

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,791

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,380

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 электронному каталогу «Почта России» – П7816

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.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.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.т.н., профессор Галкин А.Ф. (Ухта); 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. Егорова 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 бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,791.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,380.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО ИД «Академия Естествознания»

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

Адрес редакции и издателя: 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 – 29.07.2022

Дата выхода номера – 31.08.2022

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка

Доронкина Е.Н.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 11,5

Тираж – 1000 экз.

Заказ. УСЕ/7-2022

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (4.1.1, 4.1.2 (06.01.05), 4.1.6 (06.03.01, 06.03.02, 06.03.03))

СТАТЬИ

АДАПТИВНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИН ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ (<i>TILIA CORDATA</i> MILL.) <i>Зыков И.Е., Баранов С.Г., Липпонен И.Н., Полоскова Е.Ю., Кузнецова Д.Д.</i>	7
ГИБРИДИЗАЦИЯ ВЯЗОВ <i>ULMUS</i> L. В СУХОЙ СТЕПИ ЮГО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ <i>Иозус А.П., Завьялов А.А., Крючков С.Н.</i>	14
ДЕГРАДАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Комарова И.А., Иванцова Е.А.</i>	20
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ВЫЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ДЕНДРОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕРЕВЬЕВ НА ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ВДОЛЬ РЕКИ ЛОСОСИНКИ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА <i>Ольхин Ю.В., Морозова И.В.</i>	25
СОСТОЯНИЕ БЕРЕЗЫ ПЛОСКОЛИСТНОЙ В УРБОФИТОЦЕНОЗАХ БАССЕЙНА СРЕДНЕГО АМУРА (НА ПРИМЕРЕ Г. ХАБАРОВСКА) <i>Сомов Е.В., Кшевина М.В.</i>	33

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18 (25.00.30), 1.6.21)

СТАТЬИ

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИИ «СКВЕР ИНТЕРНАЦИОНАЛИСТОВ» В ГОРОДЕ НИЖНИЙ НОВГОРОД <i>Бахтюрин Л.А., Костенко Ю.Е., Козлова Е.С., Кротова Е.А., Ронжин С.С.</i>	40
К ВОПРОСУ ОЦЕНОЧНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ, КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД <i>Емельянова В.П., Оленникова Н.Н.</i>	46
О ПРОБЛЕМАХ ДЕГРАДАЦИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НАХИЧЕВАНСКОЙ АВТНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ <i>Искендерова У.Н. гызы</i>	55
К ВОПРОСУ О КРИТЕРИИ ДАЛЬНЕГО ПЕРЕНОСА <i>Котова Е.И., Коробов В.Б.</i>	62

Геолого-минералогические науки (1.6.1 (25.00.01, 25.00.03), 1.6.3, 1.6.4 (25.00.05), 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.11 (25.00.12), 1.6.12, 1.6.17, 1.6.20 (25.00.35), 1.6.21)

СТАТЬЯ

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ ПО СОСТАВУ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД <i>Малиновский А.И.</i>	67
--	----

СТАТЬИ

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ БИОПОЛИМЕРНОЙ ПРЯМОЙ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО ВСКРЫТИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ <i>Чудинова И.В., Валулин Р.Ф.</i>	74
ОБОСНОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАЗРАБОТКИ СЕРГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ <i>Шакурова Ал.Ф., Шакурова Айг.Ф.</i>	80
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МАЛОМОЩНЫХ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ <i>Якубовский М.М., Павличенко М.В., Гетманова А.Р.</i>	86

CONTENTS

Agricultural sciences (4.1.1, 4.1.2 (06.01.05), 4.1.6 (06.03.01, 06.03.02, 06.03.03)

ARTICLES

ADAPTIVE VARIABILITY OF LEAF PLATES OF SMALL-LEAVED LINDEN (<i>TILIA CORDATA</i> MILL.) <i>Zykov I.E., Baranov S.G., Lipponen I.N., Poloskova E.Yu., Kuznetsova D.D.</i>	7
HYBRIDIZATION OF ELMS <i>ULMUS</i> L. IN THE DRY STEPPE OF THE SOUTH-EAST OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA <i>Iozus A.P., Zavyalov A.A., Kryuchkov S.N.</i>	14
DEGRADATION OF LANDSCAPES OF THE SARPA LOWLAND <i>Komarova I.A., Ivantsova E.A.</i>	20
EVALUATION OF GREENERY CONDITION AND INDICATION OF INTERRELATION BETWEEN DENDROMETRIC CHARACTERISTICS OF TREES ON LANDSCAPE RECREATIONAL TERRITORIES ALONG THE RIVER LOSOSINKA OF THE CITY OF PETROZAVODSK <i>Olkhin Yu.V., Morozova I.V.</i>	25
THE STATE OF FLAT-LEAVED BIRCH IN THE URBAN PHYTOCENOSES OF THE MIDDLE AMUR BASIN (ON THE EXAMPLE OF KHABAROVSK) <i>Somov E.V., Kshevina M.V.</i>	33

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18 (25.00.30), 1.6.21)

ARTICLES

SOCIO-ECOLOGICAL ASSESSMENT AND PROSPECTS FOR IMPROVEMENT OF THE TERRITORY “SQUARE OF INTERNATIONALISTS” IN THE CITY OF NIZHNY NOVGOROD <i>Bakhturina L.A., Kostenko Yu.E., Kozlova E.S., Krotova E.A., Ronzhin S.S.</i>	40
TO THE QUESTION OF ESTIMATE MAPPING OF THE DEGREE OF POLLUTION, THE QUALITY OF SURFACE WATER <i>Emelyanova V.P., Olennikova N.N.</i>	46
ON PROBLEMS OF DEGRADATION OF IRRIGATED LAND IN NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC <i>Iskenderova U.N. gzy.</i>	55
TO THE QUESTION OF THE LONG-RANGE TRANSFER CRITERIA <i>Kotova E.I., Korobov V.B.</i>	62

Geological and mineralogical sciences (1.6.1 (25.00.01, 25.00.03), 1.6.3, 1.6.4 (25.00.05), 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.11 (25.00.12), 1.6.12, 1.6.17, 1.6.20 (25.00.35), 1.6.21)

ARTICLE

GEODYNAMIC NATURE OF THE LOWER CRETACEOUS DEPOSITS OF THE NORTHERN SIKHOTE-ALIN BY THE COMPOSITION OF TERRIGENOUS ROCKS <i>Malinovskiy A.I.</i>	67
--	----

Technical sciences (1.6.7, 1.6.9, 1.6.16, 2.8.1, 2.8.6, 2.8.7, 2.8.8 (25.00.22), 2.8.9)**ARTICLES**

DEVELOPMENT OF AN ENVIRONMENT-FRIENDLY BIOPOLYMER OIL-IN-WATER EMULSION FOR PRIMARY EXPOSING OF PRODUCTIVE LAYERS <i>Chudinova I.V., Valiulin R.F.</i>	74
JUSTIFICATION OF THE ALLOCATION OF OPERATIONAL FACILITIES WHEN DESIGNING THE DEVELOPMENT OF SERGINSKY DEPOSITS <i>Shakurova Al.F., Shakurova Aig.F.</i>	80
SUBSTANTIATION OF DEVELOPMENT TECHNOLOGY FOR LOW-POWER SAND-GRAVEL DEPOSITS <i>Yakubovskiy M.M., Pavlichenko M.V., Getmanova A.R.</i>	86

СТАТЬИ

УДК 63:674.031.795.2

**АДАПТИВНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИН
ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ (*TILIA CORDATA* MILL.)**

¹Зыков И.Е., ²Баранов С.Г., ³Липпонен И.Н., ³Полоскова Е.Ю., ¹Кузнецова Д.Д.

¹ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет»,
Орехово-Зуево, e-mail: zikov-oz@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Владимир, e-mail: bar.serg58@gmail.com;

³Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина,
Апатиты, e-mail: lipponen-in@yandex.ru

Изучены адаптивные особенности асимметрии и формы листовых пластин липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на Кольском полуострове (Мурманская область) и в средней полосе европейской части России (Московская и Владимирская области). Использованы методы измерения линейных (мерных) признаков и геометрической морфометрии. Размер листовых пластин в северных районах (Мурманская область) оказался значительно меньше ($p < 0,0001$), чем в подмосковной и владимирской популяциях. Листовые пластины в г. Апатиты обладают большей площадью и меньшей флуктуирующей асимметрией, по сравнению с таковыми на территории Полярно-альпийского ботанического сада-института. Различие в направленной асимметрии проявилось только на уровне листовых пластин, а различие во флуктуирующей асимметрии – на популяционном уровне. В популяциях средней полосы России флуктуирующая асимметрия выражена сильнее ($p < 0,0001$). В отличие от предыдущего года, между пластической и флуктуационной изменчивостью в 2021 г. не выявлена корреляционная зависимость. Повторные сборы не отличаются по морфометрическим показателям. Изменчивость листовых пластин в северной популяции зависит от климатических особенностей года. Наблюдения в течение двух лет показали, что высокая географическая широта не влияет на снижение стабильности развития, но обуславливает более выраженную изменчивость пластических признаков листовых пластин.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, листовая пластина, липа мелколистная, геометрическая морфометрия

**ADAPTIVE VARIABILITY OF LEAF PLATES
OF SMALL-LEAVED LINDEN (*TILIA CORDATA* MILL.)**

¹Zykov I.E., ²Baranov S.G., ³Lipponen I.N., ³Poloskova E.Yu., ¹Kuznetsova D.D.

¹State University of Humanities and Technology, Orekhovo-Zuevo, e-mail: zikov-oz@yandex.ru;

²Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: bar.serg58@gmail.com;

³Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named after N.A. Avrorin, Apatity, e-mail: lipponen-in@yandex.ru

Adaptive features of asymmetry and shape of leaf plates of small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) on the Kola Peninsula (Murmansk region) and in the middle zone of the European part of Russia (Moscow and Vladimir regions) studied. Methods of measuring linear (dimensional) features and geometric morphometry used. The size of leaf plates in the northern regions (Murmansk region) turned out to be significantly smaller ($p < 0.0001$) than in the Moscow and Vladimir populations. Leaf plates in Apatity have a larger area and less fluctuating asymmetry, compared with those on the territory of the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute. The difference in directional asymmetry manifested itself only at the level of leaf plates, and the difference in fluctuating asymmetry – at the population level. Fluctuating asymmetry is more pronounced in the populations of central Russia ($p < 0.0001$). In contrast to the previous year, there was no correlation between plastic and fluctuation variability in 2021. Repeated fees do not differ in morphometric indicators. The variability of leaf plates in the northern population depends on the climatic features of the year. Observations over two years have shown that a high geographical latitude does not affect the decrease in the stability of development, but causes a more pronounced variability in the plastic characteristics of leaf plates.

Keywords: fluctuating asymmetry, leaf plate, small-leaved linden, geometric morphometry

Потепление климата вызывает продвижение на северо-запад границы распространения многих древесных видов, обуславливает их адаптационные возможности. Липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) входит в состав смешанных лесов Евразии, поэтому важно представлять адаптационные особенности этого вида к умеренно холодному климату центра Кольского полуострова. Вопрос

о воздействии на широколиственные растения повышенной эмиссии углекислого газа и метана в северном полушарии пока мало изучен и ожидает внимания научного сообщества [1, 2], а генетические свойства видов играют роль в процессе адаптации к изменяющимся климатическим условиям [3].

Влияние климата на форму и асимметрию листовых пластин рассматривалось

в различных аспектах [4–8], включая зависимость от ареала древесных видов [9–12]. Установлено, что в северных широтах степень асимметричности увеличивается, а размеры листовых пластин уменьшаются [13–16], например у видов рода *Betula* отмечена реакция на изменение климатических и других условий в районах высокогорья и на равнине [12].

Как показали предыдущие исследования, популяция липы на Кольском полуострове обладает значительно меньшими линейными размерами листовых пластин и примесью направленной асимметрии (НА) в отличие от подмосковной популяции с высокой флуктуирующей асимметрией (ФА), лишенной НА. Различия в общей асимметричности не выявлены. Форма листовых пластин является контрастирующим параметром и в средней части ареала более разнообразна [17].

Индексы флуктуирующей асимметрии широко используются для определения стабильности популяционного развития растений, включая представителей рода *Tilia* [18–20]. С использованием линейных признаков изучено влияние поллютантов атмосферы и почвы в урбанизированных районах на увеличение флуктуирующей асимметрии и снижение стабильности развития [21–23]. Однако результаты исследований подвергаются сомнению в связи с частым использованием только одного признака: ширины половины листа, остальные параметры обычно не принимаются во внимание. Ответная реакция у пластических признаков не совпадает по годам, а популяции трудно сравнимы в силу различных условий произрастания.

Пластическая изменчивость (ПИ) величины морфологических признаков часто, но не всегда связана с асимметричностью. В предыдущих исследованиях холодное лето 2017 г. вызвало снижение величины листовых пластин и увеличение флуктуирующей асимметрии, при этом пластическая изменчивость не коррелировала с размером признака [16, 19]. Таким образом, липу мелколистную можно рассматривать как древесную форму факультативных сциофитов с высокой пластической изменчивостью, зависящей от средового воздействия.

В предлагаемой работе изучены морфологические свойства липы мелколистной в популяциях на Кольском полуострове (Мурманская область) и в средней полосе европейской части России (Московская и Владимирская области). Задачей являлось определение изменчивости в сравни-

тельном аспекте четырех географически удаленных популяций. Рабочая гипотеза предполагала статистически значимый эффект влияния климата на асимметричность и форму листовых пластин.

Характеристика мест сбора материала

В Мурманской области в 2021 г. сбор листьев липы мелколистной проведен в двух популяциях. Первая популяция находится на территории Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН. Это ООПТ с координатами 67°38' с.ш., 33°58' в.д. и высотой рельефа 155,5 м над уровнем моря. ПАБСИ располагается в 120 км к северу от Полярного круга вне городской черты г. Апатиты.

