метода исследований многолетнего хода температуры воздуха, с использованием таких величин как годовая средняя температура воздуха для выбранной местности, максимальная абсолютная температура воздуха, среднесуточная амплитуда температуры самого холодного месяца, среднесуточная амплитуда температуры самого теплого месяца года, добавлением варианта получения данных о модах частот повторяемости значений температуры воздуха.

Материалы и методы исследования

Температура воздуха – это крайне изменчивая характеристика атмосферы, она сильно изменяется по пространству и во времени. Суточный ход температуры воздуха при этом достаточно четко выражен и имеет в ясную погоду периодический характер. Данная закономерность хорошо вид-

на при осреднении результатов многолетних наблюдений, но в рядах непосредственных измерений может нарушаться при пасмурной погоде, выпадении осадков, адвекции теплоты или холода. Непериодические вариации температурного режима воздушных масс чаще всего встречаются и достигают максимальных значений отклонений в умеренных широтах, это объясняется их связью с циклонической деятельностью, местными ветрами, тепловыми аномалиями [7–9]. Восходу Солнца соответствуют минимальные значения температуры, а соответственно, к 14–15 ч наблюдаются пики ее максимума. Подстилающая поверхность поглощает тепло, которое передается приземному слою воздуха не мгновенно, происходит некоторое запаздывание понижения и повышения температуры атмосферного воздуха по сравнению с изменениями температуры поверхности. В прилегающем к поверхности земли слое атмосферы суточный и годовой ход температуры воздуха определяют по значению температуры на уровне двух метров. Этот ход в основном обусловлен ходом температуры поверхности Земли. Особенности хода температуры атмосферного воздуха определяются значениями экстремумов. Разность между наибольшей и наименьшей температурами называют амплитудой хода температуры атмосферного воздуха. Эта амплитуда меняется: в зависимости от характера подстилающей поверхности, по сезонам года, по широте, от наличия облачности и ее типа, и в зависимости от орографии местности. Температура воздуха с высотой понижается по сухой или влажной адиабате, поэтому равнинные и горные территории, расположенные вдоль одной широты, имеют неодинаковую среднюю температуру воздуха. В горах температура существенно ниже [6, 10].

Температура атмосферного воздуха изменяется и в годовом ходе: среднемесячные температуры летом выше, зимой – ниже. Размах для годового хода – это есть отклонение среднемесячных температур наиболее жаркого и наиболее холодного месяцев. Вариация между абсолютным максимумом и абсолютным минимумом годовых температур воздуха, имевших место в течение контрольного года – это абсолютная годовая амплитуда температуры. На нее воздействуют:

– географическая широта: минимальный размах присущ зоне экватора, а с увеличением широты мезорайона амплитуда растет, принимая максимальные значения

в южных полярных широтах, и в умеренных северных из-за слабого прогревания поверхности в теплый период для Субарктики и Арктики;

– высота места над уровнем моря: с ростом высоты над уровнем моря размах уменьшается;

– циркуляция воздушных масс и соответственно годовой ход облачности: поскольку зимой облачности нет, то средняя температура самого холодного месяца снижается, летом отсутствие облачности увеличивает среднюю температуру самого жаркого месяца;

– расстояние от моря: минимальные годовые амплитуды температуры воздуха имеют место над поверхностью крупных водоемов и характерны больше для морского климата, над поверхностью суши наблюдаются значительные амплитуды годовых значений температуры воздуха, характерные так же для континентального климата.

– погодные условия: туман, дождь и др.

Таким образом, температура воздуха – величина, понимание особенностей, динамики которой особенно важно для транспорта и сельского хозяйства.

Для анализа Федеральным государственным бюджетным учреждением «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» был предоставлен 15-летний интервал метеорологических измерений температуры воздуха в г. Нальчике с осреднением за трехчасовые интервалы по данным таблицы метеорологических наблюдений

с 2928 измерениями для високосных и 2920 для обычных лет. Микроклимат городской среды неизбежно оказывает влияние на значение всех метеорологических характеристик, наблюдаемых на метеостанциях в пределах городской территории. Диаграмма размаха, в предположении о нормальности распределения температуры воздуха в г. Нальчике, с осреднением за трехчасовые интервалы, представлена на рис. 1.

Гистограмма распределения частоты представляет собой эмпирическую функцию распределения. Из гистограммы распределения частоты можно определить модальное значение, то есть значение, наиболее часто встречающееся в ряде наблюдений. Промежуток времени с 2003 по 2017 г., как известно, отличался достаточно противоречивыми тенденциями динамики значений приземной температуры воздуха, для объяснения этого требуются детальные исследования. Результаты статистической обработки данных измерений приземной температуры воздуха за 2003–2017 г. представлены в табл. 1. Мода оценивается как значение среднегодовой температуры воздуха в центре интервала, для которого определяется максимум частоты.

Оценим частоту (повторяемость) y_i , как число членов выборки, попавших в каждый интервал $0,5^\circ\text{C}$ (рис. 2).

Основными статистическими характеристиками для дифференциальных кривых распределения параметров по встречаемости являются: среднее значение, медиана и мода распределений (рис. 3).

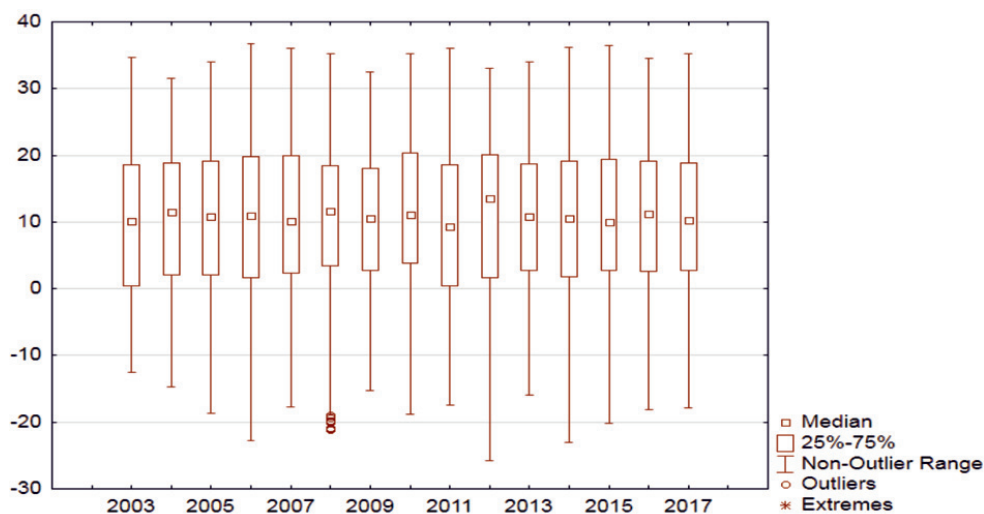


Рис. 1. Диаграмма размаха в предположении о нормальности распределения

Таблица 1

Результаты статистической обработки данных измерений приземной температуры воздуха за 2003–2017 гг.

Параметры	Годы						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Среднее	9,966	10,799	10,824	10,731	11,369	10,426	10,673
Медиана	10,1	11,45	10,8	11	10,2	11,6	10,5
Мода	-0,70	19,5	-0,7	0,7	1,3	15,0	4,0
Ст. откл.	10,197	9,436	10,080	11,158	10,417	10,748	9,157
Минимум	-12,5	-14,7	-18,7	-22,7	-17,7	-21,1	-15,2
Максимум	34,7	31,5	34	36,8	36	35,2	32,5
0,25-квантиль	0,5	2,1	2,1	1,7	2,4	3,5	2,8
0,75-квантиль	18,6	18,8	19,15	19,8	19,9	18,4	18

Окончание табл. 1

Годы							
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
11,715	9,648	10,760	10,960	10,429	11,146	10,712	10,884
11,1	9,3	13,6	10,8	10,5	10,05	11,2	10,3
5,5	-1,5	17,7	0,0	0,4	3,9	4,0	17,5
10,518	10,430	11,797	9,507	10,550	9,887	10,335	10,147
-18,8	-17,4	-25,8	-15,9	-23	-20,2	-18,1	-17,9
35,2	36	33,1	34	36,2	36,4	34,6	35,2
3,9	0,4	1,6	2,8	1,8	2,8	2,6	2,8
20,3	18,6	20,1	18,7	19,1	19,4	19,1	18,85

Результаты исследования и их обсуждение

Для распределения по Гауссу среднее, медиана и мода совпадают (рис. 3, а) [11]. Однако для бимодального распределения (рис. 3, б) среднее попадает между двумя интервалами распределения. При этом встречаемость значений параметра, равных среднему, очень мала. Медиана сдвинута в правую часть распределения, а сама дифференциальная кривая имеет две моды. Для выбранного примера большая мода соответствует положению максимума правой части распределения. Пример демонстрирует, что среднее, мода и медиана – совершенно разные параметры, которые совпадают или близки лишь в исключительных случаях [12].

Имея в наличии цифровую информацию о метеопараметрах, которая фиксируется метеостанцией с интервалом каждые три часа, а конкретно о температуре воздуха на высоте двух метров, можно построить не только частотные гистограммы, но и карту распределения частот встречаемости температуры воздуха за доступный период наблюдений (рис. 3), это так называемая диаграмма «водопад».

На рис. 4 хорошо видно, что распределение частот встречаемости температуры воздуха неодномодальное. Расчёт эмпирической функции распределения среднегодовой температуры воздуха и проверка её на соответствие нормальному закону распределения показали, что более оптимальным уравнением, описывающим экспериментальные данные вследствие их мультимодального распределения, является, например, аппроксимация данных просто суммой ряда функций Гаусса.

Данный подход называется Гауссовыми смесями, они представляют собой сумму распределений нормальной величины [11, 12].

Модель гауссовых смесей – это взвешенная сумма M компонент, она может быть представлена в виде выражения

$$y(\bar{x} | \lambda) = \sum_{i=1}^M p_i b_i(\bar{x}), \quad (1)$$

где x – N -мерный вектор случайных величин; p_i , $i = 1, \dots, M$, – веса составляющих модели, $b_i(\bar{x})$, $i = 1, \dots, M$, – функции плотности распределения компонент модели. Здесь каждый компонент является N -мерной функцией Гаусса вида

$$b_i(\bar{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\bar{x} - \bar{\mu}_i)^T \Sigma_i^{-1} (\bar{x} - \bar{\mu}_i) \right\}, \quad (2)$$

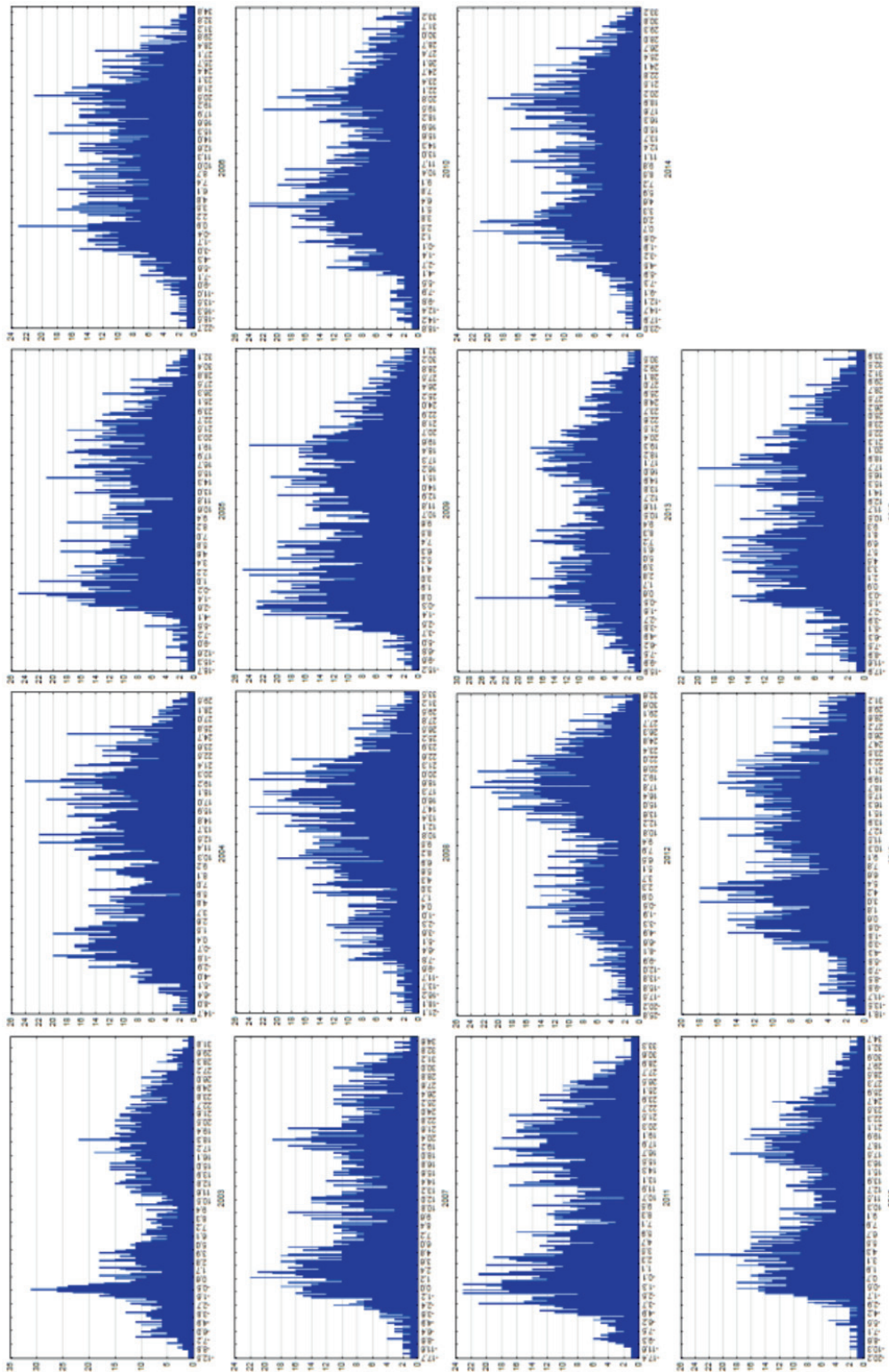


Рис. 2. Гистограммы частотного распределения температуры воздуха для каждого года (2003–2017 гг.) в пределах 15-летнего ряда измерений. Шкала температуры приведена в градусах Цельсия, а частота встречаемости в процентах

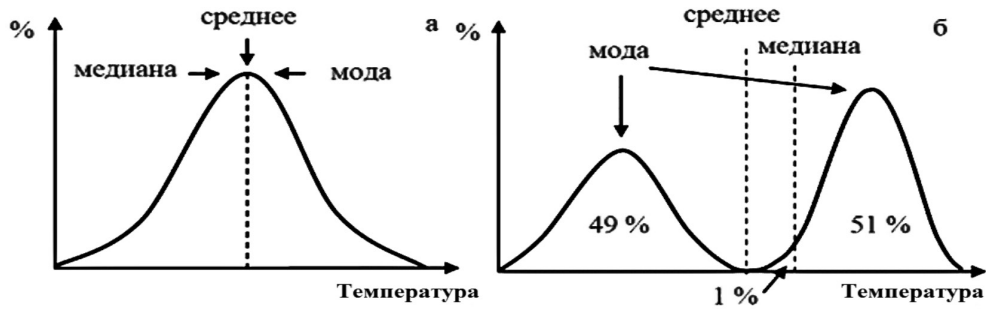


Рис. 3. Основные статистические характеристики при распределении по Гауссу (а) и бимодальном распределении (б)

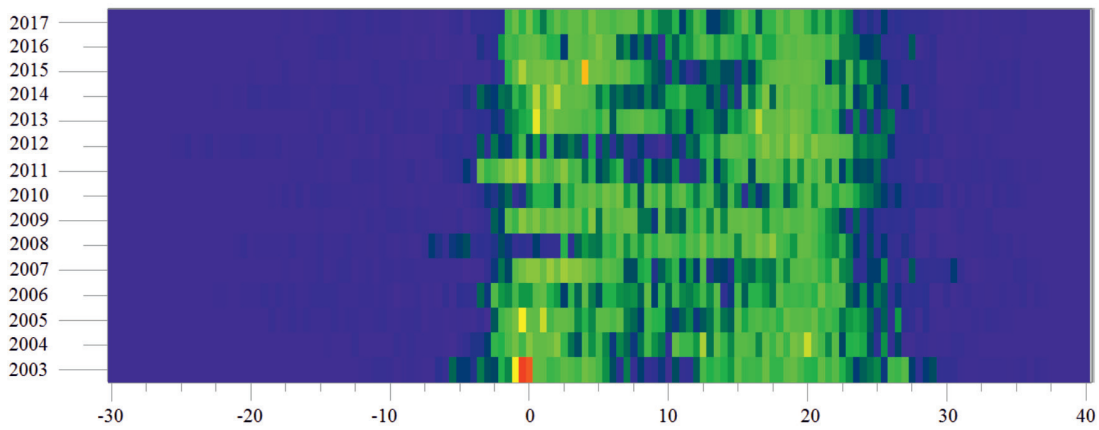


Рис. 4. Карта распределения частот встречаемости температуры воздуха от -30 до 40°C за 2003–2017 гг.

Эти параметры можно записать в виде $\lambda = \{p_i, \bar{\mu}_i, \Sigma_i\}$, $i = 1, \dots, M$. Исходя из этого модель гауссовых смесей определяется их весами смесей, векторами математического ожидания и ковариационными матрицами для каждого компонента модели.

Аппроксимируем эмпирические данные годовых частот распределения температуры воздуха как бимодальное распределение на основе гауссовой смеси получаем уравнение

$$y(x) = \sqrt{\frac{\ln(2)}{\pi}} \frac{a_1}{c_1} \exp\left\{-\ln(2) \frac{(x-b_1)^2}{c_1^2}\right\} + \sqrt{\frac{\ln(2)}{\pi}} \frac{a_2}{c_2} \exp\left\{-\ln(2) \frac{(x-b_2)^2}{c_2^2}\right\}. \quad (3)$$

Результаты аппроксимации годовых распределений частот температуры воздуха приведены в табл. 2.

На рис. 5 приведено сводное распределение частот температур в процентах, хорошо выражена особенность повторяемости температур воздуха в течение среднего года.

Наиболее часто встречающиеся значения температуры воздуха лежат в пределах от минус -10 до плюс 35°C . Все частотные ряды, кроме 2008 г., имеют ярко выраженное бимодальное распределение. Четко выделяются годовой ритм изменений приземной температуры имеет некоторый подъем и сдвиг правого пика моды от холодных цветов к теплым 2003–2017 гг.

Таким образом, спектрально-временной анализ данных по изменчивости температуры воздуха в пределах года выявляет многомодальный характер частотности температур.

Новизна предлагаемого варианта выявления особенностей распределения частот внутригодовых значений температуры воздуха с помощью оценивания сдвигов мод по многолетним данным метеостанции Нальчик связана как с особенностями расположения метеостанции, ее высотой над уровнем моря, так и в особенности с местонахождением в пределах городской черты.

Таблица 2

Параметры уравнения аппроксимирующей функции

Параметры	Годы						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
a_1	615,2	430,19	558,8	661,1	456,04	461,32	452,168
b_1	0,548	0,3359	1,731	2,178	1,787	-0,032	1,7802
c_1	4,585	3,9842	4,675	7,224	3,6638	9,5427	4,1634
a_2	820,1	1038,4	874,1	769	1038,8	1000,4	1165,34
b_2	18,04	16,421	18,0	19,40	17,996	15,921	17,397
c_2	7,419	8,7555	8,024	7,928	11,547	9,1077	10,405

Окончание табл. 2

Годы							
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
827,61	616,99	529,62	651,76	594,82	676,1	544,10	653,21
5,577	0,2817	0,408	2,7839	1,645	3,009	1,9187	2,8856
7,4369	4,8744	7,3391	5,6794	5,1966	4,639	5,2219	5,9399
591,62	814,66	876,1	787,42	819,9	748	868,38	769,95
21,699	17,856	18,853	18,317	18,424	19,28	17,815	18,49
6,5971	7,7066	6,659	6,84	7,576	6,99	8,057	7,94

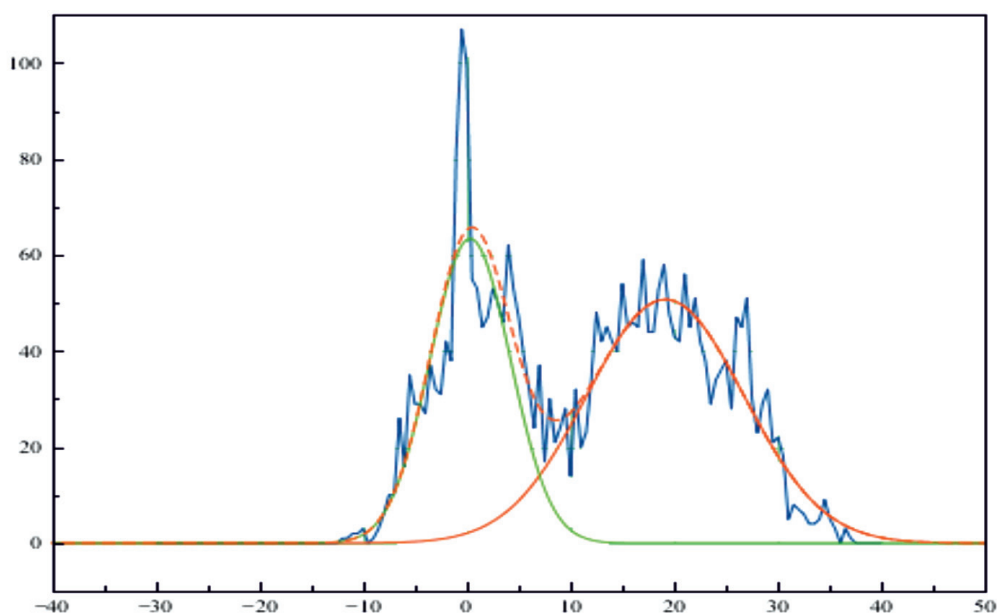


Рис. 5. Сводный график аппроксимирующих кривых. Шкала встречаемости приведена в виде повторяемости средних трехчасовых значений (раз за год)

Выводы

Для полноты представления о годовом ходе температуры воздуха предложено использовать помимо таких величин, как годовая средняя температура атмосферного

воздуха для выбранной местности, максимальная абсолютная температура воздуха, среднесуточная амплитуда температуры самого холодного месяца, среднесуточная амплитуда температуры самого теплого месяца года, также данные о модах частоты

повторяемости значений температуры воздуха. Частотное распределение температуры воздуха рекомендуется определять на основании данных метеостанции не менее чем за пять лет.

Разработан вариант автоматизированного расчета предлагаемых параметров на основе данных таблиц метеорологических наблюдений УГМС.

На основании экспериментальных данных наблюдений обоснован расчетный вариант выявления особенностей распределения частот внутригодовых значений температуры воздуха с помощью оценивания сдвигов мод по многолетним данным метеостанции Нальчик. Данное приближение позволяет рассматривать сложные изменчивые процессы с помощью их более простого аналога, получаемого в результате аппроксимации. Например, легко определить, что в выбранном для примера промежутке динамика моды положительных температур показывает тенденцию к положительному сдвигу.

Планируется использование полученного расчетного варианта в составе программного обеспечения выделения основных мод температуры для создания обоснованного прогноза урожайности сельскохозяйственных культур в пригородном хозяйстве учитывающего эффект «теплового острова», сопровождающего рост города.

Полученные результаты могут применяться, чтобы оценить степень благоприятности агрометеорологических условий для выбранной сельскохозяйственной культуры, оценить устойчивые повторяемости температур для выбора оптимального вегетационного периода, его начала, окончания и продолжительности. Оценить выбросы, характеризующие заморозки и высокие повреждающие температуры.

Применение разработанного варианта имеет перспективы для углубления знаний о метеорологических характеристиках в задачах описания многомодальных спектров.

Список литературы / References

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
2. Ji F., Wu Z., Huang J., Chassignet E.P. Evolution of land surface air temperature trend. *Nature Climate Change*. 2014. Т. 4. № 6. С. 462–466. DOI: 10.1038/nclimate2223.
3. Малинин В.Н., Гордеева С.М. О современных изменениях глобальной температуры воздуха // *Общество. Развитие*. 2011. № 2. С. 215–221.
4. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата Российской Федерации: температура воздуха. М.: ИГКЭ Росгидромета и РАН, 2012. 193 с.
5. Adzhiev A.Kh., Adzhieva A.A., Kumukova O.A., Kondratieva N.V. The impact of climate change on hydrometeorological phenomena in the Central Caucasus // *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy*. 2009. № 107. С. 137–139 (in Russian).
6. Аджиева А.А., Кондратьева Н.В. Изменение климата и гидрометеорологические явления в горных районах Кавказа // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2009. Т. 1. № 1. С. 68–72.
7. Харюткина Е.В., Логинов С.В., Ипполитов И.И. Изменчивость температуры приземного воздуха на территории Западной Сибири в последние десятилетия // *Турбулентность, динамика атмосферы и климата: сборник тезисов международной конференции, посвященной памяти академика А.М. Обухова*. М.: ГЕОС, 2013. С. 93–95.
8. Назарова Л.Е. Изменчивость средних многолетних значений температуры воздуха в Карелии // *Известия Русского географического общества*. 2014. Т. 146. № 4. С. 27–33.
9. Кочугова Е.А., Кошкин Д.А. Тенденции изменения годовых экстремумов приземной температуры воздуха на территории Иркутской области // *География и природные ресурсы*. 2010. № 2. С. 63–69.
10. Аджиева А.А., Шаповалов В.А. Анализ временных рядов метеорологических параметров и их прогнозирование в мезорайоне // *Известия Кабардино-Балкарского Научного Центра РАН*. 2012. № 1. С. 32–37.
11. Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Динамика полей температуры воздуха Северного полушария в современный период // *Проблемы анализа риска*. 2007. Т. 4. № 1. С. 73–80.
12. Reynolds D. Gaussian mixture models. *Encyclopedia of biometrics*. 2015. P. 827–832.

УДК 624.131.43(571.56-25)

НАМЫВНЫЕ ГРУНТЫ В ГОРОДЕ ЯКУТСКЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА ОСНОВЕ КОМПРЕССИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вахрин И.С., Кузьмин Г.П.

ФГБУН «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова» СО РАН, Якутск,
e-mail: kloydspir@rambler.ru, kuzmin@mpi.ysn.ru

В статье дано описание техногенных намывных грунтов в г. Якутске. Излагается метод определения плотности и пористости намывных грунтов расчетным путем по результатам компрессионных испытаний, выполняемых для получения деформационных характеристик талых и оттаивающих мёрзлых грунтов. Отмечается, что освоение территорий намывных грунтов представляет практический интерес для организации зон отдыха и расширения жилых массивов. Указывается, что устройство намывных территорий способом гидромеханизации отличается высокой производительностью разработки, транспортирования и укладки подрусловых отложений. Поэтому, несмотря на сложности и короткий сезон выполнения намывных работ, связанные с климатическими условиями, в г. Якутске в пойме р. Лены впервые на значительной площади осуществлён гидронамыв грунтов для строительства жилых домов. Отмечается, что гидронамыв на первой площадке (микрорайон 202) был проведён в конце 1970-х – начале 1980-х гг., а на второй площадке (микрорайон 203) в 1990–1992 гг. Окончательное формирование площадки под застройку микрорайона 203, откуда были отобраны образцы грунта, было завершено летом 2013 г., когда был восстановлен вывезенный слой намывного грунта на юго-западной части территории. Приводятся устройство и характеристики прибора компрессионного сжатия Г.Т. 2.0.5. Изложена методика экспериментального определения физических свойств грунтов. Обоснована возможность определения плотности и пористости грунтов по результатам компрессионных испытаний, исключающих боковое расширение образцов при нагружении их вертикальными нагрузками. Приведены результаты этих определений.

Ключевые слова: сжимаемость, нагрузка, деформация, плотность, пористость, талый грунт

HYDRAULIC-FILL SOILS IN YAKUTSK AND DETERMINATION OF THEIR PHYSICAL PROPERTIES FROM CONSOLIDATION TESTS

Vakhnin I.S., Kuzmin G.P.

Melnikov Permafrost Institute SB RAS Merzlotnaya St., Yakutsk,
e-mail: kloydspir@rambler.ru, kuzmin@mpi.ysn.ru

This article describes the soils of hydraulic fills in Yakutsk and presents the method for estimating their density and porosity based on consolidation test data for thawed and thawing frozen soils. Land reclamation is a practical method of land expansion to provide for housing and recreational needs. Hydraulic filling is considered to be the most efficient technique for dredging, transporting and placing the river deposits. Extensive hydraulic fills were therefore used in Yakutsk for residential construction in the Lena River floodplain despite the technical and seasonality constraints on filling activities imposed by climate. Hydraulic fill was first placed into the floodplain area in the late 1970s–early 1980s for a new residential development District 202. In 1990–1992, hydraulic filling was undertaken to expand land for construction of District 203. The filling of the area for District 203, where soil samples were collected for this study, was completed in the summer of 2013 by replacing the removed fill layer in its south-western part. The article contains a description of the Г.Т. 2.0.5. consolidometer used in this study. Also presented is the experimental procedure for determining the physical properties of soils. It is shown that soil density and porosity can be estimated from the results of consolidation tests when the specimens are confined laterally and loaded vertically. The estimated values of these parameters are provided.

Keywords: compression, load, deformation, density, porosity, thawed ground

Развитие производительных сил северных районов вызывает необходимость соответствующего объёма строительства жилищного фонда и других объектов инфраструктуры. При этом для строительства в первую очередь выбирают благоприятные участки, площадь которых существенно сокращается. Обычно населённые пункты располагают вблизи рек и озёр, к которым примыкают поймы со старичными озёрами, заболоченными понижениями, затопливаемые в паводковые периоды. Такие территории осваиваются для организации зон отдыха и расширения жилых массивов.

Достоинством их является возможность осуществления компактных планировочных решений, обеспечения выхода населённых пунктов к водоёмам, организации комфортабельных зон отдыха и комплексного выполнения реконструкции зданий и сооружений. Инженерная подготовка пойменных территорий, направленная на недопущение подтопления, ликвидацию заболоченности, увеличение несущей способности грунтов, как оснований зданий и сооружений, может быть выполнена способом гидронамыва грунтов, характеризующимся высокой производительностью разработки, транспорти-

рования и укладки подрусловых отложений, сложенных песчаными грунтами с высокой несущей способностью. В условиях распространения многолетнемерзлых грунтов применение гидромеханизации для устройства строительных площадок приводит к растеплению многолетнемерзлых грунтов основания. Необходимым условием эффективного применения гидронамыва в этих условиях является разработка надёжных методов многолетнего прогноза температурно-влажностного режима и несущей способности грунтового массива, а также выбор технологии намыва и метода строительства. Несмотря на сложности решению этих задач, в г. Якутске в пойме р. Лены впервые на значительной площади осуществлён гидронамыв грунтов для строительства жилых домов. Работы по намыву грунтов на первой площадке (микрорайон 202) были проведены в конце 1970-х – начале 1980-х гг., а на второй площадке (микрорайон 203) в 1990–1992 гг. Окончательное формирование площадки под застройку микрорайона 203, откуда были отобраны образцы грунта для исследования, было завершено летом 2013 г., когда был восстановлен слой вывезенного намывного грунта на юго-западной части территории. Для устройства намывной территории была выбрана городская протока р. Лены, представляющая собой совокупность участков береговой отмели, низкой и высокой поймы с абсолютными отметками поверхности от 84,0–87,0 до 90–93,5 м. Разность отметок поверхности пойменного комплекса обычно не превышает 8,0 м, поверхность надпойменной террасы возвышается над поймой в среднем также на 6,0–8,0 м. Территория характеризуется наличием большого количества старичных озёр различной конфигурации, разной площади и протяжённости. Пойменный комплекс находился в стадии активного заиливания, торфообразования и зарастания луговой травой и ивняком. Пойма р. Лены практически ежегодно подвергается затоплению весенними паводковыми водами, а в отдельные годы и летними паводками. Территория намывных грунтов микрорайона 203 является самостоятельной природно-технической системой, для которой характерна своеобразная природная обстановка. Исследуемый район расположен в зоне сочленения склона Алданской и южного борта Вилюйской синеклизы. На этой территории выделяются два структурных яруса: архейский кристаллический фундамент и покрывающий его осадочный чехол,

включающий породы протерозоя, кембрия, юры, мела, неогена и четвертичных отложений. В строении осадочного чехла участвуют морские карбонатные, терригенно-карбонатные, а также терригенно-континентальные отложения палеозойского и четвертичного возраста [1]. Коренные породы повсеместно перекрыты современными пойменными и верхнечетвертичными аллювиальными отложениями. В понижениях рельефа грунты представлены оторфованными и заиленными супесями и суглинками мощностью 3,5–4,3 м. Аллювий представлен в основном песками различной крупности, в котором нередко встречаются супеси и суглинки мощностью до 1,5–2,0 м. Общая мощность аллювиального комплекса в пределах поймы составляет 18,0–22,5 м. Мощность намывных грунтов в зависимости от морфологии естественного основания оставляет 8,5–10,0 м на гривах и прирусловых валах поймы, 12,0–14,0 м на участках погребённых старичных озёр. На территории намывных грунтов развиты надмерзлотные воды, преимущественно приуроченные к нижней половине талой зоны мощностью в среднем 17,5 м при максимальных размерах талика 26,0 м. По химическому составу эти воды относятся к пресным гидрокарбонатно-кальциевым. Максимальным и постоянным водонасыщением обладают талые грунты на границе с мёрзлыми, ежегодно пополняемые паводковыми водами по погребённым (реликтовым) таликам, сообщающимся с подрусловыми водами реки Лены, а также водами надмерзлотного талика. Основное питание подземных вод территории намыва осуществляется за счёт фильтрации речной воды через песчаную толщу по погребённым таликам. Составляющая водного баланса за счёт атмосферных осадков незначительна – около 230–250 мм в год. Рассматриваемая территория расположена в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью до 240–310 м. Глубокие надмерзлотные, и возможно, сквозные гидрогенные талики приурочены к углублённым участкам русла городской протоки р. Лены. Талики мощностью до 15,0–20,0 м характерны и для двух стариц, частично погребённых при намыве 202 и 203 микрорайонов. На остальной части площади до намыва были развиты талики мощностью до 6,0–8,0 м. По результатам исследований [1] перед намывом надмерзлотные талики мощностью 0,2–2,1 м в основном имели распространение на плоских межстаричных пространствах и прирусловых гри-

вах, где формировались многолетнемерзлые породы не сливающегося типа. В разные годы в зависимости от условий увлажнения грунтов в предзимний период, времени затопления территории летними паводками, изменения толщины снежного покрова и других факторов значения мощности и площади надмерзлотных таликов могли как увеличиваться, так и уменьшаться, вплоть до полного их промерзания. Современные природные условия способствовали новообразованию многолетнемерзлых пород в таликах береговой части старичных озёр и увлажнённых понижениях. Температура грунтов поймы в целом колебалась от 0 °С до – 2 °С. На гривах и плоских межстаричных участках она минимальная, а на участках с не сливающейся мерзлотой и в старичных понижениях изменялась от 0 до 0,5 °С [1]. Процесс промерзания намывных грунтов чаще всего происходит без видимого льдообразования в связи с интенсивной фильтрацией летних атмосферных осадков в предзимний период. Верхняя граница многолетнемерзлых грунтов на намывной территории микрорайона 203 вследствие деградации погребённой криолитозоны существенно понизилась. В процессе намыва грунтов способом гидромеханизации вместе с пульпой происходил приток значительного количества тепла к кровле многолетней мерзлоты. Как отмечали [1], в процессе намыва площадки микрорайона 202 верхняя граница многолетнемерзлых пород уже на начальном этапе производства работ в конце 1970-х – начале 1980-х гг. в среднем понизилась на 1,0–5,0 м. На процесс деградации многолетнемерзлых пород влияет ежегодное поступление в намывную толщу и подстилающие грунты паводковых вод через высокопроницаемые песчаные намывные грунты с коэффициентом фильтрации до 10–15 м/сутки. Подземные воды надмерзлотных таликов в намывных и подстилающих грунтах оказывают определяющее значение в формировании температурного режима многолетнемерзлых и сезонно-мерзлых грунтов. Как показывают результа-

ты наблюдений за температурой грунтов на незастроенной территории с мощной толщей намывного массива, верхняя граница многолетнемерзлых пород может находиться на различных стадиях стабилизации. Криолитозона в контактной зоне с водоносным таликом может быть деградационной, аградационной или стабилизированной. Низкоградиентные и безградиентные температуры грунтов ниже подошвы слоя годовых теплооборотов в подстилающих намывную толщу грунтах на территории микрорайона 203 могут свидетельствовать как о стабилизации нарушенного в ходе и после намыва их теплового поля, так и продолжении деградационного процесса в верхнем горизонте погребённой криолитозоны. Техногенные намывные грунты и верхняя часть грунтов естественного основания находятся в талом состоянии. Глубина сезонного промерзания на намывной территории составляет около 4,5 м. Мерзлотные условия сложные и изменчивые, так как находятся под воздействием многих факторов, взаимодействующих в различных сочетаниях. Основные из них – состав отложений, режим дренирования слоя сезонного промерзания, испарение с поверхности в летний период, мощность снежного покрова, инфильтрация атмосферных осадков. Физические свойства этих грунтов изучены очень слабо. Целью исследования является определение плотности скелета и пористости песчаного намывного грунта по данным стандартных компрессионных испытаний, необходимых для принятия оптимальных конструктивных решений фундаментов и технологий их возведения.

Материалы и методы исследования

По гранулометрическому составу испытанный грунт классифицируется как песок средней крупности [2], который в основном слагает массив намывной территории микрорайона 203 (табл. 1).

Основные физические свойства испытанного песчаного грунта представлены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты гранулометрического анализа исследуемого грунта

Гранулометрический состав%, размер частиц в мм							Грунты. Классификация ГОСТ 25100-2011
10,0–5,0	5,0–2,0	2,0–1,0	1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	
0,5	1,5	7,0	8,0	50,0	31,0	2,0	Песок средней крупности

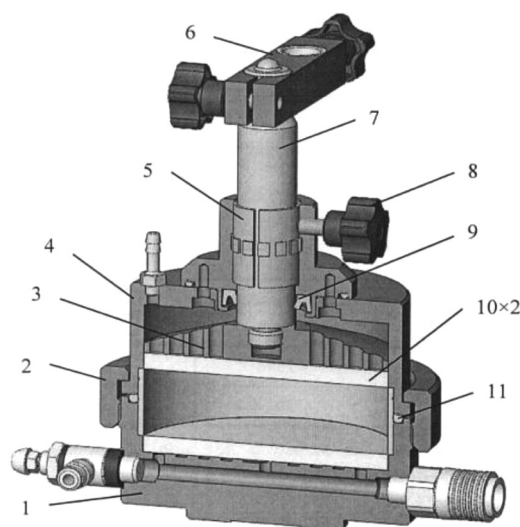
Таблица 2

Физические свойства исследованного песка

Наименование	Влажность, w , д.ед.	Плотность грунта, ρ , г/см ³	Плотность скелета грунта, ρ_s , г/см ³	Плотность частиц грунта, ρ_p , г/см ³	Пористость, n , %	Коэффициент пористости, e , д.ед.	Коэффициент водонасыщения S_w , д.ед.
Песок средней крупности	0,04	1,66	1,60	2,66	39,85	0,66	0,16



а)



б)

Прибор компрессионных испытаний образцов грунта: а) общий вид, б) одометр, 1 – основание; 2 – гайка; 3 – штамп; 4 – образец грунта; 5 – втулка; 6 – держатель; 7 – шток; 8 – винт; 9 – манжета; 10 – фильтр; 11 – уплотнительное кольцо

В Российской Федерации в настоящее время действует нормативный документ [3], в котором рекомендуется определять методом компрессионного сжатия следующие характеристики: коэффициент сжимаемости, модуль деформации, структурную прочность на сжатие, коэффициенты фильтрационной и вторичной консолидации, и для песков мелких и пылеватых, глинистых грунтов с показателем текучести $I_L > 0,25$, органо-минеральных и органических грунтов, относительное суффозионное сжатие для засоленных песков (кроме гравелистых), супесей и суглинков, начальное давление суффозионного сжатия. Данная установка (рисунок)

для испытания грунта включает в себя [4]: а) станина с нагрузочным устройством и б) компрессионный прибор (одометр).

Данные компрессионных испытаний позволяют определять также плотность и пористость грунтов на всех ступенях давления [5, 6]. Для этого из исследуемого грунта изготавливают два идентичных образца, один из которых используют для определения начальных значений плотности и пористости грунта. Для этого определяют начальный объем образца, высушивают его при температуре 105 °С до установления постоянной массы, определяют массу высушенного образца и вычисляют начальную плотность и пори-

стость грунта. Второй образец помещают в металлический цилиндр компрессионного прибора, испытывают его под ступенчато-возрастающим давлением с выдержкой на каждой ступени до условной стабилизации деформации и определяют абсолютную деформацию образца. При испытании образца в условиях невозможности бокового расширения объем его изменяется только за счёт продольной деформации.

Пористость грунта на i -й ступени давления можно выразить зависимостью

$$n_i = 1 - \frac{\rho_{d,i}}{\rho_s}, \quad (1)$$

где $\rho_{d,i}$ – плотность скелета грунта на i -й ступени нагрузки; ρ_s – плотность твёрдых частиц.

Плотность скелета грунта на i -й ступени давления можно представить в виде

$$\rho_{d,i} = \frac{m_d}{V_i}, \quad (2)$$

где m_d – масса высушенного образца; V_i – объем образца на i -й ступени давления.

Входящие в (2) составляющие определяются по формулам

$$m_d = \rho_{d,o} * S * h_o, \quad (3)$$

$$V_i = S * (h_o - \Delta h_i), \quad (4)$$

где S – площадь поперечного сечения образца; h_o – начальная высота образца; Δh_i – приращение высоты образца на i -й ступени давления.

Подставив (3) и (4) в (2), находим выражение плотности грунта на i -й ступени давления

$$\rho_{d,i} = \frac{\rho_{d,o} * h_o}{(h_o - \Delta h_i)}. \quad (5)$$

После подстановки (5) в (1), выражение пористости грунта принимает вид

$$n_i = 1 - \frac{\rho_{d,o} h_o}{\rho_s (h_o - \Delta h_i)}. \quad (6)$$

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 3 представлены для каждой ступени нагружения расчётные значения плотности скелета и пористости грунта, полученные по данным компрессионных испытаний.

Таблица 3
Расчетные значения плотности и пористости грунта на ступенях давления

σ , МПа	Δh_p , мм	$\rho_{d,i} = \frac{\rho_{d,o} * h_o}{h_o - \Delta h_i}$	$n = 1 - \frac{\rho_{d,o} h_o}{\rho_s (h_o - \Delta h_i)}$
0,000	0,00	1,596	0,400
0,107	0,17	1,607	0,396
0,131	0,18	1,608	0,396
0,182	0,21	1,609	0,395
0,281	0,26	1,613	0,394
0,382	0,30	1,615	0,393
0,481	0,33	1,617	0,392

Как видно из табл. 3, с увеличением давления, как и следовало ожидать, плотность грунта повышается, а пористость его уменьшается.

Заключение

Экспериментальные исследования позволили:

1. По данным компрессионных испытаний намывных грунтов на каждой ступени давления можно определить стабилизированные значения плотности и пористости.

2. На методы определения плотности и пористости грунтов по данным компрессионных испытаний грунтов получены патенты Российской Федерации на изобретения.

Список литературы / References

1. Роман Л.Т., Цернант А.А., Поleshchuk В.Л., Цеева А.Н., Леонова Н.И. Строительство на намывных грунтах в криолитозоне. М., 2008. 322 с.
Roman L.T., Tsernant A.A., Poleshchuk V.L., Tseeva A.N., Leonova N.I. Construction on Hydraulic Fill in Permafrost Regions. M., 2008. 322 p. (in Russian).
2. ГОСТ 25100 – 2011. Грунты. Классификация. М.: Межгосударственный стандарт, 2013. 78 с.
3. ГОСТ 12248 – 2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М.: МНТКС, 2011. 156 с.
4. Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010: монография. 2-е изд., доп. и испр. М.: ООО «Прондо», 2014. 812 с.
Boldyrev G.G. Methods for Determining the Mechanical Properties of Soils with Comments to GOST 12248-2010. 2nd ed., updated. M.: ООО «Prondo», 2014. 812 p. (in Russian).
5. Способ определения плотности грунта при компрессионных испытаниях // Патент на изобретения Российской Федерации № 2569915. G01N 9/00. Заявитель и патентообладатель Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. № 2014139936/28. заявка.02.10.2014. опубли. 10.12.2015. Бюл. № 34.
6. Кузьмин Г.П., Вахрин И.С. Способ определения характеристик пористости грунта при компрессионных испытаниях // Патент на изобретения № 2619821. Заявитель и патентообладатель Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. № 2015156005. заявка.26.12.2015. опубли. 18.05.2017.

УДК 911.6:912.43:631.44 (470.322)

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ПЕРСПЕКТИВЫ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ****Галаганова Л.А.***ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва,
e-mail: lyub-galagano@yandex.ru*

В данной статье рассмотрена важность сохранения почвенного покрова как основного условия обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития региона. Объектом исследования выбраны изменения состояние почвенного покрова Липецкой области. Данный регион является одним из староосвоенных с преобладанием черноземных почв, требующих особого внимания и охраны. Целью данной работы является оценка степени изменения состояния плодородия почв Липецкой области под действием растущей антропогенной нагрузки и интенсификации сельскохозяйственного использования. Работа выполнена по материалам агрохимического обследования и картам, отражающим кислотность, обеспеченность почв гумусом, подвижными соединениями фосфора и калия, а также радиоактивное загрязнение. Исходя из особенностей исходных данных была создана методика геопространственного кластерного анализа и оценки изменений агрохимического состояния на примере данного региона с использованием разработанного автором индекса изменений. Изучено состояние почвенного покрова Липецкой области в период с 2006 по 2017 г. по ряду основных геохимических показателей, проведено сравнение с картами, содержащими исторические данные. С помощью комплексного индекса изменений, также предложенного автором, выполнена обобщенная оценка состояния почв области. Нами предложена классификация степени изменений состояния почв. В результате проведенных исследований установлено, что состояние почв Липецкой области за данный период существенно изменилось по всем учитываемым показателям. Среди позитивных изменений можно отметить существенное снижение загрязнения Cs-137. В целом выявлено преобладание негативных изменений на большей части площади земель сельскохозяйственного назначения Липецкой области, что свидетельствует о необходимости принятия мер для поддержания плодородия почв для сохранения устойчивости развития региона.