Вторая популяция располагается в г. Апатиты, имеет координаты 67°34'03" с.ш., 33°23'36" в.д. и высоту рельефа 178 м над уровнем моря. Обе популяции располагаются вне природного ареала распространения липы мелколистной. Описанные провинции характеризуются прохладным и коротким летом со средней температурой 11–14 °С, зимой с температурой -11–14 °С и годовым количеством осадков 450–560 мм.

В средней полосе России в те же сроки листья липы мелколистной собраны в г. Можайске Московской области с населением 105000 чел., координатами 55°30' с.ш., 36°02' в.д. и высотой рельефа 210 м над уровнем моря и в г. Владимире с населением 352000 чел., координатами 56°08'00" с.ш., 40°25'00" в.д. и высотой рельефа 150 м над уровнем моря (рис. 1).

В каждом локалитете сбор листовых пластин проведен два раза с перерывом в две недели, по пять листьев с каждого из десяти деревьев со всех сторон нижней части кроны. Всего исследовано 400 листовых пластин примерно одинакового размера. Широтная поясность Кольского полуострова обуславливает более поздние фенодаты появления листьев и зацветания липы мелколистной по сравнению с такими средней полосы России.

Материалы и методы исследования

1. Первоначальная обработка и измерение

Листовые пластины после сбора подсушивают на воздухе, помещают в бумажный пресс и сканируют (фотографируют). За экспериментальную единицу принимается как вся популяция, так и листовая пластина. В первом случае находится среднее значение после двукратного сбора, во втором – исходя из совокупности листьев выборки.



Рис. 1. Места сбора материала

Для измерения использованы 5 линейных признаков: 1 – ширина половины середины листа; 2 – расстояние между основаниями первой жилки первого порядка и второй жилки второго порядка; 3 – расстояние между основаниями второй и третьей жилок второго порядка; 4 – расстояние между основаниями первой и второй жилок первого порядка; 5 – угол между рахисом и первой билатеральной жилкой [19]. Величины линейных признаков (в см) неоднородны по гетерогенности дисперсии, что учитывается при описательной статистике.

В среде Excel проведена первоначальная обработка выборок (R–L), включая определение направленной асимметрии (t -test, $H_0: L = R$) и флуктуирующей асимметрии по формуле $FA = |R - L| / (R + L)$, где R и L – величины правого и левого признаков. Найдены коэффициенты корреляции между ФА различных признаков, а также между величиной $(R+L)/2$, т.е. величиной признака и величиной ФА для определения аллометрической зависимости «размер листа – ФА». Пластическая изменчивость, как вариация линейных признаков листа, определена по формуле: $PL = 1 - (x/X)$, где x и X – соответственно минимальное и максимальное значения признака. Обработка результатов проведена в среде STATISTICA 10 (StatSoft Ink).

2. Метод геометрической морфометрии

Оценка асимметрии по форме листовых пластин проведена с помощью эталона, усредненного консенсуса, т.е. формы, полученной после усреднения форм всех образцов листьев. Нормализации вели-

чин (прокрустовы расстояния) выполнены на основании координат наносимых меток, показывающих отклонение от симметричного консенсуса.

Для нанесения 50 меток по контуру листовых пластин и создания общего файла использован пакет программ TPS (Rohlf, 2014), для проведения прокрустового анализа (морфогометрического дисперсионного анализа) – программа MorphoJ (Klingenberg, 2019). Статистическая значимость оценена на уровне 95%.

Определена регрессионная зависимость «ФА – величина центроида». Под центроидом понимается величина, равная корню квадратному из суммы квадратов расстояний от меток консенсуса до его геометрического центра. Таким образом, центроид – величина, косвенно служащая для определения размера листовых пластин в геометрическом пространстве. Для определения центров множеств координат меток и расстояний между ними используется ковариационный анализ координат наносимых меток.

Дана оценка влияния расположения популяции, фактора сбора листьев как на форму листовых пластин, так и на их асимметричность. Как показывают предыдущие исследования, ошибка фотографирования крайне мала, поэтому получение изображения проведено один раз, нанесение меток с последующей обработкой проведено дважды. Процедура нанесения настоящих меток первого типа проведена с разбиением левой и правой половин контура на 50 равных отрезков с последующей расстановкой меток [24, 25].

Результаты исследования и их обсуждение

Описательная статистика популяций Кольского полуострова

Условно популяции Кольского полуострова можно обозначить как экспериментальные. Значения линейных признаков в этой крайней северной точке ареала (1,19 см) явно отличаются от таковых в подмосковной и владимирской популяциях (3,87 см) со средним стандартным отклонением соответственно 0,21 и 1,39 ($p < 0,05$), т.е. размеры листовых пластин здесь примерно в два раза меньше, чем в локалитетах средней полосы России. Тест на направленную асимметрию (t -test, $H_0: R = L$) указывает на ее отсутствие ($p > 0,05$; табл. 1).

Наибольшее отклонение дисперсии в северных популяциях проявилось по второму признаку, как и в 2020 г., т.е. этот при-

знак наименее пригоден для тестирования ФА мерным способом. Отклонение в эксцессе распределения ($R-L$) также отмечено по второму признаку ($\gamma = 1,91$, ПАБСИ; $\gamma = 8,06$; г. Апатиты), по нему же получены и самые высокие значения коэффициента вариации, что, безусловно, влияет на общую величину флуктуирующей асимметрии (0,07 и 0,06 соответственно). Отклонение в распределении ($R-L$) наблюдается преимущественно в сторону правой половины листа, как и в предыдущий год сбора.

Характерным проявлением выборок ФА является их параметрическое распределение ($p > 0,2$; K-S test), хотя в предыдущем 2020 г. распределение сильно отличалось от нормального. Четвертый признак внес наибольший вклад в различие. Величина ФА этого признака выше в популяции ПАБСИ (0,078), чем в г. Апатиты (0,051) (табл. 2).

Таблица 1

Свойства распределения ($R-L$) и величины ФА в популяциях Кольского полуострова

Популяция	Признак	(R-L) aver	SD	s	(R-L) t -test, t	λ $\pm 0,24$ (SD)	γ $\pm 0,47$ (SD)	ФА		
								R-L /(R+L)	K-S, p	s
ПАБСИ	1	0,15	2,13	4,52	0,38	0,29	0,30	0,031 \pm 0,002	> 0,02	0,001
	2	-0,04	2,77	7,69	-0,12	-0,21	1,91	0,078 \pm 0,007	< 0,01	0,005
	3	0,06	2,32	5,39	0,22	0,32	0,40	0,099 \pm 0,009	< 0,05	0,008
	4	-0,04	2,15	4,62	-0,12	-0,24	0,03	0,078 \pm 0,007	< 0,05	0,005
	5	0,04	1,62	2,62	0,19	-0,09	0,03	0,061 \pm 0,005	< 0,01	0,002
Апатиты	1	0,13	6,32	2,51	0,37	-0,59	0,401	0,034 \pm 0,00	< 0,05	0,001
	2	0,01	8,77	2,96	0,02	1,99	8,06	0,065 \pm 0,01	< 0,05	0,003
	3	-0,29	7,52	2,74	-1,01	-0,74	1,99	0,092 \pm 0,01	< 0,05	0,006
	4	-0,12	4,30	2,07	-0,35	-0,12	2,60	0,051 \pm 0,01	< 0,01	0,003
	5	-0,21	2,43	1,56	-0,98	-0,77	3,99	0,059 \pm 0,00	< 0,01	0,003

Примечание. (R-L) aver – среднее значение выборки (R-L); SD – стандартное отклонение; λ – асимметричность распределения; γ – эксцесс распределения; test K-S – тест Колмогорова – Смирнова; σ – дисперсия.

Таблица 2

Различие в ФА в двух популяциях Кольского полуострова (двухвыборочный t -test)

Признак	Mean pabsi	Mean apatity	t -значение	df	p
1	0,034	0,031	0,853	207	0,394
2	0,065	0,078	-1,569	207	0,118
3	0,092	0,099	-0,643	207	0,521
4	0,051	0,078	-3,066	207	0,002
5	0,059	0,061	-0,388	207	0,698
среднее	0,060	0,069			

Примечание. mean pabsi – среднее значение (популяция ПАБСИ); mean apatity – среднее значение (популяция г. Апатиты); df – степень свободы; p – уровень вероятности.

Исходя из общего интегрального значения ФА стабильность развития в ПАБСИ (0,07) ниже, чем в г. Апатиты (0,06) ($df=102$; $t=1,66$; $p=0,02$).

Корреляционная зависимость

Корреляция между значениями ФА признаков практически не выявлена. Такая независимость параметров позволяет использовать их величины для определения ФА. Корреляция ФА по величине признака имеет высокие значения лишь по четвертому признаку ($r=0,77$) в популяциях средней полосы России. Корреляция ФА–ПИ ($r>0,7$) встречается одинаково во всех популяциях (по 12%).

В 2021 г. в популяции г. Апатиты отмечена связь пластической и флуктуационной изменчивости $r=0,45$. На территории ПАБСИ такая связь не выявлена, вероятно, из-за меньшей величины листовых пластин. Очевидно, климатические особенности года влияют на пластическую изменчивость и обуславливают более высокую связь ПИ и ФА. Пластическая изменчивость, особенно в северных популяциях, ассоциирована с флуктуационной изменчивостью.

Геометрическая морфометрия формы листовых пластин

Множество значений координат ХУ в виде меток преобразованы в консенсусную форму для совокупности листовых пластин, удалена составляющая величины, т.е. проведено прокрустово выравнивание. Результаты прокрустова двухфакторного анализа показали изменчивость формы и асимметрии листовых пластин (табл. 3).

Отмечено отсутствие различий в форме листьев (первая строка) как на внутривидовом, так и на межвидовом уровнях. Направленная асимметрия (фактор «сторона») различается среди листо-

вых пластин ($p < 0,0001$). Направленная асимметрия и флуктуирующая асимметрия (взаимодействие обоих факторов) статистически значимы только на уровне листовых пластин при высоком значении степени свободы ($df=14\ 800$).

Ошибка измерения листовых пластин («остатки») составляла 0,50–0,51% от общей суммы квадратов MS, что считается приемлемым при нахождении флуктуирующей асимметрии. Таким образом, географически популяции различаются по обоим видам асимметрии.

Чтобы определить характер различий, проведен прокрустов анализ для листьев северных популяций и популяций средней полосы России (табл. 4). Направленная асимметрия листовых пластин, как экспериментальной единицы, преобладает на Кольском полуострове («сторона» $F=30,3$; $p < 0,0001$), флуктуирующая асимметрия примерно одинаково проявляется в обеих группах листьев («сторона×лист» $F=3,02$ и $F=4,94$; $p < 0,0001$).

На основании координат меток на листовых пластинах для двух регионов проведен ковариационный анализ. Канонические коэффициенты разделились на две группы по форме листовых пластин и по асимметричности (рис. 2).

По первому компоненту формы установлена отрицательная связь с усредненной общей формой листовых пластин и положительная связь асимметрии с дисперсией меток и дисперсией объединенных данных. И асимметрия, и форма отличаются географически по расстоянию в морфо-геометрическом пространстве. Наибольшее прокрустово расстояние между центрами множеств формы установлено для ПАБСИ и г. Можайска (0,09; $p < 0,001$).

Таблица 3

Географическое различие между северными популяциями и популяциями средней полосы России

Фактор	SS	MS	df	F
Популяция	0,665	0,007	100	1 ^{ns}
Сторона	0,790	0,008	100	1,19 ^{ns}
Сбор×сторона	0,663	0,007	100	64,2 ^{***}
Остатки	14,421	0,000	139600	
Лист	4,199	0,000	14800	0,96 ^{ns}
Сторона	0,790	0,008	100	26,83 ^{***}
Лист×сторона	4,358	0,000	14800	4,51 ^{***}
Остатки	7,192	0,000	110200	

Примечание. SS – сумма квадратов; df – степень свободы; MS – средний квадрат; F – критерий Гудолла; *** – $p < 0,0001$; ns – статистически не значимо.

Таблица 4

Различия в направленной и флуктуирующей асимметрии

Эффект	Средняя полоса России				Кольский полуостров			
	SS	MS	df	F	SS	MS	df	F
Лист	1.121	0,000	8200	3,16***	3.016	0,000	6500	0,72 ^{ns}
Сторона	0.008	0,000	100	1,78***	1.946	0,019	100	30,27***
Лист×сторона	0.354	0,000	8200	3,02***	4.178	0,001	6500	4,94***
Остатки	0.712	0.000	49800		7.863	0,000	60400	

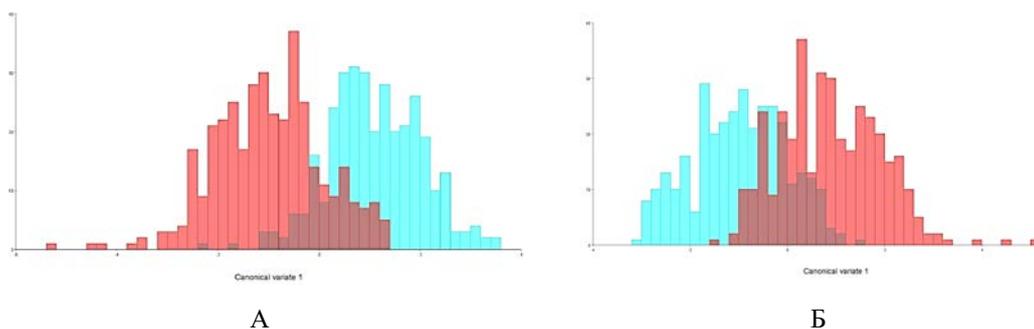


Рис. 2. Распределение частот первого компонента формы (А) и асимметрии (Б).
 Кирпичный цвет – совокупность северных популяций,
 лиловый цвет – совокупность популяций средней полосы России

Не все расстояния между множествами асимметрии значимы. Например, г. Владимир и г. Можайск ($0,004$; $p = 0,6$), г. Апатиты и ПАБСИ ($0,009$; $p = 0,6$) не отличаются по асимметричности. Наибольшее различие установлено между популяциями г. Владимира и ПАБСИ ($0,07$; $p < 0,001$), между г. Можайском и ПАБСИ, г. Можайском и г. Апатиты ($0,06$; $p < 0,001$). В 2020 г. асимметричность не различалась статистически, так как на нее, по-видимому, влияет год сбора материала.

Как и в сборах предыдущего года, асимметричный компонент формы включает направленную и флуктуирующую асимметрию. Регрессионная связь между величиной консенсуса и ФА не установлена. При работе с линейными признаками замечено проявление прямой связи между ними и ФА. Меньшие размеры листьев в северных популяциях явно связаны с направленной асимметрией. Методом геометрической морфометрии объединяются все метки, проводится разделение на популяционном уровне, регрессионным анализом проверяются аллометрические свойства, т.е. связь между размером консенсуса-центроида и ФА (взаимодействие факторов в прокрустовом анализе).

Направленная асимметрия, как индикатор стресс-фактора, снижающего стабильность развития [22], может проявляться в северных популяциях и служить генетически обусловленной адаптацией к суровым климатическим условиям.

Заключение

Метод геометрической морфометрии с интегральным подходом, позволяющий тестировать изменчивость формы и асимметрии листовых пластин, может быть использован для образцов разного размера. Экспериментальные (северные) популяции обладают значительно меньшими размерами листьев, пластическая изменчивость мерных признаков здесь теснее связана с флуктуационной изменчивостью. Скрытая направленная асимметрия проявляется на биосистемном уровне листовых пластин, но, учитывая стабильность развития как популяционное свойство, правильнее рассматривать асимметричность на популяционном уровне, который в нашем случае указывает на различие в ФА и на снижение стабильности развития в популяциях средней полосы России.

Гипотеза о техногенном влиянии на стабильность развития не подтверждена:

на Кольском полуострове в ПАБСИ флуктуирующая асимметрия оказывается выше, чем в популяции г. Апатиты.

Форма листовых пластин является более контрастирующей характеристикой. В средней части ареала форма листовых пластин липы мелколистной более разнообразна.

Список литературы

- MacDonald G., Kremenetski K., Beilman D. Climate change and the northern Russian treeline zone. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 2008. No. 363. P. 2283–2299.
- Liess S., Snyder P.K., Harding K.J. The effects of boreal forest expansion on the summer Arctic frontal zone. *Clim Dyn.* 2012. No. 38. P. 1805–1827.
- Zhang Li.Y., Liao Y., Wang P.C., Wang T.X., Ueno S., Du F. K. Genetic, geographic, and climatic factors jointly shape leaf morphology of an alpine oak, *Quercus aquifolioides* Rehder & EH Wilson. *Annals of Forest Science.* 2021. Vol. 78. No. 3. P. 1–18.
- Мартынов Л.Г. Результаты интродукции древесных растений европейского происхождения в ботаническом саду Института биологии Коми научного центра. *Известия Коми научного центра УРО РАН.* 2014. Т. 3. № 19. С. 58–84.
- Li L., Wang X., Manning W.J. Effects of elevated CO₂ on leaf senescence, leaf nitrogen resorption, and late-season photosynthesis in *Tilia americana* L. *Frontiers in plant science.* 2019. No. 10. P. 1217. DOI: 10.3389/fpls.2019.01217.
- Erofeeva E.A. Dependence of guaiacol peroxidase activity and lipid peroxidation rate in drooping birch (*Betula pendula* Roth.) and lillet (*Tilia cordata* Mill.) leaf on motor trac pollution intensity. *Dose Response.* 2015. No. 13. P. 1–6. DOI: 10.1177%2F1559325815588510.
- Kramer K. Phenotypic plasticity of the phenology of seven European tree species in relation to climatic warming. *Plant Cell and Environment.* 1995. No. 18. P. 93–104. DOI: 10.1111/j.1365-3040.1995.tb00356.x.
- Vitasse Y., Bresson C., Kremer A., Michalet R., Delzon S. Quantifying phenological plasticity to temperature in two temperate tree species. *Functional Ecology.* 2010. No. 24. P. 1211–1218. DOI : 10.1111/j.1365-2435.2010.01748.x.
- Acuna-Rodriguez S., Torres-Diaz C., Hereme R., Molina-Montenegro M.A. Asymmetric responses to simulated global warming by populations of *Colobanthus quitensis* along a latitudinal gradient. *Peer J.* 2017. No. 5. P. 3718. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28948096> (date of access: 05.07.2022).
- Morais D.V. De, Nunes L.A., Mata V.P. Da, Carvalho Costa M.A. P. De, Silva Sodre G. Da, Carvalho C.A.L. De. Leaf geometric morphometrics among populations of *Dalbergia ecastaphyllum* (L.). *Taub. Bioscience Journal.* 2019. Vol. 35. No. 6. P. 1789–1798. URL: <http://orcid.org/0000-0002-2737-7428> (date of access: 05.07.2022).
- Sheth S.N., Morueta Holme N., Angert A.L. Determinants of geographic range size in plants. *New Phytologist.* 2020. Vol. 226. No. 3. P. 650–665. DOI: 10.1111/nph.16406.
- Migalina S.V., Ivanova L.A., Makhnev A.K. Size of the Leaf as a Marker of Birch Productivity at a Distance from the Climatic Optimum. *Russian journal of plant physiology.* 2009. Vol. 56. No. 6. P. 858. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S102144370906017X#citeas> (date of access: 11.07.2022).
- Zakharov V.M., Kryazheva N.G., Dmitriev S.G., Trofimov I.E. Evaluation of possible changes in population state due to climate change (with particular references to the study of developmental stability of the European white birch). *Biology Bulletin Reviews.* 2012. Vol. 2. No. 2. P. 190–193. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S2079086412020107#citeas> (date of access: 11.07.2022).
- Shadrina E.G., Vol'pert Y.L. Developmental instability of the organism as a result of pessimization of environment under anthropogenic transformation of natural landscapes. *Russian Journal of Developmental Biology.* 2014. Vol. 45. No. 3. P. 117–126. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1062360414030059#citeas> (date of access: 11.07.2022).
- Kozlov M.V., Zverev V. Temperature and herbivory, but not pollution, affect fluctuating asymmetry of mountain birch leaves: Results of 25-year monitoring around the copper-nickel smelter in Monchegorsk, northwestern Russia. *Sci. Total Environ.* 2018. Vol. 640. P. 678–687. URL : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.328> (date of access: 11.07.2022).
- Zverev V., Kozlov M.V. Variation in leaf size and fluctuating asymmetry of Mountain Birch (*Betula pubescens* var. *pumila*) in space and time: implications for global change research. *Symmetry.* 2020. № 12. P. 1703. URL: <https://doi.org/10.3390/sym12101703> (date of access: 11.07.2022).
- Baranov S.G., Zykov I.E., Poloskova E.Yu., Lipponen I.N., Goncharova O.A., Kuznetsova D.D. Spatial Variability of Small-leaved Linden (*Tilia cordata* Mill.) Leaf Blade. In *E3S Web of Conferences.* 2021. Vol. 254. P. 06002.
- Зыков И.Е., Федорова Л.В., Баранов С.Г. Оценка биоиндикационного значения уровня изменчивости параметров листовых пластинок липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях города Орехово-Зуево и Орехово-Зуевского района // *Вестник Московского государственного областного университета. Естественные науки.* 2015. № 1. С. 15–20.
- Baranov S.G., Zykov I.E., Fedorova L.V. Investigation of intraspecific variability of little-leaved. *Bulletin of Tomsk State University. Biology.* 2015. Vol. 2. No. 30. P. 134–145.
- Baranov S., Zykov I., Fedorova L. Influence of climatic factor on plasticity and asymmetry of laminas of genus *Tilia* species. *Principles of ecology.* 2019. Vol. 8. No. 1. P. 3–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-klimaticheskogo-faktora-na-plastichnost-i-asimetriyu-listovyh-plastin-predstaviteley-roda-tilia-l> (дата обращения: 27.01.2021).
- Baranov S.G. Use of morphogeometric method for study fluctuating asymmetry in leaves *Tilia cordata* under industrial pollution. *Advan. Environ. Biol.* 2014. No. 8. P. 2391–2398. URL: <http://www.aensiweb.com/aeb.html> (date of access: 12.07.2022).
- Erofeeva E.A., Yakimov B.N. Change of leaf trait asymmetry type in *Tilia cordata* Mill. and *Betula pendula* Roth. under air pollution. *Symmetry.* 2020. Vol. 12. No. 5. P. 727. DOI: 10.3390/sym12050727.
- Baranov S.G., Zykov I.E., Kuznetsova D.D. Conjugacy of two types of phenotypic variability of small-leaved linden. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2019. No. 23. P. 496–502. DOI: 10.18699/VJ19.519.
- Baranov S.G., Vinokurov I.Y., Zykov I.E., Fedorova L.V. Asymmetry and shape in leaf blade red clover. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2020. Vol. 548. No. 7. P. 072015. IOP Publishing. (2020, August). DOI:10.1088/1755-1315/548/7/072015.
- Baranov S.G., Zykov I.E., Kuznetsova D.D., Antsyshkina A.M., Fedorova L.V. Evaluation of shape and asymmetry in rye leaf. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2020. Vol. 548. No. 3. P. 032001. IOP Publishing. (2020, August). DOI:10.1088/1755-1315/548/3/032001.

УДК 630.161

ГИБРИДИЗАЦИЯ ВЯЗОВ *ULMUS L.* В СУХОЙ СТЕПИ ЮГО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

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

¹Камышинский технологический институт (филиал)

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,

Камышин, e-mail: ttp@kti.ru;

²ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения» Российской академии наук, Волгоград

В Волгоградской области в 1948–1953 гг. при реализации «Сталинского плана преобразования природы» было создано 5 из 7 государственных лесных полос. К настоящему времени эти лесные полосы усыхают и деградируют – сохранилось всего 30–40% от ранее высаженных деревьев. В ближайшее время планируется восстановить государственные полосы на площади 21,2 тыс. га для борьбы с глобальным потеплением и аридизацией климата. Одной из основных пород защитного лесоразведения являются представители рода вяз. К ним относятся абориген (вяз граболистный *Ulmus caprinifolia*), берест и интродуцированный в Нижнее Поволжье, особенно широко использовавшийся при создании государственных лесных полос вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.). Если эти породы произрастают совместно на лесных площадях, они могут спонтанно скрещиваться и образовывать межвидовые гибриды, у которых отмечается эффект гетерозиса. Главной проблемой, ограничивающей широкое использование вязов, является графтиоз, который часто называют голландской болезнью. Важна комплексная оценка полученных гибридов по воздействию разных факторов на рост их семенного потомства. Установлено, что рост потомства в большей степени обусловлен воздействием климатических факторов, чем типов скрещивания, т.е., регулируя экологические условия, можно значительно повысить скорость роста и улучшить качество гибридного посадочного материала. По вязам на юго-востоке европейской территории России направление естественного отбора совпадает с направлением селекционных работ на повышение долговечности, устойчивости и жизнеспособности. Поэтому селекционный отбор вязов на устойчивость и долговечность целесообразно вести среди насаждений, прошедших первичное воздействие естественного отбора и показавших на этом фоне лучшие характеристики.

Ключевые слова: ильмовые, вяз, графтиоз, голландская болезнь вяза, гибриды, дисперсионный анализ, эколого-генетические факторы

HYBRIDIZATION OF ELMs *ULMUS L.* IN THE DRY STEPPE OF THE SOUTH-EAST OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA

¹Iozius A.P., ¹Zavyalov A.A., ²Kryuchkov S.N.

¹Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University,

Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru;

²Federal Research Center for Agroecology, Comprehensive Land Reclamation
and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd

In the Volgograd Region in 1948–1953, during the implementation of the “Stalin’s Plan for the Transformation of Nature”, 5 out of 7 state forest strips were created. To date, these forest strips are drying up and degrading – only 30–40% of the previously planted trees have survived. In the near future, it is planned to restore state strips on an area of 21.2 thousand hectares to combat global warming and climate aridization. One of the main breeds of protective afforestation are representatives of the elm genus. These include – native (*Ulmus caprinifolia*), field elm and introduced into the Lower Volga region, especially widely used in the creation of state forest strips, squat elm (*Ulmus pumila* L.). If these breeds grow together in forest areas, they can spontaneously interbreed and form interspecific hybrids that show the effect of heterosis. The main problem limiting the widespread use of elms is graphiosis, which is often called Dutch disease. It is important to comprehensively assess the resulting hybrids according to the impact of various factors on the growth of their seed progeny. It has been established that the growth of offspring is more due to the influence of climatic factors than the types of crossing, regulating environmental conditions can significantly increase the growth rate and improve the quality of hybrid planting material. For elms in the southeast of the European territory of Russia, the direction of natural selection coincides with the direction of breeding work to increase longevity, stability and viability. Therefore, it is advisable to conduct the selection of elms for stability and durability among plantings that have undergone the primary impact of natural selection and have shown the best characteristics against this background.

Keywords: elm trees, elm, graphiosis, Dutch elm disease, hybrids, dispersion analysis, ecological and genetic factors

В Волгоградской области в 1948–1953 гг. при реализации «Сталинского плана преобразования природы» было создано 5 из 7 государственных лесных полос. К настоящему времени эти лесные полосы усыхают и деградируют – сохранилось всего 30–40%

от ранее высаженных деревьев. В ближайшее время планируется восстановить государственные полосы на площади 21,2 тыс. га для борьбы с глобальным потеплением и аридизацией климата [1, 2]. Одной из основных пород защитного лесоразведения

являются представители рода вяз. К ним относятся абориген (вяз граболистный *Ulmus caprinifolia*), берест и интродуцированный в Нижнее Поволжье, особенно широко использовавшийся при создании государственных лесных полос вяз приземистый *Ulmus pumila* L. Если эти породы произрастают совместно на лесных площадях, они могут спонтанно скрещиваться и образовывать межвидовые гибриды, у которых отмечается эффект гетерозиса. Главной проблемой, ограничивающей широкое использование вязов, является графйоз, который часто называют голландской болезнью.