Ключевые слова: агрохимическое состояние почв, устойчивое развитие, Липецкая область, плодородие почв, геопространственный анализ, кластерный анализ

**ANALYSIS OF SOIL CONDITION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT
IN LIPETSK REGION****Galaganova L.A.***State University of Land Management, Moscow, e-mail: lyub-galagano@yandex.ru*

This article discusses the importance of soil conservation as the main condition for food security and sustainable development of the region. The object of the study selected changes in the state of the soil cover of the Lipetsk region. This region is one of the old developed regions with a predominance of black soil requiring special attention and protection. The aim of this work is to assess the degree of changes in soil fertility of the Lipetsk region under the influence of growing anthropogenic load and intensification of agricultural use. The work was carried out on the materials of agrochemical examination and maps showing acidity, soil humus, mobile compounds of phosphorus and potassium, as well as radioactive contamination. Based on the characteristics of the source data, a method of geospatial cluster analysis and evaluation of changes in the agrochemical state on the example of the region using the index of changes developed by the author. The state of the soil cover of the Lipetsk region in the period from 2006 to 2017 years for number of basic geochemical indicators, a comparison with maps containing historical data. With the help of a complex index of changes, also proposed by the author, a generalized assessment of the state of the soils of the region. As a result of our research it was found that the soil condition of the Lipetsk region during this period has changed significantly for all the indicators taken into account. We have proposed a classification of the degree of changes in the state of soils. Among the positive changes can be noted a significant reduction in pollution of Cs-137. In General, the prevalence of negative changes in most of the agricultural land area of the Lipetsk region was revealed, which indicates the need for measures to maintain soil fertility to maintain the sustainability of the region.

Keywords: agrochemical state of soils, sustainable development, Lipetsk region, soil fertility, geospatial analysis, cluster analysis

В конце XX в. человечество осознало ограниченность ресурсов Земли, международное сообщество выбрало в качестве стратегии дальнейшего существования «устойчивое развитие». Этот путь предполагает удовлетворение потребностей настоящего времени, не ставя под угрозу обеспеченность будущих поколений ресурсами необходимыми для жизни [1].

Почвы – это фундамент, обеспечивающий продовольственную безопасность, поэтому важность контроля и поддержания хорошего состояния почвенного покрова несомненна. Сохранение качества почвенного покрова – это одна из приоритетных целей устойчивого развития и одно из обязательных условий дальнейшего выживания человечества.

Серьезная заинтересованность науки в понимании механизмов возникновения и развития почв возникла в 70-е гг. XIX в., уже тогда начали отмечать первые признаки снижения плодородия. Основоположник почвоведения В.В. Докучаев писал: «Почвы и грунты есть зеркало и вполне правдивое отражение, результат векового взаимодействия между водой, воздухом, землей, с одной стороны, растительностью и животными организмами и возрастом страны – с другой» [2]. На протяжении всего XX века на почвы помимо природных активно влияли другие факторы: интенсификация сельского хозяйства, промышленность, коммунальное хозяйство и транспорт. В данной работе будет оцениваться изменение состояния почвенных ресурсов черноземно-степной зоны, на примере Липецкой области для последующего анализа устойчивости развития данного региона.

Липецкая область является одним из староосвоенных регионов России, с преобладанием промышленности и сельского хозяйства в структуре ВВП – 55,5% (2017 г.). В настоящий момент отмечается рост доли сельского хозяйства в структуре ВВП области с 7,1% в 2005 г. до 12,5% – 2017 г., что не может не сказаться на состоянии почвенного покрова [3].

При этом регион обладает выдающимся почвенным богатством и разнообразием: 82% площади занимают черноземы степные и их гидроморфные аналоги, 11,3% – лесостепные серые лесные, 1,1% – пойменные почвы, и только 1% – пески и песчаные почвы, 4% – почвы балочных склонов. Земли сельскохозяйственного назначения составляют 80% области [4]. Необходимость сохранения качества почвенного покрова в данном регионе делает необходимым постоянный контроль за его состоянием.

Цель исследования: выявление и оценка степени изменения состояния почв Липецкой области под действием растущей антропогенной нагрузки по материалам агрохимического обследования и историческим данным о состоянии почв.

Материалы и методы исследования

В данной работе проводится исследование при помощи геоинформационных методов изменения состояния почв Липецкой области по ряду агрохимических показателей: кислотность (pH_{KCl}), содержание в пахотном горизонте органического вещества, подвижных фосфора и калия, а также загрязнение радиоактивным изотопом цезия Cs-137.

В качестве исторических данных о состоянии почв области нами использовались карты-схемы, отражающие состояние пашни на 01.01.2006 из монографии «Почвы Липецкой области». Схемы, иллюстрирующие кислотность (pH_{KCl}), содержание в пахотном горизонте органического вещества, подвижных фосфора и калия, а также загрязнение Cs-137, не имеют масштабной линейки, их масштаб, определенный по расстоянию между населенными пунктами, примерно соответствует 1:1000000.

Состояние пашни отображается на схемах цветовыми шкалами с градациями. Обеспеченность почв гумусом на территории Липецкой области подразделяется на три градации: низкая (2,1–4,0%) занимала по состоянию на 2006 г. 9% от площади пашни, средняя (4,1–6,0%) – 52%, повышенная (6,1–8,0%) – 39% по состоянию на 01.01.2016. По степени кислотности почв пашню Липецкой области делят на три группы: близкая к нейтральной (pH 5,6–6,8) – 35% площади пашни, слабокислая (pH 5,1–5,5) – 45% и среднекислая (pH 4,6–5,0) – 20%. Средневзвешенное значение фосфора в пахотных почвах области на 01.01.2006 г. составляло 99 мг/кг, территория пашни со средней обеспеченностью фосфором составила 40% площади пашни, с повышенной – 20%, с высокой – 20%, и на 20% площади пашни отмечался дефицит этого элемента. Обеспеченность пахотных почв Липецкой области подвижным калием в 2006 г. подразделялась на высокую, занимающую 25% площади пашни, повышенную и среднюю в сумме составивших – 74%, низкую – 1% от площади пашни [4].

Для моделирования текущего состояния почвенного покрова Липецкой области использовалась информация по контурам сельскохозяйственных угодий из «Единой федеральной информационно-системы земель сельхозназначения» относящаяся к 11-му туру агрохимического обследования почв (2014–2017 гг.) [5]. Данные по агрохимическому обследованию покрывают Липецкую область не полностью: в доступном покрытии полностью представлены Краснинский, Елецкий, Долгоруковский и Задонский, остальные районы покрыты данными частично, полностью отсутствуют данные на Данковский и Грязинский районы (рис. 1). Для сравнения столь различных источников была разработана методика, основанная на объединении данных из двух источников с помощью использования регулярной сетки квадратов-кластеров с пло-

щадью 1 км². Реализация методики состоит из трех этапов:

1. Этап подготовки данных к обработке.
2. Анализ данных по состоянию почвенного покрова по отдельным элементам.
3. Комплексный анализ состояния почвенного покрова.

Этап подготовки данных состоит из комплекса работ по занесению информации из используемых источников в кластеры для дальнейшего анализа. Подготовка исторических данных заключалась в геопространственной привязке (по населенным пунктам и устьям рек) и векторизации карт-схем в программе ArcGIS. Результаты векторизации были перенесены на сеть кластеров в виде классов.

Данные агрохимического обследования были переведены в растровое покрытие с разрешением 30 м и с помощью инструмента извлечения значений растра в таблицу, по векторной сети получены значения показателей. Нами не использовались инструменты интерполяции модуля ArcGIS Geostatistical Analyst, так как в дальнейшем планируется исследование взаимосвязей между агрохимическими показателями, рельефом и другими свойствами ландшафта.

Последующая обработка полученных таблиц производилась с помощью скриптов на языке Python 3, в результате которой получено медианное значение показателя для каждого кластера. Результат был экспортирован в xls., объединен с вектором кластеров и разделен на градации (табл. 1). Кластерам с историческими данными также присвоены классы в соответствии с их значениями.

Для оценки состояния почв по пяти показателям из современного значения класса ($C_{сов}$) вычитается историческое значение ($C_{ист}$) и получаем индекс изменений показателей ($I_{изм}$).

$$I_{изм} = C_{сов} - C_{ист}$$

В результате получены значения индекса изменений, позволяющие оценить степень изменений для пяти показателей. Выделены следующие градации изменений состояния: катастрофическое снижение качества, сильное снижение качества, умеренное снижение качества, незначительное снижение качества, качественные изменения отсутствуют, незначительный рост качества, умеренный рост качества, резко выраженный рост качества (табл. 2).

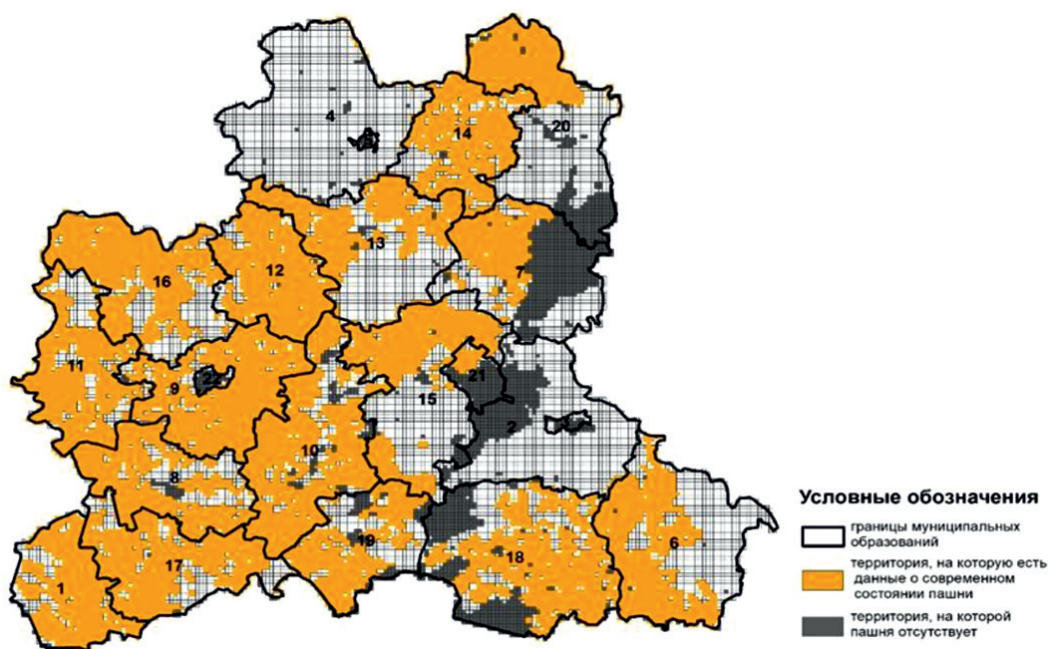


Рис. 1. Доступные данные агрохимического обследования, характеризующие современное состояние почв. 1 – Воловский район; 2 – Грязинский район; 3 – город Грязи; 4 – Данковский район; 5 – город Данков; 6 – Добринский район; 7 – Добровский район; 8 – Долгоруковский район; 9 – Елецкий район; 10 – Задонский район; 11 – Измалковский район; 12 – Краснинский район; 13 – Лебедянский район; 14 – Лев-Толстовский район; 15 – Липецкий район; 16 – Становлянский район; 17 – Тербунский район; 18 – Усманский район; 19 – Хлевенский район; 20 – Чаплыгинский район; 21 – город Липецк; 22 – город Елец

Таблица 1

Градации значений классов для медианных значений показателей

Классы	Наименование показателя				
	Гумус	pH _{KCl}	P _{подв}	K _{подв}	Cs-137
1	<2,1	<4,1	<20	<20	< 1 Ку/м ²
2	2,1–4,0	4,1–4,5	21–50	21–40	>1 Ку/м ²
3	4,1–6,0	4,6–5,0	51–100	41–80	
4	6,1–8,0	5,1–5,5	101–150	81–120	
5	8,1–10,0	5,6–6,0	151–200	121–180	
6	>10,1	>6,0	>201	>181	

Таблица 2

Значения индекса изменений показателей

Значение	Наименование показателя			
	Гумус	pH _{KCl}	P _{подв}	K _{подв}
Катастрофическое снижение качества	*	-4	*	-4
Сильное снижение качества	-3	-3	-3	-3
Умеренное снижение качества	-2	-2	-2	-2
Незначительное снижение качества	-1	-1	-1	-1
Качественные изменения отсутствуют	0	0	0	0
Незначительный рост качества	1	1	1	1
Умеренный рост качества	2	2	2	2
Резко выраженный рост качества	*	3	3	3
Снижение радиоактивного загрязнения				
Значение	Cs-137	* – значения отсутствуют		
Значительное снижение загрязнения	-2			
Незначительное снижение загрязнения	-1			
Качественные изменения отсутствуют	0			
Загрязнение сохранилось	1			

Таблица 3

Количество кластеров, характеризующих изменения в состоянии почв

Значение	Наименование показателя			
	Гумус	pH _{KCl}	P _{подв}	K _{подв}
Катастрофическое снижение качества	*	6	*	1
Сильное снижение качества	7	85	11	17
Умеренное снижение качества	2035	597	428	1302
Незначительное снижение качества	8451	3959	2979	3964
Качественные изменения отсутствуют	2898	6172	6525	4271
Незначительный рост качества	17	2243	2489	2973
Умеренный рост качества	3	337	731	829
Резко выраженный рост качества	*	18	254	59
Всего	13411	13417	13417	13416
Снижение радиоактивного загрязнения				
Значение	Cs-137	* – значения отсутствуют		
Значительное снижение загрязнения	50			
Незначительное снижение загрязнения	1885			
Качественные изменения отсутствуют	11479			
Загрязнение сохранилось	2			
Всего	13416			

Общее количество 24540 кластеров, из которых не имеют на своей территории сельскохозяйственных земель 2092. Данные агрохимического обследования доступны на 13411–13417 кластеров, что позволяет оценить изменения состояния территории по основным агрохимическим показателям 60% территории Липецкой области. Для каждого показателя посчитано количество кластеров для каждой из градаций (табл. 3).

Наибольшие негативные изменения коснулись содержания в почвах гумуса, калия и кислотности, значительная территория претерпевает снижение содержания в почвах питательных элементов. Но есть положительные изменения в содержании в почве калия и фосфора, а также снижении радиоактивного загрязнения Cs-137.

Для комплексной оценки территории по вышеперечисленным показателям рассчитываем комплексный индекс изменений ($I_{изм.ком}$), складывая $I_{изм}$ по гумусу, кислотности, калию и фосфору, вычитаем индекс изменений по цезию.

$$I_{изм.ком} = I_{изм.гум.} + I_{изм.pH} + I_{изм.P} + I_{изм.K} - I_{изм.Cs}$$

Весь диапазон значений $I_{изм.ком}$ от –8 до 7 ранжирован на 5 градаций: значительные негативные изменения, незначительные не-

гативные изменения, отсутствие изменений, незначительные позитивные изменения, значительные позитивные изменения (табл. 4).

Таблица 4

Градации значений комплексного индекса изменений состояния почв

Значение	Диапазон комплексного индекса изменений
Значительные негативные изменения	–8 до –5
Незначительные негативные изменения	–4 до –2
Отсутствие изменений	–1 до 1
Незначительные позитивные изменения	2 до 4
Значительные позитивные изменения	5 до 7

Результаты исследования и их обсуждение

Негативным изменениям разной степени подвержены почвы всех районов, на территорию которых имеются данные агрохимического обследования за 2014–2017 г. Негативные изменения наиболее распространены в Липецком, Добровском, Задонском и Тербунском районах (рис. 2).

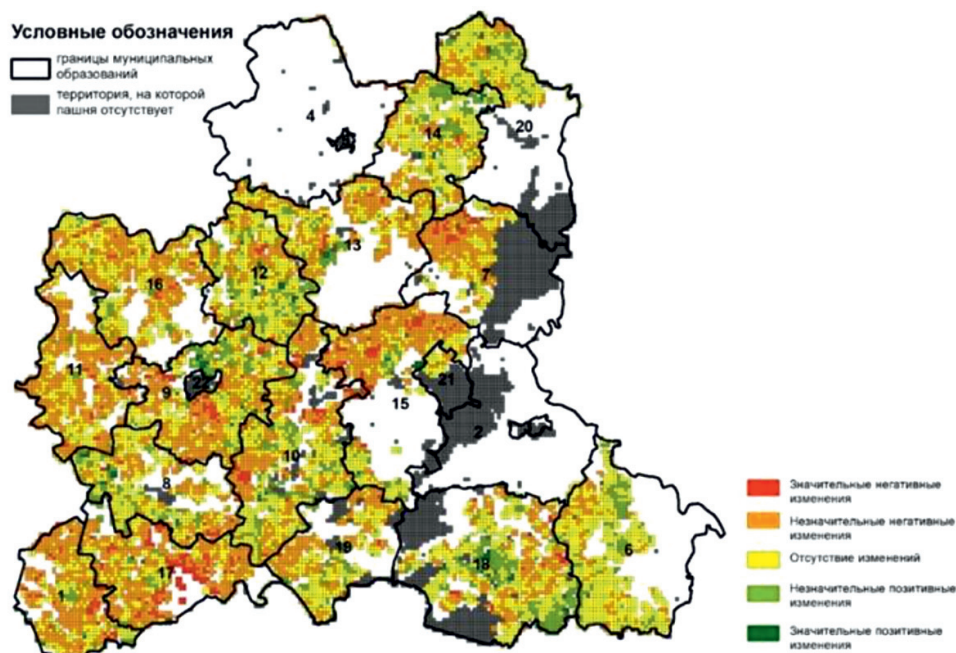


Рис. 2. Пространственное распределение комплексного индекса изменений. 1 – Воловский район; 2 – Грязинский район; 3 – город Грязи; 4 – Данковский район; 5 – город Данков; 6 – Добринский район; 7 – Добровский район; 8 – Долгоруковский район; 9 – Елецкий район; 10 – Задонский район; 11 – Измалковский район; 12 – Краснинский район; 13 – Лебедянский район; 14 – Лев-Толстовский район; 15 – Липецкий район; 16 – Становлянский район; 17 – Тербунский район; 18 – Усманский район; 19 – Хлевенский район; 20 – Чаплыгинский район; 21 – город Липецк; 22 – город Елец

Заключение

Анализ изменений состояния почв Липецкой области позволяет сделать вывод о значительном снижении загрязнения Cs-137. Пространственное отображение изменений состояния почвенного покрова свидетельствует о незначительной площади сельскохозяйственных угодий, не претерпевших негативных изменений, что свидетельствует о неблагоприятных последствиях интенсификации сельскохозяйственного производства в период с 2005 по 2017 г. Данное обстоятельство свидетельствует о необходимости принятия мер для поддержания плодородия почв Липецкой области для сохранения устойчивости развития территории при дальнейшей интенсификации сельского хозяйства.

Список литературы / References

1. Юсова Ю.С., Чижикова Т.А. Рациональное использование земли как фактор устойчивого развития АПК // Фундаментальные исследования. 2016. № 6–1. С. 244–247.
2. Юсова Ю.С., Чижикова Т.А. Rational use of land as a factor of sustainable development of agriculture // Fundamental research. 2016. № 6–1. С. 244–247 (in Russian).
3. Докучаев В.В. Кучению о зонах природы. Горизонтальная и вертикальная почвенные зоны. [Электронный ресурс]. URL: <http://bookre.org/reader?file=489307> (дата обращения: 12.06.2019).
4. Докучаев В.В. The teaching about the zones of nature. Horizontal and vertical soil zones. [Electronic resource]. URL: <http://bookre.org/reader?file=489307> (date of access: 12.06.2019) (in Russian).
5. Сискевич Ю.И., Никоноренков В.А., Долгих О.В., Ахтырцев А.Б., Сушков В.Д. Почвы Липецкой области. Липецк: Позитив Л, 2018. 209 с.
6. Liskevich Y.I., Nikonorenkov V.A., Dolgikh O.V., Akhtyrtsev A.B., Sushkov V.D. The soils of the Lipetsk region. Lipetsk: Positive L, 2018. 209 p. (in Russian).
7. Единая федеральная информационная система земель сельхозназначения. [Электронный ресурс]. URL: <http://efis.mcx.ru/efis> (дата обращения: 11.01.2019).
8. Unified Federal information system of agricultural land. [Electronic resource]. URL: <http://efis.mcx.ru/efis> (date of access: 11.01.2019) (in Russian).

УДК 550.42

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{137}CS , ^{40}K , ^{238}PU , $^{239} + ^{240}\text{PU}$ И НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ ПОЧВЫ С УЧАСТКОВ ВОКРУГ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА**Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Ларионов Н.С., Скютте Н.Г.***Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаврова РАН, Архангельск, e-mail: abs2417@yandex.ru*

Целью исследования являлся актуальный анализ содержания долгоживущих техногенных и природных радиоактивных изотопов в трех искусственно выделенных почвенных горизонтах в интервале 0–5, 5–10 и 10–15 см на территории в непосредственной близости к Северодвинскому промышленному району (СПР). Кроме того была поставлена задача исследовать миграцию изотопов и тяжелых металлов вниз по склону холмов на четырех пробных площадках. В данной статье представлены результаты определения концентраций активности ^{137}Cs , ^{40}K , плутония и некоторых тяжелых металлов в образцах почвы с четырех площадок вокруг Северодвинского промышленного района. Результаты были получены в течение 2017–2018 гг. Определены активности и распределение плутония в почвах. Было установлено, что содержание ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ выше на вершинах склонов исследованных участков по сравнению с подножием. Распределение радионуклидов и тяжелых металлов по трем слоям почвы имело специфические различия. Их концентрация также уменьшалась от пробы на вершине холма к его подножию. Концентрации ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$ снижались вниз по горизонтам каждой из проб. Концентрация естественного гамма-активного изотопа ^{40}K не показала явных корреляций с цезием и плутонием. Распределение тяжелых металлов было обратным по сравнению с изотопами. Максимумы концентраций тяжелых металлов обнаружены у подножия склонов, а минимумы – в пробах, отобранных на склонах. В одной из проб концентрация плутония выше остальных и, вероятно, содержит «горячую частицу» от чернобыльских выпадений. Концентрация тяжелых металлов по отобранным горизонтам также уменьшалась от верхнего к нижнему. Рассмотрены корреляции между радиоактивными элементами и некоторыми тяжелыми металлами.

Ключевые слова: цезий, плутоний, промышленный район, тяжелые металлы, альфа-спектрометрия, гамма-спектрометрия, радиохимия

DISTRIBUTION OF ^{137}CS , ^{40}K , ^{238}PU , $^{239} + ^{240}\text{PU}$ AND SOME HEAVY METAL IN SPRAY TESTS FROM PLOTS AROUND THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA**Zykova E.N., Zikov S.B., Yakovlev E.Yu., Larionov N.S., Skyutte N.G.***Federal Centre for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov RAS, Archangelsk,
e-mail: abs2417@yandex.ru*

The aim of the research was the actual analysis of the content of long-lived man-made and natural radioactive isotopes in three artificially isolated soil horizons in the range of 0-5, 5-10 and 10-15 cm in the territory in close proximity to the Severodvinsk industrial region (SIR). In addition, the task was to investigate the migration of isotopes and heavy metals down the hillside on four sample plots. This article presents the results of determining the activity concentrations of ^{137}Cs , ^{40}K , plutonium and some heavy metals in soil samples from four sites around the Severodvinsk industrial region. The results were obtained during the years 2017-2018. The activities and distribution of plutonium in soils were determined. It was found that the content of ^{137}Cs and $^{239+240}\text{Pu}$ is higher at the tops of the slopes of the studied areas compared to the foot. The distribution of radionuclides and heavy metals across the three layers of soil had specific differences. Their concentration also decreased from a sample at the top of the hill to its foot. The concentrations of ^{137}Cs and $^{239+240}\text{Pu}$ decreased down the horizons of each sample. The concentration of the natural gamma of the active isotope ^{40}K did not show clear correlations with cesium and plutonium. The distribution of heavy metals was reversed compared with isotopes. Maximum concentrations of heavy metals were found at the foot of the slopes, and minima in samples taken on the slopes. In one of the samples, plutonium concentration is higher than the others and probably contains a «hot particle» from Chernobyl fallout. The concentration of heavy metals in the selected horizons also decreased from the top to the bottom. Correlations between radioactive elements and some heavy metals are considered.

Keywords: cesium, plutonium, industrial area, heavy metals, alpha spectrometry, gamma spectrometry, radio chemistry

Загрязнение окружающей среды является одной из основных антропогенных угроз. Северодвинский промышленный район, расположенный на берегу Белого моря, в северо-западной части Архангельской области, сформировался в 1940–1960-е гг. в связи с развертыванием на этой территории одного из крупнейших в мире предприятий атомного судостроения. Территория вокруг Северодвинского промышленного района подвержена загрязнению от дея-

тельности предприятий, входящих в состав промышленного комплекса. В этот состав входят предприятия машиностроения, металлургии, химические производства, а также электростанции, работающие на каменном угле и газе. Кроме того, постоянное наличие на предприятии судов с ядерными силовыми установками требует пристального внимания к мониторингу территории вокруг Северодвинского промышленного района. Основными объектами мониторин-

га являются почвы, осадки, воды, донные отложения, аэрозоли и растительность на предмет выявления в них долгоживущих техногенных изотопов и тяжелых металлов. Такие радиоактивные элементы, как ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$, были привнесены в природную среду в результате ядерных испытаний, проведенных в середине XX в., в результате аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.) и на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. [1].

Цель исследования: определить содержание гамма-излучающего техногенного элемента ^{137}Cs и природного ^{40}K в почвах вокруг Северодвинского промышленного района. Кроме того, важной задачей было определить в этих пробах активность техногенного альфа-излучающего радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$. На основе этих определений была поставлена задача выявить распределение данных изотопов по трем почвенным горизонтам, их распределение по пути вершина – склон – подножие холма и выявить возможные корреляции между всеми этими параметрами. Интересно было также изучить возможный вклад в это глобальных антропогенных и природных факторов. Дополнительной задачей являлось определение валовой концентрации Pb, Zn, Ni, Cd, и Fe, выявление корреляций между ними и радиоактивными элементами, поскольку данный аспект тоже имеет заметное значение и исследовался многими учеными [2].

Материалы и методы исследования

В процессе работы было исследовано загрязнение образцов почвы искусственными (^{137}Cs , и $^{239+240}\text{Pu}$) и естественными (^{40}K) радионуклидами с четырех основных участков. Исследованные образцы почвы были собраны в мае и сентябре 2018 г. Пробные участки находились в 8–12 км юго-западнее и юго-восточнее от Северодвинского промышленного района (рис. 1). По геологической структуре оба участка одинаковы, подстилаются сходными горными породами и четверичными отложениями. Участки были выбраны таким образом, чтобы они включали в себя возвышенный участок, склон и подножие склона. Образцы почвы в количестве 36 штук были взяты с данных пробных площадок с вершин, склонов и у подножья холмов (рис. 1). Высота холмов составляла от 10–12 м (участки 1 и 2) до 15–18 м на участке 3 и 4. Образцы почвы собирали с помощью полипропиленовых цилиндров диаметром 10 см. Глубина отбора проб составляла 15 см. Керны вынимали и хранили в цилиндрах. Пробы нарезали

в лаборатории на слои толщиной 5 см. Каждый слой измерялся как отдельный образец. Полученные таким образом пробы сушили при 105°C в течение суток и измельчали до однородного состояния. Образец просеивали на вибрационном грохоте «Retsch» на сите с ячейкой 2 мм.

Сначала все измельченные и гомогенизированные образцы были подготовлены для гамма-спектрометрических измерений активности ^{137}Cs и ^{40}K с помощью низкофонового гамма-спектрометра «Canberra», оснащенного полупроводниковым детектором и свинцовой защитой 10 см с медной вставкой. Типичное время измерения составляло от 20 до 24 ч. Полученные спектры обрабатывали с использованием программного обеспечения спектрометра «Genie-2000».

Измерения альфа-активных изотопов плутония проводились на альфа-спектрометре «Прогресс-альфа» с полупроводниковым детектором с экспозицией 15–20 ч. Процедура извлечения изотопов начиналась с того, что воздушно-сухую просеянную пробу почвы истирали на мельнице до размера частиц 0,074 мм. Для перевода изотопов плутония в раствор пробу обжигали в фарфоровом тигле при 500°C . В обожженную пробу вводили 1 см^3 раствора ^{242}Pu , добавляли 20 см^3 концентрированной HCl и 10 см^3 концентрированной HF. Содержимое чашки выпаривали до влажных солей. После охлаждения чашки прибавляли 10 см^3 дистиллированной воды и снова выпаривали до влажных солей. Влажные соли обрабатывали $5\text{ см}^3\text{ HNO}_3$, и выпаривали досуха. Эту операцию повторяли еще 2 раза. К сухому остатку прибавляли $50\text{ см}^3\text{ 7 M HNO}_3$, $1\text{ см}^3\text{ H}_2\text{O}_2$, накрывали часовым стеклом и кипятили до растворения солей. Нерастворимый остаток отфильтровывали через фильтр «синяя лента» и растворяли 10 см^3 горячей 7 M HNO_3 . Чтобы отделить изотопы плутония от мешающих элементов в азотнокислый раствор добавляли 0,2 г сухой соли NaNO_2 . После этого проводили экстракцию изотопов плутония $20\text{ см}^3\text{ 30\%}$ раствора ТБФ в толуоле в течение 5 мин. Промывали 2 раза органический экстракт 7 M HNO_3 по 1 минуте. После этого производили реэкстракцию изотопов плутония 20 см^3 раствора $0,04\text{ M HF}$ в $0,25\text{ M HNO}_3$ 2 раза по 5 мин. Затем реэкстракт выпаривали досуха, смачивали концентрированной азотной кислотой и снова выпаривали досуха. Затем прибавляли $10\text{ см}^3\text{ 10 M HCl}$ и нагревали до растворения сухого остатка и вносили $0,025\text{ г NaNO}_2$.

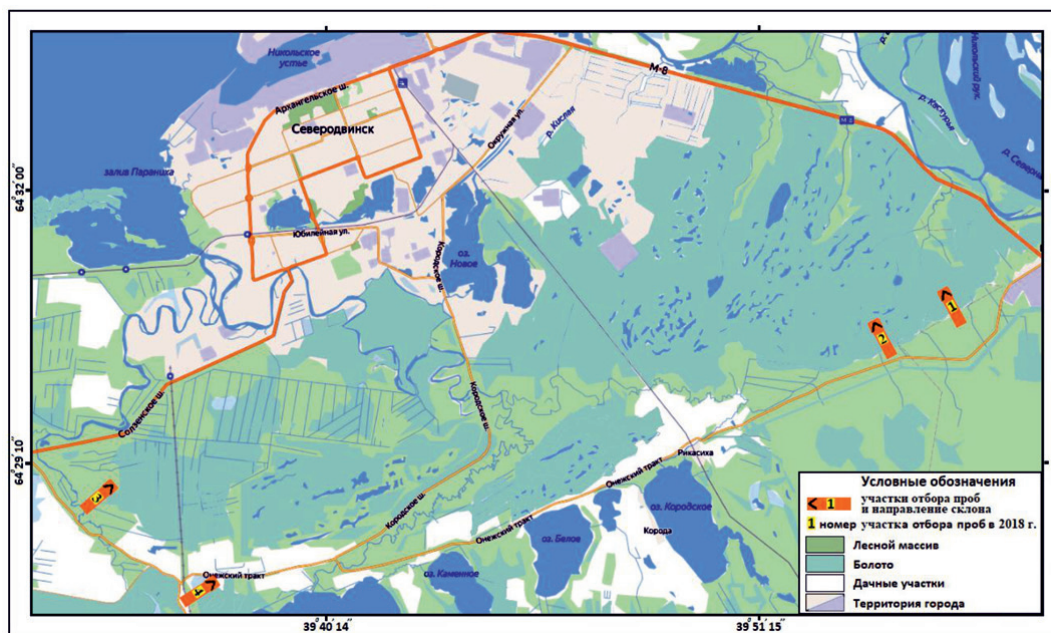


Рис. 1. Карта участков отбора проб почв вокруг Северодвинского промышленного района

Полученный солянокислый раствор пропускали через предварительно очищенный анионит АВ-17-8 со скоростью 1 см³/мин. После пропускания растворов колонку промывали 20 см³ 10 М HCl. Затем вымывали изотопы плутония 15 см³ раствора 10 М HCl, насыщенной KI. В полученный солянокислый раствор добавляли 5 см³ концентрированной HNO₃ и выпаривали досуха. Сухой остаток растворяли в 10 см³ 1% раствора трилона «Б» и добавляли по 1 см³ насыщенного раствора щавелевокислого аммония и 25% раствора хлористого аммония, доводили рН до 3–4 добавлением 7 М HNO₃ и переводили полученный раствор в электролитическую ячейку. Электролитическое осаждение изотопов плутония проводили на диск из нержавеющей стали в течение 30 мин при постоянном токе 2,0 А. Счетные образцы измерялись в 5 мм от детектора. Полученные спектры анализировали с помощью программного обеспечения «Прогресс 3.20» [3].

Измерение концентраций тяжелых металлов проводилось на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (AES-ICP). Первичная подготовка включала в себя вскрытие измельченной пробы смесью HF и HClO₄ во фторопластовом стакане при нагревании, выпаривание до влажных солей и растворение их в разбавленной азотной кислоте.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты, представленные на рис. 2, были получены с четырех участков из трех слоев почвы с глубины 0–5 см, 5–10 см и 10–15 см для γ -излучателей ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, и α -активного ²³⁹⁺²⁴⁰Pu. Несмотря на относительно небольшие расстояния одного участка от другого, концентрации цезия и плутония были различны как на вершинах, так и у подножия склонов. В образцах с пробного участка 1 активность ¹³⁷Cs варьировала от 16,4 Бк/кг (вершина склона, глубина 10–15 см) до 103,6 Бк/кг (подножие склона, глубина 0–5 см), с промежуточным значением на склоне в 53,03 Бк/кг. В образцах со второго пробного участка оно имело минимальные значения 20,3 Бк/кг (вершина склона, глубина 5–15 см) достигая максимальных показателей 94,6 Бк/кг у подножия склона в пробе, отобранной из горизонта 0–5 см. На участках отбора 3 и 4 проявилась следующая картина. Минимальные значения ¹³⁷Cs были зафиксированы в горизонте 10–15 см активностью в 12,8 Бк/кг (участок 4) и в горизонте 10–15 см на склоне участка 3 (10,4 Бк/кг). Максимальные значения были характерны для верхних горизонтов и доходили до 63,7 Бк/кг (участок 3). В целом проявлялась такая зависимость распределения цезия, что максимальные значения актив-

ности находились в верхних горизонтах на вершинах и подножия холмов. Если рассмотреть его распределение вниз по склону, то вырисовывается такая зависимость, что происходит частичный смыв ^{137}Cs вниз с накоплением в верхнем горизонте у его подножия. Минимальные значения цезия по всем горизонтам наблюдаются в пробах, отобранных на склоне. Вертикальное распределение по горизонтам показало, что максимальные значения активности ^{137}Cs находятся в верхних горизонтах вне зависимости от расположения профиля ввиду его активной сорбции растениями, использующими его как суррогат калия на обедненных им почвах.

Результаты для α -излучателя $^{239+240}\text{Pu}$ были сопоставимы на всех четырех площадках как на вершине, так и у подножия склона. Наблюдается линейная зависимость уменьшения плутония с глубиной, что характерно для этого изотопа. Максимальная концентрация плутония наблюдается на площадке № 4 в районе оз. Кудемское ($6,75 \pm 0,9$ Бк/кг). Только пробы из верхних горизонтов со склона второго, склона и подножия третьего участков значительно отклоняются от типичной прямой зависимости распределения плутония. Относительно высокие активности для этих трех образцов могут, и скорее всего, свидетельствуют о наличии в них плутония, возникшего в ядерном реакторе, выброшенного и перенесенного воздушными массами на данную местность в виде «горячей частицы» вследствие Чернобыль-

ской аварии. Разница в концентрациях цезия и плутония в пробах почвы может быть вызвана также климатическими условиями. Концентрация активности цезия и плутония обычно уменьшаются с глубиной, и наибольшие значения находятся в самых верхних слоях почвы, что и было подтверждено в данном исследовании.

Значения активности природного изотопа ^{40}K для всех образцов почвы были различны (рис. 2). Это обусловлено его количеством в горной породе, подстилающих почву четвертичных отложениях и наличием его в минеральной фракции почвы. Активность ^{40}K была прямо пропорциональна общей активности калия в почве, а удельная активность природного калия всегда равна 31,7 Бк/г. Наибольшая активность калия была обнаружена в слоях 5–10 и 10–15 см и достигала максимума в 576,1 Бк/кг у подножия склона на участке № 4 в горизонте 5–10 см. В процессе исследований не было выявлено зависимости в концентрации калия с расположением точки отбора пробы на склоне. В целом активность ^{40}K сходна со значениями, замеренными ранее в почвах на данной территории [4].

Было проведено исследование содержания некоторых тяжелых металлов (Zn, Pb, Cd, Ni) и железа в пробах почв, взятых с данных пробных площадок. В общем, концентрация этих металлов существенно не отличается от значений из образцов почв верхнего почвенного горизонта A_0A_1 отобранных ранее на данной территории [5].

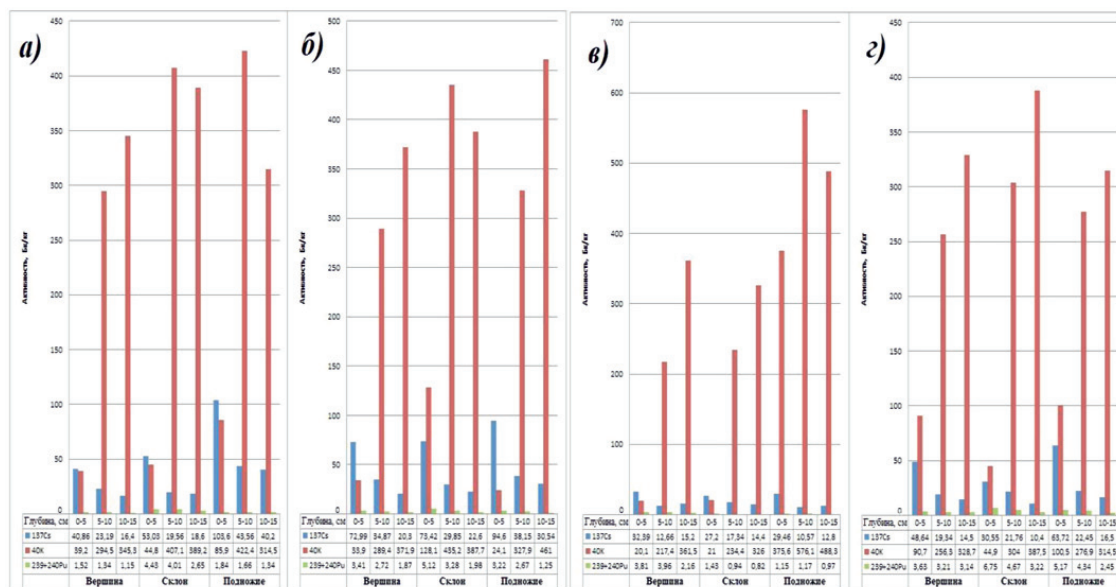


Рис. 2. Распределение изотопов в пробах почв вокруг Северодвинского промышленного района; а) пробный участок № 1; б) пробный участок № 2; в) пробный участок № 4; г) пробный участок № 3

Распределение тяжелых металлов было обратным по сравнению с изотопами. Максимумы концентраций тяжелых металлов обнаружены у подножия склонов, а минимумы – в пробах, отобранных на склонах. Такая же зависимость наблюдается и в распределении по исследованным горизонтам, где минимальные значения обнаруживаются в верхнем горизонте. Большинство исследованных образцов почвы были загрязнены этими металлами, а в некоторых случаях концентрации Pb, Cd и Fe были близки к предельно допустимым. Подстилающие породы этих почв содержат: 20–36 Zn, 8–17 Pb и 0,4–1,0 Cd (мг/кг). Интересное наблюдение может быть сделано из образцов почвы с 2 и 4 пробной площадки. В пробе у подножия холма в горизонте 5–10 см со второго участка была отмечена повышенная концентрация свинца (24,3 мг/кг) и кадмия (2,6 мг/кг). Тогда как в пробе у подножия холма (горизонт 5–10 см) на участке № 4 наблюдалась более высокая концентрация цинка и железа (45,2 мг/кг и 743 мг/кг соответственно). Минимальные значения Ni зафиксированы в пробах на склонах в верхних горизонтах и колеблются от 3,2 до 4,7 мг/кг, а максимальные в горизонте 10–15 см (до 20,3 мг/кг на участке № 3). Концентрация этих металлов в пробах почвы чаще всего зависит от выбросов промышленных предприятий, и в некоторой степени от большого содержания органических веществ.

Заключение

Подводя итоги работы можно сказать, что были выявлены некоторые зависимости распределения исследуемых элементов. Распределение ^{137}Cs показало максимальные значения активности его в верхних горизонтах почвы, на вершинах и у подножия холмов. Также стало понятно, что происходит частичный смыв ^{137}Cs вниз по склону с накоплением в верхнем горизонте почвы у подножия. Максимальные значения активности ^{137}Cs , как правило, находятся в верхних горизонтах почв. Подтвердилась прямая зависимость уменьшения активности плутония с глубиной. Заметна некоторая корреляция между ^{137}Cs и $^{239+240}\text{Pu}$, но данных для этого утверждения недостаточно и требуются дальнейшие исследования. Наибольшая активность естественного изотопа ^{40}K была обнаружена в слоях 5–10, 10–15 см и корреляции с ^{137}Cs не обнаружено. Кроме того не было выявлено зависимости в активности калия с расположением точки отбора пробы на склоне. Изучение некоторых тяжелых металлов и железа пока-

зало, что большинство исследованных образцов почвы были загрязнены этими металлами. Распределение тяжелых металлов было обратным по сравнению с изотопами. Максимумы концентраций тяжелых металлов обнаружены у подножия склонов, а минимумы – в пробах, отобранных на склонах. В заключение хочется сказать, что комплексное исследование глобальных и локальных выбросов тяжелых металлов и радионуклидов в атмосферу показывает, что антропогенное воздействие на окружающую среду становится решающим фактором в глобальном цикле многих элементов. Основными источниками этих загрязнителей в атмосфере являются промышленные центры, тепловые электростанции и автомобили. Необходимость исследования данных загрязнений на локальной площади вокруг Северодвинского промышленного района актуальна и тем, что они могут распространяться далеко за пределы данной территории.

Работа выполнена при финансовой поддержке субсидии на выполнение темы государственного задания «Комплексные изотопно-геохимические исследования качества природной среды и идентификация процессов её трансформации на приморских территориях Европейского Севера в современности и в прошлом» № АААА-А19-119011890018-3, а также проектов РФФИ № 19-55-04001 Бел_мол_а, 18-05-60151_Арктика и 18-05-01041_А.

Список литературы / References

1. Popov L., Michailova G., Naidenov I. Determination of activity ratios of Pu-238, Pu-239+240, Pu-241, Am-241, Cs-134, Cs-137 and Sr-90 in Bulgarian soils. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2010. vol. 285. P. 223–237. DOI: 10.1007/s10967-010-0550-4.
2. Kubica B., Mieltski J.W., Golas J., Skiba S., Tomankiewicz E., Gaca P., Jasinska M., Tuteja-Krysa M. Concentration of ^{137}Cs , ^{40}K , ^{238}Pu and $^{239+240}\text{Pu}$ radionuclides and some heavy metals in soil samples from two main valleys from Tatra national park. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2002. vol. 11. no. 5. P. 537–545.
3. Методика измерений удельной активности изотопов плутония (^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$) в пробах почв, грунтов, донных отложений и горных пород альфа-спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой. М.: ФГУП ВИМС, 2013. 15 с.
Methods for measuring the specific activity of plutonium isotopes (^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$) in soil, soil, bottom sediment and rock samples by alpha spectrometry with radiochemical preparation. М.: FGUP VIMS, 2013. 15 p. (in Russian).
4. Abramkovs A., Klavins M., Rudzitis J., Popelis A. Investigation of radionuclide sorption on peat. *Latvian Journal of Chemistry*. 2012. no. 4. P. 342–346. DOI: 10.2478/v10161-012-0021-z.
5. Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Ларионов Н.С. Сравнительно-временной анализ содержания тяжелых металлов в аномальных зонах почв Северодвинского промышленного района // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 8. С. 130–135.
Zykova E.N., Zikov S.B., Yakovlev Y.Yu., Larionov N.S. The comparative-temporal analysis of the content of heavy metals in the anomalous zones of the soils of the Severodvinsk industrial region // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 8. P. 130–135 (in Russian).