Все вязы входят в род ильм, или вяз (*Ulmus* L.), который относится к семейству ильмовых (*Ulmaceae*). Вязы могут занимать самые разные почвенные разности, как достаточно плодородные, так и смытые, щебенистые и засоленные. В тяжелых почвенно-растительных условиях интродуцированный вяз приземистый очень тяжело переносит низкие температуры и сильные засухи, которые часто наблюдаются в Волгоградской и Астраханской областях, в этом случае отмечается его массовая гибель.

Вяз сильно поражается грибковыми болезнями и насекомыми. Наиболее опасен для вяза графйоз – голландская болезнь. Определенный вред вязам наносят усачи, златки, листоеды и короеды. Голландская болезнь, причиной которой является *Ceratocystis ulmi* (Buisman) C. Moreau, поставила под сомнение само использование культуры вяза по всему миру, в том числе в защитных лесонасаждениях.

Цели и задачи исследования – провести сравнительную оценку ранее полученного гибридного селекционного материала вяза, выделить наиболее перспективные по росту и состоянию; методом дисперсионного анализа оценить влияние разных факторов на рост в высоту сеянцев гибридов вяза.

Материалы и методы исследования

Первые гибриды вязов были получены И.В. Калининой на Нижневолжской станции по селекции древесных пород ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения» Российской академии наук, г. Камышин в 1981–1985 гг. Руководил программой гибридизационных работ Г.Я. Маттис [3–5].

Селекционерами были проведены прямые и обратные скрещивания, в результате получены гибриды вяз приземистый ×

берест и берест × вяз приземистый, из них и контрольных видов были созданы маточные селекционные насаждения из гибридов F1 и F2, на них проводили изучение роста измерениями высот и диаметров, состояния – учетом сохранившихся деревьев, урожайности по шкале В.Г. Каппера, устойчивости к графйозу по методике Е.Н. Крюковой [5], с обработкой полученных результатов статистическими методами.

Тогда же по методике Е.К. Меркурьевой [6] был организован дисперсионный анализ для определения воздействия разных факторов на рост в высоту гибридов сеянцев вязов с целью изучения особенностей фенотипической изменчивости. Для этого в 2014–2016 гг. с выделенных маточников гибридных деревьев собирались семена, сеянцы выращивались на грядах, по повторностям в соответствии со схемой опыта.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты изучения роста гибридного материала в высоту (рис. 1) показали, что в 9 и 14 лет между гибридами и контролем значительных отличий не наблюдалось. По диаметру (рис. 2) гибриды также не имели значительных отличий, кроме береста, который превосходил по этому показателю и гибриды, и контроль вяз приземистый. По сохранности между селекционными группами имелись определенные отличия (рис. 3). Так, если в 9 лет сохранность всех селекционных категорий была примерно одинаковой, то в 14 лет гибриды и берест превосходили вяз приземистый. На семеношение вяза основное влияние оказывают погодные условия года, предшествовавшего семеношению. Вяз начинает образовывать семена с 6 лет и в возрасте от 9 лет и дальше имеет устойчивое обильное семеношение.

На рис. 4 приведены показатели семеношения в возрасте 9 лет, когда погодные условия были более благоприятными, тогда семеношение всех селекционных групп было примерно одинаковым. В возрасте 14 лет, когда погодные условия были неблагоприятными, повышенным семеношением отличались берест и гибрид берест × приземистый.

Отмечено значительное увеличение в длину и ширину листьев гибридов с берестом. Цветение наступило в 8 лет и отличалось стабильностью, что позволило получать семена второго поколения гибридов и использовать их для изучения введения в испытательные насаждения.

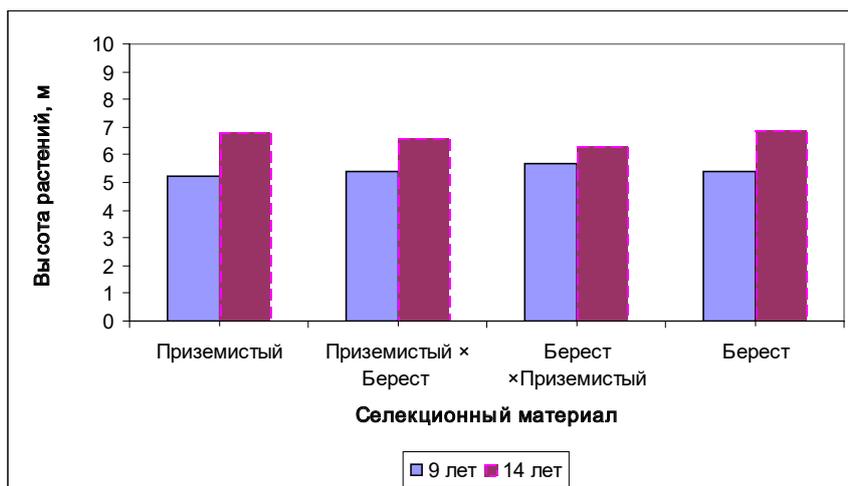


Рис. 1. Рост в высоту гибридов и контроля вязов

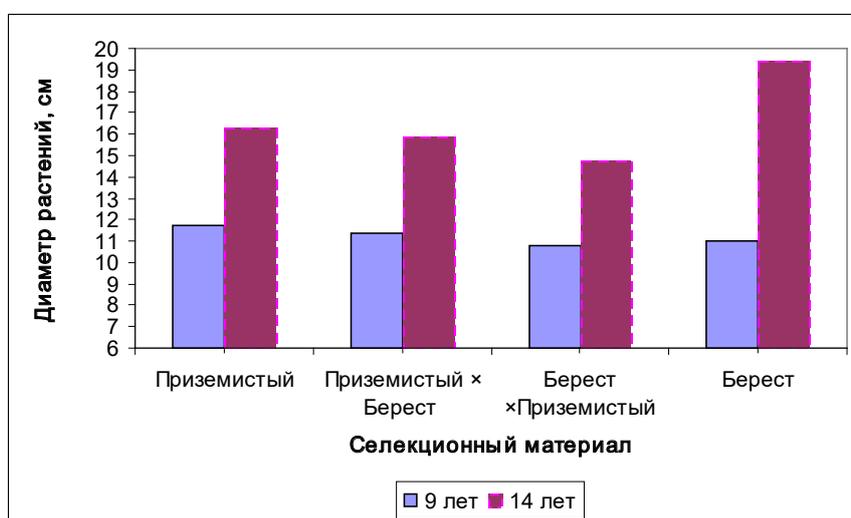


Рис. 2. Рост по диаметру гибридов и контроля вязов

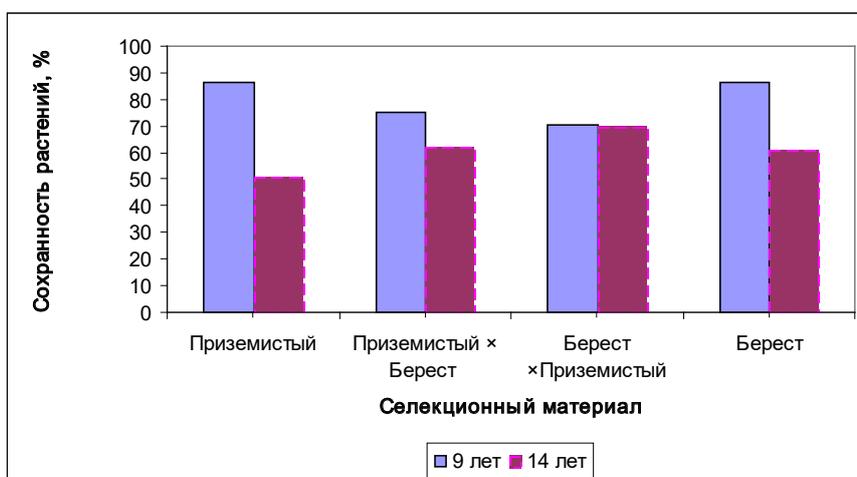


Рис. 3. Состояние гибридов и контроля вязов

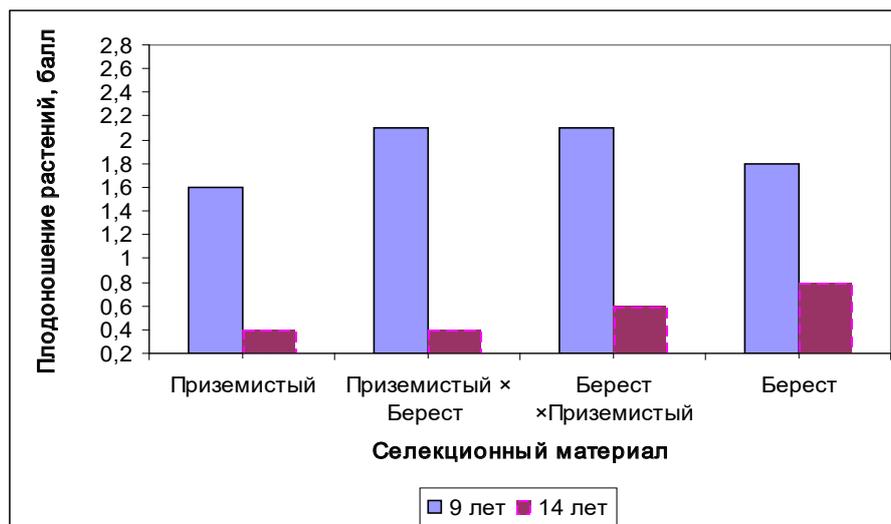


Рис. 4. Семеношение гибридов и контроля вязов

В первом поколении семена гибридов приземистый x обыкновенный были почти на 20% больше семян контроля. Подобная тенденция сохранялась во втором и третьем поколениях [3–5].

К сожалению, к настоящему времени фитопатологи не предложили эффективные способы борьбы с графтиозом вяза. Методы, которые предлагаются, в основном прививки, достаточно дороги, трудоемки и малоэффективны.

Болезнь обычно диагностируется на такой стадии поражения, когда остановить ее исключительно трудно. Отбор маточных деревьев в 1981–1986 гг. проводился в местах массового развития графтиоза, где к тому же вспышки заболевания наблюдались и ранее. Считали, что те деревья, которые находятся в очагах массового поражения, выработали устойчивость к этому заболеванию, а неустойчивые к моменту отбора, уже элиминировались. Таким образом, природа уже провела первый этап селекционного отбора на устойчивость. Этот метод отбора на устойчивость к голландской болезни был основным, так как провести на таких объектах искусственное заражение невозможно. Поэтому работы по искусственному заражению отобранного генофонда и выделению толерантных особей проводили вместе с Е.Н. Крюковой, руководителем отдела защиты растений ВНИАЛМИ. В результате дальнейшего селекционного отбора были выделены биотипы, отличающиеся устойчивостью к графтиозу, а также другими ценными селекционными признаками [3, 5].

В результате на Нижневолжской станции по селекции древесных пород ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (г. Камышин) созданы устойчивые и жизнеспособные селекционные насаждения из гибридов вяза, что позволило на их базе вести дальнейшую селекционную работу с гибридами и в 2014–2016 гг. собирать семена, закладывать опыты с выращиванием сеянцев и в соответствии с методикой [6] провести дисперсионный анализ фенотипической изменчивости сеянцев вяза.

Изучение изменчивости высоты сеянцев вяза проводилось в зависимости от типа скрещивания.

Вследствие генетического родства определялись средние биометрические параметры, высоты гибридных сеянцев. Таким образом, в общей фенотипической изменчивости гибридных сеянцев можно выделить долю, которая определяется генетическими факторами и условно обозначить ее буквой «А».

Зная происхождение сеянцев, для каждой из пяти групп вычислили частные средние, характеризующие определенный тип скрещивания. Сбор гибридных семян и закладку опытов с выращиванием сеянцев производили по следующим вариантам: 1 вариант (приземистый x гладкий), 2 вариант (приземистый x гладкий x гладкий), 3 вариант (приземистый x листоватый), 4 вариант (приземистый x листоватый x листоватый), 5 вариант (приземистый x приземи-

стый). В 1 варианте было получено 580 шт. семян, средняя высота которых составила $43,1 \pm 0,5$ см, во 2 варианте было получено 397 шт. семян, средняя высота которых составила $38,7 \pm 0,4$ см, в 3 варианте было получено 560 шт. семян, средняя высота которых составила $42,4 \pm 0,5$ см, в 4 варианте было получено 193 шт. семян, средняя высота которых составила $27,2 \pm 0,3$ см, в 5 варианте было получено 190 шт. семян, средняя высота которых составила $27,8 \pm 0,3$ см. Наибольшее число гибридных семян было получено в первом варианте, они же имели большую высоту. Наименьшее число семян 193 и 190 было получено в 4 и 5 вариантах. Эти же варианты отставали и в росте в высоту 27,2 и 27,8 соответственно. Результаты говорят о большем влиянии гетерозиса в 1 и 3 вариантах по числу семян и росту в высоту.

Обмеры полученных семян и обработка результатов методом дисперсионного анализа позволили выделить воздействие разных факторов, таких как экологический фактор «В» и имеющий достаточно сложную природу экогеноклиматический фактор «С», выделяющихся из общей фенотипической изменчивости потомства. На экогеноклиматический фактор оказывают воздействие лесорастительные условия произрастания материнских деревьев, с которых собирались семена, генетическая разнородность маточников, с которых производился сбор семян в каждый вегетационный период, а также основные метеорологические характеристики сезона закладки цветочных почек и сбора семян, также влияющие на основные генеративные показатели.

Для опыта ежегодно с 2014 по 2016 г. отбирали по каждому типу скрещивания две группы семян и выращивали их в разных условиях, обычно это были разные грядки в пределах питомника. Выделяли повторности и в каждой из них измеряли произвольно по 50 семян. В данном случае в пределах выборки изменения высоты выделялся случайный фактор D.

По средней высоте лучшими были семена 1 и 3 вариантов скрещивания. При 2 и 4 вариантах скрещивания, когда гибрид повторно опылялся пылью отцовского вида, быстрота роста потомства снизилась. В одном варианте скрещивания в разные годы высота семян колебалась до 200–300%, причем реакция семян не зависела от климатических характеристик года: так,

в одни годы лучшими оказывались гибриды от 1–2 типов скрещивания, в другие годы – 3–4.

Доля факторов в общей фенотипической изменчивости по результатам дисперсионного анализа представлена на рис. 5.

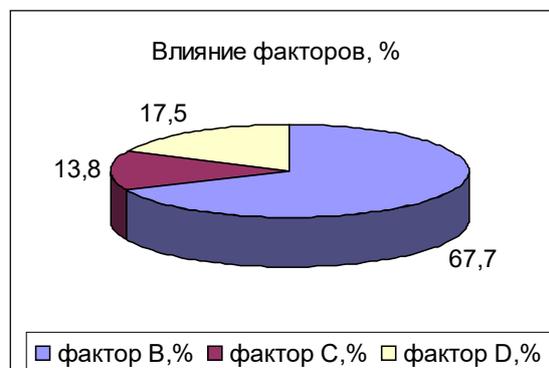


Рис. 5. Доля разных факторов в общей фенотипической изменчивости по результатам дисперсионного анализа:
 В – экологический фактор,
 С – экогеноклиматический фактор,
 D – случайный фактор

На рис. 5 приводятся результаты дисперсионного анализа, которые демонстрируют, что влияние фактора А разных вариантов скрещивания на высоту семян статистически недостоверно, поэтому на рис. 5 не приводится воздействие факторов (С) экогеноклиматических и (В) экологических различий, показывают достоверность с вероятностью 0,999. При этом фактор «С» влияет на 67,7%; фактор «В» – 13,8%, фактор D, который носит случайный характер, составляет 17,5% от общей фенотипической изменчивости роста гибридного материала.

То, что результаты дисперсионного анализа не показывают достоверного результата у ильмовых, можно объяснить разнородностью селекционного генетического материала, который маточники селекционного участка продуцируют в различные годы. Очевидно, что обильно и часто плодоносящие деревья обычно не передают потомству успешность роста, потому что сами не относятся к лучшим по этому показателю. Это говорит о том, что селекционный материал для достоверной оценки должен быть генетически однороден.

Для достижения устойчивых генетических изменений необходимо возобновить на современном этапе программу гибри-

дизайнерских работ по вязу, модернизировать процессы предварительного отбора кандидатов на гибридизацию и план проведения гибридизации, чтобы учесть возможные эволюционные изменения, которые могут сопровождать каждый этап работ и по отбору кандидатов в родители и проведению скрещиваний.

Селекция вяза в аридной зоне направлена на повышение долговечности, засухо-, соле- и морозоустойчивости. В этом же направлении ведет свой естественный отбор природа.

Заключение

1. В Нижнем Поволжье при проведении комплекса селекционных работ были получены перспективные гибриды между вязом приземистым и аборигенным видом берестом. Гибриды показали эффект гетерозиса, который выразался в лучшем росте, состоянии, устойчивости к графioзу и другим неблагоприятным факторам в молодые годы. В более позднем возрасте отличия между гибридами и контролем нивелировались.

2. Оценка методом дисперсионного анализа воздействия разных факторов на высоту семянцев показала, что влияние типов скрещивания недостоверно, достоверно влияние экогеноклиматических и экологических различий.

3. Селекция вяза в аридной зоне направлена на повышение долговечности, засухо-, соле- и морозоустойчивости. В этом же направлении ведет свой естественный отбор природа. Таким образом, совместная работа природы и селекционеров позволит получить гетерогенный устойчивый, долговечный селекционный материал. Для достижения устойчивых генетических изменений необходимо возобновить программу гибридизации вязов с учетом ранее полученных результатов. В программу скрещиваний включать только биотипы, показавшие высокую устойчивость к графioзу.

Список литературы

1. Постановление Губернатора Волгоградской области от 20.02.2019 № 81 «Об утверждении Лесного плана Волгоградской области». [Электронный ресурс]. URL: <https://vlg.gov.ru/doc/104964> (дата обращения: 28.06.2022).
2. Об утверждении Методических указаний по осуществлению лесозащитного районирования: Приказ Рослесхоза от 25.04.2017 № 179. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/71723350/> (дата обращения: 28.06.2022).
3. Иозус А.П., Крючков С.Н., Морозова Е.В. Селекция и репродукция древесных пород для защитного лесоразведения: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 184 с.
4. Крючков С.Н., Маттис Г.Я. Лесоразведение в засушливых условиях. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. 300 с.
5. Скуратов И.В., Крюкова Е.А. Особенности патологии древесных растений в насаждениях Нижнего и Среднего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2014. № 2 (34). С. 69–74.
6. Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии: учебник. М.: Колос, 1983. 400 с.

УДК 633.2

ДЕГРАДАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

¹Комарова И.А., ²Иванцова Е.А.

¹Волгоградская областная универсальная научная библиотека им. М. Горького, Волгоград,
e-mail: komarova@volsu.ru;

²Волгоградский государственный университет, Волгоград

Сарпинская низменность расположена на юго-востоке Волгоградской, северо-западе Астраханской областей, севере и северо-востоке Республики Калмыкия, ограничена на западе Ергенинской возвышенностью, на севере и северо-востоке – Волго-Ахтубинской поймой, на юге территория переходит в единственную европейскую антропогенную пустыню (заповедник «Черные земли»). Цель исследований – выявление уровня деградации земель и определение пространственного распределения зон деградации различного уровня. Индикатором деградации являлось состояние растительного покрова почвы по критерию соответствия его нормальному для соответствующих природных условий. Использование современных геоинформационных технологий и космических снимков для оценки и картографирования состояния ландшафтов является одним из современных методов исследований, дающим возможность проведения анализа пространственных данных и интерпретации этих данных в аналитические карты. Анализ деградации ландшафтов осуществлен на основании информации космоснимков спутника Sentinel 2. Проведенные геоинформационные исследования пространственного распределения типов почв на территории Сарпинской низменности позволили разработать векторную карту почвенных контуров и определить их площади. Распределение почвенных контуров по площади показало, что наибольшую площадь занимают бурые почвы в комплексе с солонцами около 17% и бурые почвы с песками около 16%. Анализ результатов геоинформационного картографирования деградации территории показал, что к уровню «норма» можно отнести только 975,234 тыс. га, к уровню «риск» 2568,563 тыс. га, на уровне «кризис» 1723,910 тыс. га, на уровне «бедствие» 1609,732 тыс. га, что свидетельствует в целом о крайне неблагоприятной ситуации экологического состояния территории. Около половины всей исследуемой территории (3333,642 тыс.га) нуждается в проведении незамедлительных фитомелиоративных мероприятий с целью предотвращения роста очагов открытых, подвижных песков.

Ключевые слова: космоснимки, геоинформационные технологии, деградация, ландшафт, опустынивание, Сарпинская низменность

DEGRADATION OF LANDSCAPES OF THE SARPA LOWLAND

¹Komarova I.A., ²Ivantsova E.A.

¹Volgograd State Public Scientific Library named after M. Gorky, Volgograd,
e-mail: komarova@volsu.ru;

²Volgograd State University, Volgograd

The territory of the Sarpinsk lowland is located in the south-east of the Volgograd, north-west of the Astrakhan regions, north and north-east of the Republic of Kalmykia, bounded in the west by the Ergeninsky upland, in the north and north-east by the Volga-Akhtuba floodplain, in the south the territory passes into the only European anthropogenic desert (reserve "Black Lands"). The purpose of the research is to identify the level of land degradation and determine the spatial distribution of degradation zones of various levels. The degradation indicator was the state of the soil vegetation cover according to the criterion of its compliance with normal for the corresponding natural conditions. The use of modern geoinformation technologies and satellite images for assessing and mapping the state of landscapes is one of the modern research methods that makes it possible to analyze spatial data and interpret this data into analytical maps. The analysis of landscape degradation was carried out on the basis of information from satellite Sentinel 2. Geoinformation studies of the spatial distribution of soil types on the territory of the Sarpinsk lowland allowed to develop a vector map of soil contours and determine their areas. The distribution of soil contours by area showed that the largest area is occupied by brown soils in combination with salt deposits of about 17% and brown soils with sands of about 16%. The analysis of the results of geoinformation mapping of the degradation of the territory showed that only 975,234 thousand hectares can be attributed to the "norm" level, 2568,563 thousand hectares to the "risk" level, 1723,910 thousand hectares at the "crisis" level, 1609,732 thousand hectares at the "disaster" level, which indicates in general an extremely unfavorable situation of the ecological state territories. About half of the entire study area (3333,642 thousand hectares) it needs immediate phytomeliorative measures to prevent the growth of foci of open, mobile sands.

Keywords: satellite images, geoinformation technologies, degradation, landscape, desertification, Sarpin lowland

В Российской Федерации продолжается процесс деградации земель, увеличение площадей, подверженных дефляции и эрозии, засолению почв, что в итоге приводит к падению продуктивности сельскохозяйственных земель и выводу их из оборота. Восстановление ландшафтов в естественных условиях обусловлено природно-кли-

матическими факторами и может проходить длительное время [1, 2]. Выявление закономерностей нарушения ландшафтных связей и их восстановление является значительной научной задачей, обеспечивающей возможность прогноза состояния ландшафтов.

Объект исследований – Сарпинская низменность ограничена на западе Ерге-

нинской возвышенностью, на севере и северо-востоке Волго-Ахтубинской поймой, на юге территория переходит в единственную европейскую антропогенную пустыню (заповедник «Черные земли»). Территория Сарпинской низменности расположена на юго-востоке Волгоградской, северо-западе Астраханской областей, севере и северо-востоке Республики Калмыкия.

Агроландшафты Сарпинской низменности относятся к району пологоволнистых морских равнин с плоскозападными, волнисто-равнинными урочищами. Основные типы почв: светло-каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами, бурые пустынные в комплексе с солонцами, лугово-каштановые и лугово-степные по понижениям.

Особенности климатических условий, почв и рельефа Сарпинской низменности обусловили особый тип растительных сообществ. Растительность представлена *Elymus giganteus* Vahl., *Stipa sareptana* A. Beck, *Calligonum* ssp., *Artemisia arenaria* DC., *Artemisia vulgaris* L., *Artemisia lerchiana* Web., *Artemisia halodendron* Turcz. ex Bess., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, *Elytrigia repens* L., *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr., *Astragalus veresczaginii* Kryl., *Astragalus brachylobus* Fisch., *Astragalus arenarius* L. и др. В ландшафтном плане территория Сарпинской низменности представляет собой сочетание белопольно-типчаково-ковыльковой полупустыни, с фрагментами белопольно-камфоросмово-чернополынной пустыни. По интразональным территориям встречаются житняково-тырсовые и разнотравно-типчаково-ковыльные фитоценозы, белопольно-пырейно-житняковые луга, в окрестностях лиманов – озерно-тростниковые болота.

В результате интенсивного антропогенного воздействия на аборигенные типы сообществ при нерегламентированном выпасе скота образуются массивы подвижных и полужакрепленных песков, появляются специфические рудеральные фитоценозы. В ландшафтах с преобладанием закрепленных слабогумусированных песков, в отсутствие антропогенного влияния, сохраняется зональный тип растительных сообществ.

В связи с особенностями геоморфологических, почвенных и гидрологических условий на территории Сарпинской низменности формируются интразональные типы фитоценозов и почв, особенно в лиманах, ильменах, сорových депрессиях, увлажняемых разливами Волги и на участках

с наличием грунтовых опресненных вод Каспийского моря. Доминирующие растительные сообщества Сарпинской низменности: дерновинно-злаковые, ксерофитные, полукустарничковые, галофитные, лугово-галофитные и гидрофитные группы.

В связи с неустойчивостью климатических условий и гидрологического режима Волжского водосбора актуальной проблемой является изучение закономерностей функционирования ландшафтов и выявление механизмов восстановления их природного потенциала.

Цель исследований заключалась в выявлении уровня деградации земель и определении пространственного распределения зон деградации различного уровня. При этом ставились задачи дешифрирования актуальных космических снимков, выделения зон деградации, геоинформационного анализа их пространственного распределения и разработки картографических слоев деградации ландшафтов исследуемой территории.

Материалы и методы исследования

Картографо-аэрокосмические исследования проводятся с использованием дистанционных признаков и биотических особенностей процессов деградации ландшафтов. Ландшафтный подход обуславливает теоретико-методологическую основу восстановления деградированных земель.

Оценка состояния и лесомелиоративного обустройства агроландшафтов, базирующаяся на дешифрировании космических снимков с применением ГИС-технологий, дает возможность выявить состояние ландшафтов и установить уровень их деградации. Разработанные методики в работах К.Н. Кулика, В.И. Петров, В.Г. Юферева, Н.А. Ткаченко, С.С. Шинкаренко, В.Г. Юферева, К.Н. Кулика, А.С. Рулева, К.Б. Мушаевой, А.В. Кошелева, З.П. Дорохиной, О.Ю. Березовиковой и др. [3, 4] показали возможность достоверного выявления характеристик агроландшафтов.

Изучение ландшафтов Сарпинской низменности осуществляется на базе аэрокосмической информации различного пространственного разрешения. Оно базируется на результатах геоморфологического, почвенного, гидрологического, геоботанического и других видах исследований.

Использование ландшафтного картографирования обосновано необходимостью локализации условий функционирования природно-территориальных комплексов.

Разрабатываемый комплект карт должен охарактеризовать существующий природный потенциал изучаемого ландшафта и нынешнее его состояние. Геоинформационное картографирование с использованием данных дистанционного зондирования имеет свои особенности в отличие от принятого при традиционном картографировании. В этом случае увеличивается объем камеральных и уменьшается объем полевых исследований.

Компьютерное геоинформационное картографирование оперирует пространственными данными и при этом дает возможность проводить анализ таких данных для определения координат объектов на территории исследований, определения топологических свойств объектов; выявления геоморфологических особенностей ландшафтов, определения приуроченности почвенных контуров к определенным участкам поверхности, выявления дефектов ландшафтов и осуществления их пространственной локализации.