УДК 504.53:665.6/7:504.73

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ
АВАРИИ НА МАГИСТРАЛЬНОМ НЕФТЕПРОВОДЕ****Иванченкова О.А., Гамазин В.П., Луцевич А.А.***ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск,
e-mail: oa-iva79@mail.ru*

В настоящей работе приведены результаты обследования нефтезагрязненной территории, возникшей в результате аварии на магистральном нефтепроводе более 20 лет назад. Рекогносцировочное обследование территории показало, что с течением времени нефтяное загрязнение привело к угнетению лесных пород и деградации растительного покрова. На поверхности почвы отчетливо наблюдались следы нефтепродуктов. С целью определения содержания нефтепродуктов в почве были отобраны пробы грунта и проведен лабораторный физико-химический анализ отобранных проб. Отбор проб проводился в весенний период. Для контроля загрязнения нефтью и нефтепродуктами точечные пробы отбирались послойно с глубины 0–20 и 20–40 см. Обработка результатов проводилась с помощью математического моделирования с применением компьютерного программного пакета – Mathcad. Результаты исследования выявили значительное превышение содержания нефтепродуктов в почве, что наблюдалось во всех отобранных пробах. Так, содержание нефтепродуктов в почве некоторых проб превышало фоновую концентрацию, характерную для данной местности, более чем в 80 раз. Максимальное значение концентрации нефтепродуктов в почве составило 30000 мг/кг, что более чем в 5 раз превышает безопасный уровень содержания нефти и нефтепродуктов в почве. На основании полученных данных степень нарушенности нефтезагрязненных земель определяется от высокой до очень высокой. На основании полученных экспериментальных результатов нами предложены мероприятия по восстановлению нарушенных земель, заключающиеся в санации почвы с последующей биоремедиацией нефтезагрязненной территории. Предложена математическая модель, которую можно использовать для обследования почвы, загрязненной нефтепродуктами.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, пробы почвы, нефтепродукты, деградация почв, растительный покров, концентрация

**ESTIMATION OF THE CONDITION OF THE TERRITORY POLLUTED
AS A RESULT OF THE ACCIDENT ON THE MAIN OIL PIPELINE****Ivanchenkova O.A., Gamazin V.P., Lutsevich A.A.***Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bryansk State University
Engineering and Technology», Bryansk, e-mail: oa-iva79@mail.ru*

This work is the result, of inspection of the petropolluted territory which appeared on the main oil pipeline more than 20 years ago. Reconnaissance of the territory shows that oil pollution has led to the oppression of wood breeds and degradation of vegetative cover. Mineral oil traces were distinctly observed on the soil surface. To define the content of mineral oil in soil tests the laboratory physical and chemical analysis of the selected samples has been carried out. Sampling was being spent during the spring period. To control the pollution with oil, dot samples were selected from the depth of 0-20 and 20-40 sm. Processing of the results was conducted by means of a computer software package – Mathcad. The research results have revealed the considerable excess of mineral oil content in all soil samples. So the mineral oil content in some soil samples exceeded background concentration which is typical for this area, in more than 80 times. The maximum value of mineral oil concentration in soil has made 30000 mg/kg which exceeds the safe level of the mineral oil content in soil more than in 5 times. Due to the received data, the disturbance degree of the petropolluted soils is defined from high to very high. On the basis received experimental results we offered the actions for restoration broken lands consisting in sanitation soil with the subsequent bioremediation of the petropolluted territory. The mathematical model which can be used for inspection soil polluted by oil products is offered.

Keywords: oil pollution, soil samples, mineral oil, degradation of soils, a vegetative cover, concentration

В настоящее время добыча, переработка и транспортировка нефти стремительно развивается и вносит значительный вклад в развитие экономики страны. Но не следует забывать о том, что данная отрасль может оказывать значительное влияние на все компоненты природной среды. На каждом этапе своего развития нефтяная промышленность может оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Добыча нефти приводит к деградации почвы и загрязнению мирового океана, переработка,

транспортировка – является источником загрязнения атмосферы, почвы и водных объектов, к тому же повсеместное использование углеводородов сказывается на состоянии всех компонентов природной среды, имея накопительный характер.

Загрязнение компонентов природной среды при транспортировке нефти и нефтепродуктов происходит в результате аварий на нефтепроводах, которые возникают в результате отказа механизмов, нарушения требований к эксплуатации оборудования,

а также несанкционированных врезок. Как правило, такие аварии имеют залповый характер и приводят к масштабным экологическим проблемам.

«Нефть представляет собой сложную смесь органических соединений: алканов, некоторых циклоалканов и ароматических углеводородов различной молекулярной массы, а также кислородных, сернистых и азотистых соединений, многие из которых высокотоксичны» [1].

Кроме того, нефть и ее органические соединения могут находиться в почве в парообразном, жидком подвижном и свободном неподвижном состоянии, а также в сорбируемом на частицах почвы виде и в виде плотной массы на поверхности [2].

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами, возникающее в результате аварий, приводит к значительным изменениям структур биоценозов и фитоценозов, что является причиной их деградации [3]. Сельскохозяйственные угодья на длительный период времени полностью изымаются из пользования.

Нефть приводит к изменению химического состава почвы, ее свойств и структуры. Прежде всего, это оказывает влияние на гумусовый горизонт, изменяя его состав, а также затрудняет поступление влаги к корням растений, что сказывается на физиологическом развитии растений, к тому же процесс самовосстановления почвы протекает очень медленно. Исходя из этого, целью работы является оценка состояния территории, подвергшейся нефтяному загрязнению в результате аварии нефтепровода, произошедшей более 20 лет назад.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования был выбран участок лесного массива Злынковского района Брянской области, на территории которого, в результате прорыва магистрального нефтепровода «Куйбышев – Унеча – Мозырь-1 и 2» компании АО «Транснефть-Дружба» произошел разлив нефтепродуктов. В результате чего территория площадью около 10 га оказалась залита нефтью, что привело к масштабному загрязнению почвенного покрова. С момента аварии на нефтепроводе до момента исследования прошло более 20 лет, однако на данной территории не проводились мероприятия по рекультивации нефтезагрязненной почвы, что привело к угнетённому состоянию лесных пород и деградации растительного покрова. На поверхности почвы отчетливо

наблюдались следы нефтепродуктов. Для исследования и оценки состояния почвенного покрова в 2017 г. были отобраны пробы почвы на загрязненной территории согласно известной методике [4]. Отбор проб почвогрунтов и определение массовой концентрации нефтепродуктов в отобранных пробах проводилось отделом аналитических исследований Брянского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Центральному федеральному округу», действующим на основании аттестата аккредитации № РОСС RU.0001.511747, выданного 07.12.2017 г. Для исследования отбирались пробы почвогрунта в одиннадцати определенных точках обследуемой площадки, где производилась закладка участка площадью 1x1 м с соответствующим послойным снятием грунта до глубины 10 см и последующей выемкой слоя грунта (проба) до глубины 20 см одноразовым совком из полипропилена на полиэтиленовую пленку. Вынутый грунт на месте подвергался усреднению. Последовательным квартованием проводилось взятие усредненной пробы в стеклянные емкости объемом 3 л с пришлифованными крышками. Аналогично проводился отбор пробы до глубины 40 см. Кроме того, для определения фонового содержания нефтепродуктов в почве, послойный отбор проб проводился на территории, не подвергшейся загрязнению нефтепродуктами в результате аварии магистрального нефтепровода. Координаты мест отбора проб представлены в табл. 1.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании анализа литературных источников по данной проблеме можно сделать предположение о том, что легкие фракции нефти испаряются с поверхности разлива, оставшиеся тяжелые неспарившиеся фракции нефти сорбируются минеральными и органическими компонентами почвенного покрова, в зависимости от гранулометрического состава и влажности грунта.

Почвы на территории района отбора проб представлены подзолистыми песчаными и супесчаными типами, на которых произрастают елово-сосновые леса, с участием мягколиственных и твердолиственных пород. Согласно единой классификационной шкале почв по гранулометрическому составу, предложенной В.И. Кирюшиным (1996), данный тип почвы включает фракции крупного и среднего песка и характеризуется

высокой водопроницаемостью и низкой влагоемкостью. Исходя из этого, сорбционная способность углеводородов в единице объема почвогрунта составит 15 л/м^3 .

Так как разлив нефти произошёл более 20 лет назад, значительная часть нефти с поверхности почвы просочилась в нижние горизонты. Скорость и глубина инфильтрации зависят от таких факторов, как структура, состав, растительный покров, уровень грунтовых вод. В результате проведения ряда повторных измерений [5] были получены следующие данные, представленные в табл. 1.

Обработка результатов проводилась с помощью математического моделирования с применением компьютерного программного пакета – Mathcad.

Так как объект исследования оказывается под влиянием факторов, не имеющих количественной оценки, то использовался метод

дисперсионного анализа, который был предложен Р. Фишером и развит Р. Йейтсом [6].

Рассмотрим влияние мест отбора проб на содержание нефтепродуктов в почве. Для этого проведем вычисление средних арифметических величин по формулам

$$M = \sum_{i=1}^u m_i,$$

$$Y_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} y_{i,j}.$$

Отсюда $k_0 = M - 1$, $k_x = u - 1$, $k_e = M - u$.

Вычисление общей средней величины проводилось по формуле

$$Y_{CP} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^u \sum_{i=1}^{m_j} y_{j,i}.$$

Отсюда $Y_{CP} = 8,989 \cdot 10^4$.

Таблица 1

Содержание нефтепродуктов в пробах почвы

Место отбора пробы	Координаты точек отбора проб	Содержание нефтепродуктов на глубине горизонта 0–20 см, мг/кг	Содержание нефтепродуктов на глубине горизонта 20–40 см, мг/кг
Фоновая проба. Точка отбора № 1	52.413679, 31.785057	340	320
Территория участка «Северный» Точка отбора № 2	52.413102, 31.786001	98200	95000
Территория участка «Северный» Точка отбора № 3	52.413640, 31.786859	121000	116300
Территория участка «Северный» Точка отбора № 4	52.412597, 31.787181	104000	105500
Территория участка «Северный» Точка отбора № 5	52.412131, 31.786859	127000	129000
Фоновая проба. Точка отбора № 6	52.408758, 31.786459	310	270
Территория участка «Южный» Точка отбора № 7	52.408629, 31.789231	135000	137800
Территория участка «Южный» Точка отбора № 8	52.410197, 31.789327	179000	177500
Территория участка «Южный» Точка отбора № 9	52.409862, 31.789317	23000	27000
Территория участка «Южный» Точка отбора № 10	52.410053, 31.786876	69000	67500
Территория участка «Южный» Точка отбора № 11	52.409711, 31.786940	30000	34000
Территория участка «Южный» Точка отбора № 12	52.409324, 31.788260	78000	86300
Территория участка «Южный» Точка отбора № 13	52.411050, 31.788356	24600	27800

Вычисление дисперсий проводим по формулам

$$S_{x_2} = \frac{1}{k_x} \sum_{j=1}^u \sum_{i=1}^{m_j} (YCP - Y_j)^2,$$

$$S_{\varepsilon_2} = \frac{1}{k_\varepsilon} \sum_{j=1}^u \sum_{i=1}^{m_j} (y_{j,i} - Y_j)^2,$$

$$S_{O_2} = \frac{1}{k_0} \sum_{j=1}^u \sum_{i=1}^{m_j} (y_{j,i} - YCP)^2.$$

В результате получили

$$S_{x_2} = 7,647 \cdot 10^9 S_{O_2} = 2,39 \cdot 10^9 S_{\varepsilon_2} = 1,482 \cdot 10^3.$$

Вычисление статистики проводилось следующим образом:

$$F_b = \frac{S_{x_2}(M - u)}{S_{\varepsilon_2}(M - 1)}.$$

Отсюда $F_b = 3,548 \cdot 10^6$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{k_x S_{x_2}}{M - 1}},$$

$$\alpha = 0,1, \dots$$

$$x_\alpha = qF(1 - \alpha, u - 1, M - u) \dots x_\alpha = 1,904.$$

В данном расчете статистики F_b критерия Фишера сравнивается со значением

встроенной функции $qF(p, d1, d2)$, используемой в Mathcad. При уровне значимости $\alpha = 0,1$, величина $x_\alpha = 1,904$.

Корреляционное отношение находим по формуле

$$\alpha = \sqrt{\frac{k_0 S_{O_2}}{M - 1}},$$

$$\sigma = 4,888 \cdot 10^4.$$

Плотность вероятностей величины загрязнения почвы нефтепродуктами в горизонтах 0–20 см и 20–40 см представлена на рис. 1 и 2.

Корреляционное отношение при исследовании содержания нефтепродуктов в горизонте 20–40 см соответствует $\sigma = 4,733 \cdot 10^4$.

Из приведенных вычислений следует, что уровень загрязнения почвы нефтепродуктами представляет величины, имеющие нормальное распределение:

- в горизонте 0–20 см $4,888 \cdot 10^4 - 3,000 \cdot 10^5$;
- в горизонте 20–40 см $4,733 \cdot 10^4 - 2,800 \cdot 10^5$.

Уровни содержания нефтепродуктов в почве зависят от места и глубины отбора проб.

Согласно исследованиям, проведенным МакДжиллом, «при содержании нефти в почве от 20000–50000 мг/кг сухой почвы – степень нарушенности определяется от умеренной до высокой, а при содержании нефти в почве свыше 50000 мг/кг степень нарушенности определяется от высокой до очень высокой. Безопасный уровень содержания нефти в почве соответствует 5000 мг/кг» [7].

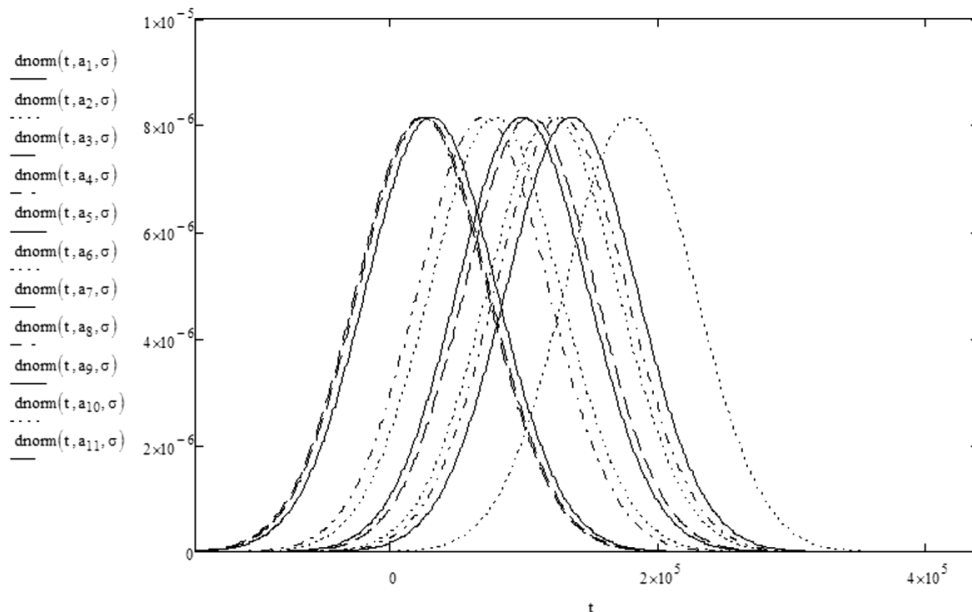


Рис. 1. График плотности вероятностей величины загрязнения почвы нефтепродуктами в горизонте 0–20 см

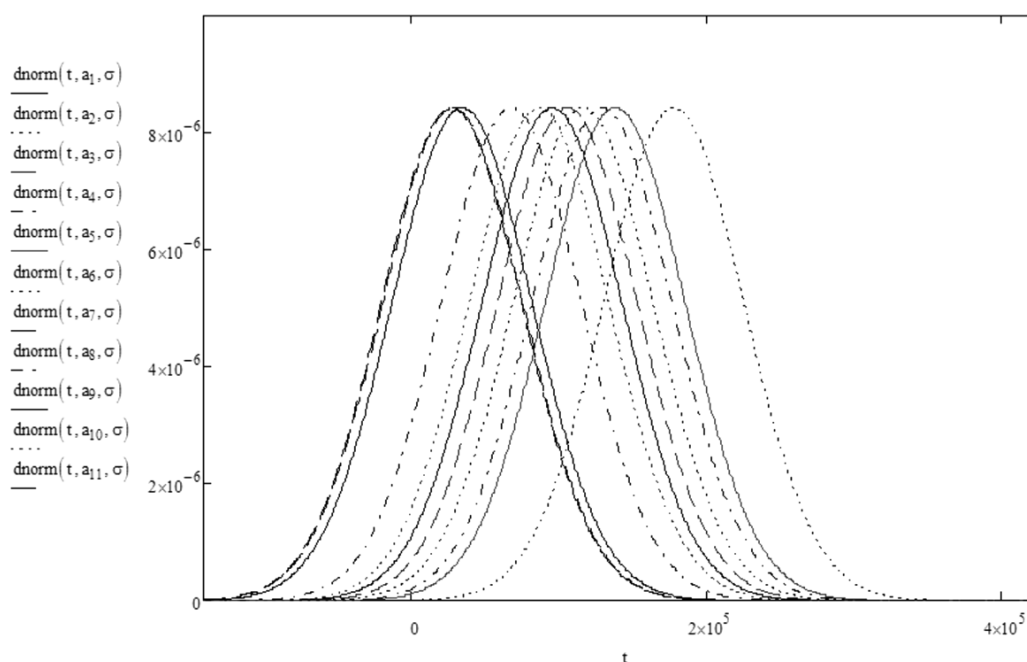


Рис. 2. График плотности вероятности величины загрязнения почвы нефтепродуктами в горизонте 20–40 см

Результаты исследования выявили значительное превышение содержания нефтепродуктов в почве в местах разлива нефти над фоновой концентрацией. Данное превышение в некоторых пробах достигает более чем 80 раз. Максимальное значение концентрации нефтепродуктов в почве более чем в 5 раз превышает безопасный уровень содержания нефти и нефтепродуктов в почве. Согласно полученным данным, уровень содержания нефтепродуктов в пробах почвы, отобранных на исследуемой территории, определяет степень нарушения от умеренной до высокой. При таком содержании нефти процесс восстановления почвы протекает медленно, что подтверждается результатами исследования.

Кроме того, наблюдалась неравномерность в загрязнении территории. Наибольшее содержание углеводов было обнаружено в пробах, отобранных недалеко от места прорыва нефтепровода. Проведенный анализ показал значительное содержание нефтепродуктов в горизонте почвы на глубине от 20 до 40 см. Это объясняется структурой почвы. Песчаные и супесчаные типы характеризуются пористой структурой, что приводит к инфильтрации вредных примесей в нижние горизонты. Это ведет к изменению водно-воздушного режима,

структуры почвы и миграционных способностей отдельных микроэлементов, а также нарушению корневого питания растений и растительного покрова [8].

С учетом уровня загрязнения почвы нефтепродуктами необходимо наметить проведение комплекса мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель. Для этого предполагается провести санацию почвы с последующей биоремедиацией нефтезагрязненной территории. На первом этапе рекомендуется использовать механический метод очистки, путем вырубki лесных пород и снятия загрязненного слоя почвы, глубиной около 20–30 см. На втором этапе снятый слой почвенного покрова необходимо заменить смесью биопрепарата, песка и опилок. На третьем этапе провести посадку и посев растений, устойчивых к воздействию углеводов и способствующих очищению почвы от нефти.

Выводы

1. Отсутствие мероприятий по восстановлению нефтезагрязненной почвы привело к угнетённому состоянию лесных пород и деградации растительного покрова.

2. Согласно результатам исследования, содержание нефтепродуктов в пробах по-

чвы, отобранных в местах разлива нефти, превышает фоновую концентрацию более чем в 80 раз. Кроме того, проведенный анализ показал превышение концентрации нефтепродуктов в почве над безопасным уровнем более чем в 5 раз. Максимальное значение концентрации нефтепродуктов в почве более чем в 30 раз превышает безопасный уровень содержания нефти и нефтепродуктов в почве. При таком содержании нефти процесс восстановления почвы будет проходить длительный период.

3. С учетом уровня загрязнения почвы нефтепродуктами необходимо провести комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель.

Список литературы / References

1. Барабанщиков Д.А., Сердюкова А.Ф. Экологические проблемы нефтяной промышленности России // Молодой ученый. 2016. № 26. С. 727–731.
Barabanshikov D.A., Serdyukova A.F. Ecological problems of the oil industry in Russia // Young Scientist. 2016. № 26. P. 727–731 (in Russian).
2. Подалов Ю.А. Экология нефтегазового производства. М.: Инфра-Инженерия, 2010. 412 с.
Podavalov Yu.A. Ecology of oil and gas production. M.: Infra-Inzheneriya, 2010. 412 p. (in Russian).
3. Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти (формы проявления, основные процессы, модели) // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 24–41.
Solntseva N.P. General patterns of soil transformation in areas of oil production (manifestations, main processes, models) // Restoration of oil-contaminated soil ecosystems. M.: Nauka, 1988. P. 24–41 (in Russian).
4. ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» от 17 апреля 2018 № 17.4.4.02-2017. М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.
5. ГОСТ Р 54039-2010 «Качество почв. Экспресс-метод спектроскопии в ближней зоне инфракрасной области для определения содержания нефтепродуктов» от 30 ноября 2010 № 54039-2010. М.: Стандартинформ, 2018. 10 с.
6. Баранова И.М., Муравьев А.Н. Математическое моделирование. Брянск: РИО БГИТА, 2014. 214 с.
Baranova I.M., Muravev A.N. Math modeling. Bryansk: RIO BGITA, 2014. 214 p. (in Russian).
7. McGill W.W. Soil restoration following oil spills – a review. J. Canad. Petrol. Technol. 1977. V. 16. № 2. P. 60–67.
8. Вержбицкий В.В., Андрианов И.И., Полтавская М.Д. Охрана окружающей среды в нефтегазовом деле: учеб. пособие. Ставрополь: СКФУ, 2014. 97 с.
Verzhbitsky V.V., Andrianov I.I., Poltava M.D. Environmental protection in oil and gas business: manual. Stavropol: SKFU, 2014. 97 p. (in Russian).

УДК 528.9:911.2

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ КАК ЧАСТЬ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА «БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН: ОБЩЕСТВО И ПРИРОДА» (НАЗНАЧЕНИЕ, СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ)

Кузнецова Т.И.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru

В рамках обзорного электронного атласа «Байкальский регион: общество и природа» разработана научная концепция создания блока ландшафтных карт как базы знаний для обеспечения геоэкологического анализа исследуемой территории. Общей стратегией комплексного картографирования является отображение не только природных свойств ландшафтов, но также и их пользовательского, управленческого и охранного аспектов. Предметом картографического анализа ландшафтов является не только их текущее, но и будущее состояние, которое рассматривается в качестве комплекса природных условий жизнедеятельности человека на исследуемой территории; выделяются проблемные в экологическом отношении зоны и даются рекомендации по рационализации использования природных ландшафтов. Программно-целевое картографирование природных ландшафтов представляет собой совокупность методов традиционного геосистемного картографирования и геоинформационных методов организации и визуализации тематических пространственных данных. Используются принципы картографического геосистемного мониторинга как системы инвентаризации, оценки и прогнозирования изменения природной среды Байкальского региона. Качественная экологическая оценка проводилась с использованием методики ландшафтно-интерпретационного картографирования и разработанной системы геосистемных признаков-индикаторов. Географический прогноз изменения природной среды исследуемого региона выполнен на основе структурно-динамической трактовки географических явлений. Представлены структура блока ландшафтных карт электронного атласа «Байкальский регион: общество и природа» и последовательность его создания. Блок карт представляет собой тематически единый функционально завершенный фрагмент электронного атласа, оформленный как самостоятельный продукт. Структурированный по принципу тематической и структурной сопряженности, он далее выступает как средство для получения нового знания о свойствах природной среды.

Ключевые слова: Байкальский регион, геоэкологический анализ, ландшафтное картографирование, геосистемный подход, экологическая интерпретация

LANDSCAPE AND ECOLOGICAL MAPS AS PART OF THE ELECTRONIC ATLAS «BAIKAL REGION: SOCIETY AND NATURE» (ITS FUNCTION, STRUCTURE, CONTENTS)

Kuznetsova T.I.

Federal Publicly Funded Institution of Science V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru

We developed a scientific concept was for creating a block of landscape maps as a knowledge base to provide a geoeological analysis of the study area in the electronic atlas «Baikal Region: Society and Nature». The general strategy of mapping is to display not only the natural properties of landscapes, but also their managerial, protective and human aspects. The subject of the cartographic analysis is not only the current, but also the future state of landscapes, considered as a complex of natural conditions of human life in the territory under consideration. Ecologically problematic areas are identified and recommendations on the rationalization of environmental management are given. Program-targeted landscape mapping is a combination of traditional geosystem mapping methods and geo-information methods for organizing thematic spatial data. Used are the principles of cartographic monitoring as a system of inventory, assessing and forecasting changes in the geosystems of the Baikal region. The qualitative environmental assessment was carried out using the methodology of landscape-interpretation mapping and the developed system of geosystem indicators. Geographical forecast of changes in the geosystems of the region under study was made on the basis of a structural-dynamic interpretation of geographic phenomena. Structure of a set of landscape maps of the electronic atlas «Baikal region: society and nature» and the sequence of its creation are presented. The set of maps is a thematically unified, functionally complete fragment of an electronic atlas, designed as an independent product. Structured according to the principle of thematic and structural conjugacy, it further acts as a means for obtaining new knowledge about the properties of the natural environment.

Keywords: Baikal region, geo-ecological analysis, landscape mapping, geosystem approach, ecological interpretation

В рамках электронного атласа «Байкальский регион: общество и природа» разрабатывается блок ландшафтно-экологических карт геосистемного содержания. За последние пятнадцать лет в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН были созданы региональные атласы – «Экологический атлас Иркутской области: экологические условия развития» (2004) [1], «Экологический

атлас бассейна озера Байкал» (2015) [2] и электронный «Экологический Атлас Байкальского региона» (2017) [3]. Содержание атласа «Байкальский регион: общество и природа» отличается от вышеназванных атласов своей геоэкологической (междисциплинарной) управленческой и природоохранной направленностью, реализующейся, прежде всего, в информационном обеспече-

нии программ экологической безопасности взаимодействия общества с природой [4].

В геоэкологическом картографировании предмет исследования находится в плоскости пересечения трех основных аспектов географии: природа, население, хозяйство – и соответствует некоторой области интегрального междисциплинарного знания. При этом основной акцент делается на отображении конкретной системы показателей природной среды, определяющих условия взаимодействия в системе «общество – природа» и обеспечение доказательств надежности результатов его осуществления. Наряду с этим, класс геоэкосистем является определенным итогом разнообразной человеческой деятельности, и в этом плане геоэкосистемы рассматриваются как пространства в той или иной степени измененные людьми в процессе взаимодействия с человеческим обществом.

Информационное обеспечение регионального геоэкологического анализа (ГЭА) является сегодня одним из приоритетных научных направлений географии и геоэкологии в связи с проблемами изменения климата и глобализации [5]. Ландшафтно-картографическое обеспечение ГЭА представляет собой научный процесс перевода междисциплинарных исследовательских материалов в конструктивную картографическую модель, что требует уточнения круга реализуемых теоретических вопросов, подлежащих изучению; определения критериев отбора эмпирических данных и способов их проработки; разработки методов картографического моделирования по результатам исследования. В связи с этим разрабатывается целенаправленная процедура картографического исследования, которая для своей реализации требует единообразной формы выполнения. Наиболее актуальной при этом является проблема доказательности представленного конечного оценочного и прогнозного результата исследования.

Цель исследования: создание ландшафтной картографической информационной системы (КИС) для обеспечения экологической безопасности взаимодействия человека с природной средой и разработки стратегии и тактики охраны природы, которые будут работать на решение сверхзадачи – устойчивое развитие. В геосистемном картографировании устойчивое развитие рассматривается как важное системное качество, которое определяет существование геосистем в постоянно изменяющейся среде [6]. Сущность устойчивого развития заключается в структурном соответствии

компонентов геосистемы как целого и в соответствии процесса изменения этого целого всему комплексу свойств окружающей среды, под воздействием которой они испытывают постоянные спонтанные или антропогенные изменения как обратимого, так и необратимого характера. Поэтому большое значение для ГЭА имеют прикладные ландшафтные карты, составленные с использованием структурно-динамических классификаций посредством их «геоэкологической интерпретации» [7, с. 43].

Материалы и методы исследования

Методология создания блока ландшафтных карт для инвентаризации, экологической оценки и прогноза развития ландшафтной среды Байкальского региона представляет совокупность методов традиционного картографирования и геоинформационных методов организации тематических пространственных данных и их модификации средствами ГИС-технологий [8]. Основным принципом создания КИС является принцип комплексности, который предполагает наличие единой для всех тематических электронных слоев КИС системы классификации ландшафтов, способной соединить воедино их природные и антропогенные составляющие. Такой подход позволил представить серию сопряженных ландшафтно-экологических интерпретационных карт Байкальского региона в виде целостной КИС, состоящей из набора тематических слоев, объединенных общим замыслом и созданных на единой ландшафтной основе. Структурированная ландшафтно-экологическая КИС выступает как мера упорядоченности исследуемого объекта в пространстве и во времени. Благодаря свойству целостности, процесс создания КИС представляет собой акт возникновения нового знания.

Теоретическую основу интерпретационного исследования составляет концепция функционирования ландшафтов, разработанная А.А. Григорьевым и М.И. Будыко и усовершенствованная академиком В.Б. Сочавой и его последователями. Для экологической интерпретации геосистемных характеристик была усовершенствована концепция «геосистема – среда» [9], позволившая придать новое, более емкое содержание объекту исследования, отличающееся от такового в частных географических дисциплинах, а именно, геосистемы с учетом биосоциальной сущности человека рассматриваются и как экологическая (при-

родная) среда, и как среда обитания человека (биологического вида), и как ресурсная база его хозяйственной деятельности [10].

Такая полигеосистемная концепция позволила изучать геосистемы как совокупности совмещенных пространственно-временных природных и природно-антропогенных структур, решать проблемы о соотношении природного и социального в исследовании вопросов взаимодействия общества с природной средой и закономерностей его пространственно-временной дифференциации. Наряду с этим средовая концепция позволяет рассматривать природные условия конкретной геосистемы в сопоставлении с более крупными региональными категориями, а всю иерархию геосистем – как среду формирования и развития ее природных условий.

Использование методов геосистемной индикации обеспечило разработку признаков – индикаторов условий и состояния природной среды, а также нормативных ограничений ее использования. В нашем случае системность вооружает идеей саморегулирования, иерархичности, структурности, внутренней и внешней взаимосвязи компонентов геосистем, способами определения их границ, функционирования и хозяйственного использования.

Динамические и функциональные категории геосистем являются индикаторами их способности противостоять антропогенным нагрузкам (свойство чувствительности, или уязвимости), а также реагировать на нарушение равновесия (свойство экологической устойчивости) (рисунок). Саморегулирование геосистем как интегральный показатель их стабилизирующей динамики используется в прогнозировании изменения геосистем и возможных экологических рисков (ЭР) [11, 12]. Свойство саморегулирования во многом зависит от структурно-функциональных особенностей геосистем: как правило, саморегулирование наиболее действенно в оптимальных условиях тепла и влаги (рисунок). Таким образом, благодаря использованной методологии исследования, каждый выдел геосистемы рассматривается как пространственная ячейка сосредоточения фактических данных для ГЭА.

В качестве исходной информации исследования использованы ранее изданные в ИГ им. В.Б. Сочавы карты и литературные материалы о пространственно-временной дифференциации геосистем Байкальского региона и их гидроклиматических, орографических и фитотипологических характеристиках, отражающих основные географические зако-

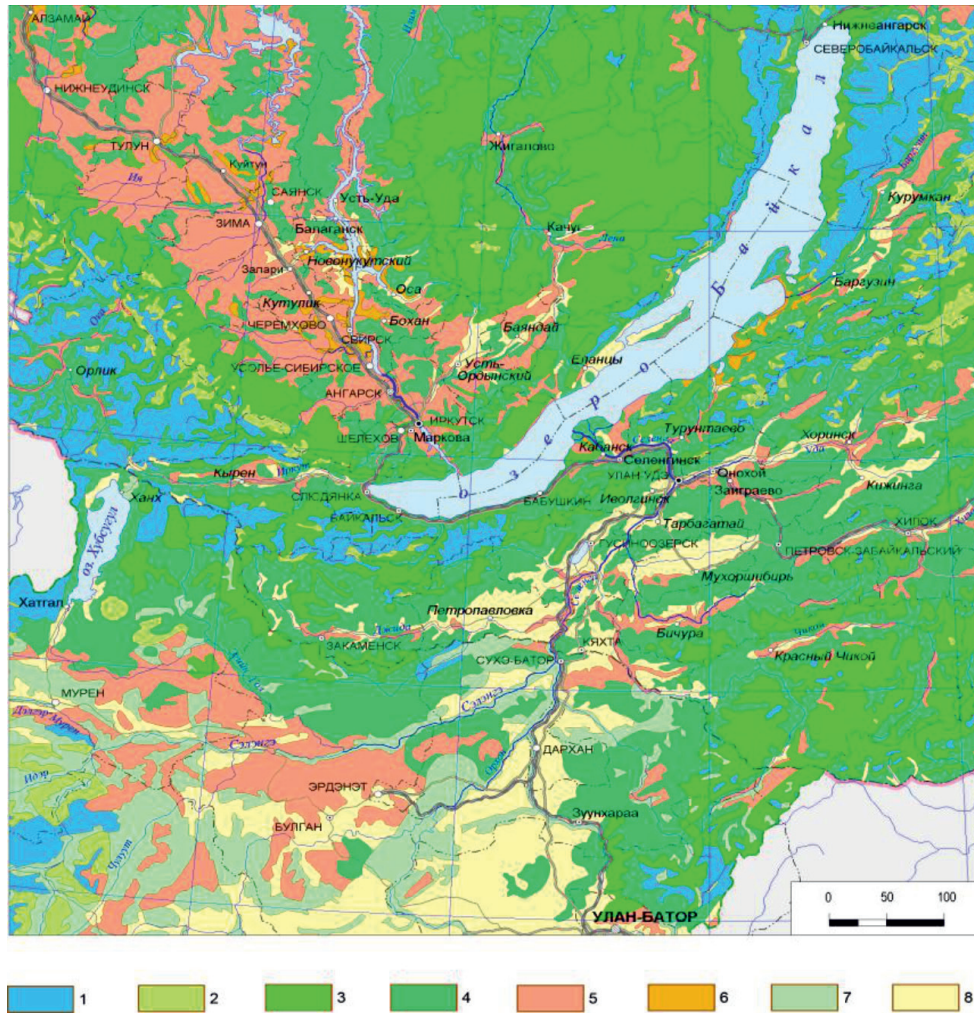
номерности экологической структуры природного фона и определяющих особенности функционирования. Пространственные выделы тематических слоев соответствуют региональным иерархическим подразделениям геосистем, разработанным для карты «Ландшафты и их использование» [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Разработана структура ландшафтного блока карт для электронного атласа «Байкальский регион: общество и природа». Тематика карт КИС представлена тремя разделами: 1 – базовая инвентаризационно-информационная основа геосистемного содержания (М 1:5 000 000); 2 – производная ландшафтно-интерпретационная карта геоэкологического содержания (М 1:5 000 000); 3 – интерпретационные производные карты оценочного и прогнозного содержания (М 1:5 000 000; 7 500 000).

Определен набор наиболее представительных и различающихся комплексов природных условий, которым описывается весь сложный диапазон природных ситуаций Байкальского региона. Установлен конкретный эмпирический уровень их исследования и разработана специализированная система ландшафтных классификаций для атласа «Байкальский регион: общество и природа», которая включает комплексную классификацию базовой карты и многочисленные классификационные обобщения для производных карт, разрабатываемых для решения экологических проблем взаимодействия общества с природой.

Разработана ландшафтная классификация как информационно-инвентаризационная основа для последующих экологических интерпретаций и геоэкологического зонирования территории. В данной классификации геосистемы регионального иерархического уровня рассматриваются нами как функциональные целостности в соответствии с их ландшафтно-экологической и социально-экономической ролью. Наряду с этим в классификации отображаются регионально-типологические, морфотипические, структурно-динамические характеристики геосистем. Типологическая ландшафтная дифференциация территории, рассматриваемая в качестве инвариантной пространственной структуры, в пределах каждого подразделения которой формируются специфические процессы и явления, используется далее для комплексной эколого-географической оценки территории.



Зонирование Байкальского региона на основе эколого-географических условий геосистем

Геозоны (пространственные группировки геосистем тождественных экологических условий). Северо-Азиатские аркто-бореальные. 1. Гольцово-таежные высокогорные экстремальных условий, влажные со значительным недостатком тепла. 2. Горнотаежные и таежные редуцированных условий, влажные с недостатком тепла. 3. Горнотаежные и таежные ограниченных условий, умеренно теплые умеренно влажные. 4. Горнотаежные и таежные оптимальных условий, теплые влажные. Северо-Азиатские семиаридные. 5. Горные и подгорные подтаежные оптимальных условий, теплые с некоторым недостатком влаги. 6. Лугово-степные, сосновые и боровых равнин ограниченных условий, теплые недостаточно влажные. Центрально-Азиатские аридные. 7. Горнотепные и степные разнотравно-дерновинно-злаковые и дерновинно-разнотравные редуцированных условий, очень теплые сухие. 8. Горнотепные и степные дерновиннозлаковые экстремальных условий, жаркие сухие со значительным недостатком влаги.

Категории саморегулирования: 1 – максимально высокая; 2 – очень низкая; 3 – относительно низкая; 4 – относительно высокая; 5 – высокая; 6 – относительно низкая; 7 – низкая; 8 – очень низкая.

Степень чувствительности: 1 – максимально высокая; 2 – очень высокая; 3 – относительно высокая; 4 – относительно низкая; 5 – низкая; 6 – относительно высокая; 7 – высокая; 8 – очень высокая.

Степень благоприятности для жизнедеятельности: 1 – максимально неблагоприятные с очень значительным дефицитом тепла; 2 – очень неблагоприятные со значительным дефицитом тепла; 3 – малоблагоприятные с дефицитом тепла; 4 – относительно благоприятные с оптимальным сочетанием тепла и влаги; 5 – благоприятные с незначительным дефицитом влаги; 6 – относительно благоприятные с дефицитом влаги; 7 – малоблагоприятные с большим дефицитом влаги; 8 – максимально неблагоприятные с очень большим дефицитом влаги.

Степень изменчивости, или предрасположенности к природному экологическому риску (ЭР): 1 – очень высокая; 2 – высокая; 3 – относительно высокая; 4 – очень низкая; 5 – низкая; 6 – относительно низкая; 7 – высокая; 8 – очень высокая

С этой целью проведена полигеосистемная интерпретация содержания ландшафтно-инвентаризационной базовой карты и определена экологическая разнокачественность структуры ландшафтов Байкальского региона, имеющая природное, пользовательское и хозяйственное значение. Тематическая нагрузка ландшафтно-экологической карты сводится к трем позициям: структурному содержанию, элементам антропогенной нагрузки и характеристикам состояния природной среды, позволяет осуществлять геоэкологическое комплексирование, или совмещение нескольких слоев информации, и разрабатывать оценочные и прогнозные рекомендации. Она позволяет рассматривать использование каждого отдельного ресурса как эксплуатацию конкретной ландшафтной системы определённого ранга. Основной формой комплексирования различных слоев географической информации является геоэкологическое зонирование территории.

Разработано содержание оценочных и прогнозных карт геоэкологического зонирования территории. Геоэкозоны представляют собой объединения пространственно-размерных подразделений геосистем уровня геомов разных подклассов (физико-географических областей) и тождественных по эколого-географическим условиям местоположений (рисунок). Далее они рассматриваются нами как региональные информационные ячейки, сосредоточения эколого-географической информации. Геосистемы группируются по факторам формирования, строения, структуры и динамики, по способам использования, по экологическим категориям, выявляющим взаимосвязи, составляющие части обеспечения конкретных задач целевого назначения (степень пригодности геосистемы для определенного вида использования, степень устойчивости геосистем к разным видам воздействия, реакция геосистем на природоохранные мероприятия и др.). В процессе тематического комплексирования информации разрабатывается целевая система классификаций, их перечень включает следующие тематические слои.

Карта стабилизирующей динамики ландшафтов отражает их свойство удерживать свое состояние во времени, вопреки многочисленным воздействиям извне. Оно имеет большое практическое значение при разработке прогнозов изменения природных условий, возникающих при антропогенных воздействиях (рисунок). Категории

устойчивости ландшафтов отражают потенциальные возможности территории, потому что в их инварианте воплощен ее экологический потенциал, определяющий наблюдаемые в природе переменные состояния и возможные их изменения с целью рационализации использования.

Карта уязвимости геосистем отражает участки территории, дифференцированные по степени изменчивости, или предрасположенности к ЭР (рисунок). Основные природные факторы изменчивости геосистем – климатические (потепление и аридизация климата); орографические (склоновые геоморфологические процессы, движение пещер и пр.); структурно-литологические (засоленность, каменистость и пр.); пожары и пр. [12].

На карте нарушенности структуры геосистемы подразделяются относительно новообразований на категории: производные, относительно сохранившие свои спонтанные свойства восстановления; длительно производные, коренным образом измененные, способные к восстановлению за очень длительный период времени; устойчиво длительно производные антропогенно модифицированные, но способные к спонтанному восстановлению при условии рекультивации; антропогенные модификации, представленные техническими сооружениями, не способные к спонтанному восстановлению. Геоэкологическая интерпретация содержания этой карты определяет дальнейшие выводы относительно интенсивности использования ландшафтов. В составе этих геоэкологических зон выделяются структуры оценки по степени эксплуатации ландшафтов.

Карта функционирования ландшафтов (рисунок), отражающая гидроклиматические и фитоценотические характеристики местоположений геосистем, разработана на основе экологической шкалы М.И. Будыко [10]. *Карта экологических функций геосистем* отражает средоформирующий, средообразующий, средозащитный, техногеннобарьерный, охранный статус геосистем, знания о котором используются при разработке природоохранных мероприятий и рекомендаций по использованию ландшафтов.

Карта направленности современных природных процессов в геосистемах, индицируемых с помощью фитоиндикации, разработана с использованием усовершенствованной автором экологической шкалы А.А. Крауклиса (стабилизация, активация,

стагнация) [10]. Активация присуща местоположениям с нарушенной растительностью и в условиях умеренного или недостаточного увлажнения, стагнация наблюдается во влажных и избыточно влажных условиях, а фаза стабилизации наступает в результате восстановления растительности.

Карта охраны природы позволяет выделить территории с разными категориями природоохранных мероприятий, согласно усовершенствованной «экологической шкале В.С. Михеева» [10]: предупредительная, специализированная, объектно-компонентная, комбинированная с выделением охранных зон. Например, предупредительная категория охраны подразумевает мероприятия, опережающие процесс использования территории, и т.д.

Карта экологического потенциала (ЭП) ландшафтов отражает их способность создавать специфическую среду обитания человека. Значение ЭП ландшафтов увязывается с типами геосистем и дифференцировано на категории (очень высокий, высокий, средний, относительно низкий, низкий). *Карта комфортности климата* дифференцирует геосистемы по категориям: оптимальных, ограниченных и редуцированных условий.

Карта степени благоприятности территории для жизнедеятельности людей создана путем комплексирования информации нескольких оценочных карт и декомпозиции их контуров. Комплексный экологический подход, используемый при создании этой карты, обеспечивает возможность определить, в какой среде находится человек, как он может использовать ее компоненты, и вероятные последствия.

Заключение

Созданный блок ландшафтных карт для атласа «Байкальский регион: общество и природа» представляет собой тематически единый функционально завершенный фрагмент электронного атласа, оформленный как самостоятельный продукт. Состоящий из определенного количества разнообразных тематических слоев информации, он выступает как мера упорядочения исследуемого объекта в пространстве и во времени. Благодаря свойству эмергентности, присущему любой системе, данный блок карт рассматривается далее как единица анализа (типологического, структурного, динамического, пользовательского, природоохранного, управленческого), который позволяет получить новое знание об исследуемых ландшафтах.

Тематика блока ландшафтных карт для атласа «Байкальский регион: общество и природа» позволила упорядочить существующие знания об организации геосистем регионального иерархического уровня с позиций их функционирования, ценности и стабилизирующей динамики. Благодаря комплексному подходу, стало возможным отображение экологического состояния территории, которое сложилось в результате взаимодействия общества и природы, а также его управленческого и охранного аспектов. Разработанные геосистемные геоэкологические признаки-индикаторы обеспечили выявление текущего и будущего состояния ландшафтов как комплекса природных условий жизнедеятельности человека, а также проблемных в экологическом отношении территорий.

Исследование выполнено в рамках тем Плана НИР Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН «Геоинформационное картографирование и математическое моделирование географической среды в условиях глобализации и воздействия на природные и социально-экономические процессы в Сибири и на сопредельных территориях» (№ 0347-2016-0004).

Список литературы / References

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.: Иркутск, 2004. 90 с.
2. Atlas. Irkutsk Region: ecological conditions of development. M.: Irkutsk, 2004. 90 p. (in Russian).
3. Экологический атлас бассейна оз. Байкал / ред. А.К. Тулохонов, В.М. Плюснин, С.В. Куделя. Иркутск: изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 145 с.
4. Ecological Atlas of the Lake Basin Baikal / ed. by A.K. Tulokhonov, V.M. Plyusnin, and S.V. Kudel. Irkutsk: izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy` SO RAN, 2015, 145 p. (in Russian).
5. Экологический атлас Байкальского региона, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения: 11.06.2019).
6. Ecological Atlas of the Baikal Region, 2017. [Electronic resource]. URL: <http://atlas.isc.irk.ru> (date of access: 11.06.2019) (in Russian).
7. Батуев А.Р., Коротный Л.М. Многоуровневое атласное картографирование (на примере Байкальского региона) // География и природные ресурсы. 2018. № 4. С. 26–37. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-4(26-37).
8. Batuev A.R., Korytny L.M. Multilevel Atlas mapping (on the Example of the Baikal Region) // Geography and Natural Resources. 2018. № 4. P. 26–37 (in Russian).
9. Жиров А.И. Геоэкология. Методика геоэкологических исследований. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. Герцена, 2002. 135 с.
10. Zhironov A.I. Geoecology. Methods of geoecological Studies. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. Gercena, 2002. 135 p. (in Russian).
11. Коновалова Т.И. Геосистемное картографирование. Новосибирск: ГЕО, 2010. 186 с.
12. Konovalova T.I., Geosystems Mapping. Novosibirsk: GEO, 2010. 186 p. (in Russian).
13. Кузнецова Т.И., Плюснин В.М. Геосистемные картографические интерпретации для информационного обе-

спечения управления экологическим риском Байкальского региона // Безопасность жизнедеятельности. № 2. 2014. С. 43–49.

Kuznetsova T.I., Plusnin V.M. Geosystem Cartographic Interpretations for Information Support of Ecological Risk Management in the Baikal Region // Bezopasnost Zhiznedeyatel'nosti. 2014. № 2. P. 43–49 (in Russian).

8. Булаева Н.М., Мусихина Е.А., Михайлова О.С. Информационная система мониторинга и комплексной экологической оценки природной среды регионов (на примере Иркутской области) // Геоинформатика. 2015. № 1. С. 9–14.

Bulayeva N.M., Musikhina E.A., Mikhailova O.S. Information System for Monitoring and Integrated Environmental Assessment of the Natural Environment of the Region (for example, the Irkutsk region) // Geoinformatika. 2015. № 1. P. 9–14 (in Russian).

9. Козин В.В. Средовой подход в ландшафтной экологии // Вестник ТюмГУ. 2009. № 3. С. 4–8.

Kozin V.V. Environmental Approach in Landscape Ecology // Vestnik TyumGU. 2009. № 3. P. 4–8 (in Russian).

10. Кузнецова Т.И. Принципы создания и обзор содержания карты «Ландшафтно-экологическая среда бассейна озера Байкал» // Успехи современного естествознания. 2017. № 9. С. 74–81.

Kuznetsova T.I. Principles of Creation and Review of the Map Content «Landscape-Ecological Environment of the Lake Baikal Basin» // Advances in current natural sciences. 2017. № 9. P. 74–81 (in Russian).

11. Коновалова Т.И. Самоорганизация геосистем юга Средней Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2012. 148 с.

Konovalova T.I. Self-Organization of Geosystems in the South of Central Siberia. Novosibirsk: GEO, 2012. 148 p. (in Russian).

12. Черкашин А.К., Красноштанова Н.Е. Теоретическая картография и теория создания оценочных карт природных рисков // Геодезия и картография. 2011. № 3. С. 18–23.

Cherkashin A.K., Krasnoshtanova N.Ye. Theoretical Cartography and Theory of Creating Estimating Maps of Natural Risks // Geodesy and Cartography. 2011. № 3. P. 18–23 (in Russian).

УДК 504.064.2:574.24:502.057

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЗИМУТА ВЕТРОВ НА ЭТАПЕ РОСТА ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ПЕРИОДЫ ВЕГЕТАЦИИ 2014 И 2018 ГОДОВ

Мазуркин П.М., Кудряшова А.И.

*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru, Little-one7@yandex.ru*

Формирование и отмирание листьев в цикле онтогенеза разделяются на такие этапы: распускание почек, рост и развитие листьев, расцветивание отмирающих листьев, опадение листьев. Мы предлагаем еще два этапа онтогенеза – роста до максимума и спада до опадения. Этап роста листьев березы повислой до максимальной ширины (аналогично и длины, площади и периметра листьев) вегетационного периода становится великолепным квантом поведения растений. Этот квант с высокой адекватностью показывает, что по трехчасовым измерениям азимута ветров распределение количества направлений ветра происходит по сверхсильным закономерностям в 2014 и 2018 гг. Тогда трехчасовые кванты измерений азимута ветров позволяют с очень высокой адекватностью определить распределение количества измерений направлений ветров. В 2014 г. возникли три преобладающих направления, по росту встречаемости азимута: 45; 202,5 и 337,5°. А в 2018 г. были два направления преобладающих ветров: 67,5 и 270° в г. Йошкар-Оле. Трехчасовое распределение направлений ветра по азимуту на первом этапе вегетационного периода листьев березы повислой от 1 мая до 20 августа каждого года происходит по четким закономерностям, в том числе и волновым уравнениям с переменной амплитудой, изменяющейся по биотехническому закону. Для 2018 г. образовалось семь волн с полупериодом колебаний в 45,1; 27,7; 23,25; 24,17; 0,23; 22,65 и 723 суток. Из них постоянным является период в $2 \times 24,17 = 48,3$ суток.

Ключевые слова: вегетация, этап роста до максимума, ширина, преобладающие ветра, азимуты ветров, распределение, колебательная адаптация, закономерности

THE PATTERNS OF DISTRIBUTION OF THE AZIMUTH OF THE WINDS AT THE STAGE OF GROWTH THE LEAVES OF THE BIRCH IN THE VEGETATION PERIODS 2014 AND 2018

Mazurkin P.M., Kudryashova A.I.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru, Little-one7@yandex.ru

Formation and death of leaves in the cycle of ontogenesis are divided into the following stages: Bud growth and development of leaves, blooming dying leaves, leaf subsidence. We propose two more stages of ontogenesis – growth to the maximum and decline to the fall. The stage of growth of birch leaves hanging to the maximum width (similar to the length, area and perimeter of the leaves) of the growing season becomes a great quantum of plant behavior. This quantum with high adequacy shows that on three-time measurements of wind azimuth the distribution of the number of wind directions occurs according to the superstrong laws in 2014 and 2018. Then a three-hour quanta measurements of the azimuth of the winds make it very high to determine the adequacy of distribution of measurement directions of the wind. In 2014 had arisen three prevailing directions, growth of incidence azimuth: 45, 202.5 and 337.50. And in 2018 there were two directions of prevailing winds: 67.5 and 2700 in the city of Yoshkar-Ola. The three-hour distribution of wind directions along the azimuth at the first stage of the growing season of birch leaves from the first of may to August 20 of each year occurs according to clear laws, including wave equations with variable amplitude, changing according to the biotechnical law. For 2018, seven waves with a half-period of oscillations in the 45.1, 27.7, 23.25, 24.17, 0.23, 22.65 and 723 days. Of these, a constant period of $2 \times 24.17 = 48.3$ days.

Keywords: vegetation stage of growth to the maximum, width, prevailing wind azimuths winds, the distribution of the oscillatory adaptation, patterns

Изменения климата влияют на растительность Земли. В Финляндии имеется представление о реакции молодых лиственных деревьев на повышение температуры воздуха во взаимодействии с тропосферным озоном. Эти знания повышают шансы на разработку моделей для включения параметров, которые описывают лесную систему в изменяющихся климатических условиях [1]. Можно утверждать, что будущее сдерживание количества CO₂ находится в увеличении площади, прежде всего, лесов [2, 3]. По вейвлетам универсальной

конструкции изменяется динамика углерода в Европе [4, 5]. В Берлине [6] по 252 деревьям липы на керлах по расстояниям от центра к периферии были выявлены изменения приращения толщины деревьев за 50–100 лет.

Приходит понимание о моделировании взаимных связей между параметрами структуры листьев растений методом идентификации [7, 8]. Априори ясно, что именно погода влияет на ход развития и роста (онтогенеза) растений. А на многолетние растения погода влияет через ежегодный

онтогенез листьев. Кванты поведения листьев, например, березы повислой, распространенной на Северном полушарии [9], четко зависят от квантов (асимметричных вейвлетов [4, 5]) поведения температуры воздуха и относительной влажности. Метеорологические условия являются сильными факторами активности биологических объектов, и для этого в статье [10] оценено влияние температуры, осадков, атмосферного давления и влажности на фенологию земноводных в Юго-Восточном Квинсленде (Австралия).

Рост растений – сложный процесс, в его основе лежат такие фундаментальные явления, как ритмичность, полярность, дифференциация, раздражимость, корреляция. Эти процессы являются общими для онтогенеза. Онтогенез – индивидуальное развитие организма от зиготы (или вегетативного зачатка) до природной смерти. Из-за фотосинтетической активности листьев растение приобретает ряд черт, которые характеризуют его рост. В процессе онтогенеза растения рост наблюдается на протяжении основных этапов его жизненного цикла [11, 12].

Формирование и отмирание листьев в цикле онтогенеза разделяются на такие этапы: распускание почек, рост и развитие листьев, расцветивание отмирающих листьев, опадение листьев. Мы предлагаем еще два этапа онтогенеза – роста до максимума и спада до опадения.

Вегетационный период становится одним из важных экосистемных процессов, так как развитие листьев очень чувствительно к температуре воздуха. Поэтому будущее климата в наблюдениях за листьями. Метрические параметры листьев зависят от периода вегетации.

Береза повислая в Эстонии оказалась эффективной против засухи 2010 г. Деревья хорошо приспосабливаются, а значимость относительной влажности даже выше по сравнению с температурой воздуха [13]. Повышение влажности воздуха снижает температуру и накопление биомассы в молодых березках, в особенности восприимчивы листья [14].

Цель статьи: повышение точности индикации по патенту 2606189 на изобретение качества окружающей листья березы локальной среды сбоку на высоте 1,5–2,0 м со стороны преобладающих ветров по динамике средней ширины у 10 учетных листьев в различных экологических условиях произрастания около дороги с интенсивным движением автомобилей.

Материалы и методы исследования

Наибольшее время вегетации с момента распускания почек (2 мая 2014 и 1 мая 2018 г.) до максимума ширины листьев прошло 111 суток в 2014 г. (20 августа) и 110 суток в 2018 г. (18 августа). Для этапов роста (рис. 1) принимаем даты с 01.05 по 20.08 и через три часа выпишем данные «Направление ветра (румбы) на высоте 10–12 м над поверхностью земли» для метеостанции г. Йошкар-Олы. Затем клетки с «Штиль, безветрие» были исключены из массива данных, а румбы были преобразованы в азимуты.

За четыре года направление преобладающих ветров сместилось с $337,5^{\circ}$ до 270° . Тогда можно утверждать, что направление ветров находится около северо-запада.

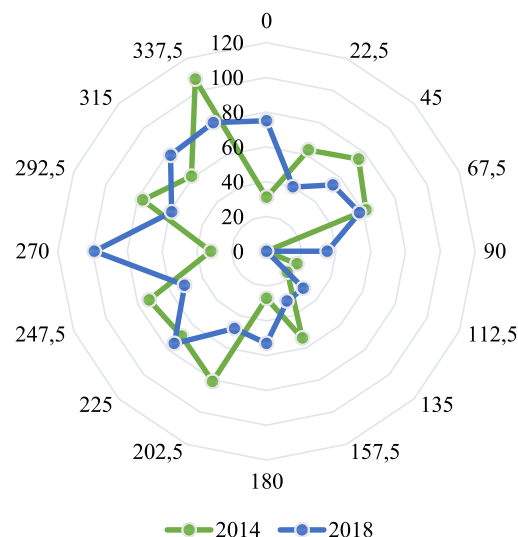


Рис. 1. Роза ветров в г. Йошкар-Оле на этапе роста в период вегетации березы повислой с 01.05 по 20.08

Данные по графикам на рис. 1 приведены в табл. 1. Здесь же даны остатки (абсолютная погрешность), как разница между фактическими и расчетными по волновым уравнениям (табл. 2). А также в табл. 1 приведены значения относительной погрешности, как отношения (в процентах) в виде деления остатков на фактические значения азимута ветров.

Колебания (вейвлет-сигналы) записываются волновой формулой [14–17] вида

$$y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}),$$

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}), \quad p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}, \quad (*)$$

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (*), m – ко-

личество членов в модели (*), x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1...a_8$ – параметры модели (*), принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40 (URL: <http://www.curveexpert.net/>), A_i – ам-

плитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 даны параметры (*) по данным табл. 1.

Таблица 1

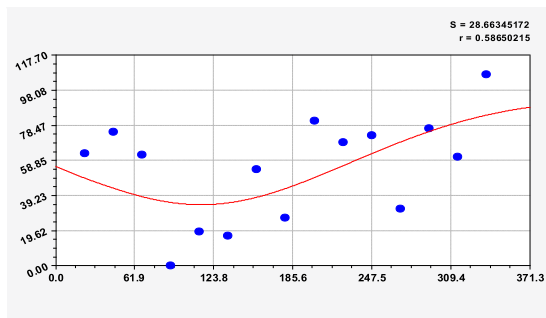
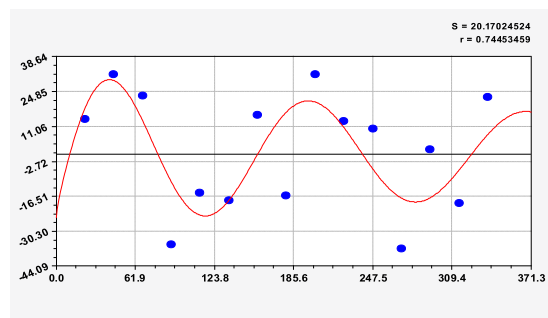
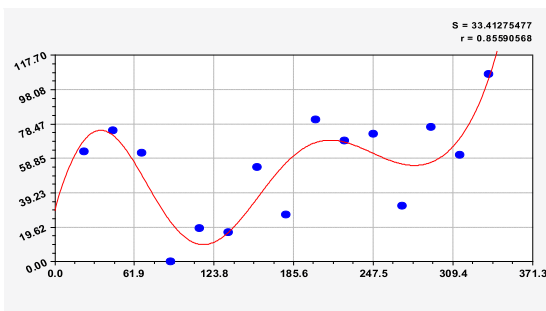
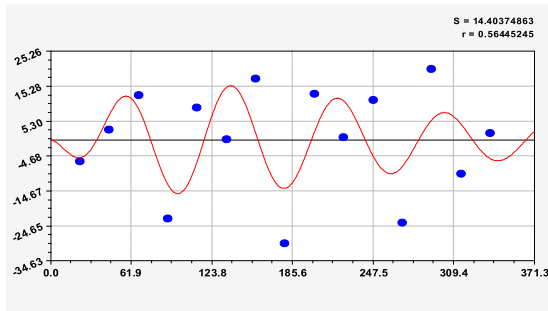
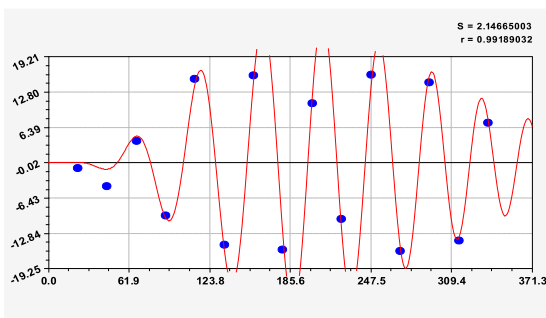
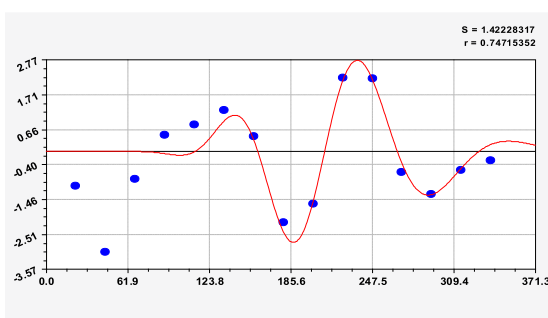
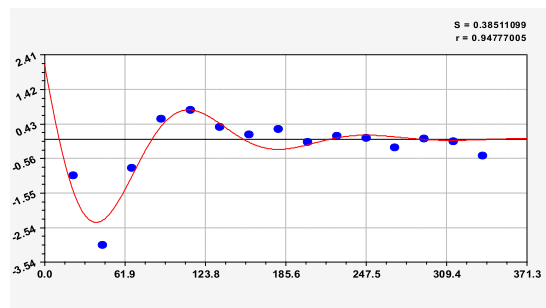
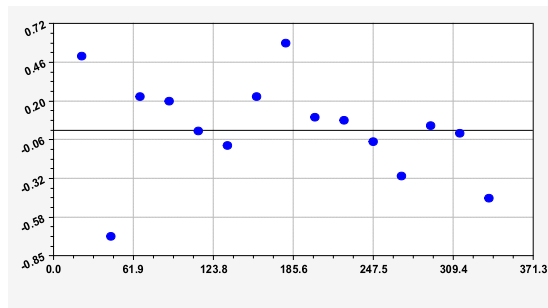
Направления ветров на этапе роста листьев березы повислой

Азимут φ, град	Количество N румбов направлений ветра, шт.					
	2014 г.	Остатки	Погрешность	2018 г.	Остатки	Погрешность
0	31	-0,210962	-0,68	75	0,104856	0,14
22,5	63	0,50304	0,80	40	-0,0268786	-0,07
45	75	-0,714944	-0,95	54	0,0306427	0,06
67,5	62	0,227208	0,37	58	-0,0357718	-0,06
90	0	0,196342	-	35	0,0314459	0,09
112,5	19	-0,00369648	-0,02	0	-0,0262315	-
135	17	-0,101437	-0,60	30	0,0266313	0,09
157,5	54	0,227061	0,42	31	0,000856083	0,00
180	27	0,590869	2,19	53	0,00342509	0,01
202,5	81	0,0897795	0,11	48	-0,0138827	-0,03
225	69	0,0673064	0,10	75	0,00819107	0,01
247,5	73	-0,0758387	-0,10	51	-0,011106	-0,02
270	32	-0,306591	-0,96	99	0,0205141	0,02
292,5	77	0,0334596	0,04	59	-0,0272314	-0,05
315	61	-0,0182502	-0,03	78	0,0145546	0,02
337,5	107	-0,455811	-0,43	80	-0,0386905	-0,05
Всего	848			866		

Таблица 2

Параметры (1) направлений ветров по азимутам на этапе роста листьев березы

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. кор. г
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}		
Этап роста вегетационного периода 2014 г.									
1	31,04888	0	-0,0022750	1	0	0	0	0	0,8559
2	4,06016e-18	26,00798	56,02962	0,11207	0	0	0	0	
3	43,62256	0	0,00025496	1,51089	-439,5006	479,37559	0,016749	1,61580	
4	-0,24363	1,10734	0,0094773	1	41,19066	0	0	1,12850	0,5645
5	8,84433e-7	3,96058	0,011097	1,10024	26,21567	-0,00019902	1,67304	1,62260	0,9919
6	-3,00032e-26	13,75107	0,063782	1,00350	43,87951	0,00014347	1,84964	0,061472	0,7472
7	4,56629	0	0,014893	1	72,84731	-0,013148	1	-1,08682	0,9478
Этап роста вегетационного периода 2018 г.									
1	84,77647	0	0,011844	1	0	0	0	0	0,8895
2	9,43003e6	41,69824	96,48688	0,16659	0	0	0	0	
3	32,51765	0	0,0071364	1	45,13786	0,00018205	2,04081	4,43375	
4	-4,32383e-13	7,19338	0,0060364	1,29657	27,72950	-0,00045090	1,62188	-4,77571	0,9865
5	-1,35019	0	-0,00039237	1,34949	23,24999	0,057855	0,99288	5,47970	0,9551
6	-0,36915	0,035157	0,00012797	1,36144	24,16514	0	0	-0,31166	0,4996
7	-1,41559	0,047326	0,0062964	1	0,23369	0,024887	1	5,71216	0,7413
8	4,71860	17,24510	0,073747	1,00392	22,64515	0,027914	0,98229	1,69285	0,9329
9	1,71127e-6	5,45479	0,56047	0,61560	722,97994	6,84720	1,18444	-1,45528	0,9157

*Двухчленный тренд**Первое колебание**Двухчленный тренд и одно колебание**Второе колебание**Третье колебание**Четвертое колебание**Пятое колебание**Остатки после пятого колебания**Рис. 2. Графики вейвлетов направлений ветров в 2014 г. на этапе роста листьев березы повислой*

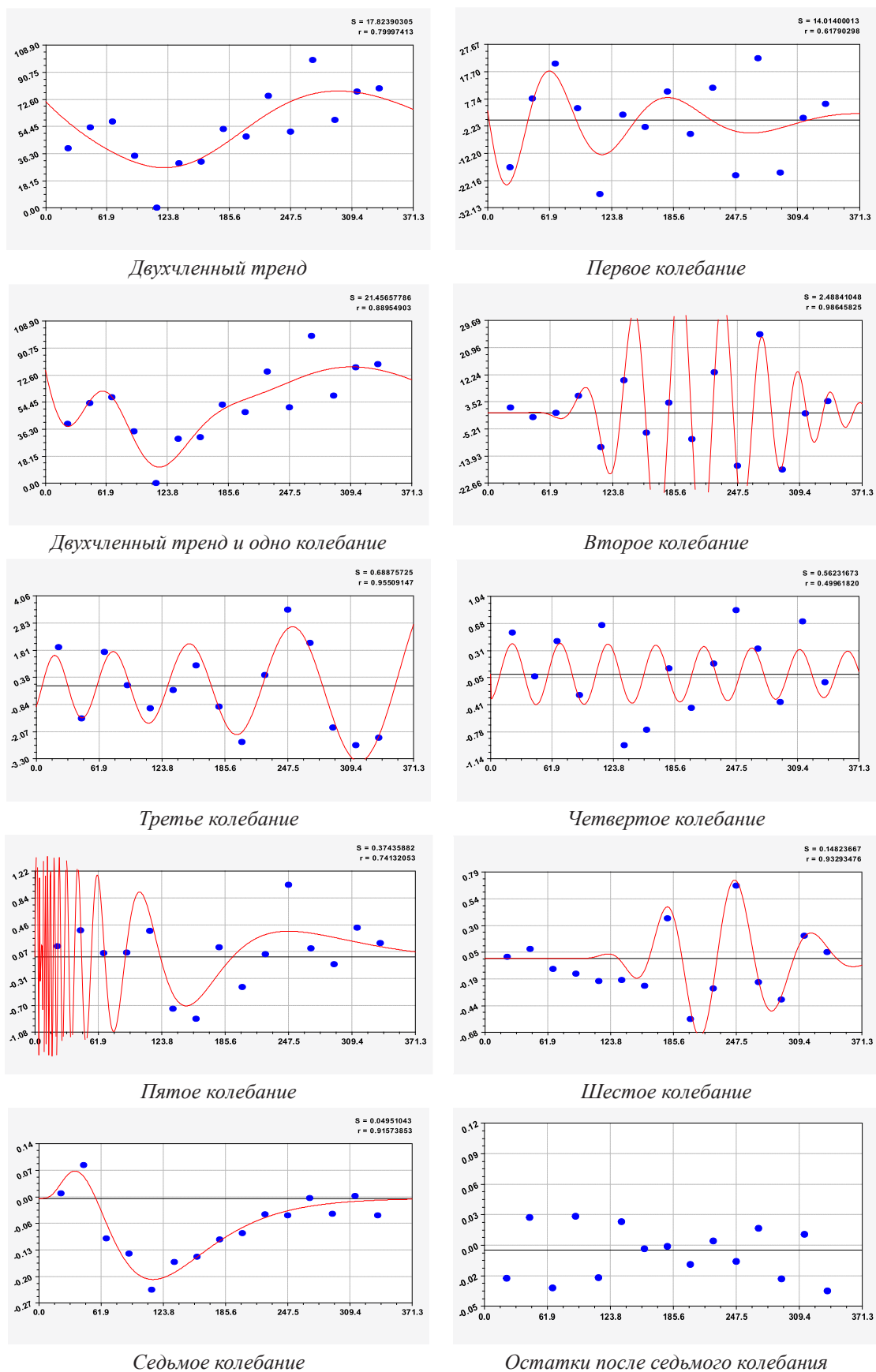


Рис. 3. Графики вейвлетов направлений ветров в 2018 г. на этапе роста листьев березы повислой

Первый член моделей с параметрами из табл. 2 является законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа – Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). Но разной направленности: для 2014 г. это закон экспоненциального роста, а для 2018 г. – экспоненциальной гибели. Этот естественный закон изменяется для направлений ветров в зависимости от азимута с коэффициентами корреляции 0,5865 и 0,8000. Этот факт указывает на то, что этап роста вегетационного периода 2018 г. был лучше по направлениям ветров. Второй член тренда является биотехническим законом [14]. Все колебания имеют очень высокую адекватность. Именно это свойство колебаний указывает на то, что растения за сотни миллионов лет эволюции адаптировались к волновым изменениям метеорологических параметров.

На рис. 2 и 3 показаны графики всех составляющих общей модели (*).

Максимальная относительная погрешность по табл. 1 равна 2,19% для 2014 и 0,14% для 2018 г. При этом первые три члена, полученные по возможностям программной среды CurveExpert-1.40, получили коэффициент корреляции 0,8559 и 0,8859. Все пять колебаний на этапе роста 2014 г. завершились до 20 августа, когда был максимум средней ширины.

Для этапа роста в 2018 г. (рис. 3) получились семь колебаний.

Из них только четвертое колебание продолжилось после 20.08. Пятое колебание показывает, что вегетационный период начался по направлениям ветров спонтанно, а затем период колебания увеличился.

Закон стрессового возбуждения по второму члену из табл. 2 показывает, что, по видимому, направление ветра стимулирует рост вегетационных органов растений. Этому способствовало третье колебание (пятый член) с коэффициентом корреляции 0,9919 в 2014 г. А в 2018 г. усиление колебательной адаптации роста листьев произошло из-за второго члена (биотехнический закон) и четвертого члена сильнейшей адекватности (0,9865).

Таким образом, нами доказано, что трехчасовое распределение направлений ветра по азимуту на первом этапе вегетационного периода листьев березы повислой от 1 мая до 20 августа каждого года происходит по четким закономерностям, в том числе и волновым уравнениям с переменной амплитудой, изменяющейся по биотехническому закону.

При этом период колебаний изменяется в широком диапазоне. Пока непонятно, почему первое колебание в 2014 г. происходило с отрицательным периодом $2 \times (-439,5) = -879$ суток. Остальные волны имели периоды в 82,4; 52,4; 87,8 и 145,7 суток. Полупериод 41,2 сутки постоянный на весь этап роста листьев в 2014 г. и близок к примете в 40 суток погоды.

Для 2018 г. образовалось семь волн с полупериодом колебаний в 45,1; 27,7; 23,25; 24,17; 0,23; 22,65 и 723 суток. Из них постоянным является период в $2 \times 24,17 = 48,3$ суток. Старт учетных листьев по последнему колебанию показывает, что максимальный полупериод на 01.05.2018 у направлений ветра равен 723 суток. Этап роста листьев березы повислой в 2018 г. получил большую запутанность по сравнению с 2014 г. из-за возникновения пятого и седьмого колебаний. Такие неопределенности, по видимому, будут нарастать на будущее.

Анализ трехчленных графиков показывает, что в 2014 г. возникли три преобладающих направления ветра, по возрастанию частоты встречаемости азимута ветров: 45; 202,5 и 337,5°. А в 2018 г. образовались только два направления преобладающих ветров: 67,5 и 270°. Характерно, что из 848 направлений ветра на этапе роста листьев березы в 2014 г. не было ни одного случая по направлению азимута 90°, а в 2018 г. ноль событий из 866 – по азимуту 112,5°.

Заключение

Таким образом, этап роста листьев березы повислой до максимальной ширины (аналогично и длины, площади и периметра листьев) вегетационного периода становится великолепным квантом поведения растений. Этот квант с высокой адекватностью показывает, что по трехчасовым измерениям азимута ветров распределение количества направлений ветра происходит по сверхсильным закономерностям в 2014 и 2018 г. Тогда трехчасовые кванты измерений азимута ветров позволяют с очень высокой адекватностью определить распределения количества измерений направлений ветров.

В 2014 г. возникли три преобладающих направления, по росту встречаемости азимута: 45; 202,5 и 337,5°. А в 2018 г. были два направления преобладающих ветров: 67,5 и 270°.

Список литературы / References

1. Maarit M. Impacts of temperature and ozone on carbon retention processes of birch and aspen. Dissertations in Forestry and Natural Sciences. Finland, 08. 2012. 54 p.

2. Crowther T.W., Glick H.B., Covey K.R., Bettigole C., Maynard D.S., Thomas S.M., Smith J.R., Hintler G., Duguid M.C., Amatulli G., Tuanmu M.-N., Jetz W., Salas C., Stam C., Piotto D., Tavani R., Green S., Bruce G., Williams S.J., Wiser S.K., Huber M.O., Hengeveld G.M., Nabuurs G.-J., Tikhonova E., Borchardt P., Li C.-F., Powrie L.W., Fischer M., Hemp A., Homeier J., Cho P., Vibrans A.C., Umunay P.M., Piao S.L., Rowe C.W., Ashton M.S., Crane P.R., Bradford M.A.. Mapping tree density at a global scale. *Nature*. 2015. № 525. P. 201–205. DOI:10.1038/nature14967.
3. Polgar C.A., Primack R.B. Leaf-out phenology of temperate woody plants: from trees to ecosystems. *New Phytologist*. 2011. № 191. P. 926–941. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2011.03803.
4. Mazurkin P.M. Wavelet Analysis Statistical Data. *Advances in Sciences and Humanities*. 2015. Vol. 1. № 2. P. 30–44. DOI: 10.11648/j.ash.20150102.11.
5. Mazurkin P.M., Kudryashova A.I. Factor analysis of annual global carbon dynamics (according to Global Carbon Budget 2017v1.3.xlsx). Materials of the International Conference «Research transfer»- Reports in English (part 2). November 28. 2018. Beijing: PRC, 2018. P. 192–224.
6. Dahlhausen J., Rötzer T., Biber P., Uhl E., Pretzsch H. Urban climate modifies tree growth in Berlin. *International Journal of Biometeorology*. 2018. V. 62. Issue 5. P. 795–808. DOI: 10.1007/s00484-017-1481-3.
7. Mazurkin P.M. Method of identification. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. SGEM*. 2014. V. 1 (6). P. 427–434.
8. Mazurkin P.M. Identification of the wave patterns of behavior. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. SGEM*. 2014. V. 1 (6). P. 373–380.
9. Takhtajan A.L. *Floristic Regions of the World*. Berkeley-Los Angeles-London: University of California press, 1986. 523 p.
10. Plenderleith T.L., Stratford D., Lollback G. W., Chapple D.G., Reina R.D., Hero J.-M. Calling phenology of a diverse amphibian assemblage in response to meteorological conditions. *International Journal of Biometeorology*. 2018. V.62. Issue 5. P. 873–882. DOI: 10.1007/s00484-017-1490-2.
11. Laube J., Sparks T. H., Estrella N., Menzel A. Does humidity trigger tree phenology? Proposal for an air humidity based framework for bud development in spring. *New Phytologist*. 2014. V. 202. P. 350–355.
12. Fu Y.H., Zhao H., Piao S., Peaucelle M., Peng S., Zhou G., Ciais P., Huang M., Menzel A., Peñuelas J., Song Y., Vitisse Y., Zeng Z., Janssens I. A. Declining global warming effects on the phenology of Spring leaf unfolding. *Nature*. 2015. Vol. 526. P. 104–107. DOI:10.1038/nature15402.
13. Sellin A., Niglas A., Öunapuu-Pikas E., Kupper P. Rapid and long-term effects of water deficit on gas exchange and hydraulic conductance of silver birch trees grown under varying atmospheric humidity. *BMC Plant Biology*. 2014. V. 14. 72 p. DOI: 10.1186/1471-2229-14-72.
14. Sellin A., Rosenvald K., Öunapuu-Pikas E., Tullus A., Ostonen I., Lõhmus K. Elevated air humidity affects hydraulic traits and tree size but not biomass allocation in young silver birches (*Betula pendula*). *Frontiers in Plant Science*. 13 October 2015. DOI: 10.3389/fpls.2015.00860.

УДК 528.8.04

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ИШИМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Мезенцева О.В., Ломакина С.С.

*ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», Омск,
e-mail: svetik.lighting@mail.ru*

Работа посвящена проблеме геоэкологического мониторинга поверхностных вод и гидроморфных ландшафтов с помощью современных методов научных исследований. Ввиду интенсивного развития науки и техники значительное применение получили дистанционные методы исследования, позволяющие получить результаты после интерпретации информации с космических снимков в виде картосхем, выполненных в цифровом формате. В статье приведены результаты анализа зоны затопления в среднем течении р. Ишим в период весеннего паводка и картосхемы, построенные с использованием дистанционных методов и ГИС-технологии. Рельеф территории северной части Казахстана в данном исследовании изучен как наиболее важный фактор формирования стока с водосборного бассейна р. Ишим. С точки зрения влияния рельефа на процессы и явления базируется на построении и анализе цифровых моделей рельефа (ЦМР). В работе данные SRTM были использованы для визуализации рельефа и создания на его основе необходимой для мониторинга гидро-ЦМР. В данном исследовании гидро-ЦМР представляет собой модель, в которой форма и направление смоделированных с помощью ГИС водотоков будет совпадать с реальными водными объектами в пределах исследуемой территории. Результатом построения такой модели стало отражение реального характера движения водных потоков. С помощью расчета индекса NDVI определены и сопоставлены зоны затопления в бассейне р. Жабай (правый приток р. Ишим) в отдельные годы, а также наглядно представлена площадь водной поверхности в различные периоды водного режима реки. Установлено, что путем использования дистанционных методов исследования, в частности данных спутника LANDSAT-8, и обработки их с помощью ГИС ArcGIS 10.4 можно провести анализ зоны затопления в период весеннего паводка и рассчитать площади затопления.

Ключевые слова: ЦМР, ГИС, дистанционный метод исследования, космические снимки, LANDSAT-8

GEOECOLOGICAL MONITORING OF SURFACE WATER DURING SPRING FLOODS IN THE MIDDLE REACHES OF THE ISHIM RIVER, USING REMOTE SENSING METHODS AND GIS-TECHNOLOGIES

Mezentseva O.V., Lomakina S.S.

Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: svetik.lighting@mail.ru

The work is devoted to the problem of geoecological monitoring of surface waters and hydromorphic landscapes with the help of modern methods of scientific research. In view of the intensive development of science and technology, remote methods of research, allowing to obtain results after the interpretation of information from satellite images in the form of maps, made in digital format, have been significantly used. The article presents the results of the analysis of the flooding zone in the middle course of the Ishim river during the spring flood and maps, built using remote sensing methods and GIS technology. The relief of the Northern part of Kazakhstan in this study was studied as the most important factor in the formation of runoff from the Ishim river catchment area. In terms of the impact of relief on processes and phenomena is based on the construction and analysis of digital elevation models (DEM). In this paper, SRTM data were used to visualize the terrain and create on its basis necessary for the monitoring of hydro-DEM. In this study, the hydro-DEM is a model in which the shape and direction of GIS-modeled streams will coincide with real water bodies within the study area. The result of this model is a reflection of the real nature of the movement of water flows. By calculating the NDVI index, the flood zones in the Zhabay river basin (the right tributary of the Ishim river) in some years are determined and compared, and the water surface area in different periods of the river water regime is clearly represented. It was found that by using remote methods of research, in particular Landsat-8 satellite data, and processing them with the help of GIS ArcGIS 10.4, it is possible to analyze the flood zone during the spring flood and calculate the area of flooding.

Keywords: DEM, GIS, remote sensing, satellite imagery, LANDSAT-8

В условиях засушливости и резкой континентальности умеренного климата в северной части Казахстана в отдельные годы с холодными зимами при глубоком сезонном промерзании почвогрунта возникают предпосылки для образования значительных по площади паводков и затоплений водосборов временных водотоков. При этом

полноценная сеть гидрологических постов и станций имеется только на реках с постоянным стоком. В связи с этим широкое распространение получают данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которое стало одним из наиболее оперативных, надежных источников информации, позволяющих не только наблюдать развитие по-

ловодья, но и получать оперативный прогноз затопления, оценивать причиненный ущерб, выявлять участки, которым угрожает затопление, выбирать места для создания защитных дамб [1]. При решении задач мониторинга на локальном уровне требуется регулярное получение снимков высокого и сверхвысокого разрешения, что технически представляется не всегда возможным. Весной, в период прохождения половодья, процент облачных дней обычно высок, что существенно осложняет мониторинг, и некоторые снимки недоступны для дешифрирования. При геоэкологическом мониторинге поверхностных вод бассейна р. Ишим в данной работе вполне пригодными оказались данные общедоступных (LANDSAT-8) съемочных систем, работающих в оптическом и ИК диапазонах. В совокупности они обеспечили покрытие исследуемой территории снимками с частотой один раз в несколько дней и оперативное отслеживание динамики развития половодья (в случае преобладания малооблачной погоды).

Цель исследования: провести анализ зоны затопления в период весеннего паводка в среднем течении р. Ишим с использованием дистанционных методов и ГИС-технологий.

Материалы и методы исследования

В качестве основных методов использовался дистанционный метод исследования, основанный на дешифрировании и интерпретации космических снимков спутника LANDSAT-8 с использованием неуправляемой классификации по индексу NDVI и использования инструментов группы «Гидрология» ГИС ArcGIS 10.4. Для работы с ЦМР выбрана матрица высот на основе базы данных радарной топографической съемки SRTM, поскольку этот набор данных имеет почти глобальный охват с разрешением, подходящим для гидрологического анализа крупных речных бассейнов. Название квадрата данных ЦМР соответствует координатам его левого нижнего угла. Квадрат, в котором расположен исследуемая область водосборного бассейна р. Ишим (Есиль), занимает территорию между 65° и 75° с.ш., 50° и 55° в.д. и состоит из двух листов, которые находятся в открытом доступе для скачивания на сайте базы данных SRTM. С целью более подробного изучения подтопленных территорий данной местности в период весеннего половодья использованы наборы космических снимков за 2007, 2014, 2016 и 2017 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

На первоначальном этапе исследования установлено, что ЦМР, которая используется при определении гидрографических характеристик рек и их бассейнов, должна быть гидрологически корректной. Под гидрологической корректностью ЦМР понимается модель с отсутствием фиктивных точек стока (фиктивные депрессии), а также потоковые линии (талwegи) на ЦМР должны совпадать с исходными отрезками речной сети [2].

При построении гидрологически корректной ЦМР должна учитываться не только информация о рельефе, но и данные о речной сети и замкнутых понижениях [3].

Гидро-ЦМР, в отличие от обычной цифровой модели рельефа, позволит наиболее точно определить границы исследуемого водосборного бассейна, даст возможности для моделирования гидрографической сети с определением порядков водотоков, станет основой для построения зоны потенциального затопления территории [4]. Для построения подобной цифровой модели на территорию водосборного бассейна в качестве исходной информации были взяты данные радарной топографической съемки SRTM с разрешением 30 м, или одна угловая секунда. Разрешение и точность данной модели вполне подходят и для анализа зон затопления. Работа по построению гидро-ЦМР выполнена с помощью программного комплекса ESRI ArcGIS 10.4.

При работе с данными SRTM необходимо проводить соответствующую корректировку, так как в них учтены все объекты, находящиеся на поверхности (здания, растительный покров), а также присутствуют множественные артефакты и ошибки в значениях высот. Объектом данного исследования выступает территория с преимущественно равнинным рельефом и степной растительностью (северная часть Сарыарки – степи Казахского мелкосопочника), что в некоторой степени снижает возможные ошибки. Чтобы максимально приблизить модель к действительной поверхности рельефа, были заполнены все локальные понижения (некорректные области внутреннего стока) и устранены погрешности и неточности в значениях ячеек раstra, появление которых связано часто с неточностью исходных данных. Если не выполнить описанные выше операции, то в дальнейшем при моделировании сети водотоков могут получиться разрывы, что, безусловно, является недопустимым.

Завершающим этапом подготовки гидро-ЦМР для исследуемого бассейна стало автоматизированное выделение непосредственно самого водосборного бассейна р. Ишим. Однако для этого в ArcGIS необходимо обозначение «точек устьев» – мест впадения одного водотока в другой. К сожалению, в данном программном комплексе такая операция проводится вручную с помощью инструмента «Snap Pour Point». Он используется для выбора точек с максимальным суммарным стоком при построении водосборных бассейнов. Данный инструмент будет выполнять поиск ячеек с наивысшим суммарным стоком в пределах величины допуска вокруг заданных точек устьев и сдвигать их, т.е. фактически привязывать к ячейке с наибольшим суммарным стоком в пределах заданного расстояния.

После использования инструмента «Водосборный бассейн» получен контур бассейна р. Ишим, показывающий границы водосборного бассейна, основанный на данных высот ЦМР. Рассчитанный водосборный бассейн р. Ишим соответствует бассейну реки, выделенному по водоразделам на основании топографических карт региона, что подтверждает достоверность результатов использования данного инструментария [5].

Для изучения подтопленных территорий в период весеннего половодья использованы данные космических снимков LANDSAT-7, 8. Учитывая критерии, применяемые при выборе снимков, для выбранного участка было отобрано и обработано по 6 снимков для периода половодья (24 снимков) и по 4 снимка для периода межени (12 снимков). К сожалению, погодные условия в период наводнения соответствуют высокой степени облачности, что существенно осложняет работу по дешифрованию снимков и использованию их данных. На отобранных снимках облачность либо отсутствует, либо ее процент незначителен (до 10%).

Автоматизированное выделение водной поверхности не представило большой сложности, поскольку водные объекты в пространстве спектральных признаков резко отличаются от других природных объектов, их. В данной работе использовался метод определения границы суши и воды на основе вегетационного индекса NDVI. Расчет данного индекса проводился по алгоритму, представленному на сайте независимого информационного ресурса, посвященного географическим информационным системам (ГИС) и дистанционному зондированию

Земли Gis-Lab. Расчет NDVI происходил в «Растровом калькуляторе» ГИС. Водные объекты и суша были разделены по пороговому значению NDVI. В результате был получен бинарный растр (маска воды) в период половодья, в котором значение «1» соответствует воде, а «0» – суше. В результате обработки космических снимков, была получена водная поверхность для участка впадения р. Жабай в р. Ишим на 19 апреля 2017 г.

Для анализа площади затопления необходимо провести сравнение с уровнем воды в период летнего состояния реки и обработать данные снимков в период межени. Обработка и интерпретация космических снимков проведена по аналогии со снимками в период половодья. В летний период реки данного бассейна могут значительно изменить площадь своей водной поверхности, что связано с установлением жаркой погоды без осадков, а также забором воды на полив дачных участков и др. Поэтому полученный результат вполне соответствует вышеуказанному утверждению.

Для того чтобы проследить как изменялась площадь рассматриваемой водной поверхности р. Жабай и части р. Ишим, путем наложения полученных масок в разные режимные периоды с помощью ГИС получен единое растровое изображение, где разными цветами отображены различные характеристики (рис. 1). Результаты обработки снимков весеннего половодья 2016 г. для данного района также были наложены на имеющиеся растры и представлены на рис. 2.

Согласно данным картосхем 1 и 2, площадь водной поверхности в период половодья значительно превышает уровень реки в летний период. На момент пика половодья для исследуемой зоны в 2016 г. нет снимка, поэтому использован снимок территории реки через 7 дней. Однако масштабы территорий, покрытых водой спустя неделю после пика половодья, позволяют судить о масштабе наводнения. Площадь водной поверхности для 2017 г. распространяется далеко за пределы пойменной части. Именно наводнение в 2017 г. по оценкам местным властям нанесло данной территории максимальный ущерб. В местах замкнутых понижений в летнее время образуются неглубокие озера, преимущественно в южной части водосбора, которые на рисунках легко определить по цвету и округлой замкнутой форме.

С наибольшей частотой в зону затопления попадает территория г. Атбасар, кото-

рый расположен на правом берегу правого притока р. Ишим – р. Жабай. Используя уже полученные результаты, можно представить данный участок с выделением зоны подтопления (рис. 3).

Исходя из полученных данных обработки космических снимков на рис. 3, с помощью ГИС рассчитана площадь затопленной территории в период весеннего половодья 2017 г. – 0,73 км² при площади города в 13,7 км².

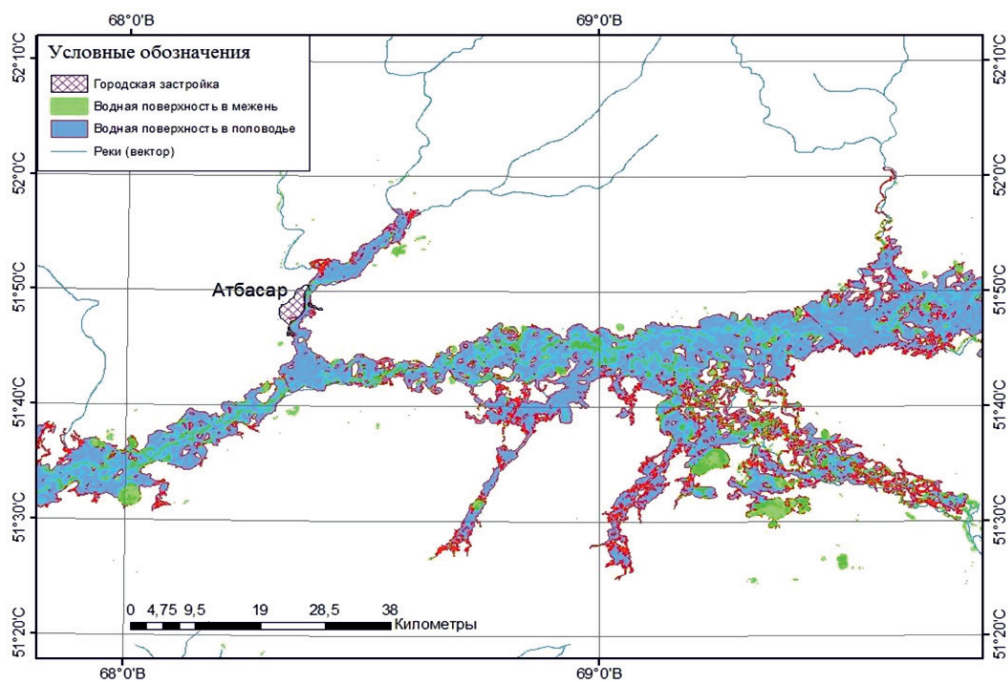


Рис. 1. Соотношение территорий водных поверхностей бассейна р. Ишим в период затопления и в период межени, 2017 г.

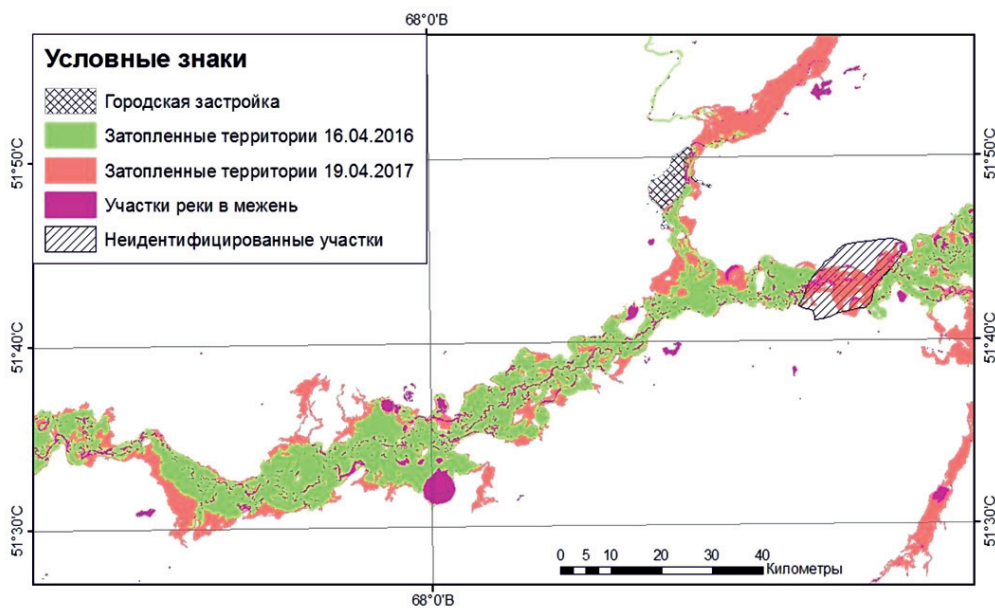


Рис. 2. Соотношение территорий водных поверхностей бассейна р. Ишим в период затопления и в период межени, 2016, 2017 гг.