Использование геоинформационных технологий наиболее приемлемо для картографирования состояния ландшафтов Сарпинской низменности. Геоинформационный анализ состояния природно-территориальных комплексов проводится на уровне фаций и урочищ, что дает возможность пространственно определить очаги деградации для обоснования мероприятий по их ликвидации.

Камеральные исследования проводятся для фотограмметрической обработки аэрокосмических снимков территории исследований, включая их дешифрирование, классификацию и анализ. При этом проводят дифференциацию участков с открытыми, подвижными песками, солончаками и засоленными почвами, покрытых водой и занятых антропогенными объектами. Такие участки для анализа выделяются в отдельные группы и при установлении уровня деградации земель.

В связи с тем, что данные дистанционного зондирования несут информацию об актуальном состоянии ландшафтов Сарпинской низменности, использование и интерпретация полученных пространственных данных для их оценки, геоинформационного анализа и картографирования обеспечивает современный уровень получения научных знаний. Проведение оценки состояния ландшафтов включает сведения о пространственном расположении и уровнях их деградации. Использование

статистического пространственного анализа с учетом изменений ландшафтов, разработка математико-картографических моделей обеспечивает разработку обоснованных прогнозов их состояния.

Для оценки состояния агролесоландшафтов используются критерии, для которых определено снижение хозяйственной значимости земель. Уменьшение качества земель по каждому критерию характеризуется уровнями деградации: норма, риск, кризис и бедствие – установленными Б.В. Виноградовым.

Изучение состояния агроландшафтов основывается на законах оптики, которые демонстрируют взаимосвязь отражения солнечной радиации некоторыми типами почв. Сопоставление результатов дистанционного зондирования и эталонирования почв, растительности, включая травянистую растительность и лесные насаждения, обеспечивает возможность выявления состояния ландшафтов [5–7].

Использование современных геоинформационных технологий и космических снимков для оценки и картографирования состояния ландшафтов является одним из современных методов исследований, дающим возможность проведения анализа пространственных данных и интерпретации этих данных в аналитические карты.

Результаты исследования и их обсуждение

Объектом исследования являлись ландшафты Сарпинской низменности на площади 6877,438 тыс. га. По результатам анализа деградации территории Сарпинской низменности в целом установлено, что деградации от ветровой эрозии подвержено 13,6%, от водной эрозии – 17,6%, засоленному – 4,1%. В нашем исследовании индикатором деградации являлось состояние растительного покрова почвы по критерию соответствия его нормальному для соответствующих природных условий.

Анализ деградации ландшафтов осуществлен на основании информации космоснимков спутника Sentinel 2 (разработчик Airbus Defence and Space, оператор ESA). Были использованы спектрзональные снимки каналов B2, B3, B4, разрешением 10 м периода съемки с 15 мая по 15 июня 2018 г., с покрытием облачностью менее 10%, которые позволили разработать мозаику RGB с покрытием всей территории Сарпинской низменности. Дешифрирование

космоснимков проведено с использованием анализа распределения пикселей по тону на растровом изображении. Для проведения картографирования и анализа растра мозаики космоснимков был использован свободный геоинформационный программный комплекс с открытым кодом QGIS-3.8. Анализ растра, проведённый в геоинформационной среде, при помощи гистограмм распределения пикселей позволил разделить растр на зоны. Разделение по тону и визуальное дешифрирование снимков позволило сформировать зоны по уровням деградации ландшафтов. Использование пространственно-определённых данных в среде геоинформационных систем обеспечило выделение и картографирование зон по уровням деградации (рис. 1).

Анализ результатов геоинформационного картографирования деградации территории показал (рис. 2), что к уровню норма можно отнести только 975,234 тыс. га, к уровню риск 2568,563 тыс. га, на уровне кризис 1723,910 тыс. га, на уровне бедствие 1609,732 тыс. га [1].

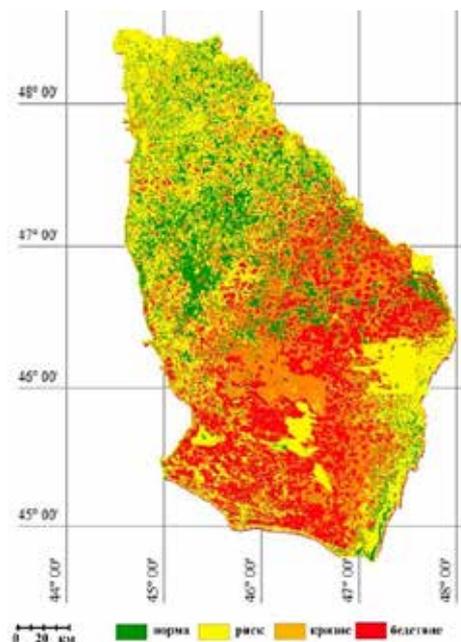


Рис. 1. Карта зон уровней деградации на территории Сарпинской низменности

Количество почвенных контуров и их площадь на территории Сарпинской низменности

Тип почвы (номер контура)	Кол-во контуров	Площадь, га
Пески с бурыми (178)	3	50165
Аллювиальные дерновые с аллювиальными луговыми (172)	1	13135
Аллювиальные луговые с бурыми (169)	9	144607
Солонцы с солончаками (163, 164)	1	127888
Солонцы с солодами (161)	1	175953
Солонцы с лугово-каштановыми (159)	1	11264
Солонцы с бурыми (157, 158)	5	33159
Солонцы со светло-каштановыми (150–156)	11	308294
Луговые с солончаками (141)	1	25491
Лугово-каштановые с луговыми (134)	1	27635
Бурые с песками (130–133)	11	1100456
Бурые с солончаками (128,129)	6	676417
Бурые с солонцами (123–127)	15	1144871
Светло-каштановые с солонцами (110–118)	17	766895
Светло-каштановые с луговыми (108,109)	4	451442
Светло-каштановые с лугово-каштановыми (104–107)	7	264601
Почвы оврагов и балок (76)	1	1435
Пески (71–75)	37	534126
Аллювиальные (61–69)	5	46332
Лугово-болотные (57–60)	1	92630
Солоды (49–50)	6	58635
Луговые (44–48)	1	78839
Бурые (35–37)	1	2856
Бурые (35–37)	18	657291
Светло-каштановые (23–32)	8	83022
Всего	172	6877438

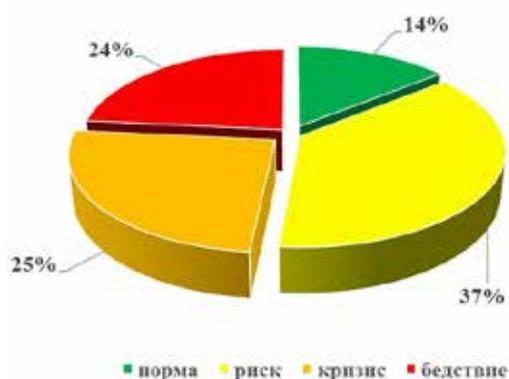


Рис. 2. Гистограмма распределения территории Сарпинской низменности по уровням деградации

Проведенные геоинформационные исследования пространственного распределения типов почв на территории Сарпинской низменности позволили разработать векторную карту почвенных контуров и определить их площади (таблица). Пространственная информация о почвах и площадях, ими занимаемых, дает возможность выявить наиболее уязвимые с точки зрения деградации участки, на которых необходимо провести исследования в первую очередь. Распределение почвенных контуров по площади показало, что наибольшую площадь занимают бурые почвы в комплексе с солонцами около 17% и бурые почвы с песками около 16%.

Заключение

Анализ степени деградации ландшафтов Сарпинской низменности, проведенный на основе информации космоснимков, свидетельствует в целом о крайне неблагоприятной ситуации экологического состояния территории. Около половины всей исследуемой территории (3333,642 тыс. га) нуждается в проведении незамедлительных

фитомелиоративных мероприятий с целью предотвращения роста очагов открытых, подвижных песков. Создание полевых защитных и прифермских лесомелиоративных комплексов, снижение антропогенного давления в районах, подверженных риску опустынивания, восстановление плодородия почв, продуктивности и экологической стабильности агробиоценозов, устойчивое развитие животноводства и ряд других природоохранных мероприятий, направленных на предотвращение деградационных процессов опустынивания земель и их восстановление, будет способствовать поддержанию природного равновесия экосистем, снижению социально-экономической напряженности в регионе.

Список литературы

1. Комарова И.А., Иванцова Е.А. Лесомелиоративная оценка агроландшафтов // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 7–12.
2. Новочадов В.В., Рулев А.С., Юферев В.Г., Иванцова Е.А. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 151–158. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-19.
3. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Shinkarenko S.S. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian. Arid ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 98–105. DOI: 10.1134/S2079096120020080.
4. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 102 с.
5. Лазарева В.Г., Бананова В.А., Нгуен Ван Зунг. Картирование растительности Сарпинской низменности в пределах Республики Калмыкия методами дистанционного зондирования и ГИС // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 178–183.
6. Рулев А.С., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 113–123.
7. Mulder V.L. et al. The use of remote sensing in soiland terrain mapping – A review. Geoderma. 2011. Vol. 162. No. 1–2. P. 1–19.

УДК 63:712.4.01

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
И ВЫЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ
ДЕНДРОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕРЕВЬЕВ
НА ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ
ВДОЛЬ РЕКИ ЛОСОСИНКИ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА**

Ольхин Ю.В., Морозова И.В.

*ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск,
e-mail: miv12@bk.ru*

В природном каркасе Петрозаводска одним из наиболее значимых связующих элементов между насаждениями вдоль берега Онежского озера и лесопарковой зоной стали зелёные насаждения вдоль р. Лососинки. В эту ленту насаждений вдоль русла реки входит Лососинский парк, обеспечивающий рекреационные потребности жителей, оказывающий большое влияние на экологическое качество урбанизированной среды и формирование привлекательного облика города. В статье представлены результаты оценки дендрометрических параметров и санитарного состояния зелёных насаждений части Лососинского парка и сквера Второй гидроэлектростанции г. Петрозаводска. На рекреационной территории площадью более 17 га обследовано 3557 экземпляров растений, представляющих 36 видов. Разнообразный ассортимент включает 17 видов древесных растений и 19 видов кустарников. Проведено распределение растений по количеству и по различным категориям жизнеспособности, определены дендрометрические характеристики растений. С целью установления взаимосвязи между дендрометрическими параметрами деревьев был проведён регрессионный анализ. В результате оценки состояния деревьев и кустарников в данном парке было установлено, что 49,8% деревьев и 56,9% кустарников находятся в хорошем состоянии, без признаков ослабления. К ослабленным и сильно ослабленным относится значительная часть деревьев и кустарников, а именно – 43,1% и 39,1% соответственно. Установлено, что 7,1% деревьев и 4% кустарников находятся в неудовлетворительном состоянии. Проведённый анализ структуры парка и состояния насаждений позволяет сформировать геоинформационную систему парка, проводить мониторинговые исследования, вести разработку мероприятий по реконструкции насаждений.

Ключевые слова: городские зелёные насаждения, рекреационные территории, инвентаризация, состояние деревьев и кустарников, дендрометрические характеристики, регрессионный анализ

**EVALUATION OF GREENERY CONDITION AND INDICATION
OF INTERRELATION BETWEEN DENDROMETRIC CHARACTERISTICS
OF TREES ON LANDSCAPE RECREATIONAL TERRITORIES ALONG
THE RIVER LOSOSINKA OF THE CITY OF PETROZAVODSK**

Olkhin Yu.V., Morozova I.V.

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: miv12@bk.ru

In the natural frame of the city of Petrozavodsk the greenery along the river of Lososinka has become one of the most significant linking members between the plantation along the coast of Lake Onego and the parkland. This line of plantation along the bed of the river includes Lososinsky Park, which provides for the recreational needs of the residents and has a notable influence on the ecologic quality of the built environment as well as the development of the compelling city image. The article addresses the results of the evaluation of the dendrometric parameters and sanitation conditions of the greenery in the part of Lososinsky Park and the square of the Second hydroelectric power station of the city of Petrozavodsk. On the recreational territory of more than 17 hectares there have been investigated 3557 samples of plants representing 36 species. The wide variety includes 17 species of arboreal plants and 19 species of shrubs. There has been organised classification of the plants by quantity and by different categories of vital capacity and there have been defined the dendrometric characteristics of the plants. In order to define the interrelation between dendrometric parameters of the trees there has been performed a regression analysis. As the result of the evaluation of the trees and shrubs condition there has been estimated that 49,8% of trees and 56,9% of shrubs are in a good condition without signs of weakening. There can be named weakened or severely weakened a notable part of trees and shrubs which is 43,1% and 39,1% correspondingly. There has been states that 7,1% of trees and 4% of shrubs are in a poor condition. The conducted analysis of the structure of the park and the condition of plantation gives an opportunity to form a geoinformation system of the park, to hold monitoring investigations, to develop measures for the greenery reconstruction.

Keywords: urban plantation, recreational territories, inventory check, trees and shrubs condition, dendrometric characteristics, regression analysis

Природно-антропогенные геосистемы населённых мест выполняют важные экологические, архитектурно-планировочные и рекреационные функции. Объекты ландшафтной архитектуры являются значимым

рекреационным ресурсом, включая в себя элементы и компоненты природного ландшафта и инфраструктуры, созданной человеком, предназначенных для отдыха. Исследователи отмечают, что растительный

компонент ландшафтно-рекреационных территорий способствует улучшению экологической обстановки города и качества жизни населения [1]. Зелёные насаждения населённых мест уменьшают загазованность воздуха, поглощают шум, сглаживают эффект резких перепадов температуры, регулируют влажность воздуха, выполняют водоохранные и берегозащитные функции, снижают неблагоприятное воздействие сильного и холодного ветра. В системе озеленения города ключевое рекреационное значение имеют парки, обеспечивающие благоприятную среду для массового отдыха населения, способствующие физическому и психологическому комфорту жителей. Большое значение имеют эстетические качества насаждений парков [2]. К сожалению, факторы городской среды, а также отсутствие благоустройства мест отдыха приводят к потере санитарно-гигиенических и декоративных качеств зелёных насаждений.