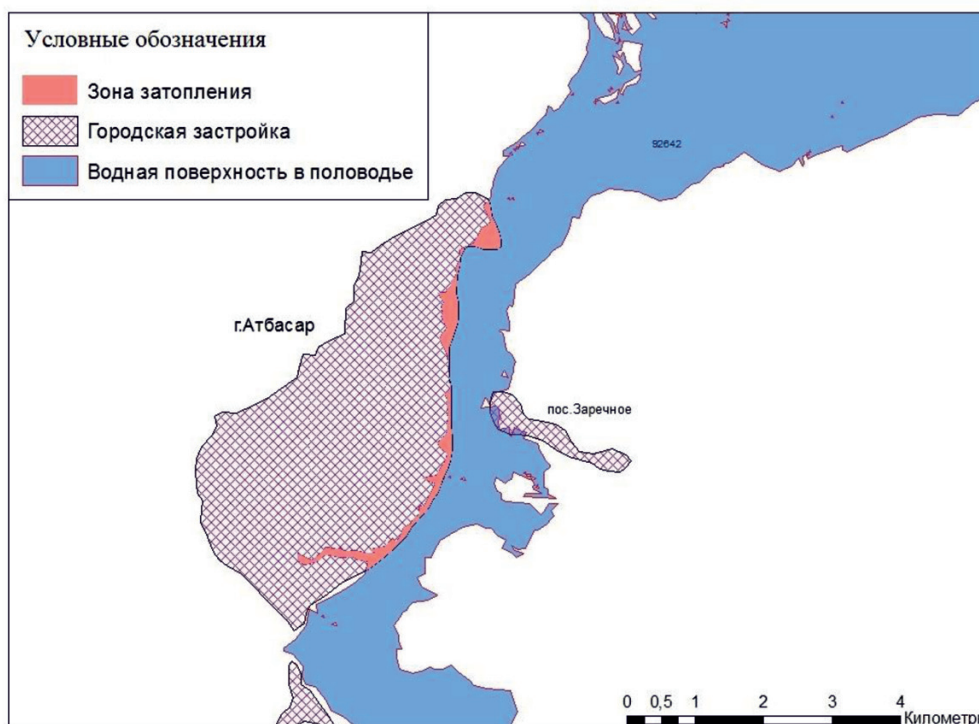


Рис. 3. Зона подтопления г. Атбасар, 17 апреля 2017 г.

Заключение

В ходе исследования установлено, что речная сеть крупных водотоков на исследуемой местности по топографическим картам соответствует полученным расчетам дренажной сети с помощью ГИС. Так же, с помощью ГИС, выделена и определена площадь водосборного бассейна р. Ишим в пределах Северного Казахстана.

В результате обработки и анализа космических снимков в период весеннего половодья и межени для среднего течения р. Ишим на территории впадения в нее р. Жабай определена территория, занимаемая во время разлива реки, а также участки долины, занятые рекой и водотоками в период межени. Путем сопоставления данных установлено, что в местах замкнутых понижений в летнее время образуются неглубокие озера, преимущественно в южной части водосбора («степные блюдца»). Рассчитана площадь подтопления крупнейшего населенного пункта на данном участке, г. Атбасар.

Таким образом, путем непосредственных измерений весенний сток при недостаточно развитой сети наблюдательных

пунктов на водных объектах оценить затруднительно, но представляется возможным картировать русловую сеть временных водотоков и сопоставлять по годам зоны затопления в период весеннего половодья с использованием дистанционных методов и ГИС-технологий.

Список литературы / References

1. Хабаров Д.А., Адиев Т.С., Попова О.О. Анализ современных технологий дистанционного зондирования Земли // Московский экономический журнал. 2019. № 1. С. 181–190. [Электронный ресурс]. URL: <https://qje.su/wp-content/uploads/2019/02/Nomer-1-2019-Arhiv.pdf> (дата обращения: 04.07.2019). DOI 10.24411/2413-046X-2019-11068.

Khabarov D.A., Adiev T.S., Popova O.O. Analysis of modern technologies for remote sensing of the Earth // Moscow Economic Journal. 2019. № 1. P. 181–190. [Electronic resource]. URL: <https://qje.su/wp-content/uploads/2019/02/Nomer-1-2019-Arhiv.pdf> (date of access: 04.07.2019). (in Russian).

2. Яковченко С.Г. Создание геоинформационных систем в инженерной гидрологии: дис. ... докт. техн. наук. Барнаул, 2007. 406 с.

Yakovchenko S.G. Creation of geographic information systems in engineering hydrology: dis. ... doct. techn. nauk. Barnaul, 2007. 406 p. (in Russian).

3. Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пономарчук А.И. Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач: практикум: учебное пособие. Пермь: Изд-во Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2014. 91 с.

Shikhov A.N., Cherepanova E.S., Ponomarchuk A.I. Geographic information systems: the use of GIS technologies in

solving hydrological problems: workshop studies. Perm': Izd-vo Permskiy gosudarstvenny natsional'nyy issledovatel'skiy universitet, 2014. 91 p. (in Russian).

4. Чумаченко А.Н., Хворостухин Д.П., Морозова В.А. Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2018. № 2. С. 104–109. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-104-109.

Chumachenko A.N., Khvorostukhin D.P., Morozova V.A. Construction of a Hydrologically-correct Digital Terrain Model (Using the Example of Saratov Region) // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Nauki o Zemle. 2018. № 2. P. 104–109 (in Russian).

5. Ломакина С.С., Мезенцева О.В. Построение гидро-ЦМР для анализа водосборного бассейна. объектов // Геодезия, землеустройство и кадастры: проблемы и перспективы развития, посвященная 100-летию советской геодезии и картографии: сборник материалов I Международной научно-практической конференции (Омск, 15 марта 2019). Омск: Омский ГАУ, 2019. С. 85–88.

Lomakina S.S., Mezentseva O.V. Construction of hydro-DEM for analysis of the catchment area. objects // Geodesy, land management and cadastres: problems and development prospects dedicated to the 100th anniversary of Soviet geodesy and cartography: collection of materials of the I International scientific-practical conference (Omsk, March 15, 2019). Omsk: Omskiy GAU, 2019. P. 85–88 (in Russian).

УДК 551.556.3:620.92(571.56)

ВЕТРОЭНЕРГОРЕСУРСЫ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЯКУТИИ**Ноговицын Д.Д., Шеина З.М., Сергеева Л.П.***Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН (ИФТПС СО РАН), Якутск, e-mail: dmitry-nogovitzyn@yandex.ru*

Важнейшей составляющей развития ветроэнергетики является определение ее ресурсного потенциала. Характеристика ветрового ресурса на Крайнем Севере с её обширной территорией и суровой продолжительной зимой имеет огромное значение для всех аспектов использования энергии ветра, начиная от выбора подходящего места расположения ветроэлектростанций до определения подходящих для этих условий типов ветроэнергоустановок. На территории Якутии наибольшим ветроэнергетическим потенциалом для энергоснабжения обладают районы арктической зоны. В связи с этим подсчет запасов энергии ветра на арктической территории Якутии имеет практическое значение для районов, удаленных от источников централизованного энергоснабжения, и для относительно мелких потребителей энергии, рассредоточенных на обширных пространствах. В настоящее время в связи с повышением стоимости привозного жидкого и твердого топлива в отдаленные изолированные районы республики актуальным становится изыскание возможностей использования местных возобновляемых источников энергии, связанное с экономией топливно-энергетических ресурсов и решением экологических проблем. Основное внимание в статье уделено определению ветроэнергетического потенциала на территории Якутии. Необходимость уточнения запасов энергии ветра основана на прямой зависимости режима ветра от окружающей местности и от географического положения точки наблюдения. Анализ среднегодовых скоростей ветра метеостанций показал, что наиболее сильные ветра наблюдаются на побережье Северного Ледовитого океана (Анабарский, Булунский, Усть-Янский, Аллаиховский и Нижнеколымский районы) и нижнего течения р. Лены. Рассчитаны ветроэнергетические характеристики на всей территории Республики Саха (Якутия). Поскольку для выбранных районов энергия ветра является приоритетной, необходимы дополнительные научно-исследовательские работы по уточнению значений скоростей ветров, их повторяемости и направлению для точной оценки ветроэнергетического потенциала и обоснования размещения ветроэлектростанций.

Ключевые слова: Якутия, Арктика, ветроэнергоресурсы, скорость ветра, ветроэнергетический потенциал

WIND ENERGY RESOURCES OF THE NORTHERN TERRITORIES OF YAKUTIA**Nogovitsyn D.D., Sheina Z.M., Sergeeva L.P.***The V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IPTPN SB RAS), Yakutsk, e-mail: dmitry.nogovitzyn@yandex.ru*

The most important component of wind energy development is the determination of its resource potential. Characteristics of the wind resource in the Far North with its vast territory and harsh long winter are of great importance for all aspects of using wind energy, ranging from choosing a suitable location for wind farms to determining the types of wind power plants that are suitable for these conditions. In Yakutia, Arctic zone have the greatest wind energy potential. In this regard, the calculation of wind energy reserves in the Arctic territory of Yakutia is of practical importance for areas remote from sources of centralized power supply, and for relatively small energy consumers dispersed over large areas. Currently, in connection with the rising cost of imported liquid and solid fuels to remote isolated areas of the republic, it becomes urgent to explore the possibilities of using local renewable energy sources associated with saving fuel and energy resources and solving environmental problems. The main attention is paid to the definition of wind energy potential in the territory of Yakutia. The need to clarify the reserves of wind energy is due to the direct dependence of the wind regime on the surrounding relief and the geographical location of the observation point. Analysis of average annual wind speeds on weatherstations showed that the strongest winds are observed on the coast of the Arctic Ocean (Anabarsky, Bulunsky, Ust-Yansky, Allaikhovsky and Nizhnekolymsky districts) and the lower course of the Lena River. Wind energy characteristics throughout the Republic of Sakha (Yakutia) have been calculated. Since, wind energy is a priority for pre-selected areas, additional research is needed to clarify the values of wind speeds, their frequency and direction in order to accurately estimate the wind energy potential and substantiate the placement of wind power plants.

Keywords: Yakutia, Arctic, wind energy resources, wind speed, wind energy potential

В настоящее время электро- и тепло-снабжение поселков, расположенных в удаленных районах Якутии, требует специфического подхода. Это определяется разбросанностью потребителей по территории Крайнего Севера, отсутствием централизованного электроснабжения этих районов, высокой стоимостью органического топлива с учетом его перевозки, большой продолжительностью отопительного сезона

и низкими температурами наружного воздуха. Обеспечение устойчивого электроснабжения населения в удаленных улусах республики требует проведения ресурсных, технико-экономических, экологических исследований возобновляемой энергетики. Возобновляемые источники энергии в основном используются в отдаленных и труднодоступных районах отдаленного Дальнего Востока [1–3]. Из всего многообразия

возобновляемых источников энергии в арктических районах Якутии приоритетной является энергия ветра. В условиях Якутии наиболее рационально сочетать работу ветроустановок с дизельными электростанциями и малыми ГЭС и при совместной работе получить экономию жидкого топлива. Продолжительность энергоиспользуемых ветров, дующих со скоростью 4 м/с и выше, составляет от 150 до 280 дней в году.

Цель исследования: На основе составления кадастра ветровой энергии выявить возможности их использования для энергоснабжения в арктической зоне Якутии.

Метод исследования: использование методов расчета ветровой энергии [4].

Природные условия. Якутия – страна гор, плоскогорий, низменностей. Здесь расположены обширные горные системы – хребты Верхоянский, Черского, связанные между собой Яно-Оймяконским плоскогорьем, Сетте-Дабан, Юдомо-Майское нагорье, Становой хребет, высоты которых колеблются от 2000 до 2412 м. На севере и в центре расположены такие низменности, как Яно-Индибирская, Колымская и Центрально-Якутская.

Вся территория республики лежит в зоне вечной мерзлоты. Климат суровый, резко континентальный. Годовая температура воздуха составляет более 100°.

Ветровой режим. Ветер, формирующийся под воздействием центров давления, характеризуется изменением противоположных направлений ветра и скоростей от 0,9–4,5 м/с внутри территории до 3,5–6,8 м/с на островах и побережьях морей Лаптевых и Восточно-Сибирского [5]. На большей части территории наибольшую повторяемость имеют ветры слабые и умеренные скорости ветра от 0 до 5 м/с (около 93%). Наибольшее количество малых скоростей ветра (до 2 м/с) наблюдается зимой, умеренных скоростей (до 5 м/с) – летом. На островах морей Лаптевых и Восточно-Сибирского наибольший процент приходится на ветры со скоростью 4–5 м/с, а на о. Четырехстолбовом – 6–7 м/с [5].

На направление и скорость ветра влияют также физико-географические особенности исследуемой местности [3].

Зимой ветровой режим зависит от господствующего в это время отрога зимнего азиатского антициклона. Такой ветровой режим сохраняется с сентября по март.

Летом на побережьях морей Лаптевых и Восточно-Сибирского ветры имеют муссонный характер. На большей части терри-

тории Якутии дуют северные, северо-восточные, северо-западные, западные ветры и южные ветры. Направления ветров остаются летними с мая по август [5].

В сентябре и апреле зимнее распределение ветра сочетается с летним.

Результаты исследования и их обсуждение

В последние десятилетия климат в Арктике однозначно изменился [6]. По данным Межправительственной группы экспертов изменение ветрового режима может быть следствием изменения траектории перемещения циклонов умеренных широт, их интенсивности и частоты, общего усиления циклонов в Арктике [7].

Согласно прогнозу [8], к концу XXI в. средняя годовая скорость ветра в Арктике над континентальной частью Якутии практически не изменится, над морями вдоль побережья знак аномалии в основном положительный. Рост значений ветра наиболее выражен в осенне-зимний период.

Анализ среднегодовых скоростей ветра метеостанций Якутии показал, что скорость более 3 м/с превалирует в северной части республики. Наилучшим для использования на цели энергоснабжения является внутрисезонное распределение ветропотенциала, имеющее зимний максимум, поскольку в большей степени соответствует графику нагрузки потребителей, изолированных от энергосистем [9].

Метеорологические факторы являются определяющими для ветроэнергетики. От метеорологических условий в том или ином выбранном месте зависит решение о целесообразности применения ветродвигателей в намеченном месте, определение их оптимальных параметров и планирование режима работы, оценка выдаваемой ими энергии, планирование мер по защите их от воздействия вредных метеорологических явлений. При этом основную роль играет климатическая информация, характеризующая средние многолетние условия.

В работе оценка ветроэнергоресурсов проведена непосредственно по данным справочника [5]. Оценка потенциала ветровой энергии по числу случаев по градациям скоростей выполнена методами [4, 10]. Для увеличения точности вычислений и сглаживания полученной функции на основе этих методов [4, 10] выполнена линейная интерполяция (метод частот) и интерполяция кубическими сплайнами.

Таблица 1

Потенциал ветровой энергии, рассчитанный различными методами

Название пункта	Длина ряда	Метод частот	Потенциал, Вт/кв.м	
			Расчеты с учетом плотности воздуха	Метод кубических сплайнов
Кигилях, мыс	13	222,7	209	212,8
Тикси, бухта	13	341,3	334	329,3
Нижнеянск	13	112,3	106	104,8
Найба	10	98,7	92	93,2
Юбилейная	12	69,6	67	63,7
Кулар	12	208,5	191	199,4
Куйга	11	47,6	46	43,3
Джангкы	10	29,0	27	26,0
Намы	10	16,3	15	13,8
Депутатский	13	39,8	39	35,7
Янск	9	19,0	18	15,7

Таблица 2

Средние абсолютная и относительная погрешности результатов в зависимости от средней скорости

Средняя скорость	Средняя абсолютная погрешность, т/кв.м	Средняя относительная погрешность, %
0–1,0	1,16	22,4
1,0–1,5	1,85	17,7
1,5–2,0	2,71	15,6
2,0–2,5	3,81	11,8
2,5–3,0	4,64	8,56
3,0–3,5	5,83	8,13
3,5–4,0	6,58	6,54
4,0–4,5	8,16	5,17
4,5–5,0	10,17	4,38
5,0–5,5	9,98	4,21
5,5–6,0	10,89	4,02

Сравнительный анализ результатов расчета энергии ветра показал, что наиболее предпочтительной является методика, позволяющая использовать интерполяцию кубическими сплайнами (табл. 1).

В тех случаях, когда средняя скорость ветра меньше 2,5 м/с, ни один метод не может дать достоверных результатов, так как почти вся выборка попадает в один или два промежутка и выявить закономерности затруднительно (табл. 2).

Для практики интерес представляют методы, дающие достоверный результат расчета потенциала ветровой энергии, при средних скоростях ветра, когда эксплуатация ветроагрегата экономически целесообразна. Как правило, случаи, когда средняя

скорость ветра меньше 2,5 м/с, народнохозяйственного значения не имеют.

В табл. 3 приводятся данные по повторяемости ветров по градациям скоростей ветра. Наиболее благоприятные условия для работы ветроэнергетических установок имеют п. Андриюшкино, Чокурдах, Жиганск, Нижнеянск и Тикси. В этих пунктах повторяемость ветров со скоростью более 4 м/с очень высока.

Наиболее сильные ветра, скорость которых составляет более 3 м/с наблюдаются на побережье Северного Ледовитого океана (Аллаиховский, Анабарский, Булунский, Усть-Янский и Нижнеколымский районы) и нижнего течения р. Лена (Жиганский) (табл. 4).

Таблица 3

Повторяемость ветров по градациям скоростей по некоторым пунктам РС(Я)

Пункты	4	6	8	10	12	14 и более
Андрюшкино	3165	1447	509	148	25	4
Багамай	1570	531	146	41	11	3
Верхоянск	547	147	33	10	3	1
Депутатский	1745	492	139	50	21	5
Жиганск	3977	1898	1028	485	211	99
Куйга	1964	710	212	55	17	6
Кюсюр	3253	1920	935	389	126	37
Нижнеянск	3954	1709	669	238	72	19
Оленек	1910	549	145	33	6	2
Саскылах	2987	1258	512	215	98	44
Тикси	3995	2562	1556	952	613	373
Чокурдах	4031	1614	620	199	76	25
Эйк	1480	383	104	37	3	1

Таблица 4

Ветроэнергетические характеристики на территории Республики Саха (Якутия)

№ п/п	Районы	Средняя скорость ветра, м/с	Удельная мощность, Вт/м ²	Выработка электроэнергии, тыс. кВт·ч/м ²
1	Алданский	0,9–2,7	3–50	45–450
2	Таттинский	1,3	10	87
3	Аллайховский	4,1	100	890
4	Амгинский	1,3–1,7	12–17	110–150
5	Анабарский	3,3–5,6	90–222	800–1900
6	Булунский	1,6–6,5	14–480	120–4200
7	Верхневиллойский	2,3	26	230
8	Верхнеколымский	2,3	30–35	270–300
9	Верхоянский	1,2–2,6	10–42	90–370
10	Виллойский	1,8	14	123
11	Горный	1,4–2,6	10–53	96–470
12	Жиганский	2,4–4,3	34–150	300–1300
13	Кобяйский	2,4–3,4	34–107	300–930
14	Нюрбинский	2,4	26–30	230–260
15	Ленский	1,2–2,5	6–32	60–280
16	Мирнинский	1,1–3,5	6–60	50–550
17	Намский	2,1	21	180
18	Нижнеколымский	3,1–4,8	49–147	430–1300
19	Оймяконский	0,9–2,7	3–64	25–560
20	Олекминский	0,9–2,4	3–28	28–250
21	Оленекский	1,6–2,6	17–37	150–320
22	Хангаласский	1,0–2,4	6–42	53–360
23	Среднеколымский	1,8	12	103
24	Сунтарский	1,3–2,2	7–22	64–190
25	Томпонский	0,8–2,2	3–18	22–160
26	Усть-Алданский	1,3–2,6	11–36	96–310
27	Усть-Майский	1,1–1,5	6–12	61–105
28	Усть-Янский	1,8–5,2	26–310	23–2750
29	Чурапчинский	1,6	12	107
30	г. Якутск	1,8	14	120
31	Нерюнгринский	0,9–2,9	5–84	41–730

Выводы

1. Анализ среднегодовых скоростей ветра метеостанций Якутии показал, что скорость более 3 м/с превалирует в северной части республики. Наилучшим для использования на цели энергоснабжения является внутригодовое распределение ветропотенциала, имеющее зимний максимум, поскольку в большей степени соответствует графику нагрузки потребителей, изолированных от энергосистем.

2. Наиболее благоприятные условия для работы ветроэнергетических установок имеют п. Андрюшкино, Чокурдах, Жиганск, Нижнеяск и Тикси. Поскольку для выбранных районов энергия ветра является приоритетной, необходимы дополнительные научно-исследовательские работы по уточнению значений скоростей ветров, их повторяемости и направлению для точной оценки ветроэнергетического потенциала и обоснования размещения ветроэлектростанций.

Список литературы / References

1. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф. Проблемы энергетики восточной зоны Российской Арктики и возможные пути решения // Энергетическая политика. 2018. № 4. С. 80–88.
1. Saneev B.G., Ivanova I.Yu., Tuguzova T.F. Energy problems of the Eastern zone of the Russian Arctic and possible solutions // Energy policy. 2018. № 4. P. 80–88 (in Russian).
2. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф. Развитие возобновляемой энергетики на востоке РФ в первой половине XXI века на фоне общероссийских тенденций // Энергетическая политика. 2016. № 3. С. 66–73.
2. Saneev B.G., Ivanova I.Yu., Tuguzova T.F. Development of renewable energy in the East of the Russian Federation in the first half of the XXI century against the background of all-Russian trends // Energy policy. 2016. № 3. P. 66–73 (in Russian).
3. Иванова И.Ю., Ноговицын Д.Д., Тугузова Т.Ф., Шеина З.М., Сергеева Л.П. Ветроэнергетические ресурсы г. Верхоянска Республики Саха (Якутия) и возможность их использования для энергоснабжения // Фундаментальные исследования. 2013. № 4 (1) С. 30–38.
3. Ivanova I.Yu., Nogovitsyn D.D., Tuguzova T.F., Shakirov V.A., Sheina Z.M., Sergeeva L.P. Wind energy resources of the city of Verkhoyansk Sakha Republic (Yakutia) and the possibility of their use for energy supply // Fundamental Research. 2013. № 4 (1). P. 30–38 (in Russian).
4. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978. 512 с.
4. Kalitkin N.N. Numerical method. M.: Nauka, 1978. 512 p. (in Russian).
5. Справочник по климату СССР. Вып. 24. Якутская АССР. Ч. 3. Ветер. Л.: Гидрометеоиздат, 1967. 271 с.
5. The USSR Climate Handbook. Issue 24. Yakut ASSR. Part 3. Wind. L.: Hydrometeoizdat, 1967. 271 p. (in Russian).
6. Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J., Berrisford P., Poli P., Kobayashi S., Andrae U., Balmaseda M.A., Baisamo G., Bauer P., Bechtold P., Beljaars ACM, van de Berg L., Bidlot J., Bormann N., Delsol C., Dra-gani R., Fuentes M., Geer A.J., Yfimerberg L., Healy S.B., Hersbach H., H' olm E.V., Isaksen L., K'allberg P., K' ohier M., Matricardi M., McNally A.P., Monge-Sanz B.M., Morcrette J.-J., Park B.-K., Peubey C., de Rosnay P., Tavolato C., Th' epaut J.-N., Vitart F. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. Q.J.R. Meteorol.Soc. 2011. V. 137. P. 553–597. DOI: 10.1002/qj.828.
7. IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Edited by T.F. Stocker, D. Qin, G-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Fllen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley. Cambridge University Press. Cambridge, United Kinddom and New York, USA. 2013. 1535 p.
8. Суркова Г.В., Крылов А.А. Изменения средних и экстремальных скоростей ветра в Арктике в конце XXI века // Арктика и Антарктика. 2018. № 3. С. 26–36. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27395.
8. Surkova G.V., Krylov A.A. Changes in average and extreme wind speeds in the Arctic at the end of the 21st century // Arctic and Antarctic. 2018. № 3. P. 26–36 (in Russian).
9. Иванова И.Ю., Ноговицын Д.Д., Тугузова Т.Ф., Шакиров В.А., Шеина З.М., Сергеева Л.П. Факторы, влияющие на эффективность использования ветропотенциала в локальной энергетике Якутии // Известия РАН. Энергетика. 2017. № 1. С. 84–92.
9. Ivanova I.Yu., Nogovitsyn D.D., Tuguzova T.F., Shakirov V.A., Sheina Z.M., Sergeeva L.P. Factors affecting the efficiency of wind potential in the local energy of Yakutia // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering. 2017. № 1. P. 84–92 (in Russian).
10. Марчук Г.И. Численные методы расчета ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1958. 382 с.
10. Marchuk G.I. Numerical methods for calculating nuclear reactors. M.: Atomizdat, 1958. 382 p. (in Russian).

УДК 550.837:550.370:550.375:551.594

ПРОГНОЗ КОЛЕБАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИЙ С АКТИВНОЙ ТЕКТОНИКОЙ

Татаркин А.В.

ООО НИПППД «Недра», Пермь, e-mail: vsto08@mail.ru

Интенсивная жизнедеятельность человека, затрагивающая освоение территорий с активной сейсмотектоникой, неразрывно связана с катастрофическими явлениями природного характера. Для уменьшения последствий чрезвычайных ситуаций требуется совершенствование систем своевременного прогноза и оценки степени опасности изменений инженерно-геологических условий для существующих зданий и сооружений. В статье приведено обоснование методики прогноза колебаний земной поверхности для оценки степени опасности изменений инженерно-геологических условий. Для этого использованы результаты исследований на Алтайском сейсмологическом полигоне в 2003–2005 гг. до и после активной фазы Чуйского (Алтайского) землетрясения. Натурные измерения выполнены комплексом методов электротри, состоящим из высокоточных мониторинговых измерений удельного электрического сопротивления и естественных переменных электромагнитных полей. Регистрация данных синхронизировалась по времени с сейсмологическими наблюдениями, проводившимися на данном участке. По результатам исследований выявлены закономерности отображения аномальных проявлений напряженности электрического поля и определены критерии, связанные с влиянием тектонических процессов. Рассмотрены две модели, поясняющие «подготовку» землетрясения. С учетом физико-геологических изменений и анализа публикаций отдано предпочтение связи землетрясений с атмосферным электричеством и инициирующим его радоном. В зависимости от периода атмосферных возмущений, величины изменения сопротивления и коэффициента анизотропии приводится степень опасности изменений инженерно-геологических условий в результате деформаций земной поверхности. На основании выделенных критериев и опыта проведенных исследований на подработанных территориях разработана методика прогноза колебаний земной поверхности территорий с активной тектоникой для оценки изменений инженерно-геологических условий.

Ключевые слова: инженерная геология, инженерно-геологические условия, сейсмическая активность, электротри, оценка рисков, прогноз, землетрясения

FORECAST OF GROUND SURFACE VIBRATIONS AND EVALUATION OF THE DEPTH OF RISK OF CHANGES IN ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF TERRITORIES WITH ACTIVE TECTONICS

Tatarkin A.V.

NIPPD «NEDRA» LLC, Perm, e-mail: vsto08@mail.ru

Intensive human activity, affecting the development of areas with active seismotectonics is inextricably linked with catastrophic natural phenomena. To reduce the consequences of emergency situations, it is necessary to improve the systems for timely forecasting and assessing the degree of danger of changes in engineering geological conditions for existing buildings and structures. The article presents the justification of the methodology for predicting earth surface oscillations to assess the degree of danger of changes in engineering geological conditions. For this purpose, the results of research at the Altai seismological testing site in the period 2003–2005 were used, before and after the active phase of the Chuisky (Altai) earthquake. Field measurements are performed by a set of electrometry methods, consisting of high-precision monitoring measurements of electrical resistivity and natural variable electromagnetic fields. Data logging was synchronized in time with seismological observations conducted at this site. According to the results of the research, regularities of the display of the anomalous manifestations of the electric field intensity were revealed and the criteria associated with the influence of tectonic processes were determined. Considered two models explaining the «preparation» of the earthquake. Taking into account physical and geological changes and analysis of publications, a preference has been made towards the connection of earthquakes with atmospheric electricity and radon initiating it. Depending on the period of atmospheric disturbances, the magnitude of the change in resistance and the anisotropy coefficient, the degree of danger of changes in engineering-geological conditions as a result of deformations of the earth's surface is given. On the basis of the selected criteria and the experience of the studies carried out in the undermined territories, a method for predicting earth surface fluctuations of areas with active tectonics has been developed to assess changes in engineering and geological conditions.

Keywords: engineering geology, geotechnical conditions, seismic activity, electrometry, risk assessment, forecast, earthquakes

Вопросы прогноза негативных геологических процессов и оценки изменений инженерно-геологических условий являются весьма актуальными в жизнедеятельности человека. Особенно остро эти вопросы стоят при современном освоении сейсмоактивных территорий, сопровождающихся промышленной и городской застройкой. В данном

случае для безопасной эксплуатации зданий и сооружений важна информация об инженерно-геологических условиях (ИГУ) и оценки их изменений. Как правило, оценка ИГУ выполняется в рамках изысканий [1], но при этом прогноз изменений неразрывно связан со степенью опасности возникновения землетрясений, что требует их предупреждения.

С середины прошлого века в мире ведутся активные исследования в поисках критериев, предсказывающих землетрясения. Среди них выделяются: изменение уровня подземных вод, вариации физических свойств глубинной части разреза, увеличение форшоковых событий, цикличность землетрясений, электромагнитные явления. Современная концепция исследования зон активных разломов основывается на комплексном анализе информации, полученной разными методами. Один из подходов к решению вопросов прогноза колебаний земной поверхности, связанных с природными землетрясениями, является использование методов электротометрии. Перспективы использования данных методов обусловлены физическими процессами, происходящими как в земной коре, так и в атмосферных слоях Земли. В частности, определению активных зон и их мониторингу способствует большой диапазон изменения электрического сопротивления и его зависимость от влажности, минерализации, пористости и др. В то же время предпосылками прогноза землетрясений являются электромагнитные явления и вариации электрических свойств, сопровождающие процесс «подготовки» землетрясений [2].

Цель исследования: разработка методики прогноза колебаний земной поверхности для оценки степени опасности изменений инженерно-геологических условий для сейсмоактивных территорий.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов использованы натурные наблюдения на участке, располо-

женном в 17 км северо-восточнее п. Акташ вблизи предполагаемого эпицентра землетрясения и тектонического нарушения. Работы охватывали период времени, непосредственно предшествующий Чуйскому (Алтайскому) землетрясению (август 2003 г.), активную его фазу (ноябрь 2003 г.), а также последующий период, сопровождавшийся большим количеством афтершоков (август 2004 г. и август 2005 г.) [3].

Комплекс методов исследований включал мониторинговые измерения методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и высокоточные мониторинговые векторные измерения естественных переменных электромагнитных полей и удельного электрического сопротивления. Данные наблюдений имели синхронизацию по времени с расположенной на этом же участке сейсмологической станцией [3].

Суть методики высокоточных мониторинговых измерений заключалась в использовании стационарных многоканальных площадных установок с контролируемым или неконтролируемым источниками электромагнитного поля (рис. 1). Высокая точность мониторинга достигается за счет снижения влияния приповерхностных условий (неоднородностей, рельеф) и повышение точности съемки за счет единообразия повторных площадных измерений.

Результатами измерений являются пространственно-временные параметры электромагнитных полей и электрического сопротивления, характеризующие физическое состояние геологической среды и его изменение.

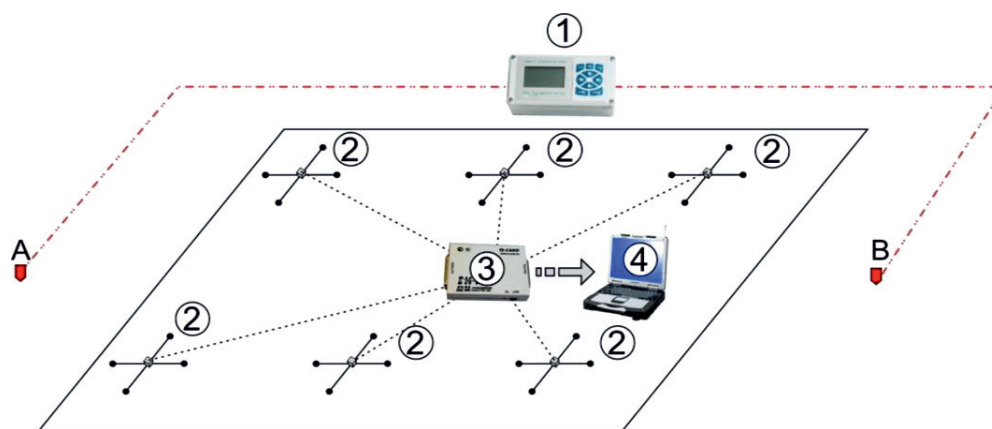


Рис. 1. Схема высокоточного мониторинга электрического сопротивления и электромагнитных полей
1 – генераторная установка, 2 – модуль регистрации, 3 – модуль сбора и обработки информации

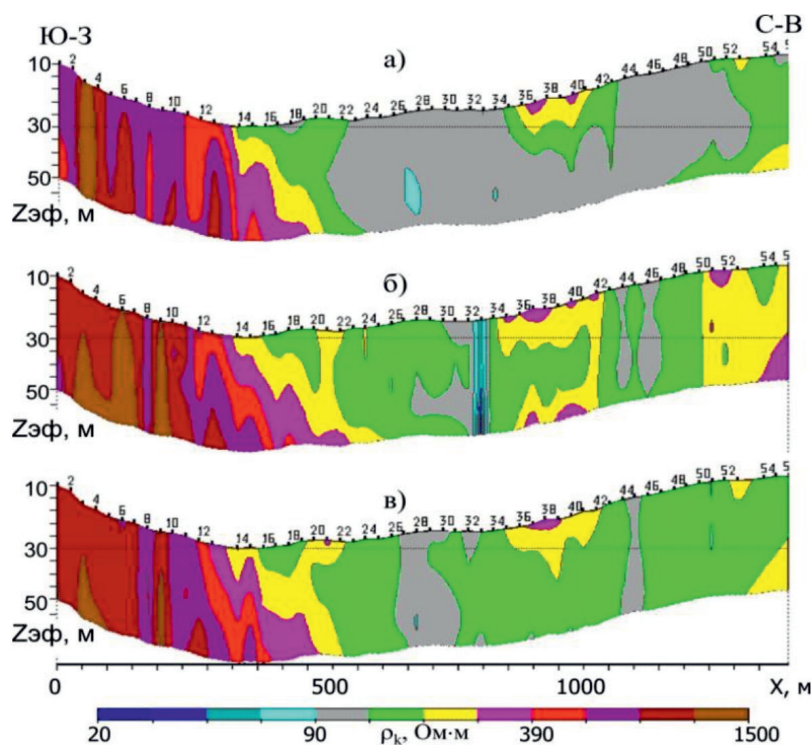


Рис. 2. Разрезы кажущегося сопротивления, полученные до (а) и после (б, в) активной фазы землетрясения (а – август 2003 г., б – август 2004 г., в – август 2005 г.)

Результаты исследования и их обсуждение

Чуйское (Алтайское) землетрясение произошло 27 сентября 2003 г. Его очаг находился на юго-западной окраине Чуйского и Курайского артезианских бассейнов, а величина магнитуды составила 7,3 балла. Строение бассейнов характеризуется наличием многолетнемерзлых пород (ММП) мощность которых на севере-востоке от очага достигает 70 м [4]. С точки зрения тектоники землетрясение приурочено к сопряжению двух разломов Чарышско-Теректинского и Северо-Чуйского [5]. Где в зонах сочленения хребтов и внутригорных впадин максимальные амплитуды вертикальных движений составляют 1–4 тыс. м [6].

По результатам измерений методом ВЭЗ, выполненных в крест предполагаемого тектонического нарушения, была получена первоначальная модель объекта исследований и определены границы тектонического нарушения. На рис. 2, а, представлен разрез кажущихся сопротивлений, полученный в августе 2003 г. до активной фазы землетрясения. По результатам иссле-

дований выделяются две зоны, разделенные осью тектонического нарушения – юго-западная относительно повышенного сопротивления и северо-восточная пониженных значений.

Для извлечения информации о глубинной части разреза, захватывающей предполагаемую очаговую область землетрясений, и построения цифровой модели были использованы наблюдения естественного электромагнитного поля. По измерениям напряженности электрического и магнитного полей была выделена регулярная часть магнитотеллурического поля и выполнена интерпретация кривой зондирования. В результате количественной интерпретации получена цифровая модель, которая показывает наличие слоя относительно низких электрических сопротивлений в интервале глубин 2,5–14 км. Именно данный слой предположительно связан с активизацией тектонических процессов.

Выделенная зона тектонического нарушения по совокупности полученных признаков была отнесена к участку с повышенным риском возникновения чрезвычайных ситуаций, где и был организован

дальнейший мониторинг естественных электромагнитных полей по вышеописанной схеме (рис. 1). Один из примеров регистрации естественного электромагнитного поля представлен на рис. 3. Анализ мониторинговых наблюдений выявил несколько видов импульсов с различными характеристиками (рис. 3, а). Амплитудно-частотные характеристики сигналов, представленные на рис. 3, б, указывают на то, что наибольшие значения амплитуд (выделенной энергии) отмечаются в диапазоне сверхнизких частот (0,04–10 Гц) и в высокочастотном (10–25 кГц) диапазонах. При этом фаза аномальной интенсивности электромагнитного поля перед землетрясением сопровождается фазой затишья длительностью 2–3 ч.

Гистограммы распределения количества импульсов от частоты электромагнитного поля показали, что интенсивность излучения меняется в зависимости от стадии тектонической активности. Наибольшая интенсивность наблюдается перед основным землетрясением в диапазоне частот 0,04–2 Гц и 7000–9000 Гц. Кроме того, отмечается увеличение уровня фона во всем диапазоне частот до 25 кГц и небольшое повышение количества импульсов в диапазоне 4–8 Гц.

При этом изменения интенсивности электромагнитного поля в период подготовки землетрясения можно рассматривать с двух позиций. Первая связана с процессом трещинообразования при изменении

напряжений, когда сначала формируются мелкие трещины (высокие частоты) и далее крупные (низкие частоты поля). В данной ситуации разрушение горных может сопровождаться пьезоэлектрическим эффектом и перераспределением зарядов. Вторая позиция может быть обусловлена изменением концентрации и освобождением радона или других газов в период «подготовки» сейсмического события. Как известно, этот период может достигать до 100 дней перед землетрясением [7]. Высвобождение радона влияет на состояние атмосферы и участвует в перераспределении зарядов, вследствие чего может увеличиваться интенсивность и частота электрических разрядов (рис. 4). В то же время генерация электромагнитного поля и его взаимодействие может происходить на различных уровнях – от земного до атмосферного. Но именно освобождение радона, по мнению автора, оказывает наибольшее влияние на процессы, связанные с атмосферным электричеством (атмосфериками) и их активностью в модели сейсмоактивных зон. При этом эффекты могут наблюдаться и на некотором расстоянии от эпицентра землетрясения, благодаря атмосферному волноводу и тектоническим нарушениям. Опубликованные результаты исследований других авторов также свидетельствуют о перспективах использования атмосфериков при прогнозе землетрясений [8].

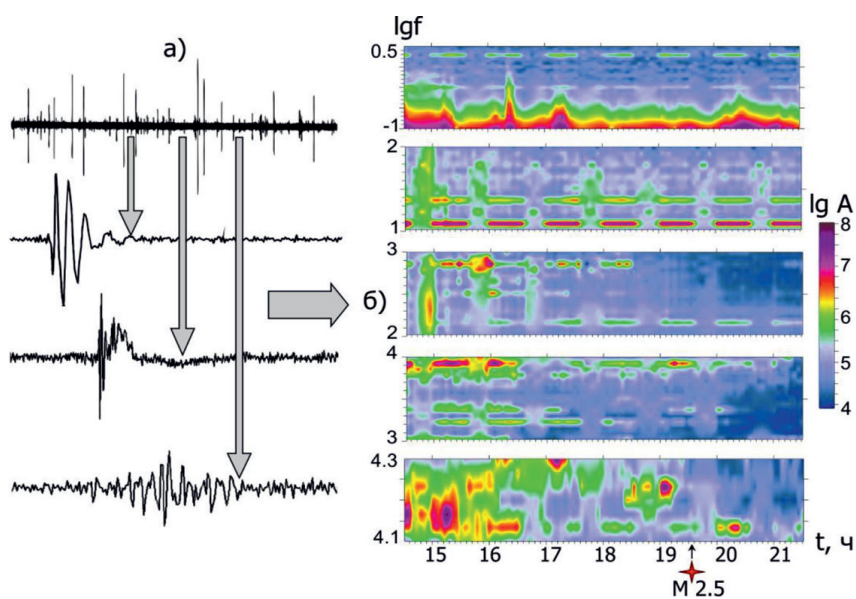


Рис. 3. Виды сигналов в высокочастотном диапазоне (а) и спектрограммы напряженности электрического поля в диапазоне частот до 25 кГц в период сейсмического события с магнитудой 2,5 (б)

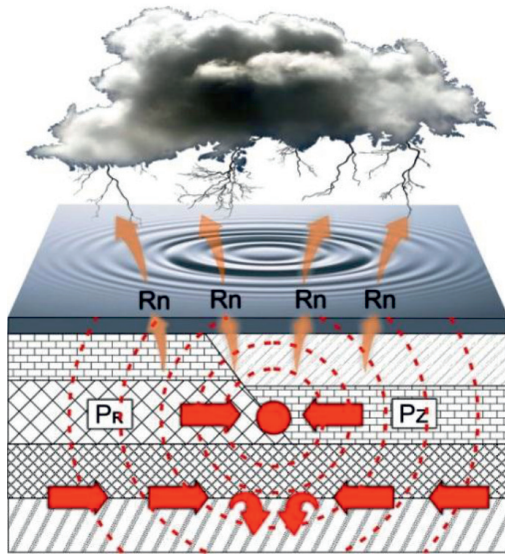


Рис. 4. Модель процесса «подготовки» землетрясения

Важным аспектом прогноза колебаний земной поверхности является контроль выделенных зон с повышенным риском возникновения чрезвычайных ситуаций. В данном случае очень важен прогноз изменения физического состояния горных пород и оценка инженерно-геологических условий геологической среды. Для этой цели использован метод высокоточного мониторинга сопротивления на квазипостоянном токе и в варианте магнитотеллурического зондирования. Кроме того, были выполнены повторные наблюдения методом ВЭЗ в крест тектонического нарушения. Предпосылками использования электрического сопротивления в мониторинговых наблюдениях являются высокая чувствительность сопротивления к изменениям физического состояния горных пород: степени их трещиноватости, пористости, газо-, водонасыщенности, минерализации водных растворов и др.

Мониторинговые измерения верхней части разреза с использованием вертикального электрического зондирования показывают изменения в результатах, полученных на различных стадиях землетрясения (рис. 2). Изменения отображаются в увеличении дифференциации и значений кажущегося сопротивления в восточной части примерно на 30% после землетрясения.

Это может быть связано с нарушением физико-механических свойств среды и условий залегания, включая подземные воды. При этом через два года после основного события отмечается стабилизация свойств зоны нарушения вследствие её залечивания.

Для осуществления высокоточных мониторинговых наблюдений за изменением электрических свойств среды в верхней ее части до глубины порядка 100 была развернута сеть высокоточных наблюдений с контролируемым источником квазипостоянного тока (рис. 1), охватывающим зону тектонического нарушения.

В ходе площадного мониторинга получено пространственно-временное распределение электрического сопротивления пород в районе сейсмической активности, которое характеризует наибольшие области изменений геологической среды. Результаты измерений в качестве примера отображены в виде графиков кажущегося сопротивления по двум направлениям за период наблюдений, равный восьми часам (рис. 5). Как мы видим, электрическое сопротивление закономерно меняется в противофазе во времени, что указывает на наличие анизотропных процессов в области активного разлома. Вместе с тем максимальное отклонение сопротивления достигает 12% и указывает на изменения инженерно-геологических условий.

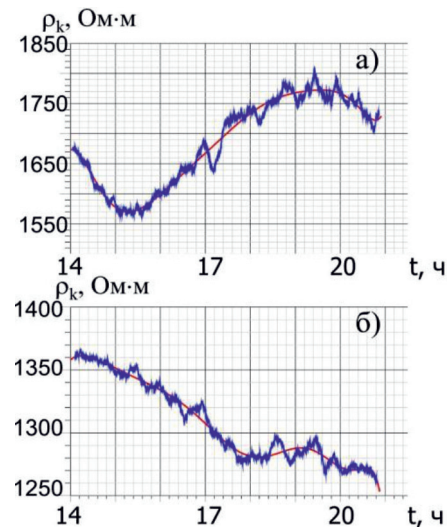


Рис. 5. Динамика кажущегося сопротивления по двум компонентам

Кроме того, прогноз изменений ИГУ может быть оценен с позиций процессов, происходящих на глубине очага землетрясений. Для этого была выполнена оценка изменения электрического сопротивления по данным высокоточного мониторинга методом магнитотеллурического зондирования. Полученные результаты показывают вариации свойств опорного горизонта и проводящего слоя связанного с очагом тектонической активности.

Оценка степени опасности изменений ИГУ в зонах с активной тектоникой

Критерии оценки изменений ИГУ			Оценка степени опасности изменений ИГУ	
период атмосферных возмущений, t, ч	суточные изменения УЭС, %	коэффициент анизотропии, ед.	степень опасности	зона изменений, км
<1	1–3	<1.1	Низкая, < 25%	<10
1–3	3–7	1.2–1.3	Средняя, 25–75%	10–30
>3	7–10	>1.3	Высокая, > 75%	> 30

С учетом описанных выше результатов и опыта исследований [3, 9] предлагается методика прогноза колебаний земной поверхности в зонах активной тектоники. Основу методики составляют следующие элементы:

- формирование модели «геологическая среда – сооружение» для выявления зон с повышенным риском возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- разработка цифровой модели зон с повышенным риском;
- мониторинг зон с повышенным риском возникновения чрезвычайных ситуаций;
- оценка рисков изменений инженерно-геологических условий системы «геологическая среда – сооружение».