Цель исследования – выявить современное состояние древесных растений в Лососинском парке г. Петрозаводска.

Материалы и методы исследования

Лососинский парк расположен в микрорайоне Голиковка г. Петрозаводска. Он протянулся вдоль р. Лососинка по обе стороны от её берегов. С юго-востока парк граничит с набережной Ла-Рошель, жилой застройкой и Центром спортивной гимнастики. С северо-запада – с Лютеранской церковью

Святого Духа, сквером Второй гидроэлектростанции, административными и жилыми зданиями. В центре над парком расположен Красноармейский мост, северо-восточнее от него – Лобановский мост. В окружении парка имеются следующие объекты ландшафтной архитектуры: парк Древлянская роща, сквер Белая Роща, сквер Второй Гидроэлектростанции, сквер Маршала Мерецкова, Лобановский парк и парк Берёзовая роща. Данные объекты относятся к внутригородским зелёным насаждениям общего пользования и в системе озеленения города обеспечивают связь между собой и с загородными насаждениями.

Полевой материал для исследования состояния насаждений был собран в летний период 2020 г. Площадь обследованной территории составила 17,42 га и включала в себя часть Лососинского парка и сквер Второй Гидроэлектростанции. Границы обследованного объекта представлены на рис. 1. Полевые работы проводились на основе плана геодезической съёмки с использованием опубликованных методических разработок инвентаризации городских зелёных насаждений [3]. Исследование состояния насаждений проводилось в пределах выделенных учётных полигонов, ограниченных постоянными планировочными линиями. Нумерация деревьев и кустарников выполнялась в форме двухуровневого списка, т.е. первая цифра соответствовала номеру полигона, а вторая – номеру растения на данном участке.



Рис. 1. Границы обследованной территории части Лососинского парка и сквера Второй гидроэлектростанции г. Петрозаводска



Рис. 2. План инвентаризации насаждений части Лососинского парка

Местоположение обследованных древесных растений было зафиксировано на плане инвентаризации (рис. 2), который оформлен с применением системы автоматизированного проектирования AutoCAD 2017 (студенческая версия). Привязка плана выполнена к системе координат WGS-84. Под соответствующим номером обследованное растение записывалось в таблицу учёта деревьев и кустарников. В ходе обследования объекта определяли вид и жизненную форму растений, дендрометрические характеристики, категории жизнеспособности. Диаметр ствола измеряли на высоте 1,3 м с помощью мерной вилки, высоту растений определяли с помощью лазерного высотомера Nikon Forestry, замер диаметров крон проводили в направлении север-юг и восток-запад с использованием лазерного дальномера SNDWAY SW-M50. Качественное состояние деревьев и кустарников оценивалось по внешним признакам с выделением следующих категорий жизнеспособности – «без признаков ослабления», «ослабленные», «сильно ослабленные», «усыхающие», «сухостой текущего года» и «сухостой прошлых лет».

В дальнейшем категории жизнеспособности были объединены в три категории состояния: хорошее («без признаков ослабления»), удовлетворительное («ослабленные», «сильно ослабленные»), неудовлетворительное («усыхающие», «сухостой текущего года» и «сухостой прошлых лет»).

В исследованиях структуры и состояния естественных и искусственных насаждений актуальным является установление взаимосвязей между таксационными показателями [4]. Для выявления взаимосвязи между дендрометрическими характеристиками был проведён регрессионный анализ с использованием блока статистической обработки данных программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Обследованная часть, как и весь парк, расположена вдоль русла реки Лососинка. Наличие на территории объекта природного водоема является выигрышным в силу своей рекреационной привлекательности для посетителей парка. Рельеф парка неоднородный, ровные участки поймы р. Лососинки примыкают к склонам со значительным

перепадом высот. Самая высокая отметка рельефа в пределах обследованного участка составляет 89,6 м над уровнем моря, самая низкая – 64,5 м, таким образом, перепад высот составляет свыше 25 м. Выраженный рельеф способствует образованию множества видовых точек на маршрутах парка, что положительно влияет на рекреационный потенциал территории. Большая часть обследованной территории, около 75 %, находится

на склонах северной и северо-восточной экспозиций, т.е. на относительно плохо прогреваемых участках, получающих небольшое количество солнечной радиации и имеющих невысокую скорость снеготаяния. При проведении инвентаризации зелёных насаждений в Лососинском парке было зарегистрировано 36 видов древесных растений. Из 17 видов деревьев на данном объекте преобладает черёмуха обыкновенная (табл. 1).

Таблица 1

Распределение деревьев по видам и категориям состояния,
средние значения дендрометрических параметров

№ п/п	Название вида дерева	Количество обследованных деревьев, шт.	Состояние			Диаметр ствола на высоте 1,3 м, см	Высота, м	Средний диаметр кроны, м
			хорошее	удовлетворительное	неудовлетворительное			
			шт., %	шт., %	шт., %			
1	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	548	314/57,3	151/27,6	83/15,1	26,7	14,4	5,2
2	Береза пушистая <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	253	160/63,2	85/33,6	8/3,2	30,6	16,9	5,2
3	Вяз гладкий <i>Ulmus laevis</i> Pall.	71	31/43,7	36/50,7	4/5,6	30,7	16,1	5,0
4	Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L.	3	1/33,3	2/67,7	0/0	25,1	13,3	7,3
5	Ива белая <i>Salix alba</i> L.	1	0/0	1/100	0/0	62,0	18,0	17,0
6	Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	244	75/30,7	112/45,9	57/23,4	16,5	8,7	4,2
7	Ива ломкая <i>Salix fragilis</i> L.	2	1/50	0/0	1/50	15,5	8,0	3,8
8	Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	1	1/100	0/0	0/0	7,0	5,7	2,9
9	Клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	197	176/89,3	20/10,2	1/0,5	14,6	10,4	4,3
10	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	60	25/41,7	35/58,3	0/0	31,8	14,8	5,6
11	Лиственница сибирская <i>Larix sibirica</i> Ledeb.	11	4/36,4	7/63,6	0/0	43,3	18,3	6,6
12	Ольха серая <i>Alnus incana</i> (L.) Moench	287	222/77,4	60/20,9	5/1,7	14,0	9,2	4,2
13	Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	51	32/62,7	14/27,5	5/9,8	18,6	7,9	4,4
14	Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	5	4/80	0/0	1/20	3,0	2,0	1,0
15	Тополь душистый <i>Populus suaveolens</i> Fisch.	52	4/7,7	47/90,4	1/1,9	48,0	9,7	17,6
16	Тополь дрожащий (осина) <i>Populus tremula</i> L.	63	47/74,6	13/20,6	3/4,8	28,1	12,1	5,4
17	Черёмуха обыкновенная <i>Prunus padus</i> L.	935	288/30,8	617/66	30/3,2	13,8	8,0	4,1
Итого		2784	1385/49,8	1200/43,1	199/7,1	–	–	–

Таблица 2

Распределение кустарников по видам и категориям состояния

№ п/п	Название вида кустарника	Количество обследованных кустарников, шт.	Состояние		
			хорошее	удовлетворительное	неудовлетворительное
			шт., %	шт., %	шт., %
1	Боярышник кроваво-красный <i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	1	1/100	0/0	0/0
2	Бузина красная <i>Sambucus racemosa</i> L.	7	6/85,7	1/14,3	0/0
3	Дерен белый <i>Cornus alba</i> L.	19	12/63,2	7/36,8	0/0
4	Дерен укореняющийся <i>Cornus stolonifera</i> Michx.	2	2/100	0/0	0/0
5	Жимолость татарская <i>Lonicera tatarica</i> L.	19	0/0	16/84,2	3/15,8
6	Ива остролистная <i>Salix acutifolia</i> Willd.	19	2/10,5	17/89,5	0/0
7	Ива пепельная <i>Salix cinerea</i> L.	236	23/9,7	185/78,4	28/11,9
8	Ива прутовидная <i>Salix viminalis</i> L.	41	15/36,6	26/63,4	0/0
9	Ива пятитычинковая <i>Salix pentandra</i> L.	57	8/14	49/86	0/0
10	Ирга круглолистная <i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	1	1/100	0/0	0/0
11	Калина обыкновенная <i>Viburnum opulus</i> L.	7	6/85,7	1/14,3	0/0
12	Карагана древовидная <i>Caragana arborescens</i> Lam.	3	3/100	0/0	0/0
13	Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	142	142/100	0/0	0/0
14	Пузыреплодник калинолистный <i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim.	1	1/100	0/0	0/0
15	Роза майская <i>Rosa majalis</i> Herrm.	30	30/100	0/0	0/0
16	Роза морщинистая <i>Rosa rugosa</i> Thunb.	1	1/100	0/0	0/0
17	Сирень обыкновенная <i>Syringa vulgaris</i> L.	2	2/100	0/0	0/0
18	Снежноягодник белый <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F.Blake,	27	27/100	0/0	0/0
19	Спирея иволистная <i>Spiraea salicifolia</i> L.	158	158/100	0/0	0/0
Итого		773	440/56,9	302/39,1	31/4,0

Количество деревьев этого вида составляет 33,6% от общего числа деревьев, выявленных в обследованной части парка. Подавляющее большинство деревьев на объекте, а именно 88,5%, представлено шестью видами – берёза повислая, берёза пушистая,

ива козья, клён остролистный, ольха серая, черёмуха обыкновенная. Достаточно богатый видовой состав деревьев и кустарников является положительной чертой данного парка и может рассматриваться в качестве хорошей основы для формирования разно-

образных пейзажных картин. К недостаткам следует отнести отсутствие вдоль берега реки специально запроектированных посадок, сформировавшиеся порослевые загущенные насаждения, снижающие эстетические качества береговых пейзажей. Необходимы мероприятия по уходу за этими насаждениями, направленные на повышение их декоративности.

Пространственное распределение растений по категориям состояния (хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное) представлено на плане инвентаризации, фрагмент которого приведён на рис. 2. В ходе обследования учтено 1385 деревьев, находящихся в хорошем состоянии, что составляет 49,8% от общего количества деревьев (табл. 1). Удовлетворительное состояние отмечено у 1200 деревьев, что составляет 43,1% от общего числа деревьев. В неудовлетворительном состоянии находилось 199 деревьев, или 7,1% от общего числа деревьев.

Данные, приведённые в табл. 1, свидетельствуют, что видами деревьев с самым большим количеством экземпляров в хорошем состоянии являются: берёза повислая – 314 шт. (57,3% от общего числа деревьев данного вида), черёмуха обыкновенная – 288 экземпляров (30,8% от общего числа деревьев данного вида), ольха серая – 222 шт. (77,4% от общего числа деревьев данного вида), клён остролистый – 176 экземпляров (89,3% от общего числа деревьев данного вида), берёза пушистая – 160 растений (63,2% от общего числа деревьев данного вида). Эти 5 видов составляют 83,8% от всего числа деревьев, находящихся в хорошем состоянии.

Наибольшее число деревьев в удовлетворительном состоянии отмечено у черёмухи обыкновенной – 617 шт. (66% от общего числа деревьев данного вида). Еще два вида – берёза повислая и ива козья – имеют значительное число растений в удовлетворительном состоянии – 151 и 112 экземпляров соответственно. Максимальное число экземпляров в неудовлетворительном состоянии было обнаружено у следующих видов деревьев: берёза повислая – 83 шт. (15,1% от общего числа деревьев данного вида), ива козья – 57 шт. (23,4% от общего числа деревьев данного вида), черёмуха обыкновенная – 30 шт. (3,2% от общего числа деревьев данного вида).

В парке довольно разнообразный видовой состав кустарников, выявлено 19 видов, из которых преобладает ива пепельная (табл. 2). Количество экземпляров этого

вида составляет 37% от общего числа кустарников в границах обследованной части парка.

На объекте обнаружено 440 кустарников, соответствующих хорошему состоянию, что составляет 56,9% от общего количества кустарников. В удовлетворительном состоянии находятся 302 кустарника, или 39,1% от общего числа кустарников. В неудовлетворительном состоянии находился 31 экземпляр кустарников (4%). Из данных, приведённых в табл. 2, следует, что видом кустарника с самым большим количеством экземпляров в хорошем состоянии – 158 штук (100% от общего числа кустарников данного вида) – является спирея иволистная.

Фактически подготовлена картографическая и тематическая основа для формирования геоинформационной системы парка.

Оценка состояния парковых насаждений включает проведение анализа дендрометрических характеристик деревьев. Были определены средние значения диаметра ствола на высоте 1,3 м, среднего диаметра кроны, высоты. В результате оценки средних значений дендрометрических характеристик деревьев установлено, что в парке сформированы достаточно крупные структурные насаждения. Средняя высота деревьев имеет величину 12,1 м, средний диаметр на высоте 1,3 м – 22,5 см, средний диаметр кроны – 4,9 м. В табл. 1 приведены средние значения дендрометрических параметров деревьев по видам.

На территории объекта исследования достаточно большое количество крупной кустарниковой растительности и кустовидной поросли. Это подтверждается характеристикой средних значений высоты, диаметра ствола на высоте 1,3 м, среднего диаметра кроны по кустарникам. Так, средняя высота кустарников составила 3,1 м, средний диаметр ствола – 4,7 см, средний диаметр кроны – 2,7 м.

Для установления взаимосвязи между дендрометрическими характеристиками был проведён регрессионный анализ по видам деревьев с количеством учтённых экземпляров более 50 шт. Общее число деревьев, охваченных данным анализом, составило 2761 шт., или 99,2% от общего числа деревьев. Были рассчитаны значения переменных и получены корреляционные уравнения связи. В табл. 3 представлены уравнения связи среднего диаметра на высоте 1,3 м ($d_{1,3}$) со средней высотой (h) и средним диаметром кроны (D_k).