Исходя из полученных выше закономерностей в ходе проведенных исследований, могут быть сформулированы критерии для оценки степени опасности изменений инженерно-геологических условий в результате деформации земной поверхности в зонах активной тектоники, представленные в таблице.

Заключение

Основные научные и практические результаты выполненных исследований сводятся к следующему:

- анализ мониторинговых наблюдений естественного электромагнитного поля позволил выявить закономерности предшествующие сейсмическому событию;
- предложена модель процессов, сопровождающих «подготовку» землетрясений;
- на основании закономерностей изменений естественных электромагнитных полей и электрического сопротивления, предшествующих сейсмическому событию, разработана методика прогноза колебаний земной поверхности и оценки степени изменений ИГУ;
- сформулированы критерии для оценки степени опасности изменений инженерно-геологических условий;

– разработанная методика рекомендует для апробации в сейсмоактивных зонах.

Автор выражает благодарность Р.А. Дягилеву, профессору В.П. Колесникову за участие и помощь в проведенных исследованиях.

Список литературы / References

1. Колесников В.П., Пригара А.М., Татаркин А.В., Филimonчиков А.А. Инженерно-геофизические исследования в условиях подработанных территорий // Инженерные изыскания. 2012. № 9. С. 25–32.

Kolesnikov V.P., Prigara A.M., Tatarikin A.V., Filimonchikov A.A. Engineering-geophysical investigations under conditions of undermined areas // Engineering surveys. 2012. № 9. P. 25–32 (in Russian).

2. Аксенов В.В. Математическое моделирование предвестников землетрясений, возникающих в физических полях // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 3. С. 36–44.

Aksenov V.V. Mathematical modeling of earthquake precursors occurring in physical fields // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh zavedeniy. Geologiya i Razvedka. 2016. № 3. P. 36–44 (in Russian).

3. Татаркин А.В., Колесников В.П., Малиновский К.К. В поисках электромагнитных предвестников землетрясений // Горное Эхо. 2005. № 4 (22). С. 12–18.

Tatarikin A.V., Kolesnikov V.P., Malinovsky K.K. In search of electromagnetic precursors of earthquakes // Gornoye Ekho. 2005. № 4 (22). P. 12–18 (in Russian).

4. Кац В.Е., Робертус Ю.В. Гидрогеологические особенности в эпицентральной части Чуйского землетрясения // Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия. Материалы научно-практической конференции. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2004. С. 99–101.

Katz V.E., Robertus Yu.V. Hydrogeological features in the epicentral part of the Chui earthquake // Altai (Chui) earthquake: predictions, characteristics, consequences. Materials of the scientific-practical conference. Gorno-Altai: RIO GAGU, 2004. P. 99–101 (in Russian).

5. Новиков И.С. Морфотектоника Алтая / Науч. ред. Е.В. Девяткин, Г.Ф. Уфимцев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. 313 с.

Novikov I.S. Morphotectonics of Altai. Nauch / Ed. E.V. Devyatkin, G.F. Ufimtsev. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo», 2004. 313 p. (in Russian)

6. Деев Е.В. Первичные палеосейсмодислокации сильных позднеголоценовых землетрясений в зоне сочленения Чуйской внутригорной впадины и Курайского хребта (Горный Алтай) // Четвертая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле». Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием. Т. 1. М.: ИФЗ РАН, 2016. С. 403–409.

Deev E.V. Primary paleoseismic dislocations of strong Late Holocene earthquakes in the junction zone of the Chui

intramonal basin and the Kurai Range (Gorny Altai) // Fourth tectonophysical conference at the Institute of Physics and Physics of the Russian Academy of Sciences «Tectonophysics and Current Issues of Earth Sciences» Materials reports of the All-Russian Conference with international participation. Т. 1. М.: IFZ RAN, 2016. P. 403–409 (in Russian).

7. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон как индикатор геодинамических процессов // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 2. С. 277–286.

Utkin V.I., Yurkov A.K. Radon as a tracer of tectonic movements // Russian Geology and Geophysics. 2010. V. 51. № 2. P. 220–227. DOI: 10.1016/j.rgg.2009.12.022.

8. Anisimov S.V., Galichenko S.V., Mareev E.A. Electrodynamical properties and height of atmospheric convective boundary layer // Atmospheric Research. 2017. Vol. 194. P. 119–129. DOI: 10.1016/j.atmosres.2017.04.012.

9. Филимончиков А.А., Татаркин А.В. Оценка рисков изменений геотехнических условий на подработанных территориях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 4. С. 123–128.

Filimonchikov A.A., Tatarkin A.V. Risk Evaluation of Geotechnical Conditions Changes on Underworked Areas // Mining information and analytical bulletin. 2014. № 4. P. 123–128 (in Russian).

УДК 911.6:912.43:553.3/9(571.56)

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЗОНЫ ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА СКОВОРОДИНО – ТИКСИ ПО СОЧЕТАНИЮ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**Ткаченко Г.Г.***ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток,
e-mail: tkatchenko-gri@mail.ru*

Для территории зоны транспортного коридора Сквородино – Тикси (ЗТКСТ) проведено природно-ресурсное районирование на основе рассмотрения месторождений твердых минеральных ресурсов. При этом территория рассматривается на уровне муниципальных районов (учитываются административные границы районов) так как результаты районирования должны быть учтены в программах и схемах социально-экономического развития муниципальных территорий Республики Саха (Якутия) и Амурской области. Прежде всего, дана краткая экономико-географическая характеристика, а затем и общая характеристика месторождений минеральных ресурсов ЗТКСТ. Выявлены географические и структурные особенности распространения месторождений минерального сырья. Определено, что минерально-сырьевая база ЗТКСТ имеет ярко выраженный характер «окраинных территорий», когда в структуре месторождений преобладают месторождения высоколиквидных видов ресурсов. Все виды минеральных ресурсов сгруппированы в 8 основных ресурсных групп. Предложен следующий порядок минерально-ресурсного районирования. На первом этапе были выделены два типа, а в каждом из них три подтипа муниципальных районов по преобладанию на их территории месторождений основных ресурсных групп. Дана характеристика особенностей минерально-ресурсного потенциала по каждому типу районов. На втором этапе, с учетом предложенной типологии и географического положения, муниципальные образования распределены в 6 минерально-ресурсных районов, каждому из которых присвоено название, отражающее также и его географическое положение. В характеристике минерально-ресурсных районов показан уникальный характер географического положения и сочетания минеральных ресурсов, выделены общие черты и различия, а вместе с тем слабые и сильные стороны минерально-сырьевой базы. Отмечается, что минерально-ресурсные преимущества одних районов над другими означают их более ускоренное социально-экономическое развитие.

Ключевые слова: минеральные ресурсы, месторождения, транспортный коридор, районирование территории, территориальные сочетания, природно-ресурсный район

ZONING OF THE TERRITORY OF THE TRANSPORT CORRIDOR SKOVORODINO – TIKSI BY THE COMBINATION OF MINERAL RESOURCES**Tkachenko G.G.***Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, e-mail: tkatchenko-gri@mail.ru*

For the territory of the zone of the transport corridor Skovorodino-Tiksi (ZTCST), natural resource zoning was carried out on the basis of consideration of deposits of solid mineral resources. The territory is considered at the level of municipal districts (administrative boundaries of districts are taken into account) since the results of zoning should be taken into account in programs and schemes of socio-economic development of municipal territories of the Republic of Sakha (Yakutia) and the Amur region. First of all, the brief socio-economic description, and then and General characteristics of deposits of mineral resources of ZTCST is done. Geographical and structural features of mineral deposits distribution are revealed. It is determined that the mineral resource base of ZTCST has a pronounced character of «periphery areas», when the structure of deposits is dominated by deposits of highly liquid types of resources. All types of mineral resources are grouped into 8 main resource groups. The following order of mineral resource zoning is proposed. At the first stage, two types were allocated, and in each three subtypes of municipal districts on the predominance of deposits of the main resource groups on their territory. The characteristic features of mineral resource potential for each type of areas. In the second stage, taking into account the proposed typology and geographical location, the municipalities are divided into 6 mineral resource areas, each of which is assigned a name that also reflects its geographical location. The characteristic of mineral resource areas shows the unique nature of the geographical location and combination of mineral resources, identified common features and differences, and at the same time the strengths and weaknesses of the mineral resource base. It is noted that the mineral and resource advantages of some areas over others mean their more rapid socio-economic development.

Keywords: mineral resources, deposits, transport corridor, zoning, territorial combinations, natural resource area

Зона транспортного коридора Сквородино – Тикси (ЗТКСТ) включает в себя территорию 16 муниципальных образований двух субъектов Дальневосточного федерального округа (ДФО) России. Это два района Амурской области – Сквородинский и Тындинский и 13 улусов и 1 городской округ Республики Саха (Якутия)

(табл. 1). По территории некоторых из них пролегают железнодорожные, автомобильные или морские пути, которые могут связать Сквородино, а через пограничный переход и китайскую территорию с северным портом Тикси. Перспективный транспортный коридор Сквородино – Тикси может стать новым вектором как в развитии транс-

портной инфраструктуры ДФО, так и еще одним направлением в структуре Нового Шелкового пути. Реализация транспортных перевозок по этому маршруту позволит включить в зону активных экономических интересов обширные слабо развитые в социально-экономическом отношении, но богатые разнообразным природно-ресурсным потенциалом континентальные территории Якутии [1].

Цель исследования: выделить природно-ресурсные районы, показав для каждого уникальный характер географического положения и сочетания минеральных ресурсов.

Материалы и методы исследования

В географических исследованиях традиционно подходы и методы изучения пространственной дифференциации природных ресурсов сложились в виде тех или иных их сочетаний в пределах каких-либо территорий или регионов с помощью методов зонирования или районирования. При этом производится выделение как групп однородных природных ресурсов (черных или цветных металлов, угольных ресурсов, строительного сырья, земельных, лесных и т.п.), так и их сочетаний [4–6]. Для практического применения схем районирования, в частности в программах регионального развития и управления, районирование территории целесообразно осуществлять в рамках муниципальных границ районов субъектов РФ. В работе использованы статистические данные по объектам учета государственного кадастра месторождений Федерального агентства по недропользованию Роснедра [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Площадь территории ЗТКСТ составляет 1049,7 тыс км², или 15,1% от площади ДФО. По состоянию на 2018 г. здесь проживает 673,6 тыс. человек, или 8,2% населения ДФО. Плотность населения составляет 0,64 чел на км², что ниже аналогичного показателя по ДФО в 2 раза. Транспортная инфраструктура ЗТКСТ представлена пятью основными видами транспорта, которые имеют неравнозначное значение для социально-экономического развития: речной, автомобильный, авиационный, железнодорожный и трубопроводный. Численность месторождений твердого минерального сырья составляет 1317 или 14% от численности месторождений ДФО. Плотность месторождений составляет 1,25 на 1000 км².

Геологическая изученность данной территории даже в сравнении с другими территориями ДФО незначительна за исключением южных районов. Распределение численности месторождений по административным районам показано в табл. 1. Среди них наибольшее число месторождений сосредоточено в Алданском (треть всех месторождений ЗТКСТ), Тындинском, Нерюнгринском и Сковородинском. При этом плотность месторождений наивысшая в ГО Якутск. Если не брать во внимание сравнительно небольшой по территории ГО, наибольшая плотность месторождений характерна для следующих районов: Сковородинского, Тындинского, Алданского и Нерюнгринского. Наименьшая плотность месторождений в Жиганском, Горном, Чурапчинском и Булунском районах (табл. 1).

Всего в ЗТКСТ выявлены месторождения 58 видов минерального сырья (кроме попутных видов). Наибольшее количество видов из них представлено в Алданском и Тындинском районах, а также в Нерюнгринском и Сковородинском районах. В остальных районах большого разнообразия минеральных ресурсов не наблюдается, а представлены лишь 3–9 видов минерального сырья (табл. 1). С точки зрения географического распределения численности месторождений между субъектами ДФО заметное преимущество закономерно (исходя из площади территории) имеет Республика Саха, на которую приходится 68,5% от численности месторождений ЗТКСТ. Минерально-сырьевая база ЗТКСТ имеет ярко выраженный характер «окраинных территорий», когда в видовой структуре преобладают месторождения высоколиквидных ресурсов, в данном случае – золота, на которое приходится более 62% от численности месторождений минерального сырья ЗТКСТ. Численность месторождений по другим видам ресурсов значительно ниже. На 10 основных видов ресурсов приходится почти 88% от численности всех месторождений.

Полезные ископаемые распределены по восьми основным ресурсным группам (табл. 2). Наибольшее количество видов представлено в группе строительных материалов – 31 и цветных металлов – 8. На группу благородных металлов приходится 64,1%, а на группу строительных материалов – 19,3% всех месторождений. На другие группы приходится всего 16,6% от численности месторождений. Очевидно, что минерально-ресурсную специфику районообразования в ЗТКСТ определяют

минеральные ресурсы первых двух групп. Географические различия распределения месторождений по субъектам ДФО также представлены в табл. 1. Важной особенностью для районов, относящихся к Амурской области, является еще более высокая доля месторождений группы благородных металлов – 82,7% в сравнении с аналогичным показателем в целом по ЗТКСТ.

Исходя из результатов анализа географической и видовой структуры месторождений по административным территориям

ЗТКСТ, на первом этапе районирования были выделены типы муниципальных районов по преобладанию на их территории численности месторождений основных ресурсных групп. Выделено два типа таких районов, каждый из которых имеет по три подтипа (рисунок). Выделение подтипов связано с необходимостью более детального рассмотрения особенностей сочетания минеральных ресурсов, их сходства и различия на уровне муниципальных районов.

Таблица 1

Распределение месторождений минерального сырья по районам ЗТКСТ

№	Районы	Площадь территории, тыс. км ²	Население тыс. чел.	Месторождения			Кол-во видов ресурсов
				Кол-во, ед.	Доля от ЗТКСТ, %	Плотность на 1000 км ²	
	Республика Саха	945,9	633,1	902	68,5	0,95	42
1	Булунский	235,1	8,3	29	2,2	0,12	5
2	Жиганский	140,2	4,2	17	1,3	0,1	7
3	Виллоийский	55,2	25	12	0,9	0,24	3
4	Кобяйский	107,8	12,4	51	3,9	0,47	9
5	Горный	45,6	12	4	0,3	0,1	2
6	Намский	11,9	24,6	4	0,3	0,34	3
7	Усть-Алданский	18,3	20,8	4	0,3	0,22	4
8	Хангаласский	24,7	32,6	32	2,5	1,3	6
9	ГО Якутск	3,6	311	19	1,4	8,1	4
10	Мегино-Кангаласский	11,7	31	14	1,1	1,2	2
11	Чурапчинский	12,6	21,1	7	0,5	0,1	5
12	Амгинский	29,4	16,7	9	0,7	0,27	4
13	Алданский	156,8	39,4	443	33,6	2,8	21
14	Нерюнгринский	93	74	257	19,5	2,76	20
	Амурская обл.	103,8	40,5	415	31,5	4	30
15	Тындинский	83,3	13,5	299	22,7	3,6	21
16	Сковородинский	20,5	27	116	8,8	5,7	16
	ВСЕГО	1049,7	673,6	1317	100	1,25	58

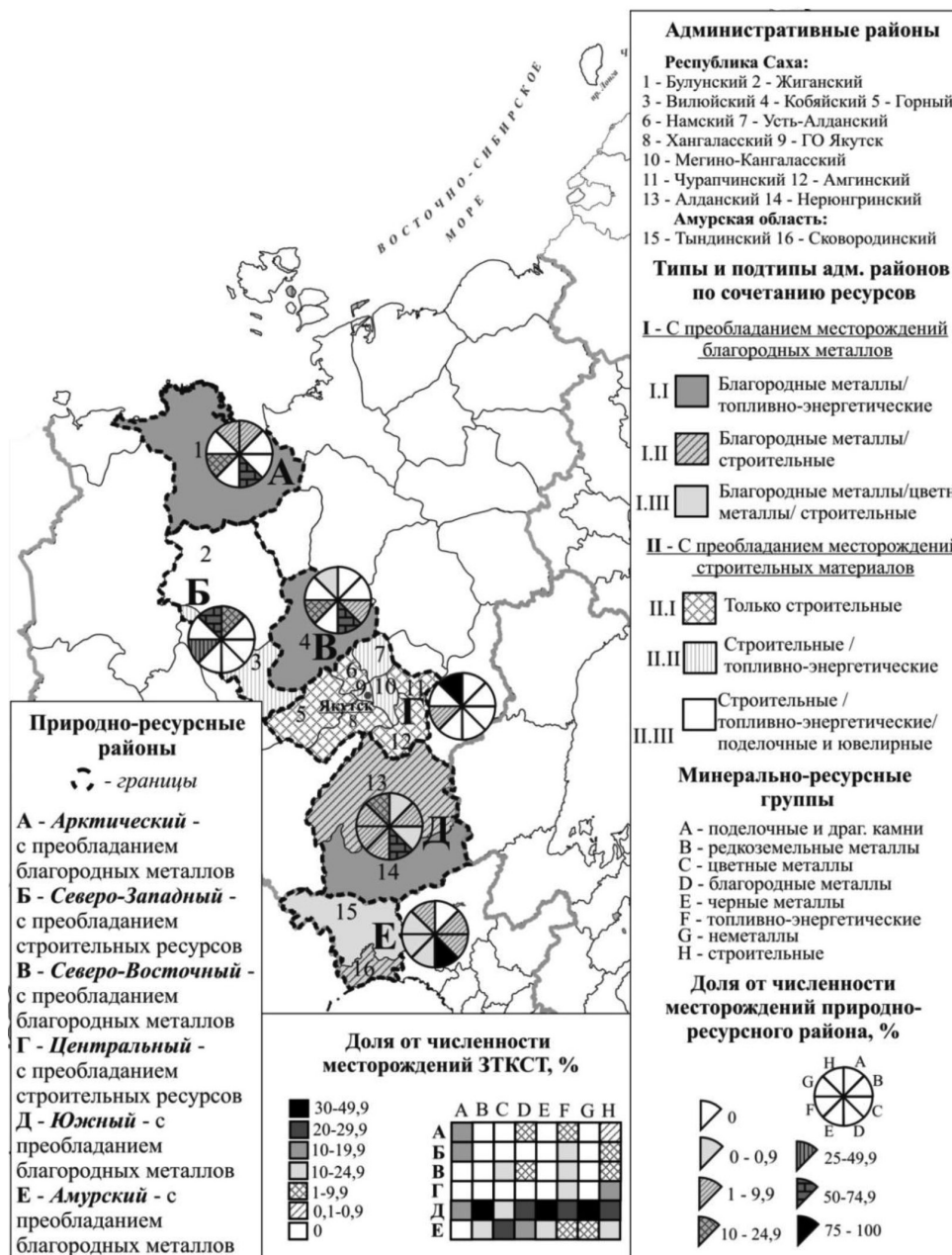
Примечание. [Сост. по: 2, 3].

Таблица 2

Видовая структура месторождений твердого минерального сырья

Группа полезных ископаемых	Численность месторождений (Якутия + Амурская обл.)	Доля от числа месторождений, %	Кол-во видов ресурсов
Поделочные и ювелирные камни	12 (12 + 0)	0,9	4
Редкие и редкозем., уран	38 (31 + 7)	2,9	3
Цветные металлы	30 (9 + 21)	2,3	8
Благородные металлы	844 (505 + 343)	64,1	3
Черные металлы	16 (13 + 3)	1,2	1
Топливо-энергетические	79 (78 + 1)	6	3
Неметаллы	44 (42 + 2)	3,3	4
Строительные материалы	254 (218 + 36)	19,3	31
ВСЕГО	1317 (902 + 415)	100	58

Примечание. [Сост. по: 2].



Районирование территории ЗТКСТ по сочетанию месторождений минеральных ресурсов [Сост. по: 2]

Учитывая то, что месторождения строительных материалов представлены во всех районах, они также присутствуют во всех выделенных нами типах районов по сочетанию ресурсов. Для выделения специфики и главных различий каждого из типов районов и их подтипов в их названии на первое место поставлена ресурсная группа преобладающих по численности месторождений. На второе место – следующая по численности месторождений

ресурсная группа. В том случае, если второй по численности месторождений являлась группа строительных материалов, она отодвигалась на третий план в пользу следующей за ней, но более точно отражающей специфику минерально-ресурсных сочетаний. Так, например, в подтипе I.III на второе место поставлена группа цветных металлов, хотя по численности месторождений она уступает группе строительных материалов.

I-му типу соответствуют 6 муниципальных образований (рисунок). На данной территории сосредоточено 89,1% от численности месторождений ЗТКСТ. Данный тип районов является определяющим для минерально-ресурсного потенциала ЗТКСТ. Специфика подтипов в данном типе районов заключается в том, что каждый из них обладает абсолютным преимуществом (более 50%) по численности месторождений одной или нескольких основных ресурсных групп: I.I – поделочных и драгоценных камней, черных металлов, топливно-энергетических ресурсов; I.II – редкоземельных металлов, неметаллического сырья; I.III – цветных металлов (рисунок).

II-му типу соответствуют 10 муниципальных образований, расположенных в континентальной части Республики Саха. Все муниципальные образования данного типа имеют малую численность месторождений. Таким образом, в целом данный тип районов является второстепенным для характеристики минерально-ресурсного потенциала ЗТКСТ.

На втором этапе районирования ЗТКСТ с учетом предложенной типологии и географического положения муниципальные образования распределены в 6 природно-ресурсных районов (ПРР) (табл. 3, рисунок). Каждому из них присвоено название, отражающее его географическое положение. При этом 4 района выделены на основе I типа и 2 района на основе II типа сочетания минеральных ресурсов. Далее дана краткая характеристика природно-ресурсных районов.

Арктический ПРР с преобладанием месторождений благородных металлов территориально совпадает с Булунским улусом Якутии и входит в арктическую зону России. Занимает второе место по площади территории среди ПРР ЗТКСТ. По численности месторождений делит последнее-предпоследнее место с Северо-западным ПРР. В видовой структуре месторождений преобладают месторождения благородных металлов (золото), составляя 69% от месторождений района и топливно-энергетических ресурсов (каменный и бурый уголь) – 17,2%. По численности населения (8,3 тыс. чел.) данный ПРР занимает последнее место. Район в экономическом плане освоен слабо.

Северо-западный ПРР с преобладанием строительных ресурсов включает территорию Жиганского и Вилюйского улусов Якутии. Жиганский улус входит в расширенный состав арктической зоны России. По площади территории этот ПРР занимает

третье место. По численности месторождений делит последнее-предпоследнее места с Арктическим ПРР. В видовой структуре месторождений преобладают месторождения строительных материалов – 58,6% (в основном песок и песчано-гравийный материал). На топливно-энергетические ресурсы (бурый уголь) приходится около 30%. Выявлены также немногочисленные месторождения алмазов и поделочного камня. По численности населения (16,6 тыс. чел.) занимает 4 место. В социально-экономическом отношении развит слабо.

Северо-восточный ПРР с преобладанием благородных металлов включает территорию только Кобяйского улуса Якутии. По площади территории занимает предпоследнее место среди ПРР, не многим уступая только Амурскому. В нем сосредоточено около 4% от численности месторождений ЗТКСТ. В видовой структуре месторождений преобладают месторождения благородных металлов (в основном серебра) – 69%. Второй основной ресурсной группой является топливно-энергетическая (в основном месторождения природного газа и каменного угля) на которую приходится более 21% от месторождений района. Важным дополнением к ресурсному сочетанию являются месторождения цветных металлов (свинец и олово). Район в социально-экономическом плане развит слабо.

Центральный ПРР с преобладанием строительных ресурсов самый представительный среди всех ПРР по количеству входящих в него муниципальных образований. В его состав входят следующие муниципальные образования Якутии: Горный, Намский, Усть-Алданский, Хангаласский, Мегино-Кангаласский, Чурапчинский, Амгинский улусы и ГО Якутск. Площадь его территории составляет 15% от ЗТКСТ. Здесь сосредоточено чуть более 7% от численности месторождений ЗТКСТ. В видовой структуре месторождений преобладают месторождения строительных материалов – 95%, среди которых наиболее многочисленны известняк, песок, и песчано-гравийный материал. Второй основной ресурсной группой является топливно-энергетическая (бурый уголь) на которую приходится оставшиеся 5% от месторождений района. В социально-экономическом плане район сравнительно развит. На его территории находится г. Якутск – социальный и экономический центр Якутии. Численность населения района составляет 470 тысяч человек или 70% от ЗТКСТ.

Таблица 3

Характеристика природно-ресурсных районов по результатам районирования территории ЗТКСТ по сочетанию ресурсов твердого минерального сырья

Название района	Минерально-ресурсный тип района	Площадь, тыс км ² /доля от ЗТКСТ	Численность месторождений / доля от ЗТКСТ	Основные ресурсные группы* в структуре месторождений, %
Арктический	I	235,1/22,4	29/2,2	D – 69,1; F – 17,2
Северо-западный	II	195,4/18,6	29/2,2	H – 58,6; F – 29,6
Северо-восточный	I	107,8/10,3	51/3,9	D – 69,1; F – 21,6; C-7,8
Центральный	II	157,8/15	93/7,1	H – 95; F – 5
Южный	I	249,8/23,8	700/53,1	D – 63,1; H – 15,6; F – 6,6
Амурский	I	103,8/9,9	415/31,5	D – 83,1; H – 8,7; C – 5,1

Примечание. *Обозначение основных ресурсных групп дано на рисунке [Сост. по: 2].

Южный ПРР с преобладанием благородных металлов включает территорию Алданского и Нерюнгринского – самых южных улусов Якутии. Это самый большой по площади ПРР. Здесь сосредоточено 700 месторождений, или более 53% от всех месторождений ЗТКСТ. Плотность месторождений составляет 2,8 на 1000 км², что в 2,2 раза выше, чем в среднем по ЗТКСТ. Из шести ПРР только в Южном присутствуют месторождения всех восьми основных ресурсных групп. По трем из них: редкоземельные, черные металлы и неметаллические ископаемые – доля района от ЗТКСТ превышает 75%. По цветным металлам и топливно-энергетическим ресурсам превышает 50%. В видовой структуре месторождений преобладают месторождения благородных металлов (в основном золото) – 63% и строительных материалов – 15,6%. Доля месторождений топливно-энергетических ресурсов составляет 6,6%. Район экономически хорошо развит. Численность населения Южного ПРР составляет 113 тыс. человек, что является вторым показателем после Центрального ПРР.

Амурский ПРР с преобладанием благородных металлов включает территорию двух районов Амурской области – Тындинского и Сковородинского. Площадь данного ПРР чуть менее 10% от территории ЗТКСТ. В то же время здесь сосредоточено 31,5% от всех месторождений ЗТКСТ. Район является лидером по плотности месторождений – 4 на 1000 км², что в 3,2 раза выше, чем в среднем по территории ЗТКСТ. В видовой структуре преобладают месторождения благородных металлов (золото) – 83%. На строительные материалы (в основном гранит, песок, гравий) приходится почти 9% месторождений. На цветные металлы (в основном молибден, вольфрам, титан)

приходится около 5% месторождений. Район относительно хорошо развит. Население составляет 40,5 тыс. чел.

Заключение

Результаты исследований показывают общие черты и различия, а вместе с тем слабые и сильные стороны минерально-ресурсных районов территории ЗТКСТ. Минерально-ресурсные сочетания как вид сравнительных преимуществ территории нового освоения проявляются по-разному и в различной мере могут быть востребованы в процессе их экономического развития. Чем больше востребованных месторождений и видов ресурсов имеет район, тем в большей степени вероятным становится его первоочередное освоение и привлечение инвестиций. Так как количество инвестиций в экономике, как правило, ограничено, минерально-ресурсные преимущества одних районов над другими означают их более ускоренное развитие, что особенно важно для местного населения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-05-41044.

Список литературы / References

1. Тарасов П.И., Зырянов И.В., Хазин М.Л. Транспортный коридор через западную Якутию // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 6. С. 170–184. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-6-0-170-184.

Tarasov P.I., Zyryanov I.V., Khazin M.L. Transport corridor through Western Yakutia // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2018. № 6. P. 170–184 (in Russian).

2. Объекты учета государственного кадастра месторождений. Федеральное агентство по недропользованию Роснедра. РОСГЕОЛФОНД. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rfgf.ru/gkm/> (дата обращения: 10.06.2019).

Objects of accounting of the state cadaster of deposits. Federal'noe agentstvo po nedropol'zovaniyu Rosnedra.

ROSGEOLFOND [Electronic resource]. URL: <http://www.rfgf.ru/gkm/> (date of access: 10.06.2019) (in Russian).

3. Демографический ежегодник Республики Саха (Якутия): Статистический сборник. Я.: Федеральная служба гос. статистики, Территориальный орган Федеральной службы гос. статистики по Респ. Саха (Якутия), 2018. 262 с.

Demographic Yearbook of the Republic of Sakha (Yakutia): Statistical collection. Ya.: Federal'naya sluzhba gos. statistiki, Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gos. statistiki po Resp. Saha (Yakutiya), 2018. 262 p. (in Russian).

4. Минц А.А. Экономическая оценка природных ресурсов. М.: Наука, 1972. 302 с.

Mintz A.A. Economic assessment of natural resources. M.: Nauka, 1972. 302 p. (in Russian).

5. Михайлов Ю.П. Территориальная организация природы и общества. Новосибирск: Наука, 2012. 351 с.

Mikhailov Yu.P. Territorial organization of nature and society. Novosibirsk: Nauka, 2012, 351 p. (in Russian).

6. Ткаченко Г.Г. Районирование российской части прибрежного региона Японского моря по сочетанию минеральных ресурсов // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории: VII всероссийская научно-практическая конференция (г. Владивосток, 18–19 апреля). Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2019. С. 484–491.

Tkachenko G.G. Zoning of the Russian part of the coastal region of the sea of Japan by the combination of mineral resources // Geosistemy Severo-Vostochnoj Azii: osobennosti ih prostranstvenno-vremennyh struktur, rajonirovanie territorii i akvatorii: VII vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (g. Vladivostok, aprel' 18–19). Vladivostok: Tihookeanskij institut geografii DVO RAN, 2019. P. 484–491 (in Russian).

УДК 911.6:911.373

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗОНИРОВАНИИ СЕЛЬСКО-ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЧВ

¹Федоров В.И., ¹Иващук О.Д., ²Долинский А.А.

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: fedorov_v@bsu.edu.ru;

²ООО «Интерактивные технологии и системы», Москва

В последние десятилетия в России наметились тенденции роста объемов индивидуального жилищного строительства, оттока городского населения в пригороды для проживания и ведения с целью самообеспечения аграрной и животноводческой деятельности в личном подсобном хозяйстве. В результате в городских агломерациях появляются социально-территориальные образования, характеризующиеся интеграцией городских и сельских форм жизнедеятельности – так называемые сельско-городские территории. С другой стороны – в рамках развития городской инфраструктуры происходит перемещение в пригороды складских, торговых площадок, мест захоронения отходов, промышленных и транспортных объектов, дорог – функционально ориентированных на город и негативно влияющих на окружающую среду. В результате возникают проблемы с зонированием конкретной территории. В данной статье рассматривается разработка и исследования методов поддержки принятия решений при градостроительном зонировании планируемых или существующих сельско-городских территорий с использованием оценок качества их почв. Разработан метод и реализующий его алгоритм комплексной оценки состояния почв сельско-городских территорий на основе аппарата нечеткой логики, учитывающий ключевые особенности данных территорий. Проведена классификация возможных управленческих решений в зависимости от результата комплексной оценки качества почв сельско-городских территорий и значений промежуточных комплексных оценок. Предложен метод и реализующий его алгоритм для формирования рациональных решений по градостроительному зонированию и/или природоохранных мероприятий на основе проведения комплексной оценки состояния почв с использованием продукционной модели представления знаний.

Ключевые слова: сельско-городские территории, комплексная оценка, нечеткая логика, логический вывод, оценка почв

DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT METHODS FOR URBAN DEVELOPMENT ZONING OF RURAL AND URBAN TERRITORIES USING SOIL QUALITY ASSESSMENT

¹Fedorov V.I., ¹Ivaschuk O.D., ²Dolinskiy A.A.

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

«Belgorod National Research University», Belgorod, e-mail: fedorov_v@bsu.edu.ru;

²ООО «Interactive technologies and systems», Moscow

In recent decades, trends of growth in the volume of individual housing construction, outflow of the urban population to the suburbs for living and maintaining in order to self-provide agricultural and livestock activities in their personal subsidiary farms have been outlined in Russia. Because of urban agglomerations, social-territorial formations appear, characterized by the integration of urban and rural forms of life activity – the so-called rural-urban territories. On the other hand, as part of the development of urban infrastructure, relocation to the suburbs of warehouses, marketplaces, waste disposal sites, industrial and transport facilities, and roads – functionally oriented to the city and negatively affecting the environment – takes place. As a result, there are problems with the zoning of a specific territory. This article discusses the development and research of decision support methods for urban zoning of planned or existing rural-urban areas using their soil quality assessments. A method and an algorithm for the integrated assessment of the state of the soil in rural-urban areas based on a fuzzy logic apparatus, taking into account the key features of these territories, have been developed. A classification of possible management decisions was carried out depending on the result of a comprehensive assessment of the soil quality of rural-urban areas and the values of intermediate comprehensive assessments. A method and an algorithm that implements it is proposed for the formation of rational decisions on urban zoning and/or environmental measures based on a comprehensive assessment of the soil condition using a production model of knowledge representation.

Keywords: rural-urban areas, integrated assessment, fuzzy logic, logical inference, soil assessment

На сегодняшний день планирование, застройка и развитие жилых территорий становится одним из важнейших направлений экономики регионов России. Следует особенно выделить индивидуальное жилищное строительство (ИЖС) – по данным Росстата, площадь ежегодно вводимого в эксплуатацию индивидуального жилья, за последние 15 лет, увеличилась более чем в полтора раза (с 13 до 34 млн м²) [1]. Данные тенден-

ции привели к тому, что в рамках городских агломераций появились социально-территориальные образования, характеризующиеся интеграцией городских и сельских форм жизнедеятельности – так называемые сельско-городские территории (СГТ) [2, 3]. С другой стороны – в рамках развития городской инфраструктуры происходит перемещение в пригороды складских, торговых площадок, мест захоронения отходов, промышленных

и транспортных объектов, дорог – функционально ориентированных на город и негативно влияющих на окружающую среду. В результате возникают проблемы с зонированием конкретной территории. Понимая зонирование как классификацию территорий по видам и жесткости ограничений, накладываемых на использование имущества (земли, сооружений и пр.), следует отметить, что реальное состояние территории в случае недостаточно продуманных, ошибочных проектных и эксплуатационных решений перестает соответствовать декларируемому статусу [4, 5]. Сохранение прежнего статуса грозит неблагоприятными последствиями для здоровья населения и экономики личного хозяйства. В этом случае необходимы обоснованные управляющие решения для проведения природоохранных мероприятий либо изменения типа зонирования.

Следует отметить некоторые ключевые особенности СГТ: ведение населением личного подсобного хозяйства и, как следствие, особое значение качества почв на данных территориях.

Таким образом, становится актуальной задача разработки и исследования инструментов для аналитического решения задач планирования градостроительства СГТ и оценки принимаемых решений с точки зрения экологической безопасности и учета их ключевых особенностей.

Цель исследования: совершенствование процесса градостроительного зонирования СГТ за счет разработки методов поддержки принятия решений на основе комплексной оценки состояния почв.

Материалы и методы исследования

В связи с тем, что задачи поддержки принятия решений при градостроительном зонировании СГТ являются сложно формализуемыми, применение классических методов моделирования затруднительно, поэтому в данном исследовании авторами предлагается разработка метода комплексной оценки состояния почв СГТ на основе аппарата нечеткой логики. Данный метод учитывает ключевые особенности СГТ и позволяет определить возможность их использования как для проживания людей, так и с точки зрения влияния на результат ведения ЛПХ. При этом состояние почв на исследуемой территории представим в виде лингвистической переменной [6, 7]: $\{SoilSt, T, SS, G, H\}$, где $SoilSt$ – название лингвистической переменной, T – базовое термножество, SS – множество количествен-

ных значений для определения значения T ; G – набор синтаксических правил для формирования новых значений $SoilSt$; H – множество функций принадлежности.

Переменная $SoilSt$ является составной: $SoilSt = (SoilSt_3, SoilSt_{cx})$, где $SoilSt_3$ характеризует состояние почв с точки зрения влияния на здоровье населения; $SoilSt_{cx}$ – возможности ведения ЛПХ, при этом $SoilSt_3 = (SoilSt_{31}, SoilSt_{32}, SoilSt_{33}, \dots, SoilSt_{3j}, \dots, SoilSt_{3m})$, $j = \overline{1, J}$, $SoilSt_{cx} = (SoilSt_{cx1}, SoilSt_{cx2}, SoilSt_{cx3}, \dots, SoilSt_{cxi}, \dots, SoilSt_{cxI})$, $i = \overline{1, I}$, где $SoilSt_{3j}$, $SoilSt_{cxi}$ – результаты промежуточной оценки по концентрации конкретного загрязняющего вещества.

Термы для оценки почв с точки зрения неблагоприятного влияния на здоровье населения: $T_3 = \{T_{31}, T_{32}, T_{33}, T_{34}, T_{35}\}$, где T_{31} = «благоприятное», T_{32} = «допустимое», T_{33} = «умеренно опасное», T_{34} = «опасное», T_{35} = «чрезвычайно опасное». Термы для оценки влияния состояния почв на результаты ведения ЛПХ [8–11]: $T_{cx} = \{T_{cx1}, T_{cx2}, T_{cx3}, T_{cx4}, T_{cx5}\}$, где T_{cx1} = «благоприятное», T_{cx2} = «допустимое», T_{cx3} = «умеренно опасное», T_{cx4} = «опасное», T_{cx5} = «чрезвычайно опасное».

Термы для комплексной оценки состояния почв, которая используется для принятия управленческих решений по градостроительному зонированию СГТ [8–10]: $T = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5\}$, где T_1 = «благоприятное», T_2 = «допустимое», T_3 = «проживание ограничено», T_4 = «ведение ЛПХ ограничено», T_5 = «чрезвычайно опасное».

Для реализации процесса нечеткого вывода авторами, на основании мнений экспертов и значений предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ были построены логические правила и соответствующие функции принадлежности [11]. На рис. 1 представлен алгоритм, реализующий данный метод.

На базе вышеописанного метода оценки почв СГТ, авторами был предложен метод формированию решений по градостроительному зонированию СГТ. На первом этапе разработки данного метода была проведена группировка возможных решений по градостроительному зонированию и возможных природоохранных мероприятий (на основе СанПиН 2.1.7.1287-03) [9–11] которые будут приниматься при различных значениях промежуточных и результирующих оценок. Для хранения и использования данных взаимосвязей предлагается использование продукционной модели представления знаний.

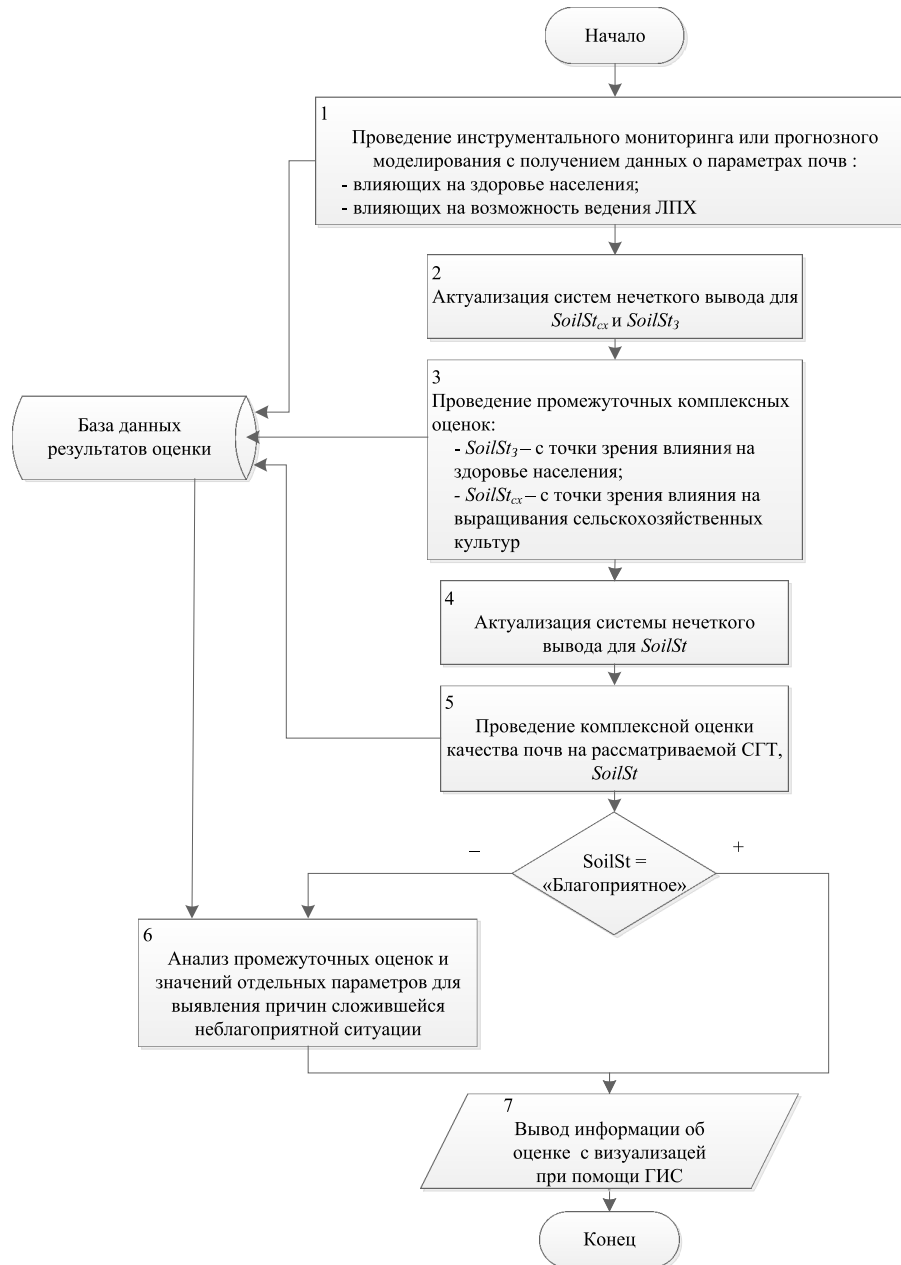


Рис. 1. Алгоритм комплексной оценки состояния почв СГТ

Множество возможных управленческих решений по зонированию СГТ и природоохранных мероприятий представим как $E = \{e_1, e_2, \dots, e_{s-1}, e_s\}$, множество переменных, описывающих возможные промежуточные и результирующие оценки состояния почв СГТ: $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{n-1}, c_n\}$, множества значений которых может принимать каждая оценок из C :

$$R_1 = \{r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1j-1}, r_{1j}\},$$

$$R_2 = \{r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2k-1}, r_{2k}\}, \dots,$$

$$R_{n-1} = \{r_{n-11}, r_{n-12}, \dots, r_{n-1m-1}, r_{n-1m}\},$$

$$R_n = \{r_{n1}, r_{n2}, \dots, r_{ni-1}, r_{ni}\}.$$

Тогда продукции вывода конкретных управленческих решений по зонированию СГТ имеют вид

$$p = \langle S; c_n = r_{ni} \rightarrow e_s; Q \rangle,$$

где p – имя продукции, S – описание класса ситуаций, в которых срабатывает продукция; $c_n = r_{ni} \rightarrow e_s$ – ядро продукции (при значении параметра состояния почв $r_{ni} \in R$, конкретные управленческие решения по

градостроительному зонированию – $e_s \in E$). На рис. 2 показан алгоритм, реализующий представленный метод формирования управленческих решений по градостроительному зонированию СГТ, базирующийся на комплексной оценке почв СГТ (рис. 1).

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках исследования авторами было разработано программное обеспечение, реализующее представленные методы поддержки принятия решений по градостроительному зонированию СГТ. Проведены исследования по оценке почв на конкретных СГТ Белгородской агломерации застроенных и планируемых под застройку; сформированы конкретные управленческие решения по градостроительному зонированию и природоохранные мероприятия.

На рис. 3 продемонстрированы результаты функционирования программного обеспечения при оценке почв СГТ в непосредственной близости от промышленных предприятий (ОАО «Белгородасбестоцемент», ЗАО «Белгородский цемент», ООО «ЦИТРОБЕЛ»). Результат комплексной оценки составил – 3 («опасное») и показывает, что население, проживающее на данной территории, подвержено негативному воздействию на здоровье и может использоваться только для выращивания технических культур. Были выработаны следующие управленческие решения: высадка лесозащитных полос; контроль за содержанием загрязняющих веществ в атмосфере и в воде; снижение их доступности для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.); снижение мощности воздействия ближайших производств.



Рис. 2. Алгоритм формирования решений по градостроительному зонированию СГТ

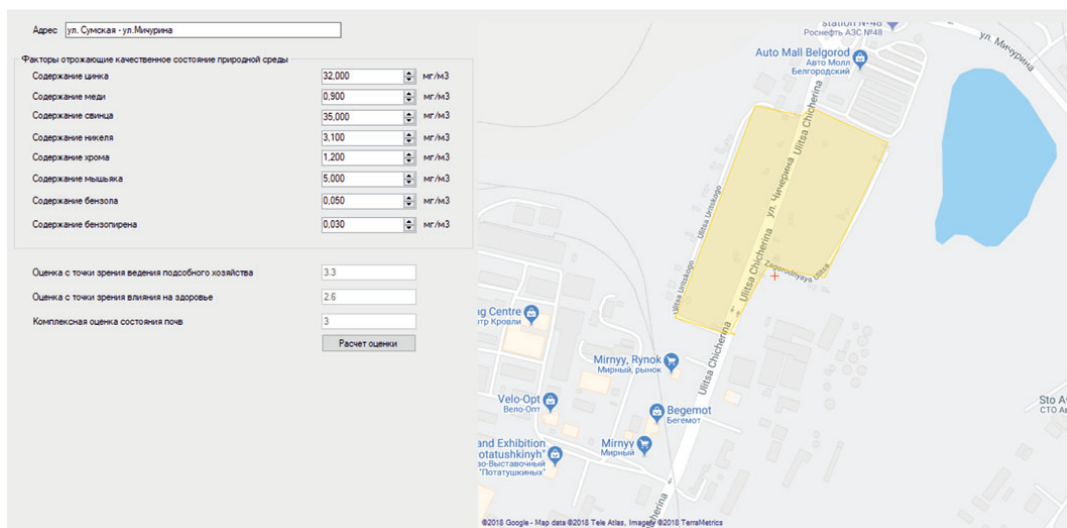


Рис. 3. Комплексная оценка почв СГТ в зоне влияния промышленных объектов

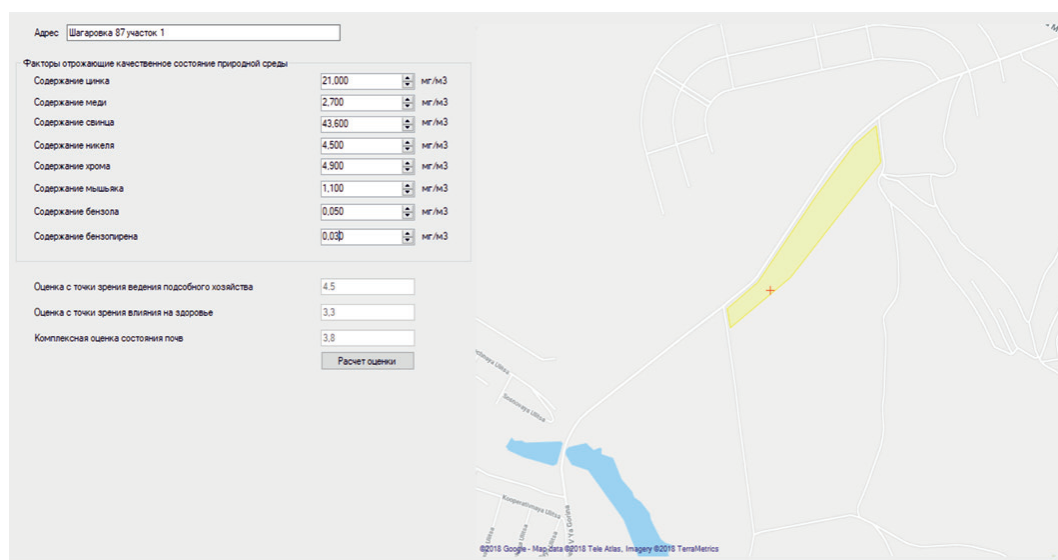


Рис. 4. Результаты прогнозной оценки состояния почв на участке микрорайона ИЖС Шагаровка 87

На рис. 4 представлен результат функционирования программного обеспечения для прогнозирования состояния почв на СГТ микрорайона Шагаровка 87.

Результаты исследования показали, что содержание загрязняющих веществ в почвах данных территорий будет увеличиваться на протяжении 36 при использовании прилегающей автодороги. Результат комплексной оценки составил для данной территории – 3,8 («проживание ограничено»). Выработанное управленческое решение – определение данной территории в карте градостроительного зонирования в качестве санитарно-защитной зоны.

Выводы

В рамках проведенных исследований авторами были получены следующие результаты:

– Разработан метод и реализующий его алгоритм комплексной оценки состояния почв как застроенных, так и планируемых под застройку СГТ, базирующийся на аппарате нечеткой логики и ГИС-технологий. Метод, на основе значений концентраций загрязняющих веществ в почве, позволяет получить научно обоснованную оценку возможности использования исследуемой территории точки зрения влияния как на здо-

ровье проживающего населения, так и на результаты ведения ЛПХ.

– Разработан метод формирования и оценки различных альтернативных решений по градостроительному зонированию СГТ на основе комплексной оценки состояния почв и использованием продукционной модели представления знаний. Использование данного метода как инструмента при планировании, развитии и застройке СГТ позволит получать оперативные, научно обоснованные изменения в картах градостроительного зонирования.

– Разработано программное обеспечение, реализующее представленные методы поддержки принятия решений по градостроительному зонированию СГТ. С помощью данного программного обеспечения были проведены исследования различных СГТ Белгородской агломерации и получены конкретные управленческие решения по изменению их зонирования с целью создания благоприятной экологической обстановки и комфортных условий для проживающего населения.

Список литературы / References

1. О жилищном строительстве в 2015 г. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d01/21.htm (дата обращения: 20.06.2019).
2. Иващук О.А., Федоров В.И., Щербинина Н.В., Шамраева Е.О. Комплексная оценка и прогнозирование состояния почв при застройке и развитии сельско-городских территорий // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: сборник трудов VII международной научно-технической конференции (Белгород, 17–19 октября 2018 г.). Белгород: Изд-во ООО «ГиК», 2018. С. 177–183.
3. Четошников С.Г. Региональная политика в отношении сельско-городских территорий // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 359. С. 50–52.
4. Chetoshnikov S.G. Regional policy for rural-urban areas // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 359. P. 50–52 (in Russian).
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ (с 4 декабря 2007 г.) // «Российская газета» 30 декабря 2004 г.
6. Town Planning Code of the Russian Federation of December 29, 2004 № 190-FZ (from December 4, 2007) // «Rossiyskaya Gazeta» 30 dekabrya 2004 g. (in Russian).
7. Земельный кодекс Российской Федерации от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ (с изменениями от 8 ноября 2007 г.) // «Российская газета». 30 октября 2001 г.
8. The Land Code of the Russian Federation of October 25, 2001 No. 136-FZ (as amended November 8, 2007) // Rossiyskaya Gazeta 30 oktyabrya 2001 g. (in Russian).
9. Иващук О.А., Федоров В.И., Коскин А.В., Щербинина Н.В., Журавлев М.Д. Метод интегральной оценки качества почвы в сельско-городских территориях на основе нечеткой логики // International Journal of Engineering & Technology. 2018. V. 7. № 4. 36. P. 1–4.
10. Иващук О.А., Кванин Д.А. Интеллектуальная поддержка решений в управлении экологической безопасностью // Научное обозрение. 2014. № 8 (2). С. 619–626.
11. Ivashchuk O.A., Kvanin D.A. Intellectual support of decisions in control of ecological safety // Nauchnoe obozrenie. 2014. № 8 (2). P. 619–626 (in Russian).
12. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. М., 2008. 101 с.
13. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М., 1999. 15 с.
14. СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М., 2008. 4 с.
15. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. М., 1991. 9 с.

УДК 911:332.33

ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОСИСТЕМЫ СРЕДНЕГО ПОУРАЛЬЯ

Чибилёв А.А. (мл.), Мелешкин Д.С., Григоревский Д.В.

*Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург,
e-mail: a.a.ml@mail.ru, aventureiro@mail.ru, grag92@mail.ru*

Природные компоненты взаимосвязаны и образуют природно-территориальные комплексы, обладающие различной экологической устойчивостью и потенциалом. Длительное время степные ландшафты подвергались как природным, так и внешним антропогенным воздействиям. Происходит нарушение целостности природных ландшафтов и дальнейшая их трансформация в промышленные, сельскохозяйственные и другие виды. Сегодня актуальным является вопрос изучения ландшафтно-экологической устойчивости степных регионов Российской Федерации и их природно-хозяйственных систем. В исследовании на полимасштабном уровне была выбрана геосистема Среднего Поуралья, включающая в себя 12 муниципальных образований Оренбургской области. Геосистема Среднего Поуралья располагается на плакорных участках, а существующие в степной зоне агроландшафты длительное время подвергались интенсивному сельскохозяйственному освоению, в связи с чем на территории исследования хорошо выражена нестабильность ландшафтов. Для анализа ландшафтно-экологической устойчивости Среднего Поуралья использовалась методика общей оценки устойчивости ландшафтов. Расчеты проводились на основе вычисления коэффициента экологической стабильности ландшафтов, в структуре которого лежат две группы стабильных и нестабильных элементов ландшафта. В результате анализа ландшафтно-экологической устойчивости Среднего Поуралья было выявлено, что только в Кувандыкском ГО состоянии ландшафтов условно стабильное (1,26). В семи муниципальных образованиях нестабильность ландшафта выражена хорошо (коэффициент экологической стабильности варьируется от 0,21 до 0,44). В Акбулакском районе показатель стабильности ландшафтов составляет 0,99. На территории Среднего Поуралья средний показатель коэффициента экологической стабильности составляет 0,54. Одной из основных причин нестабильности ландшафтов является распашанность, 41,3% от общей площади территории исследования. Проведённые расчёты позволяют получить общую информацию об уровне ландшафтно-экологической устойчивости исследуемой территории, способствующей выбору комплекса мероприятий по стабилизации, сохранению и восстановлению ландшафта.

Ключевые слова: Среднее Поуралье, ландшафтно-экологическая устойчивость, коэффициент экологической стабильности, муниципальные образования, земельные угодья, Оренбургская область, степная зона, геосистема

ASSESSMENT OF THE LANDSCAPE AND ECOLOGICAL STABILITY OF THE MIDDLE POURALIE GEOSYSTEM

Chibilev A.A. (jr.), Meleshkin D.S., Grigorevskiy D.V.

*Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: a.a.ml@mail.ru,
aventureiro@mail.ru, grag92@mail.ru*

Natural components are interrelated and form natural-territorial complexes with different environmental sustainability and potential. For a long time, steppe landscapes were exposed to both natural and external anthropogenic influences. There is a violation of the integrity of natural landscapes and their further transformation into industrial, agricultural and other species. Today, the issue of studying the landscape-ecological sustainability of the steppe regions of the Russian Federation and their natural-economic systems is relevant. In the study at the polyscale level, the geosystem of the Middle Poralie was selected, which includes 12 municipalities of the Orenburg region. The geosystem of the Middle Poralie is located on the plakorny areas, and the agrolandscapes existing in the steppe zone have been subject to intensive agricultural development for a long time, and therefore the landscape instability is well expressed in the study area. For the analysis of the landscape-ecological sustainability of the Middle Poralie, the methodology for a general assessment of the sustainability of landscapes was used. The calculations were carried out on the basis of the calculation of the coefficient of ecological stability of landscapes, in the structure of which there are 2 groups of stable and unstable elements of the landscape. As a result of the analysis of the landscape-ecological sustainability of the Middle Poralie, it was revealed that only in the Kuvandyksky Urban District the condition of landscapes is conditionally stable (1,26). In 7 municipalities, landscape instability is well expressed (the coefficient of environmental stability varies from 0,21 to 0,44). In the Akbulak district, the landscape stability index is 0,99. On the territory of the Middle Poralie, the average coefficient of ecological stability is 0,54. One of the main causes of landscape instability is plowing, 41,3% of the total research area. The calculations carried out make it possible to obtain general information about the level of landscape and ecological sustainability of the study area, contributing to the choice of a set of measures to stabilize, preserve and restore the landscape.

Keywords: Middle Poralie, landscape and ecological stability, coefficient of ecological stability, municipal formations, Orenburg region, steppe zone, geosystem

С ростом городов и увеличением хозяйственной нагрузки природные ландшафты нарушаются и трансформируются в техногенные, дальнейшая структура которых зависит от хозяйственного использования терри-

тории. Ландшафты, на которых отсутствует аграрная и техногенная деятельность, представлены такими категориями земель, как лесные, пастбища, сенокосы, залежь, земли под многолетними насаждениями, а также терри-

ториями, занятыми национальными парками, заповедниками, заказниками и памятниками природы, обладающими низкой степенью нарушенности и относящимися к стабильным элементам ландшафта. Земли, подвергшиеся изменениям, либо разрушающиеся, с низкой экологической саморегуляцией, такие как пашня, застроенные земли, улично-дорожная сеть, садоводческие участки и мелиорируемые земли, относятся к нестабильным угольям. Такие элементы ландшафта вызывают экологическую и хозяйственную напряженность, отрицательно влияющую на ландшафтно-экологическую устойчивость.

Цель исследования: дать оценку ландшафтно-экологической устойчивости Среднего Поуралья в разрезе муниципальных образований. На основе полученных результатов выявить степень экологической устойчивости ландшафта исследуемой территории и дать рекомендации по его защите и дальнейшему сохранению. Для достижения цели были решены следующие задачи:

- выявлены показатели, характеризующие факторы ландшафтно-экологической устойчивости, по которым в Оренбургской области ведётся официальное статистическое наблюдение в разрезе муниципальных образований;

- составлена база данных соответствующих абсолютных показателей по муниципальным образованиям на основе актуальной и достоверной информации из официальных источников;

- составлена картосхема результатов ландшафтно-экологической устойчивости исследуемой территории.

Материалы и методы исследования

Проблемы оценки устойчивости природных и техногенных ландшафтов изложены в трудах А.Д. Абалакова (2010, 2014), М.И. Лопырева (1995, 2005, 2012), В.А. Баранова (1995, 2001, 2006, 2012) и др. [1–3]. В работах этих авторов был создан методический подход к разработке системы оценки ландшафтно-экологической устойчивости

территории для формирования экологически сбалансированных ландшафтов.

Рассматриваемая в исследовании территория Среднего Поуралья [4] располагается в центральной, равнинной и засушливой части Оренбургской области. Оценка общей ландшафтно-экологической устойчивости проведена с помощью коэффициента экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ), по методике В.А. Баранова [3]. Данный метод основывается на сопоставлении площадей занятых стабильными и нестабильными элементами ландшафта. Этот коэффициент даёт возможность оценивать ландшафтно-экологическую устойчивость, объединяя качественные и количественные параметры биотических и абиотических элементов природно-территориального комплекса. Согласно методике происходит разделение территории на две группы (стабильных и нестабильных) ландшафтов, расчет соотношения которых производится по формуле

$$КЭСЛ = \frac{\sum F_{ст}}{\sum F_{нст}}, \quad (1)$$

где $F_{ст}$ – площади занятые стабильными элементами ландшафта, $F_{нст}$ – площади занятые нестабильными элементами ландшафта, где

$$F_{ст} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6, \quad (2)$$

$$F_{нст} = x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11}. \quad (3)$$

Для оценки ландшафтно-экологической устойчивости на региональном уровне мы ограничились данным коэффициентом, в связи с тем, что стабильные и нестабильные элементы ландшафта являются буферными и частично компенсируются между собой [5]. В нашем исследовании не рассматриваются земли под водой и болотами, так как в открытых статистических сборниках и докладах в разрезе муниципальных образований по данным показателям учёт не ведётся. Оценка коэффициента экологической стабильности происходит по шкале, представленной в табл. 1.

Таблица 1

Шкала оценки коэффициента экологической стабильности ландшафта [6]

Коэффициент экологической стабильности ландшафта	Характеристика экологической стабильности ландшафта	Коэффициент экологической стабильности ландшафта	Характеристика экологической стабильности ландшафта
$\leq 0,5$	нестабильность выражена хорошо	3,0–4,5	стабильность выражена хорошо
0,5–1,0	состояние нестабильное	$\geq 4,5$	стабильность ярко выражена
1,0–3,0	состояние условно стабильное		

Коэффициент экологической стабильности ландшафта является определяющим в оценке ландшафтно-экологической устойчивости, отражая фактор внутреннего противоречия ландшафтной экосистемы [6].

Стабильные элементы ландшафта: x_1 – сенокосы; x_2 – пастбища; x_3 – залежь; x_4 – многолетние насаждения; x_5 – лесные земли; x_6 – особо охраняемые природные территории.

Нестабильные элементы ландшафта: x_7 – пашня; x_8 – застроенные земли; x_9 – улично-дорожная сеть (улиц, проездов, набережных и т.п.); x_{10} – земли некоммерческих объединений граждан, включающие в себя садовые, огороднические и дачные земельные участки, в структуре которых рассматриваются показатели (постройки, сооружения, дорожки, газоны и декоративные насаждения); x_{11} – мелиорированные земли.

Информационной базой исследования послужили открытые данные Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области и Министерства природных ресурсов по Оренбургской области за 2016 г. [7, 8].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведение оценки общей экологической стабильности ландшафта исследуемой территории заслуживает внимания, так как данный метод дает возможность оценивать устойчивость ландшафта, интегрируя качественные и количественные характеристики различных видов ландшафта. Значения показателей ландшафтно-экологической устойчивости в разрезе муниципальных образований геосистемы Среднего Поуралья отражены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные показатели для расчета коэффициента экологической стабильности [7–9]

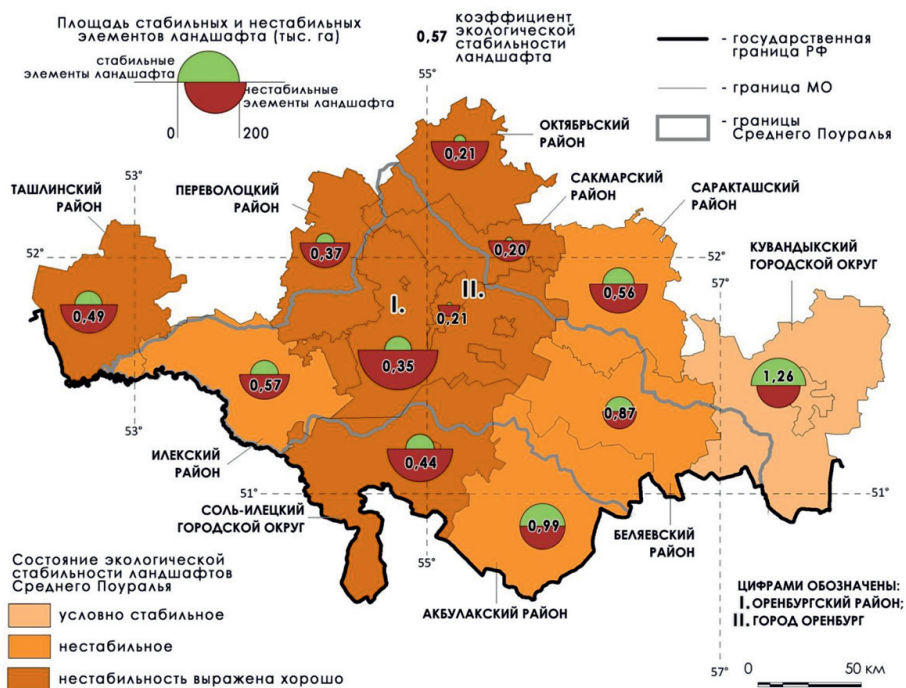
№ п/п	Муниципальные образования	Площадь стабильных элементов ландшафта (га)						Fст
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	
1	Акбулакский район	41584,6	57328,2	35,7	33361,8	3749	11342,1	147401,4
2	Беляевский район	20394,0	31663,9	53,9	22858,8	9707	11449,4	96127,0
3	Илекский район	24596,1	24315,6	42,9	7400,0	34526	733,3	91613,9
4	Октябрьский район	7925,6	27673,0	300,8	1359,7	1899	533,3	39691,4
5	Оренбургский район	12647,8	32486,7	856,0	13916,0	28358	725,5	88990,0
6	Перволюцкий район	14428,6	30123,1	60,3	4803,5	8113	2059,6	59588,1
7	Сакмарский район	7432,3	8570,0	182,2	2872,3	7146	339,3	26542,1
8	Саракташский район	22195,3	58902,0	118,0	1967,2	19529	1657,6	104369,1
9	Ташлинский район	16614,6	50451,2	85,3	4774,6	17230	842,4	89998,1
10	ГО г. Оренбург	3447,3	4399,0	803,6	4873,8	1532	0,0	15055,7
11	Соль-Илецкий ГО	27426,0	32094,5	67,6	25655,5	7269	999,2	93511,8
12	Кувандыкский ГО	28477,1	28993,4	88,1	26830,8	38386	55431,4	178206,8

№ п/п	Муниципальные образования	Площадь нестабильных элементов ландшафта (га)					Fнст
		x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	
1	Акбулакский район	144386,9	2591	1747	10,4	105,2	148840,5
2	Беляевский район	103931,9	4427	2036	0,0	0,0	110394,9
3	Илекский район	152845,7	5689	3437	0,0	40,0	162011,7
4	Октябрьский район	182140,3	5223	889	0,0	0,0	188252,3
5	Оренбургский район	237497,4	14677	4346	1065,4	171,4	257757,2
6	Перволюцкий район	155672,3	3002	1188	11,9	0,0	159874,2
7	Сакмарский район	129446,5	3666,2	1255	139,0	17,4	134524,1
8	Саракташский район	178578,1	5455	3920	4,8	0,0	187957,9
9	Ташлинский район	178548,9	3943	1292	0,0	0,0	183783,9
10	ГО г. Оренбург	48741,2	10815	4941	958,9	6653,0	72109,1
11	Соль-Илецкий ГО	161018,9	47021	2564	12,5	399,8	211016,2
12	Кувандыкский ГО	132400,5	5195	3268	26,9	0,0	140890,4

Из табл. 2 видно, что максимальные суммы показателей стабильных элементов ландшафта в Кувандыкском городском округе – 178,2 тыс. га и Акбулакском районе – 147,4 тыс. га, этому способствуют большие территории лесных земель, сенокосов и пастбищ, а также значительные площади особо охраняемых природных территорий. Так, в Кувандыкский ГО входят ГПЗ «Шайтан-Тау» и 2 заказника регионального значения «Карагай-Губерлинское ущелье», «Губерлинские горы». Особо охраняемые природные территории в Кувандыкском ГО занимают 10% от площади муниципального образования. В Акбулакский район входит значительная часть участка ГПЗ «Оренбургский» «Предуральская степь» – 10,9 тыс. га (65,6% от площади участка). В Кувандыкском ГО большие площади занимают лесные земли – 38,4 тыс. га (6,7%), в Илекском районе – 34,5 тыс. га, доля лесных земель в районе самая высокая (9,6% от площади территории) [10, 11].

Максимальная сумма показателей нестабильных элементов ландшафта отмечается в Оренбургском районе – 257,8 тыс. га. Значительные площади нестабильных элементов ландшафта заняты пашней, в Оренбургском районе самая высокая площадь пашни – 237,5 тыс. га, распаханность территории составляет 47,3% от площади района. В Октябрьском районе площадь пашни так-

же высока – 182,1 тыс. га (доля пашни 67,6% от площади муниципального образования). Низкая площадь пашни отмечается в Беляевском районе – 103,9 тыс. га (28,2% территории распаханно). Нужно отметить, что в Кувандыкском ГО при показателе площади пашни в 132,4 тыс. га, доля распаханности территории самая минимальная среди всех муниципальных образований Среднего Поуралья – 23,0%. В Соль-Илецком ГО самые большие площади застроенных земель – 47,0 тыс. га, что составляет 9,0% от площади территории. Данный показатель высокий в Оренбургском районе – 14,7 тыс. га (2,9%), в г. Оренбурге доля застроенных земель составляет 11,8%. В Акбулакском районе самая минимальная площадь застроенных земель – 2,6 тыс. га, а также самая низкая доля застроенности (0,5%) из всех муниципальных образований территории исследования. Максимальная площадь мелиорируемых земель в ГО г. Оренбург – 6,7 тыс. га (7,3% от площади территории). Также в г. Оренбург значительные площади улично-дорожной сети – 4,9 тыс. га и в Оренбургском районе – 4,3 тыс. га. В Октябрьском районе данный показатель самый низкий – 0,9 тыс. га. Итогом оценки общей ландшафтно-экологической устойчивости геосистемы Среднего Поуралья стала визуализация пространственного распределения коэффициента экологической стабильности (рисунк).



Картосхема состояния экологической стабильности ландшафтов Среднего Поуралья

В результате оценки ландшафтно-экологической устойчивости Среднего Поуралья было выявлено, что только в Кувандыкском ГО состояние ландшафтов условно стабильное (КЭСЛ 1,26). В семи муниципальных образованиях нестабильность ландшафта выражена хорошо, самое низкое значение отмечено в г. Оренбурге, Октябрьском и Сакмарском районах (0,21). В Саракташском, Илекском, Беляевском и Акбулакском районах коэффициент стабильности более 0,5, поэтому состояние ландшафтов оценивается как нестабильное. Необходимо отметить, в Акбулакском районе коэффициент стабильности составляет 0,99, а в Беляевском районе 0,87. Поэтому за исключением Кувандыкского ГО ландшафты исследуемой территории относятся к нестабильным.

Геосистема Среднего Поуралья располагается на плакорных участках, а существующие в степной зоне агроландшафты длительное время подвергались интенсивному сельскохозяйственному освоению, в связи с чем на территории исследования хорошо выражена нестабильность ландшафтов и среднее значение КЭСЛ составляет 0,53. Основным фактором снижения экологической стабильности ландшафта является высокая распаханность территории (41,3%), значительные площади заняты дорогами (0,7%) и постройками (2,6%).

Проведённые расчёты позволяют получить общую информацию об уровне ландшафтно-экологической устойчивости исследуемой территории, способствующей выбору комплекса мероприятий по стабилизации, сохранению и восстановлению ландшафта. Так, если в Акбулакском и Беляевском районах увеличить площадь таких стабильных элементов ландшафта, как сенокосы и пастбища, а также вернуть выведенные из перечня региональных ООПТ памятники природы, то состояние стабильности ландшафтов этих территорий будет увеличиваться. Повышению ландшафтно-экологической стабильности Среднего Поуралья будет способствовать перевод части низкопродуктивных пахотных земель в категорию пашни под многолетние травы, увеличение площади сельскохозяйственных угодий под сенокосами и пастбищами. Эффективной с точки зрения повышения стабильности ландшафта является реализация комплекса мероприятий по расширению площади земель занятых под особо охраняемыми природными территориями. При управлении процессами урбанизации и развития на территории Среднего Поуралья таких горо-

дов, как Оренбург, Кувандык, Медногорск и Соль-Илецк, необходимо учитывать природоохранные интересы, стараясь оптимизировать расположение населения и промышленных объектов, создающих высокую нагрузку на окружающую среду и ландшафт.

Статья подготовлена в рамках темы «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (№ ГР АААА-А17-117012610022-5) при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» № 08/2019/РГО-РФФИ «Геоинформационный анализ индикаторов эколого-экономической безопасности и оценка ландшафтно-экологической устойчивости природно-хозяйственных систем регионов степной зоны России» (№ ГР АААА-А17-117041310143-0).

Список литературы / References

1. Абалаков А.Д., Лопаткин Д.А. Устойчивость ландшафтов и ее картографирование // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2014. Т. 8. С. 2–14.
- Abalakov A.D., Lopatkin D.A. Mapping of Landscape Stability // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Nauki o Zemle». 2014 V. 8. P. 2–14 (in Russian).
2. Лопырев М.И., Линкина А.В. Модернизация систем земледелия на эколого-ландшафтной основе // Вестник ВГАУ. 2012. № 3 (34). С. 49–56.
- Lopyrev M.I., Linkina A.V. Modernization of farming systems on an ecological-landscape basis // Vestnik VGau. 2012. № 3 (34). P. 49–56 (in Russian).
3. Баранов В.А. Экологическая оптимизация агролесоландшафтов юго-востока Европейской России (структура, динамика, эволюция). Саратов: Изд-во АСП, 2012. 314 с.
- Baranov V.A. Environmental optimization of agroforest landscapes of the southeast of European Russia (structure, dynamics, evolution). Saratov: Izd-vo ASP, 2012. 314 p. (in Russian).
4. Чибилёв А.А., Чибилёв А.А. (мл.), Руднева О.С., Соколов А.А., Падалко Ю.А., Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В. Проблемы устойчивого развития социально-экономических геосистем степной зоны Российской Федерации. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. 128 с.
- Chibilyov A.A., Chibilyov A.A. (ml.), Rudneva O.S., Sokolov A.A., Padalko Yu.A., Meleshkin D.S., Grigorevsky D.V. Problems of sustainable development of socio-economic geosystems of the steppe zone of the Russian Federation. Orenburg: IS UrO RAN, 2018. 128 p. (in Russian).
5. Саприн С.В. Оценка экологической устойчивости агроландшафтов Воронежской области: дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 2017. 156 с.
- Saprin S.V. Assessment of the environmental sustainability of agricultural landscapes of the Voronezh region: dis. ... cand. geogr. sciences. Moscow, 2017. 156 p. (in Russian).
6. Масютенко Н.П., Чуян Н.А., Бахирев Г.И., Кузнецов А.В., Брескина Г.М., Дубовик Е.В., Масютенко М.Н., Панкова Т.И., Калужский А.Г. Система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013. 50 с.

Masjutenko N.P., Chujan N.A., Bahirev G.I., Kuznetsov A.V., Breskina G.M., Dubovik E.V., Masjutenko M.N., Pankova T.I., Kaluzhskij A.G. System for assessing the stability of agricultural landscapes for the formation of environmentally balanced agricultural landscapes. Kursk: VNIIZiPJe RASHN, 2013. 50 p. (in Russian).

7. База данных показателей муниципальных образований [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (дата обращения: 26.06.2019).

Database of indicators of municipalities [Electronic resource]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (date of access: 26.06.2019) (in Russian).

8. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 6 т. // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. Т. 3: Земельные ресурсы и их использование. Оренбург, 2018. 197 с.

Results of the All-Russian Agricultural Census 2016: 6 vol. // Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Orenburgskoj oblasti. V 3: Zemel'nye resursy i ih ispol'zovanie. Orenburg, 2018. 197 p. (in Russian).

9. Чибилёв А.А.(мл.), Падалко Ю.А., Семёнов Е.А., Руднева О.С., Соколов А.А., Григоревский Д.В., Мелеш-

кин Д.С. Очерки экономической географии Оренбургского края. Том II. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. 144 с.

Chibilyov A.A. (ml.), Padalko Yu.A., Semenov E.A., Rudneva O.S., Sokolov A.A., Grigorevsky D.V., Meleshkin D.S. Essays on the economic geography of the Orenburg region. Volume II. Orenburg: IS UrO RAN, 2018. 144 p. (in Russian).

10. Чибилёв А.А. (мл.), Семёнов Е.А., Григоревский Д.В. Региональные особенности использования природных ресурсов охраняемых территорий в Оренбургской области // Вестник ОГУ. 2015. № 10. С. 455–460.

Chibilyov A.A. (ml.), Semenov E.A., Grigorevsky D.V. Regional features of the use of natural resources of protected areas in the Orenburg region // Vestnik OGU. 2015. № 10. P. 455–460 (in Russian).

11. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2017 г. / Под ред. К.П. Костюченко. Оренбург: Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области, 2018. 237 с.

State report on the state and environmental protection of the Orenburg region in 2017. / Ed. K.P. Kostyuchenko. Orenburg: Ministerstvo prirodny'x resursov, e'kologii i imushhestvenny'x otnošenij Orenburgskoj oblasti, 2018. 237 p. (in Russian).

УДК 550.4

К ВОПРОСУ ПОИСКА НОВЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОДЫ В ГОРОДЕ СТЕРЛИТАМАКЕ

Шатов А.А.

*Башкирский государственный университет, Стерлитамакский филиал, Стерлитамак,
e-mail: aash.2011@yandex.ru*

Один из ведущих мировых производителей соды АО «Башкирская содовая компания» (АО «БСК») испытывает трудности с минеральным сырьём – известняком, необходимым для получения углекислого газа и извести, используемых в технологии. Запасы известняка на шихане Шахтау, в качестве сырьевой базы предприятия, в ближайшие годы будут исчерпаны. На правительственном уровне России и Башкортостана принято решение об освоении шихана Куштау в качестве нового источника известняка, что вызывает протест жителей близлежащих деревень, общественности и научных работников. Рассмотрена история получения первых образцов синтетической соды, вклад учёных и промышленников в создание новых технологий её получения с использованием различных видов минерального сырья, с целью замены природного минерального сырья – известняка, в условиях его дефицита по количеству и качеству, на альтернативное. Показаны основные технологии получения соды из природных минералов: каменной соли, троны, термонатрита, натрона, давсонита, нефелинового концентрата, мирабилита, сильвинита и доломита. Выявлены перспективы модернизации аммиачного способа получения соды по методу Сольве, его кооперации с хлорорганической технологией производства хлора и каустика, с целью ухода от сырьевой зависимости в минеральном сырье – известняка, а также возможные технологии соды из альтернативных источников минерального сырья – углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу. Среди перспективных направлений технологии соды с минимизацией использования известняка и/или его исключения выделяются следующие: природная сода, нефелиновая сода, карбонизация каустической соды, электролизный метод, кооперация производства каустической соды и кальцинированной соды с выпуском хлорорганической продукции, технология соды с обжигом известняка по китайскому методу, технология соды с использованием индийской и других мировых подобных технологий получения углекислого газа. Все вышеперечисленные направления требуют тщательной экономической и экологической оценки для взвешенного принятия решения по выбору новой технологии.

Ключевые слова: шиханы Шахтау, Торатау, Куштау и Юрактау, производство соды, известняк, утилизация углекислого газа

TO THE ISSUE OF NEW ALTERNATIVE SOURCES OF MINERAL RAW MATERIALS FOR SODA PRODUCTION IN STERLITAMAK

Shatov A.A.

Bashkir State University, Sterlitamak Branch, Sterlitamak, e-mail: aash.2011@yandex.ru

One of the world's leading soda producers, Bashkir Soda Company (BSC) is experiencing difficulties with mineral raw materials, the limestone needed to produce the carbon dioxide and lime used in the technology. The limestone reserves at Shahan Shahtau, as the company's raw material base, will be exhausted in the coming years. At the government level of Russia and Bashkortostan, a decision has been made to develop Shihan Kushtau as a new source of limestone, prompting protests from nearby villages, the public and scientists. The history of obtaining the first samples of synthetic soda, the contribution of scientists and industrialists in the creation of new technologies for its production using different types of minerals, in order to replace natural minerals – limestone, in deficit conditions in quantity and quality, on alternative. The main technologies for obtaining soda from natural minerals: rock salt, thrones, thermosatrite, natron, davsonite, nephelin concentrate, mirabilit, sylvinit and dolomite are shown. Prospects for modernization of the ammonia method of obtaining soda by the Solve method, its cooperation with chlorine-organic chlorine and caustic technology, in order to avoid raw dependence in minerals – limestone, as well as possible soda technology from alternative sources of minerals – carbon dioxide emitted into the atmosphere. Among the promising areas of soda technology with the minimization of the use of limestone and/or its exclusion are: natural soda, nephelin soda, caustic soda carbonation, electrolysis method, production cooperation caustic soda and calcified soda with the production of chlororganic products, chinesely based limestone soda technology, soda technology using Indian and other similar carbon dioxide technologies. All of the above areas require a thorough economic and environmental assessment to make a balanced decision on the choice of new technology.

Keywords: shikhany Shahtau, Toratau, Kushtau and Yuraktau, soda production, limestone, carbon dioxide utilization

Производство кальцинированной соды относится к важнейшей подотрасли химической промышленности. Подробно о имеющихся технологиях производства соды, их истории и перспективах развития сказано в работе [1]. В данной работе рассмотрим вопрос развития технологий соды и пер-

спективы их развития, с точки зрения замены, в условиях АО «БСК», природного минерала – известняка на другие сырьевые ресурсы. Добываемый АО «Сырьевая компания» для АО «БСК» известняк с шихана Шахтау в ближайшие пять лет иссякнет, и компания просит передачи для разработки

известняка шихана Торатау, который вместе с другим шиханом – Юрактау находится под охраной республиканского Закона о памятниках природы. Карта известняков Башкортостана приведена на рис. 1. Руководством правительства России и Башкортостана принято решение использовать в качестве следующего источника известняка шихан Куштау, не имеющий охранного статуса. Данное решение отрицательно воспринято проживающим у шихана населением, учёными и общественностью. Они обращаются к Президенту РФ В. Путину, ссылаясь на сказанные им в 2018 г. в Послании к Федеральному собранию слова: «у многих особо охраняемых территорий границы до сих пор четко не определены, режимы регулирования не соблюдаются... надо, конечно, иметь в виду интересы людей, которые там проживают». Однако справедлива тревога за судьбу предприятия работников предприятия и горожан Стерлитамака, для которых предприятие является градообразующим, значащим по своим масштабам. АО «БСК» в 1971 г. становится крупнейшим в мире производителем кальцинированной соды, а в 1985–1986 гг. устанавливает рекорды России и мира по выпуску соды ≈ 2100000 т/год.

Цели и задачи работы: сделать анализ известных технологий получения синтетической соды, на предмет используемого минерального сырья, и рассмотреть возможность замены минерального сырья – известняка на другие сырьевые ресурсы и/или заменой существующей технологии на другую, безывестняковую.

Применяемый метод исследований – экспертиза применяемого минерального сырья для бывших и существующих технологий соды и возможные пути замены известняка, используемого для получения углекислого газа и оксида кальция в производстве соды.

Результаты исследования и их обсуждение

Синтетическую соду из различных видов природного минерального сырья начали получать в XVIII веке: Дюамель в 1736 г. из сульфата натрия; Маргграф в 1737 г. из нитрата натрия; Генрих Хаген в 1768 г. из сульфата натрия и поташа; Торберн Бергман и К.Ф. Майер в 1769 г. из хлорида натрия и поташа; в 1775 г. Шееле из едкого натра, хлорида натрия и соединений свинца; в 1777 г. Малербом из хлорида натрия, серной кислоты, угля и железа.

В 1791 г. Никола Леблан изобрел технологию соды из хлорида натрия, смешивая его вначале с серной кислотой, затем с известняком и древесным углем. Отметим, что в основе всех вышеперечисленных технологий присутствует минеральное натрийсодержащих сырья и перспектив развития морально и технически устаревших технологий соды на АО «БСК», на основе вышеперечисленных видов минерального сырья, нет, так как отсутствует объективная возможность получения CaO и CO₂ по реакции: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow - Q$.

Основателем применяемой сейчас технологии соды по аммиачному методу считается О.Ж. Френель, предложивший в 1810 г. получать соду из хлорида натрия, пропуская через его раствор аммиака и углекислый газ, однако он не нашел пути регенерации аммиака. В 1838–1840 гг. Г. Грей-Дьюар и Д. Хемминг совершенствовали технологию получения соды путём пропускания через воду газообразного аммиака и диоксида углерода, добавляя затем хлорид натрия. В 1865 г. инженер Э. Сольве, взяв за основу труды Френеля, Г. Грей-Дьюара и Д. Хемминга, доработал химизм аммиачной технологии соды, найдя способ регенерации аммиака, предложив использовать оксид кальция, получаемый путём обжига минерального сырья – известняка после обработки водой, для регенерации аммиака: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{OH} + Q$; $\text{NH}_4\text{OH} = \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + Q$. Образующийся при обжиге известняка углекислый газ используется для получения соды: $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl} + Q$; $\text{NHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + Q$.

Технология получения соды по методу Сольве дошла, в своей основе, до наших дней. Правда, иногда в качестве карбонатного минерального сырья на некоторых содовых заводах используют мел, а для получения хлорида натрия используют морскую воду, солёные озёра, соляные источники. Примером может служить Кунградский содовый завод в Узбекистане. Отличительной особенностью его технологии является обжиг известняка не коксом, антрацитом или углём, а природным газом с получением 26% CO₂ и дальнейшим концентрированием CO₂ до 40% на установке PSA – ноу-хау компании «Ситик» КНР [2]. Подобная технология есть и у индийских учёных, которые решили проблему выбросов CO₂, с целью снижения их попадания в атмосферу, улавливая

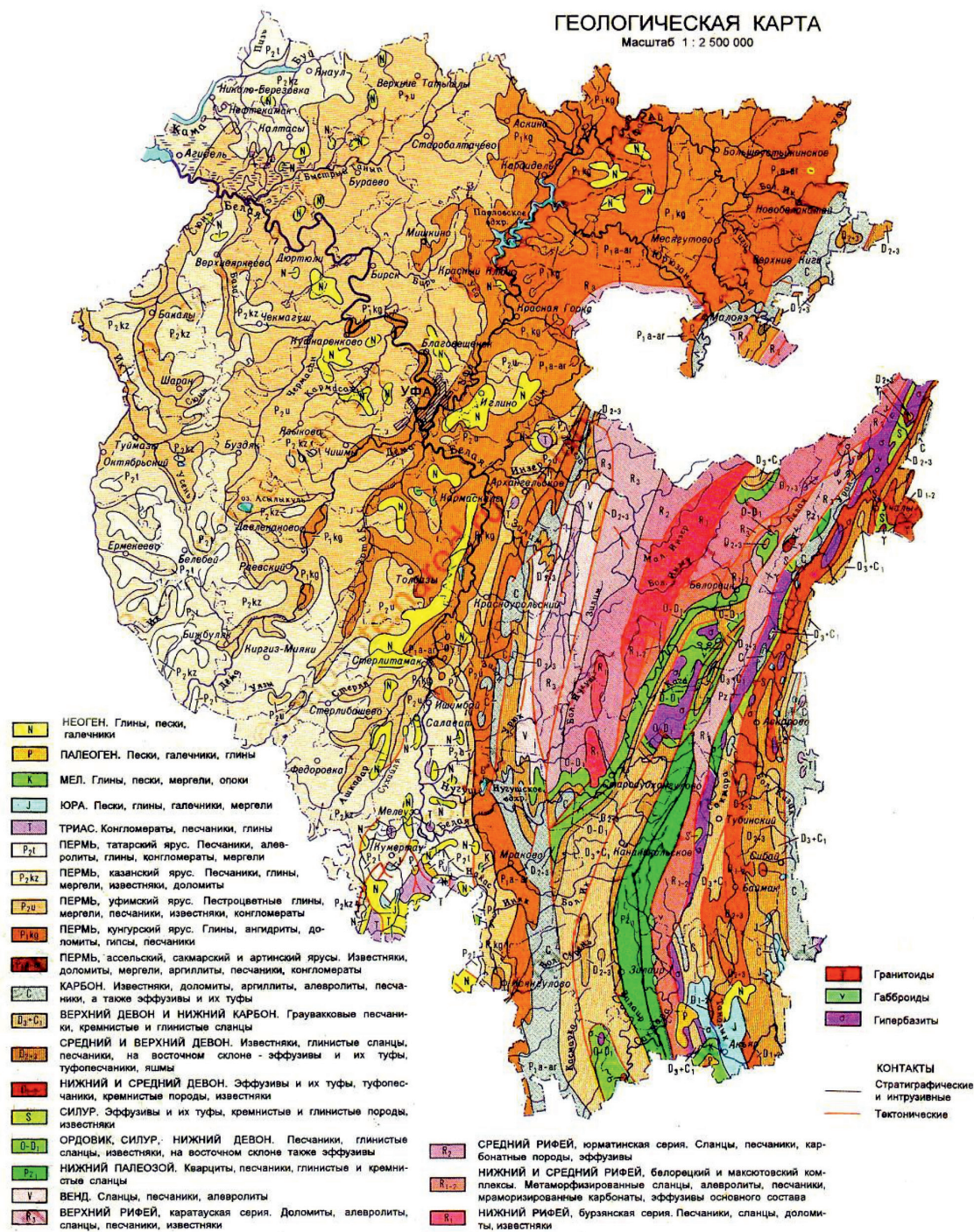
его из промышленных отходов сгорания углеродсодержащего топлива, используя для производства соды [3]. Над тематикой утилизации и хранения углекислого газа работают во многих странах. Так, например, учёные Национальной лаборатории города Ок-Ридж (США) разработали другой метод улавливания CO_2 , который основывается на использовании химических веществ, называемых бисиминогуанидины или BIG. Эти вещества были обнаружены более века назад, но недавно исследователи установили их выраженную способность образовывать связи с отрицательно заряженными ионами. Эту особенность химии использовали в своем методе улавливания углекислого газа. Отрицательно заряженный ион способен захватить гидрокарбонат, образующийся при прохождении CO_2 через созданную учеными смесь, который отделяется от раствора. В таком виде CO_2 можно собирать и хранить в безвредной для атмосферы форме. Следует отметить, что подобных исследований и внедрений по утилизации CO_2 и его использованию в промышленности в последнее время в научной литературе приведено достаточно много. Вопросами утилизации углекислого газа занимаются многие исследовательские центры. Приведем в качестве примера только некоторые из них: Global CCS Institute, World Resource Institute WRI, International Energy Agency (IEA), US-China CERC (Китай), UK CCS (Великобритания), Peter Cook Center (Австралия), NCCS (Норвегия) и многие другие. Поэтому заслуживает внимания работа [4], в которой предлагается уйти от применения минерального сырья – известняка и применить для производства соды углекислый газ, выбрасываемый в атмосферу на других предприятиях Стерлитамака, в частности на цементном заводе и городских ТЭЦ. Подобный опыт эксплуатации данных объектов уже имеется, например первый полномасштабный проект по модернизации генерирующих мощностей угольной электростанции и одновременной установки улавливающего CO_2 оборудования мощностью 1 млн т в год Boundary Dam в Канаде. Другой проект угольной электростанции Kemper County в Миссисипи также строится с применением этих технологий. Согласно данным Global CCS Institute, в настоящее время в мире насчитывается более 20 крупномасштабных подобных объектов. Отметим, именно крупномасштабных проектов, а не

мелких демонстрационных, которых уже насчитывается множество и содовикам есть над чем задуматься. Полностью отказаться от применения минерального сырья – известняка возможно в перспективе, как отмечалось в работе [5], при кооперации выпуска соды и хлорорганических соединений, в частности винилхлоридов.

В 1938–1940 гг. в США появилась новая технология соды на базе природных содержащих соду минералов троны ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), нахколита (NaHCO_3) и даусонита [$\text{Na} \cdot \text{Al}(\text{OH})_2\text{CO}_3$]. Данная технология относится к «зелёной химии». В настоящее время свыше 30% производимой в мире соды получают из природных месторождений, без применения минерального сырья – известняка. В этих условиях аммиачная технология Сольве, используя минеральное сырьё – известняк, на АО «БСК» обречена в перспективе на постепенное вымирание.

В России имеется единственная в мире технология соды на основе запасов другого минерального сырья: апатит-нефелиновых пород Кольского полуострова, нефелиновых руд Кия-Шалтырского месторождения и др. Нефелин – минерал, являющийся составной частью большой группы щелочных алюмосиликатных пород, выражающихся формулой $(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}) \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (2 + n) \text{SiO}_2$. В перспективе АО «БСК» может рассмотреть данный вариант технологии соды совместно с немецким производителем цемента «HeidelbergCement – Стерлитамак». Следует отметить, что в 1970–1980 гг. данная технология соды для применения на ОАО «Сода» рассматривалась и составлялось технико-экономическое обоснование (ТЭО).

В 1960–1970-х гг. на отдельных заводах применялась технология соды методом карбонизации углекислым газом каустической соды. Метод производства соды не потерян окончательно и может быть восстановлен по мере того, как будет расти потребление хлор-газа для хлорорганических производств. В случае необходимости использования не нашедшего сбыта NaOH , этот способ может найти широкое применение, в том числе на АО «БСК», имеющим производство каустической соды. Однако надо понимать, что для карбонизации каустической соды нужен углекислый газ, но в перспективе его получение возможно по другим технологиям, без применения минерального сырья – известняка, о чём было сказано.



Карта известняков Башкортостана

Приведём некоторые другие известные технологии [6]. Технология соды методом Хоу или, по-другому, технология соды хлораммониевым методом. Отличается от известной технологии тем, что не использует для разложения хлорида аммония оксид кальция, получаемый при обжиге извест-

няка, но углекислый газ используется. На АО «БСК» данная технология возможна, но нерациональна, так как полученное в качестве побочного продукта удобрение – хлорид аммония из-за высокой производительности по выпуску соды не найдёт сбыта. Известна технология соды электролизным

способом. При размещении производства хлора на содовом заводе электролитические щелока могут быть направлены для карбонизации углекислым газом на производство кальцинированной соды или для регенерации аммиака из фильтровой жидкости. Возможность испытать данную технологию на АО «БСК» в перспективе есть. Выделяющийся хлор может найти применение в производстве хлорорганических производств. Однако и в этом случае нужен углекислый газ, получаемый из известняка. Здесь отдельно следует отметить, что все проблемы по получению углекислого газа для перечисленных технологий могут быть решены на основе известных решений по получению CO_2 . Менее известные технологии соды с применением другого минерального сырья: мирабилита ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$); сильвинита ($n \cdot \text{NaCl} + m \cdot \text{KCl}$); доломита ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$); нитронатрита (NaNO_3); криолита (Na_3AlFe). Есть и другие технологии соды на химических предприятиях, где соду получают как побочный продукт, например: из щелочных отходов производства капролактама; из щелочных растворов целлюлозно-бумажных предприятий; по технологии Дж.А. Льюкса. Для АО «БСК» данные технологии бесперспективны ввиду отсутствия данных производств и их малотоннажности. Безусловно, со временем можно будет ожидать появления других экзотических технологий соды, был бы в сырье элемент натрия и возможность получить углекислый газ.

В то же время целесообразно рассмотреть вопрос возможности создания новых химических технологий соды на АО «БСК» без применения минерального сырья – известняка или с минимальным его применением [7]. Проблема новых технологий соды стоит остро, можно привести ряд изобретений и публикаций в области совершенствования существующего способа [8–10], но все они в ближайшей перспективе маловероятны для скорой разработки технологий и внедрения.

Подобный конфликт между содовиками и общественностью не новость в пределах России и даже мира. Таких конфликтов по стране и миру десятки, они быстро не решаются и нельзя согласиться с поспешным решением руководства страны и республики по шихану Куштау, не проделав большую комплексную работу: с одной стороны, сохранить памятники природы, а с другой стороны, объективно оценить необходимость промышленного освоения место-

рождений известняка или региона в целом. Так, например, используя мнение директора Центра зелёных стандартов Рашида Исмаилова, приведённое в газете «Комсомольская правда» от 20.03.2019 г., можно было бы «рассмотреть возможность необходимости определения необходимых к освоению земель и вывести их за пределы особо охраняемых природных территорий (ООПТ), компенсировав это присоединением ценных в природном плане территорий большей площади». В рассматриваемом конфликте это могло бы выглядеть так, как один из вариантов: с шихана Торатау снимается статус памятника природы, а для Куштау вводится, со значительным расширением, например, природоохранной зоны, от Шахтау до Юрактау, включая Куштау и далее. Это бы приблизило к решению задачи достигнуть баланса между экологией и экономикой, что позволило бы сохранить природное наследие шиханов Башкортостана и развивать промышленность в республике. Такой вариант, один из немногих, развития событий нельзя отвергать.

В то же время у противоборствующих сторон есть несколько других путей дальнейшего развития событий по технологии Сольве. Рассмотрим некоторые из них: первый – предприятие ищет другие месторождения известняка, реконструируя технологию обжига известняка на новую, для низкокачественного сырья, по подобию китайских специалистов; второй путь – предприятие переходит на индийский метод получения углекислого газа; третий путь – переходит на американскую технологию получения углекислого газа, что, правда, невыполнимо, ввиду её малой изученности и отсутствия промышленного внедрения; пятый путь – внедрение технологии по подобию Boundary Dam в Канаде; пятый путь – пойти на компромисс, что и было сделано руководством республики, отдав под разработку шихан Куштау, но это, на наш взгляд, не самый лучший вариант, в таком случае целесообразнее отдать для разработки шихан Торатау, о чем говорилось выше.

Следует признать, что любое решение по обеспечению известняком предприятия вступит в конфликт с природой. Неслучайно, на пресс-конференции 2017 г. В. Путин заявил, «что соотношение между защитой экологии, защитой природы и развитием нужно ходить всегда, всегда нужно искать золотую середину». Достигнуть баланса между экологией, природой и развитием предприятием возможно только тогда, ког-

да каждая из противоборствующих сторон осознает необходимость сохранить природное богатство территорий шиханов с одновременным решением проблем развития содового производства и, как следствие, экономического развития республики Башкортостан.

Безусловно, существует и другой путь: отказаться, в перспективе, от существующей технологии Сольве и перейти на новую или новые технологии, некоторые из них были описаны выше, без потребления природного известняка или с минимальным его потреблением. Однако любой из путей, то ли по улучшенной технологии Сольве и/или по новым технологиям требует детальной экономической и экологической оценки, чтобы избежать принятия неправильного решения [11]. Так, например, новые технологии позволяют уловить 90–99% углекислого газа, однако чем выше процент улавливания, тем дороже стоимость такой установки. Затраты по этим проектам достаточно высокие. Возьмем для примера упомянутую компанию Boundary Dam, где капитальные затраты по проекту составили \$1,355 млрд (501 млн на модернизацию 3 блока электростанции и \$ 854 млн на строительство установки по улавливанию CO₂). Нельзя забывать и про хранение и последующую транспортировку CO₂ по трубопроводу, которая может стоить около \$1 млн за километр. Правда есть варианты захоронения CO₂, например, в солевых образованиях, что тоже представляется многообещающим для АО «БСК», так как имеет своё месторождение соли. При этой оценке важнейшую роль будет играть масштаб производства кальцинированной соды, выраженный в миллионах тонн, о чём говорилось во введении, а это будет играть не менее важную роль, наравне с экологией и экономикой, а может, и большую. К сожалению, кроме как социальной и экологической выгоды от проектов по утилизации CO₂ пока ничего ожидать не стоит.

Заключение

1. Развитие дальнейшего производства кальцинированной соды по известным технологиям будет идти в сторону процессов на основе природного сырья – троны, других содержащих соду соединений и нефелинового сырья. Перспектив развития технологии Сольве, из-за проблем с минеральным сырьём – известняком и недостатками технологии, в далёкой перспективе, мало. В то же время полностью забывать об этой технологии не стоит, так как из-

вестные ныне новые методы обжига низкокачественного известняка и новые способы получения углекислого газа позволяют производить соду с меньшим потреблением минерального сырья и/или без известняка.

2. Тенденции развития новых технологий синтетической соды будут идти в сторону более тесного сотрудничества предприятий по производству каустической соды, хлора, хлорорганических веществ и кальцинированной соды аммиачным способом производства с переходом, в отдалённой перспективе, на технологии с применением аминов. В этой ситуации первоочередным направлением исследований является разработка оптимальной технологической схемы совместного производства кальцинированной и каустической соды для АО «БСК», на основе кооперации неорганических (кальцинированная сода) и хлорорганических производств (каустическая сода, дихлорэтан, ПВХ).

3. Поиск новых месторождений известняка решает проблему на некоторое время, но в дальней перспективе придется переходить на новые технологии. При выборе направления действий в отношении перспектив одновременного поиска новых источников известняка и поиска новых технологий соды, с частичной или полной заменой известняка на CO₂, требуется комплексное решение проблемы. Внедрение новых технологий и новых месторождений сырья будет иметь социальные, экономические и экологические последствия. Все предлагаемые варианты потребуют значительных инвестиций, измеряемых десятками миллиардов рублей, величина которых будет зависеть от выбранного направления развития технологии получения CO₂, обжига известняка и выбранного месторождения. Инвестиции достаточно сложно обеспечить без выверенной стратегии развития производства соды и четкой позиции органов власти в отношении конкретных месторождений известняка и предприятия в целом с учётом временных ограничений решения проблемы из-за затянувшейся по срокам. Необходимо изучить вопрос готовности инвесторов вкладывать средства в комплексное решение проблемы. Однако при этом приоритетом в любом случае должна стать минимизация вреда для окружающей среды. Учитывая, что нанесение вреда неизбежно, было бы целесообразно, исходя из этих позиций, вернуться к вопросу пересмотра статусов природоохранных объектов шиханов, включая Торатау, и дать экологическую оценку.

Список литературы / References

1. Шатов А.А. Производство кальцинированной соды – от прошлых к новым технологиям // Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования. 2017. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://scientificreview.ru/article/view?id=8> (дата обращения: 06.05.2019).
- Shatov A.A. Production of calcified soda – from past to new technologies // Nauchnoe obozrenie. Fundamental'ny'e i prikladny'e issledovaniya. 2017. № 1. [Electronic resource]. URL: <https://scientificreview.ru/article/view?id=8> (date of access: 06.05.2019) (in Russian).
2. Резниченко В.Н., Погорелова Н.В. Сода кальцинированная: тенденции мирового и основных региональных рынков. Аналитический обзор НИИТЭХИМ. Черкассы, 2017. 220 с.
- Reznichenko V.N., Pogorelova N.V. Soda Calcified: Trends in World and Major Regional Markets. Analytical review NIITEXIM. Cherkassy, 2017. 220 p. (in Russian).
3. Two Indian engineers have solved one of the biggest hurdles in the fight to make lower carbon-emissions targets a reality. By Akshat Rathi January 9, 2017. [Electronic resource]. URL: <https://qz.com/india/878674/two-indian-engineers-have-dramatically-reduced-the-cost-of-capturing-carbon-dioxide-emissions/> (date of access: 06.05.2019).
4. Горожанин В.М. Альтернативный источник минерального сырья для производства соды в Стерлитамаке // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2018. Т. 29. № 4. С. 87–97.
- Gorozhanin V.M. Alternative Source of Mineral Raw Materials for Sodium Production in Sterlitamak // Herald of the Academy of Sciences Republic of Bashkortostan. 2018. Vol. 29. № 4. P. 87–97 (in Russian).
5. Шатов А.А. Стратегия перспективных исследований технологии синтетической кальцинированной соды // Стратегия исследований в естественных и технических науках. Материалы межд. научн.-практ. конф. Белгород, 2018. С. 168–174.
- Shatov A.A. Strategy for Advanced Research of Synthetic Calcified Soda Technology // Strategy of Research in Natural and Technical Sciences. Materialy' mezhd. nauchn.-prakt. konf. Belgorod, 2018. P. 168-174 (in Russian).
6. Ткач Г.А., Шаповрев В.П., Титов В.М. Производство соды по малоотходной технологии. Харьков: ХГПУ, 1998. 429 с.
- Weaver G.A., Shaporev V.P., Titov V.M. Soda Production by low-waste technology. Kharkov: HGPU, 1998. 429 p. (in Russian).
7. Дьячкова Н.В. Получение кальцинированной соды из отхода производства этилендиамина: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1987. 16 с.
- Diachkova N.V. Getting calcified soda from ethylenediamine waste: autoref. dis. ... cand. tech. sciences. Moscow, 1987. 16 p. (in Russian).
8. Лианаге Н. Получение кальцинированной соды из сульфата натрия в присутствии гексаметиленмина: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1978. 16 с.
- Liyanage N. Getting calcified soda from sodium sulfate in the presence of hexamethylenine: autoref. dis. ... cand. tech. sciences. Moscow, 1978. 16 p. (in Russian).
9. Белкин А.В., Утопова М.В., Фальковский Н.Н., Кавырзин Ю.В., Закоптелов В.Е. Способ получения кальцинированной соды аммиачным методом // Патент РФ № 2381177. 2010.
10. Гоши Р.К., Моды М.Н. Способ производства кальцинированной соды и сульфата аммония путём синергической интеграции процессов // Патент США № 2454367. Патенто-обладатель Совет по научным и промышленным исследованиям Индии. 2013.
11. Шатов А.А., Сафаргалеева П.М. К вопросу прогнозирования новых источников сырья для производства соды // Научное обозрение. Экономические науки. 2019. № 1. С. 51–55.
- Shatov A.A., Safargaleeva P.M. To the question of predicting new sources of raw materials for soda production // Nauchnoe obozrenie. E'konomicheskie nauki. 2019. № 1. P. 51–55 (in Russian).

УДК 911.37(571)

РАССЕЛЕНИЕ СТАРОВЕРОВ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА В XIX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

Шведов В.Г., Чурзина А.А., Ушаков Е.А., Шведова В.В.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: geogr@tigdvo.ru

Юг Дальнего Востока является территорией относительно недавнего освоения. На начальном этапе этот процесс сильно зависел от специфических природных условий региона. В результате на юге Дальнего Востока к началу XX в. сложился устойчивый основной ареал расселения. Он располагался в долинах рек Амур, Усури и на крупных равнинах – Амуро-Зейской и Приханкайской. Остальная, покрытая горами и лесами территория была заселена слабо. Она стала местом проживания большей части прибывших на Дальний Восток староверов. Их желание обособиться от остального населения объяснялось менталитетом неравноправного религиозного меньшинства. И хотя в конце XIX в. дискриминация староверов фактически прекратилась, традиция обособления от «еретиков» в их сообществах была ещё достаточно сильна. Часть из них поселилась на новых местах в городах и освоенной сельской местности, но большинство предпочло жизнь в небольших сёлах в глубине тайги. Здесь они умело сочетали ведение сельского хозяйства с лесными промыслами. Эти поселения образовали пояс, который оконтуривал основной региональный ареал расселения почти по всему его периметру. Данные структуры размещения населения были достаточно чётко обособлены друг от друга. Но полной изоляции между ними не существовало, потому что староверы поддерживали религиозные и бытовые контакты со своими единоверцами в городах, а также вели торговый обмен с «еретиками». В годы Гражданской войны в России приверженцы «старой веры» не приняли идеологии большевизма и подверглись репрессиям. Последние очаги их вооружённого сопротивления были подавлены только к 1938 г., а пояс их поселений – уничтожен. Возвращение староверов на юг Дальнего Востока началось лишь в начале XXI в. из других регионов России и по Программе переселения соотечественников из-за рубежа.

Ключевые слова: Дальний Восток, освоение, природные условия, основной ареал расселения, староверы, относительная изоляция, репрессии, Программа переселения

DISSOLUTION OF OLD BELIEVERS IN THE SOUTH OF THE FAR EAST IN THE XIX – THE BEGINNING OF THE XXI CENTURIES

Shvedov V.G., Churzina A.A., Ushakov E.A., Shvedova V.V.

*Pacific Geographical Institute Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok,
e-mail: geogr@tigdvo.ru*

The south of the Far East is a territory of relatively recent development. At the initial stage, this process was highly dependent on the specific environmental conditions of the region. A stable main area of settlement developed in the south of the Far East by the beginning of the twentieth century as a result. It was located in the valleys of the Amur and Ussuri rivers and on large plains – Amuro-Zeiskaya and Prikhankaiskaya. The rest territory of the mountains and forests had little population. It became a place for the life to the most of the Old Believers who arrived in the Far East. The mentality of their discriminated religious minority was an explanation of the desire to isolate themselves from the rest of the population. And although the discrimination of the Old Believers virtually ceased at the end of the 19th century, the tradition of separation from the «heretics» was still quite strong for them. Some part of them settled in new places in cities and developed rural areas, but most chose to live in small villages in the depths of the taiga. They skillfully combined agriculture with forestry here. These settlements formed a belt that delineated the main regional area of settlement almost along its entire perimeter. These population distribution structures were clearly separated from each other. But there was no complete isolation between them because the Old Believers maintained religious and household contacts with their co-religionists in the cities, and also conducted trade exchanges with «heretics». The adherents of the «old faith» did not accept the ideology of Bolshevism and were subjected to repression during of the Civil War in Russia. The last pockets of their armed resistance were suppressed only by 1938, and the belt of their settlements was destroyed. The return of the Old Believers to the south of the Far East began only at the beginning of the XXI century from other regions of Russia and according to the Program of resettlement of compatriots from abroad.

Keywords: the Far East, mastering, natural conditions, main area of settlement, Old Believers, relative isolation, repressions, Resettlement program

Юг Дальнего Востока России представляет собой ясно очерченную природными и политико-административными рубежами территорию. На севере он отделён от остальной части страны Становым хребтом, на западе – Становым нагорьем; с востока омывается Охотским, Японским морями и Татарским проливом, с юга граничит с Китаем и КНДР. В настоящее время его образу-

ют Приморский край, юг Хабаровского края, Амурская область и Еврейская автономная область. Накануне перехода этого региона под российский суверенитет численность проживавшего здесь маньчжурского, китайского и коренного населения оценочно не превышала 50 тыс. чел. По сути, лишь российское население, начав активное освоение этих земель, сформировало их современный

облик. Заметную роль в этом процессе сыграли переселенцы-староверы.

Цель исследования: рассмотреть особенности расселения староверов на юге Дальнего Востока, дать анализ его динамики с конца XIX до начала XXI веков.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили фактические данные о расселении староверов на юге Дальнего Востока с конца XIX до начала XXI вв., избранные статистические данные и официальные документы, в том числе – изданные в XIX в. Применённые методы: хронологический, реконструктивный, выборочно-статистический, территориального анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

После заключения Айгуньского и Пекинского договоров (1858 и 1860 гг.), развернулась кампания по заселению юга Дальнего Востока россиянами. За время её осуществления до 1917 г. примерно треть мигрантов въехала в регион со стороны Забайкалья, более 60% – по морской трассе Одесса – Владивосток, около 10% – через порт Николаевска-на-Амуре. Эти переселенческие потоки, продвигаясь навстречу друг другу вдоль русел Амура и Усури, соединились в районе военного поста Хабаровка (с 1893 г. – город Хабаровск). Так на юге Дальнего Востока сложился основной населенческий ареал ленточной формы, напоминавший в общем плане латинскую букву «У» [1]. Ширина его сторон, на большей части их протяжённости, не превышала 100 км. Исключения составляли крупные площадные расширения на Амуро-Зейской и Приханкайской равнинах (соответственно – до 300 и 200 км в их поперечном сечении). Такая конфигурация, изначально была задана совокупностью определённых условий, из которых главными были следующие:

- рельеф местности, способствовавший расселению на равнинах юга Дальнего Востока и по долинам его крупнейших рек – Амура, Зеи и Усури;

- наличие на этих территориях основного массива плодородных земель региона;

- тяготение переселенцев к судоходным рекам как единственным в то время надёжным транспортным артериям в зоне освоения новых земель;

- богатый и предельно доступный для разработки рыбопромысловый потенциал рек региона и озера Ханка.

Хребет Сихотэ-Алинь и горы к северу от Амура освоение конца XIX – начала XX вв. затронуло слабо, так как основную часть мигрантов составили крестьяне и казаки: представители сословий, ориентированных в своей производящей деятельности на сельское хозяйство. А так как в указанное время они численно преобладали среди переселенцев, контур основного ареала расселения обрел относительную стабильность, совпадая с распространением наиболее пригодных для обработки угодий природных условий. Разумеется, со временем он претерпевал некоторые изменения. Одно из них было связано с прибытием на юг Дальнего Востока староверов

С середины XVII в. они образовывали особую социальную группу, гонимую и духовными, и светскими властями. Их притеснения изначально имели самые жёсткие формы – вплоть до казней при царе Алексее Михайловиче, которые со времени Петра I сменились официальным запретом на публичное отправление обрядов, посещение некоторых общественных мест, правовым неравенством и двойным налогообложением.

Ситуация начала меняться с 1800 г., когда Святейший Синод допустил свободу богослужения по дореформенному чину. Затем, со значительной задержкой, последовала либерализация позиции государства: в 1883 г. был издан закон «О даровании раскольникам некоторых прав гражданских», а в 1905 г. – полное уравнивание в правах с остальными подданными Российской империи. Но к этому времени среди староверов сложился менталитет меньшинства, страдающего за «истинную» веру и живущего во враждебном «еретическом» окружении. Поэтому логично, что прокламация Александра III о защите их религиозных прав на Дальнем Востоке (1883 г.) представилась им «благой вестью», указавшей путь на «Землю обетованную», в легендарное «Беловодье». Впоследствии их переселение сюда приняло характер государственной программы: только за 1906–1910 гг. казна затратила на него 37,1 млн руб. В целом же, старообрядцы стали прибывать на юг Дальнего Востока ещё в 1860-е гг. Это были выходцы из южных, центральных, северных регионов европейской части России, с Урала, Сибири, Алтая, Забайкалья, а в XX в. и из-за рубежа (Австрии, Турции, Румынии, Китая, Японии).

В Приамурье старообрядцы селились в основном в сельской местности, преимущественно в долинах рек Зеи, Буреи,

Белой, Томи, хотя частично поселялись и в городах [2]. Первыми сюда прибыли из Забайкалья беглопоповцы («семейские старообрядцы»). За ними появились другие группы старообрядцев – поповцы из Поволжья и разные толки беспоповцев – из Забайкалья, Томской, Енисейской, Пермской губерний. В 1862 г. их было уже 138 душ, в 1866 г. – 280 душ обоого пола.

В 1865 г. в Зейско-Буреинском районе Амурской области насчитывалось уже 10 старообрядческих деревень, к концу 1890-х гг. их число возросло до 30, не считая отдельных заимок и мелких поселений, основанных далеко в таёжной глуши. К 1894 г. в крае насчитывалось 2588 староверов, из них приемлющих священство австрийского толка 506 человек, «семейских» – 200 чел., беспоповцев – 1882 чел. [3]. В 1908–1910 гг. в Амурскую область прибыла партия староверов Белокрыницкой иерархии, переселившихся из Румынии (470 семей), Австрии (123 семьи) и Болгарии (5 семей) – всего 2750 душ обоого пола.

На Нижнем Амуре старообрядцы из Пермской губернии поселились в 1860 г. Близ Хабаровки они основали село Сарапальское. В 1890-е гг. неподалёку от него возникли и другие старообрядческие селения, образованные уроженцами Саратовской губернии.

С 1905 г. активизировался процесс прибытия в Приамурье староверов из-за рубежа. За семь последующих лет сюда перебрались около 3 тыс. чел., в основном, липован – русских старообрядцев из Румынии [4]. В Амурской области они расселились в 250 верстах к северу от г. Благовещенска, основав сёла Климоутцы, Семёновка, Слава.

По сведениям всероссийской переписи 1897 г. в Амурской области числилось 14308 староверов и «уклоняющихся от православия» [5]. К 1911 г. в Амурской области имелось 20 зарегистрированных староверческих сёл, из которых наиболее крупными были Климоутцы, Нылга, Покровка, Семёновка, Марковка, Бардагон.

В Южно-Уссурийский край первые старообрядцы, прибыв в 1865 г. из Самарской губернии и поселившись около озера Ханка, основали село Ильинка. В конце 1860-х – 1870-х гг. их ряды пополнили «семейские» старообрядцы из Забайкальской области. По данным переписи 1897 г., в Приморской области числилось 1712 чел. старообрядцев (1,25% от всего русскоподданного населения), не считая жителей

отдалённых таёжных поселений и города Владивостока. К концу XIX в. в Приморской области насчитывалось около 32 поселений староверов.

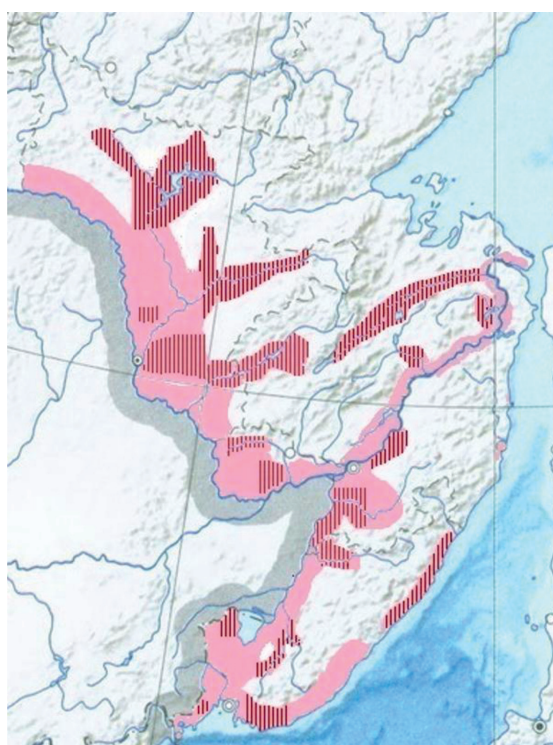
Перепись 1915 г. определила численность староверов по Приамурью в 10 тыс. душ и по Приморью – в 5 тыс. То есть в сравнении с концом XIX в. их численность фактически не увеличилась. Однако эта официальная оценка доверия не вызывает, поскольку внешний приток старообрядцев на юг Дальнего Востока во все предыдущие годы продолжался, а их семьи, как правило, были многодетны. При этом массового отъезда старообрядцев из региона не наблюдалось.

Данный парадокс имеет простое объяснение. Староверы, в соответствии со своими убеждениями, традиционно уклонялись от всякого рода «еретических», в том числе – учётного характера, мероприятий. Поэтому официальные статистические данные отражают положение дел с их численностью далеко не полностью. По признанию местной администрации, ни светские, ни официальные церковные власти не имели четкого представления о количестве старообрядцев в регионе. Следовательно, их общее число оставалось неизвестным, существенно превышая документально приведённые цифры [6].

В этой связи следует отметить, что традиции староверов предписывали ограничения контактов с последователями послереформенной («никонианской», «еретической») церкви. Степень этих ограничений у разных направлений старообрядчества была различной. И если одни из них допускали в этом отношении относительную свободу, то другие отличались предельной строгостью [7]. По этой причине какая-то часть староверов, прибыв на Дальний Восток, сразу старалась обособиться территориально; у других такая потребность возникала, лишь когда в местах их первичного поселения численность «еретиков» достигала какого-то, критического для них значения. В результате староверы покидали обжитые места, уходя на новые земли, где на максимальном удалении, а то – и вовсе изолированно от иноверцев, должны были проживать лишь последователи «правильного» вероучения.

Происходившее внесло определённую коррективу в общую картину системы расселения на юге Дальнего Востока в конце XIX – начале XX вв. Немало неучтённых общин староверов углублялось в неосвоенную местность за пределами основного

ареала размещения населения. Территориальный абрис их движения имел вид лучей, которые опирались основаниями на места прибытия старообрядцев в регион – Приамурскую и Приханкайскую равнины, а острия были нацелены вглубь горнолесных массивов к северу и востоку от них. В основном эти лучи были направлены от низовий к верховьям таёжных рек: Селемджи, Буреи, Хингана, Биджана, Урми, Мухена, Анюя, Горюна, Пильды, Бичи в Приамурье, и Бикина, Имана (современная Большая Уссурка), Даубихэ (современная Арсеньевка), Улахэ (один из истоков Уссури) – в Приморье. Кроме того, старообрядцы продвигались в урочища Синегорья, как тогда именовалась система сильно расчленённых отрогов южных хребтов Сихотэ-Алиня, и на север по почти безлюдному побережью Татарского пролива, где к 1908 г. достигли бассейна р. Самарга. Здесь ими был основан ряд населённых пунктов, наиболее значительными из которых являлись Алтайское, Куналей, Самаровка, Соболевка, Некрасовка.



- основной ареал расселения в регионе
- основные территории расселения староверов

*Расселение староверов на юге Дальнего Востока в начале XX в.
Примечание: сост. авторами*

Эти лучи не всегда оказывались устойчивыми. Не все общины оказались в состоянии справиться с условиями девственной природы, и потому возвращались «к миру»; известны случаи их гибели в таёжных дебрях. Но большинство закрепилось на неосвоенных землях, создав там небольшие сёла и заимки, где жизнь подчинялась строгим религиозным нормам.

Тем не менее связь этих поселений с основным населенческим ареалом региона не прерывалась. Жители отдалённых старообрядческих сёл не могли обойтись без торговых отношений с «еретиками», выменивая у них на плоды своего труда инвентарь, орудия труда, охотничье снаряжение и боеприпасы, ткани, соль и т.д. Вдобавок их поселения нередко были разделены большими расстояниями по труднодоступной местности, что препятствовало прямому общению. Поэтому обмен визитами из одного удалённого села в другое часто осуществлялся по схеме: тайга – земли «еретиков» – тайга. Кроме того, в пределах основного ареала расселения проживали староверы более веротерпимых обрядов, разнообразные контакты с которыми таёжные жители поддерживали постоянно.

Таким образом, вокруг упомянутого ареала на юге Дальнего Востока сложилось окружение из «пояса» староверческих сёл. Несмотря на свою внутреннюю разреженность, он представлял собой органическую, хотя и несколько замкнутую, часть общей картины заселения региона. В зависимости от условий конкретной местности, это образование могло достигать ширины от нескольких десятков до нескольких сотен километров.

Данный пояс оконтуривал основной ареал расселения в регионе на всём его протяжении, плюс ответвление, протянувшееся от Синегорья вдоль Татарского пролива до устья Самарги. С позиции структурной организации пространства, он являлся переходной зоной между двумя типами природопользования. Один из них был привнесён на юг Дальнего Востока россиянами – оседлое сельскохозяйственное освоение угодий с закладкой урбанистических центров; другой представлял смещённое в труднодоступную местность кочевое и полукочевое присваивающее хозяйство аборигенов. В «староверческом поясе» эти типы сочетались. Его жители вели оседлый образ жизни, занимались растение- и животноводством. Но их небольшие, разреженно размещённые поселения позволяли сохранять окрест об-

ширные угодья лесных промыслов (охота, рыбная ловля, собирательство, бортничество), которые имели важное хозяйственное значение. При этом староверы отличались рациональным подходом к эксплуатации диких биоресурсов, что способствовало их восстановлению.

Дальнейшая эволюция «староверческого пояса» юга Дальнего Востока представляется двухвариантной. По общей логике территориального развития, и в соответствии с имевшим место процессом интенсивного освоения региона, это образование могло слиться с основным ареалом расселения, способствуя его пространственному расширению. Но при этом следует учитывать несколько обстоятельств:

– в рассматриваемое время резервы для освоения основного ареала расселения в регионе были далеки от исчерпания. Поэтому он оставался главным «полем» деятельности нестароверческого населения, включая продолжавших прибывать переселенцев;

– развёртывание масштабного хозяйствования в староверческом «поясе» жёстко лимитировалось его труднодоступностью и суровостью природных условий. Преодоление таковых предполагало наличие особых ментальных стимулов и установок, которые на рубеже XIX–XX вв. объективно не могли быть достоянием широких слоёв населения;

– изначально целью обосновавшихся в тайге старообрядцев было обособление от «еретиков». Поэтому они заведомо, так или иначе, противились бы их массовому проникновению в места своего проживания.

Таким образом, сохранение староверческого пояса в том виде, в котором он сложился к началу XX в., впоследствии представляется не гарантированным, но весьма вероятным. Однако оба сценария его дальнейшего существования оказались не реализованы в связи с началом Гражданской войны 1918–1922 гг.

С первых её дней между Советской властью и старообрядцами обнаружились глубочайшие противоречия. С одной стороны, идеология большевизма была воспринята староверами как абсолютно неприемлемое для них безбожное учение Антихриста; с другой – они в основном представляли собой зажиточное крестьянство, которое рассматривалось революционными силами не иначе как классовый враг.

Староверы активно участвовали в Белом движении на юге дальнего Востока. После его разгрома ряд их таёжных сёл стал

опорными базами «белых» партизан. Это стало причиной серии карательных рейдов частей особого назначения 1923–1926 гг. Пиком послевоенного противостояния стало староверческое восстание в с. Улунга (верховья реки Бикин). Начавшись в мае 1932 г., оно продолжалось четыре месяца [8]. После его подавления начались массовые репрессии, которые, сопровождаемая локальными боестолкновениями, продолжались до 1938 г. По их окончании староверческое население было большей частью либо физически уничтожено, либо выслано за пределы юга Дальнего Востока. Некоторым староверческим семьям Приморья, удалось уйти в Маньчжурию, где близ Харбина они основали селения Романовку, Коломбо, Чилигу (Масаловку), Медяны.

В результате, к концу 1930-х гг. созданный старообрядцами «пояс» таёжного освоения быстро пришёл в запустение и фактически перестал существовать. Их отдельные сохранившиеся поселения приобрели ещё более рассеянный характер дислокации, и уже не играли сколь-нибудь заметной роли в региональной системе расселения.

Позитивные признаки изменения сложившейся ситуации впервые обозначились лишь в 1960-е гг., и продолжают развиваться и поныне. Так, на севере Хабаровского края, на реке Амгуни, на трассе будущего БАМа, один из «харбинских» староверов основал заимку Амгунь, выросшую затем в село Тавлинка. Постепенно туда стали стекаться старообрядцы из числа бывших маньчжурских жителей и из Приморья. В короткие сроки им удалось установить контакты не только с ещё уцелевшими к тому времени общинами на Дальнем Востоке (посёлки Хабаровского края и Еврейской автономной области), но и с единоверцами из Красноярского края, США, Канады, Австралии.

В настоящее время существует несколько компактных групп проживания старообрядцев на юге Дальнего Востока, общей численностью 413 человек [9]. Большинство из них прибыло сюда из других регионов России; есть и те, кто вернулся на землю предков из Бразилии, Уругвая, Боливии, Аргентины, Румынии.

Первые семьи приехали в Приморский край в 2009 г. и поселились в таёжных сёлах Дерсу и Дальний Кут Красноармейского района. По состоянию на 31 октября 2018 г., в Приморье существует 3 локации размещения старообрядцев. В старовер-

ской общине села Дерсу проживает 9 семей (71 человек) переселенцев из стран Южной Америки и 4 семьи (18 человек) российских единоверцев. На хуторе Безымянный Красноармейского района (другое название – Русский Флаг) проживает 3 семьи (8 человек). В общине села Любитовка Дальнереченского района проживает 8 семей (33 человека). Всего в Приморском крае на сегодняшний день учтено 24 семьи староверов – 118 человек. Староверы занимаются растениеводством и животноводством, основали 12 крестьянско-фермерских хозяйств. Кроме того, они живут в с. Новоалександровка и п. Лесопильный Бикинского района, в дер. Бичевая и п. Мухен района имени Лазо, в п. Дуки и с. Гусевка Солнечного района, в п. Эльбан Амурского района (всего около 121 чел.).

В Приамурье в 2016 г. возродилось поселение староверов Бардагон (Свободнен-

ский район Амурской области), состоящее из 24 человек. Они организовали два крестьянско-фермерских хозяйства, договорились о поставках продуктов на космодром «Восточный».

В настоящее время только в селе Тавлинка Хабаровского края проживают староверы, имеющие свою начальную школу, где учительница тоже из староверов. В посёлке Берёзовый компактно обустроилась довольно большая община, которая, несмотря на совместное проживание с «никонианами», старается сохранить самобытность.

В 1952 г. в ЕАО на реке Биджан возник посёлок Новый, более известный под названием Кабала. Оно происходит от нанайских слов: «Каб» – одно из мужских имен нанайцев и «ал» – горбоносый. Его жители заняты животноводством, земледелием, пчеловодством. В настоящее время в нём учтено около 150 человек (таблица).

Ареалы расселения староверов на юге Дальнего Востока
(в сравнении: конец XIX в. – 2019 г.)

Края, области (губернии)	Районы заселения (поселения) староверов	
	конец XIX в. – 1932 гг.	2019 г.
Приморский край (в прошлом – Южно-Уссурийская область)	<p>Исчезнувшие поселения:</p> <p>1) Тернейский район: п. Адими, п. Назаровка, хутор Пугдо, хутор Малиновка, хутор Вознесенка, п. Каменка, с. Котеловка, п. Антоновка, п. Самаровка, п. Ахобе, хутор Лужки, п. Кюма, п. Нахтахэ, п. Сквородка, п. Пея, п. Верхняя Пея, п. Канц, п. Бакланий, п. Фунты, п. Бобково, п. Сваин, п. Мысовка, п. Кузнецова, п. Андреевка, п. Тахобе (с. Соболевка), хутор Гостюхина, хутор Зайкова, п. Ханкидон, п. Адо, хутор Горбунова, п. Улунга (Кхуцинский), хутор Некрасовка, п. Междуречье, п. Широкая падь, п. Сайон, с. Андреевка, с. Белембе, с. Беломорка, с. Благодатное, с. Большева, с. Верхний Лужок, с. Верхотуровка, с. Ветроудуй, с. Ильмо Нижнее (Виноградовка), с. Воскресенка, с. Георгиевка, с. Жёлтое; с. Золотая Поляна, с. Иерусалимовка, с. Каменка, с. Карыма, с. Кема;</p> <p>2) Пожарский район: хутор Байсилова, хутор Шарыпова, хутор Биамо, хутор Гребенщикова, хутор Бакулева, п. Лаухэ, хутор Хомякова, хутор Старкова, хутор Новожилова, с. Барановка, хутор Плотникова, с. Бачелаза, хутор Бодунова;</p> <p>3) Хасанский район: с. Алмазовка, с. Богословка;</p> <p>4) Лазовский район: с. Алтайское, с. Батюково, хутор Ново-Сионский (с. Глазовка), с. Заповедное;</p> <p>5) Кировский район: с. Антоновка;</p> <p>6) Чугуевский район: с. Архиповка, с. Бреевка, с. Варпаховка, с. Извилинка, с. Калиновка;</p> <p>7) Ханкайский район: с. Астраханка;</p> <p>8) Яковлевский район: с. Загорное;</p> <p>По реке Бикин были хутора Постникова, Бодунова, Малахова, Пермькова. Их расположение в настоящее время не известно. Существующие поселения, где проживали староверы: Пожарский район – с. Охотничий (п. Улунга бикинская); Тернейский район – с. Амгу, с. Единка, с. Максимовка (Кхуцин), с. Соболевка (Тахобе), п. Унты, с. Перетычиха, с. Самарга, п. Светлая, с. Агзу, п. Золотой</p>	хутор Безымянный), с. Дерсу, (Красноармейский район); с. Любитовка (Дальнереченский район)

Окончание таблицы		
Края, области (губернии)	Районы заселения (поселения) староверов	
Хабаровский край	Окрестности с. Хабаровка, с. Сарапульское	
		с. Тавлинка, п. Берёзовый, с. Новоалександровка п. Лесопильный (Бикинский район), дер. Бичевая, п. Мухен (район имени Лазо), п. Дуки с. Гусевка (Солнечный район), п. Эльбан (Амурский район)
Амурская область	1) Архаринский район: с. Грибовка; 2) Белогорский район: с. Заливная, с. Ключи, с. Круглое, с. Лиственничная, с. Молчаново), с. Никольское, с. Новоандреевка, с. Павловка, с. Тарбагатай; 3) Буреинский район: с. Новобурейское, с. Малиновка; 4) Благовещенский район: с. Натальино, с. Новопетровка (Петровка); 5) Завитинский район: с. Бахирево, с. Белый Яр, с. Домикан (Демикан), с. Куликовка, с. Кулустай (Кулусутай), с. Платово, с. Путиловское (Кутиловское); 6) Ивановский район: с. Берёзовка, с. Николаевка, с. Петропавловское; 7) Мазановский район: с. Красноярово; с. Слава («Славский остров»); 8) Ромненский район: с. Возжаевка (Вознесенское), с. Верхне-Белое; 9) Свободненский район: с. Бардагон, с. Гуран, с. Желтоярово, с. Заган (Майориха), с. Загорная Селитьба, с. Москвитино; 10) Серьшевский район: с. Бирма (Бирминское, с. Бичура, с. Томское	
Еврейская автономная область	дер. Кабала (п. Новый)	дер. Кабала (п. Новый)

Примечание. [Сост. по: 10–12].

Заключение

Возвращение староверов в места прежнего проживания на юге Дальнего Востока осуществляется в рамках правительственной Программы по реэмиграции соотечественников из-за рубежа. Однако переселенцы этой категории, в силу юридической и правовой неграмотности, зачастую оказываются не в состоянии воспользоваться данными предпочтениями. В связи с этим, в Приморском крае и других регионах ДВФО, куда они прибывают, следует создать информационный консультативный центр. В его структуре должны работать специалисты по этическим и конфессиональным проблемам и традициям, юристы, социальные работники, специалисты сельского хозяйства и другие сотрудники, способные разъяснить староверам их права и обязанности, ознакомить их с этнокультурными особенностями современной жизни, адаптировать людей к новым условиям проживания. Но этот процесс требует отдельного тематического освещения.

Список литературы / References

1. Шведов В.Г., Стельмах Е.В., Голубь А.Б., Позднякова Т.М., Грищенко В.В. Христианские конфессиональные меньшинства на юге Дальнего Востока (1849–1917 гг.) // Культура и цивилизация. 2017. Т. VII. № 5А. С. 529–538.
2. Shvedov V.G., Stel'mah E.V., Golub' A.B., Pozdyakova T.M., Grishchenko V.V. Christian confessional minorities in the south of the Far East (1849 – 1917) // Culture and Civilization. 2017. Vol. VII. № 5A. P. 529–538 (in Russian).
3. Чурзина А.А. Особенности генезиса городского расселения юга Дальнего Востока России: современное состояние и перспективы // Геосистемы в Северо-Восточной Азии: территориальная организация и динамика: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Владивосток, 20–21 апреля 2017 г.). Владивосток: Изд-во ТИГ ДВО РАН, 2017. С. 375–384.
4. Churzina A.A. Features of the genesis of urban settlement of the south of the Far East of Russia: current state and prospects // Geosistemy v Severo-Vostochnoi Azii: territorial'naya organizatsiya i dinamika: materialy Vserossiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Vladivostok, 20–21 aprelya 2017 g.). Vladivostok: Izd-vo TIG DVO RAN, 2017. P. 375 – 384 (in Russian).
5. Грум-Гржимайло Г.Е. Описание Амурской области. СПб.: типография С.М. Николаева, 1894. 640 с.
6. Grum-Grzhimaylo G.E. Description of the Amur region. SPb.: tipografiya S.M. Nikolaeva, 1894. 640 p. (in Russian).
7. Архипова Н.Г. Амурские старообрядцы в аспекте языка и культуры / Языковой портрет Приамурья. Под ред. Л.М. Шипановской. Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2011. С. 65–78.

Arkhipova N.G. The Amur Old Believers in the aspect of language and culture / Language portrait of Priamur'e. Edited by L.M. Shipanovskaya. Blagoveshchensk: Izd-vo AmGU, 2011. P. 65–78 (in Russian).

5. Первая Всеобщая перепись населения Российской империи 1897 г. / Под ред. Н.А. Тройницкого. СПб.: Изд-во Центрального статистического комитета Министерства внутренних дел, 1905. Т. 72. Кн. 01. 53 с.

The First General Census of the Russian Empire in 1897 / Edited by N.A. Troinitsky. SPb.: Izd-vo Tsentral'nogo statisticheskogo komiteta Ministerstva vnutrennikh del, 1905. Vol. 72. Part. 01. 53 p. (in Russian).

6. Буянов Е.В. Духовные христианские молокане Амурской области во второй половине XIX – первой трети XX веков. Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2012. 396 с.

Buyanov E.V. Spiritual Christian Molokans of the Amur Region in the second half of the XIX – first third of the XX centuries. Blagoveshchensk: Izd-vo AmGU, 2012. 396 p. (in Russian).

7. Давыденкова А.Г., Козлова Т.И., Баев В.Г. Старообрядчество в России. Философские и социально-правовые аспекты. СПб.: Изд-во Института правоведения и предпринимательства, 2015. 252 с.

Davydenkova A.G., Kozlova T.I., Baev V.G. Old Believers in Russia. Philosophical and socio-legal aspects. SPb.: Izd-vo Instituta pravovedeniya i predprinimatel'stva, 2015. 252 p. (in Russian).

8. Аргудяева Ю.В. Улунгинское (Кхутинское) восстание старообрядцев Приморья в 1932 году // Религиоведение. 2017. № 4. С. 31–41. DOI: 10.22250/2072-8662.2017.4.31-41.

Argudyayeva Yu.V. Ulungin (Khutsin) Old Believers Uprising in Primor'e 1932 // Religiovedenie. 2017. № 4. P. 31–41 (in Russian).

9. Ушаков Е.А., Чурзина А.А. Изменение численности населения в населенных пунктах Приморского края // Современные проблемы регионального развития: материалы всероссийской научно-практической конференции (г. Биробиджан, 4–6 октября 2016 г.). Биробиджан: Изд-во ИКАРП ДВО РАН, 2016. С. 497–500.

Ushakov E.A., Churzina A.A. Population change in populated areas of Primorsky Krai // Sovremennye problem regionl'nogo razvitiya: materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Birobidzhan, 4–6 oktyabrya 2016 g.). Birobidzhan: Izd-vo IKARP DVO RAN, 2016. P. 497–500.

10. Положение староверов-переселенцев в Приморском крае. [Электронный ресурс]. URL: <https://protopor-avvakum.ru/polozhenie-staroverov-pereselencev-v-primorskom-krae-problemy-i-perspektivy/> (дата обращения: 19.06.2019).

The condition of the Old Believers in the Primorsky Territory. [Electronic resource]. URL: <https://protopor-avvakum.ru/polozhenie-staroverov-pereselencev-v-primorskom-krae-problemy-i-perspektivy/> (date of access: 19.06.2019) (in Russian).

11. Сёла Амурской области, основанные старообрядцами. Географическо-статистический словарь Амурской и Приморской областей / Сост. А. Кириллов. Благовещенск: типография т-ва Д.О. Мокин и К°, 1894. 543 с.

Villages of the Amurs region, founded by Old Believers. Geographical and statistical dictionary of Amur and Primor'e regions / Edited by A. Kirillov. Blagoveshchensk: tipografiya t-va D.O. Mokin I K°, 1894. 543 p. (in Russian).

12. Судак А.С. Населённые пункты Приморского края [Электронный ресурс]. URL: <http://relocation.pgpb.ru/rodoved/naspk.html> (дата обращения: 19.06.2019).

Sudak A.S. The Settlements of Primorsky Krai. [Electronic resource]. URL: <http://relocation.pgpb.ru/rodoved/naspk.html> (date of access: 19.06.2019) (in Russian).