Таблица 3

Корреляционные уравнения, описывающие связь среднего диаметра ствола на высоте 1,3 м ($d_{1,3}$) со средним диаметром кроны (D_k) и средней высотой (h)

Название вида дерева	Корреляционное уравнение	Множественный коэффициент корреляции (R)	Коэффициент детерминации (R^2)
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	$d_{1,3} = 5,12 + 0,72h + 2,16D_k$	0,65	0,42
Береза пушистая <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	$d_{1,3} = 0,77 + 0,51h + 4,10D_k$	0,63	0,39
Вяз гладкий <i>Ulmus laevis</i> Pall.	$d_{1,3} = -29,04 - 0,20h + 12,50D_k$	0,74	0,55
Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	$d_{1,3} = 2,99 + 0,53h + 2,11D_k$	0,50	0,25
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i> L.	$d_{1,3} = 1,72 + 1,12h + 0,29D_k$	0,90	0,82
Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	$d_{1,3} = -5,65 + 1,10h + 3,82D_k$	0,77	0,59
Ольха серая <i>Alnus incana</i> (L.) Moench	$d_{1,3} = 1,51 + 1,28h + 0,19D_k$	0,77	0,59
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	$d_{1,3} = -1,06 + 0,76h + 3,09D_k$	0,86	0,74
Тополь душистый <i>Populus suaveolens</i> Fisch.	$d_{1,3} = -20,24 + 3,43h + 0,81D_k$	0,64	0,41
Тополь дрожащий (осина) <i>Populus tremula</i> L.	$d_{1,3} = -16,96 + 0,38h + 7,44D_k$	0,97	0,94
Черемуха обыкновенная <i>Prunus padus</i> L.	$d_{1,3} = 3,97 + 1,18h + 0,09D_k$	0,54	0,29

По всем проанализированным видам деревьев выявлены положительные значения множественного коэффициента корреляции (R) и коэффициента детерминации (R^2), что свидетельствует о наличии связи между оцениваемыми дендрометрическими характеристиками. Наибольшие значения множественного R и R^2 обнаружены для характеристик тополя дрожащего, они составили 0,97 и 0,94 соответственно (табл. 3). Коэффициент детерминации не ниже 0,5 получен для следующих видов – вяз гладкий, клён остролистный, липа мелколистная, ольха серая, рябина обыкновенная, тополь дрожащий. Результаты регрессионного анализа позволяют сделать вывод, что для данных видов рассчитанные модели являются приемлемыми. Для остальных видов зависимость между средним диаметром на высоте 1,3 м, средней высотой и средним диаметром кроны оказалась слабее. Так, у берёзы повислой, берёзы пушистой, ивы козьей, тополя душистого, черёмухи обыкновенной коэффициент корреляции имеет значение от 0,5 до 0,65, а значение коэффициента детерминации – от 0,25 до 0,42. Практическое применение уравнений для данных видов является малоприменимым.

Заключение

Подготовлена картографическая и тематическая основа для формирования геоинформационной системы парка и проведения мониторинговых исследований.

В ходе обследования городской рекреационной парковой территории на площади 17,42 га всего было учтено 3557 экземпляров древесных растений. Установлено, что в хорошем состоянии находятся 1385 деревьев и 440 кустарников, что суммарно составляет около 51% от их общего числа. Результаты исследования показывают, что значительное количество древесных растений парка ослаблены. В ослабленном состоянии находятся 43,1% деревьев и 39,1% кустарников. Обнаружены 230 растений, или 6,5%, в неудовлетворительном состоянии. Очевидно, что необходимы мероприятия по формированию насаждений и по улучшению их санитарного и декоративного состояния. Актуальность таких работ не вызывает сомнения и подтверждается исследованиями [5]. Полученные результаты оценки состояния насаждений части Лососинского парка позволяют вести мониторинг, разработать решения по содержанию

и эксплуатации парка, а также предложить проекты реконструкции планировки и объёмно-пространственной структуры.

Оценка дендрометрических характеристик позволяет сделать вывод, что парковая территория имеет достаточно крупные сформированные насаждения преимущественно из деревьев. Средние значения высоты и диаметра ствола на высоте 1,3 м достигают 11 и 21,3 м соответственно. Кустарники также достаточно крупные, их средняя высота составляет 3,1 м, а средний диаметр ствола – 4,7 м. Это связано с большим количеством крупной порослевой ивы на объекте.

Для более чем 99% деревьев определены регрессионные уравнения взаимосвязи среднего диаметра ствола на высоте 1,3 м со средним диаметром кроны и средней высотой. Связь между оцениваемыми дендрометрическими характеристиками установлена для всех проанализированных видов деревьев. Средняя или тесная связь между отмеченными параметрами и приемлемые регрессионные модели получены для шести видов деревьев, это вяз гладкий, клён остролистый, липа мелколистная, ольха серая, рябина обыкновенная, тополь дрожащий. Регрессионные уравнения взаимосвя-

зи дендрометрических показателей важны в исследовании структуры насаждений рекреационных территорий. При выполнении дешифрирования и анализа насаждений дистанционными методами выявленные зависимости могут быть использованы при определении дендрометрических характеристик. Следует продолжить подобные исследования на других объектах ландшафтной архитектуры.

Список литературы

1. Чомаева М.Н. Роль зелёных насаждений для городской среды // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 4–3. С. 12–14. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10387.
2. Аткина Л.И., Гневнов Е.С. Оценка эстетического состояния насаждений парков окраин г. Екатеринбурга и пути их улучшения // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 30. № 1–2. С. 36–41.
3. О Методических рекомендациях по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке: утв. Постановлением Правительства Москвы от 30.09.2003 г. № 822–ПП. М.: 2003. 48 с.
4. Ковязин В.Ф., Нгуен Т.Т. Методика определения лесоводственно-таксационных показателей городских насаждений с применением уравнений связи // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 4. С. 82–90. DOI: 10.12737/article_5a3cf017bf5e43.49082745.
5. Воскобойникова И.В., Телепина Ю.В., Калижук В.А. Эколого-рекреационная оценка парка им. И.М. Поддубного в г. Ейске // Принципы экологии. 2020. № 3. С. 87–97. DOI: 10.15393/j1.art.2020.10102.

УДК 630*182.8

СОСТОЯНИЕ БЕРЕЗЫ ПЛОСКОЛИСТНОЙ В УРБОФИТОЦЕНОЗАХ БАСЕЙНА СРЕДНЕГО АМУРА (НА ПРИМЕРЕ Г. ХАБАРОВСКА)

Сомов Е.В., Кшевина М.В.

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, e-mail: sev0@mail.ru

Представлены итоги работ по изучению жизненного состояния насаждений березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) в урбанизированной среде, проведенных в Хабаровске в 2015–2021 гг. Цель исследования – изучить жизненное состояние березы плосколистной на территориях различного функционального назначения в условиях г. Хабаровска с учетом возрастного состояния насаждений. Впервые осуществлена сравнительная оценка жизненного состояния насаждений для функциональных зон городской планировки и возрастных этапов развития насаждений. Получено распределение насаждений по категориям жизненного состояния с дифференциацией по функциональным зонам и возрастным состояниям; встречаемость насаждений различных категорий жизненного состояния в отдельных функциональных зонах находится в диапазонах: здоровые – от 4% до 10%, ослабленные – от 64% до 81%, сильно ослабленные – от 8% до 17%, отмирающие – от 0% до 7%, погибшие – от 0% до 3%. Индекс жизненного состояния насаждений в среднем для всей территории Хабаровска равен 64% и соответствует категории жизненного состояния (по В.А. Алексееву) – II (ослабленные). Установлено, что категория жизненного состояния насаждений при переходе между отдельными функциональными зонами не изменяется; при этом наблюдаются стабильно меньшие значения индекса жизненного состояния насаждений на улицах (от 4% до 15%) по сравнению с практически равными между собой значениями для внутриквартальных территорий и территорий рекреационного назначения. На разных возрастных этапах развития насаждений категория их жизненного состояния также не изменяется; индекс жизненного состояния в отдельных возрастных состояниях как в среднем для городской территории, так и для каждой функциональной зоны заметно уменьшается при переходе от молодого к средневозрастному генеративному возрастному состоянию (от 6% до 23%). Подтвержден тезис об устойчивости березы плосколистной в урбанизированной среде в условиях района исследований. Даны практические рекомендации производству.

Ключевые слова: озеленение городов, береза плосколистная, жизненное состояние насаждений, возрастное состояние насаждений, функциональные зоны, городская планировка, Хабаровск, бассейн среднего Амура

THE STATE OF FLAT-LEAVED BIRCH IN THE URBAN PHYTOCENOSES OF THE MIDDLE AMUR BASIN (ON THE EXAMPLE OF Khabarovsk)

Somov E.V., Kshevina M.V.

Pacific National University, Khabarovsk, e-mail: sev0@mail.ru

The results of the work on the study of the living condition of the plantings of flat-leaved birch (*Betula platyphylla* Sukacz.) in an urbanized environment conducted in Khabarovsk in 2015–2021 are presented. The purpose of the research is to study the vital condition of the flat-leaved birch in the territories of different functional purposes in the conditions of Khabarovsk, taking into account the age stage of the plantings. For the first time, a comparative assessment of the vital condition of plantings for functional zones of urban planning and age stages of plantings development was carried out. The distribution of plantings by categories of vital condition with differentiation by functional zones and age stages is obtained; the occurrence of plantings of different categories of vital condition in particular functional zones is in the ranges: healthy – from 4 to 10%, weakened – from 64 to 81%, severely weakened – from 8 to 17%, dying – from 0 to 7%, the dead – from 0 to 3%. The index of the vital condition of plantings on average for the entire territory of Khabarovsk is 64% and corresponds to the category of vital condition (according to V.A. Alekseev) – II (weakened). It is established that the category of the vital condition of plantings does not change during the transition between different functional zones; at the same time, there are consistently lower values of the index of the vital condition of plantings on the streets (from 4% to 15%) compared with almost equal values for intra-block territories and recreational areas. At different age stages of the development of plantings, the category of their vital condition also does not change; the index of the vital condition in individual age stages, both on average for the urban area and for each functional zone, decreases markedly during the transition from the young to the middle-aged generative age stage (from 6% to 23%). The thesis about the stability of flat-leaved birch in an urbanized environment in the conditions of the research area is confirmed. Practical recommendations for production are given.

Keywords: urban greening, flat-leaved birch, the vital state of plantings, the age state of plantings, functional zones, urban layout, Khabarovsk, the Middle Amur basin

Изучение жизненного состояния древесных растений при их произрастании в различных условиях урбанизированной среды имеет важное значение для решения многих задач: ландшафтного планирования при разработке генеральных планов строительства и развития городов; проектирования и дизайна от-

дельных объектов городской ландшафтной архитектуры; ведения городского зеленого хозяйства в части ухода за зелеными насаждениями, их ремонта и реконструкции; мониторинга состояния городской среды; оценки распределения и динамики объема кроновой фитомассы в урбофитоценозах и др.

В качестве одной из пород базового ассортимента, предназначенного для создания основной массы растительности в населенных пунктах бассейна среднего Амура, может использоваться береза плосколистная (*Betula platyphylla* Sukacz.), являющаяся аборигеном для дальневосточного региона. В настоящее время ассортимент древесно-кустарниковых пород, вводимых в состав зеленых насаждений Хабаровска, довольно разнообразен [1]. Вместе с тем общий облик озеленения Хабаровска все еще остается тополево-вязовым, на фоне которого, однако, заметен ряд коренных дальневосточных древесных пород, в том числе березы плосколистной. Распространению березы способствуют ее высокие декоративные качества, нетребовательность к условиям местопроизрастания, достаточная устойчивость к неблагоприятным факторам городской среды, быстрота роста, зимостойкость, высокие санитарно-гигиенические и средоохранительные свойства.

Обзор работ, посвященных изучению состояния насаждений березы плосколистной в урбанизированной среде в условиях городов бассейна среднего Амура, показывает недостаточную изученность данного вопроса. В Хабаровске такие исследования ограничиваются определением индекса жизненного состояния уличных насаждений в среднем для городской территории, а также для отдельных возрастных состояний растений [2]. Для других городов и населенных пунктов рассматриваемого района подобные исследования не проводились.

Анализ динамики качества популяций растений в зависимости от возрастных групп в городской среде показывает, что их жизнеспособность меняется в процессе онтогенеза [3]. Кроме того, существенное влияние на состояние городских насаждений оказывают условия местопроизрастания, изменяющиеся в довольно широком диапазоне, в том числе в зависимости от типа озелененных территорий различного функционального назначения [4].

В связи с вышесказанным в данной работе была поставлена цель: изучить жизненное состояние березы плосколистной на территориях различного функционального назначения в условиях г. Хабаровска с учетом возрастного состояния насаждений. В статье приводятся итоги исследований, проведенных авторами в период 2015–2021 гг. [5, 6].

Материалы и методы исследования

В условиях отсутствия предварительной информации о местах произрастания насаждений березы плосколистной на городской территории, а также в целях получения репрезентативных выборок для различных категорий возрастного состояния и городских территориальных зон разного функционального назначения применялся двухэтапный метод организации сбора данных [7]: на первом (предварительном) этапе осуществлялись поиск насаждений, определение географических координат их местоположения и первичная оценка в объеме, достаточном для планирования второго этапа работ; на втором этапе производилась детальная таксация выборочных насаждений в соответствии с программой исследования.

Первый этап сбора данных осуществлялся для всей доступной территории г. Хабаровска в отношении внутриквартальных, уличных, парковых и естественных природных насаждений с использованием мобильных геоинформационных приложений, картографических веб-сервисов, мобильных устройств с функцией GPS согласно авторской методике [7]. На основе полученной массива информации (6655 насаждений) создана база данных о насаждениях березы плосколистной на территории г. Хабаровска [6] на геоинформационной платформе QGIS в связке с СУБД Access.

В целях оптимизации работ по второму этапу сбора данных, снижения их трудозатрат и стоимости из общего массива информации извлекались выборки насаждений в соответствии с общепринятыми методами организации выборочных наблюдений [8, 9]. Репрезентативность выборок обеспечивалась достаточным их объемом (не менее 100–110 единиц для каждой функциональной зоны), случайным бесповторным отбором с использованием генератора равномерно распределенных случайных чисел (Excel-функция), а также представленностью насаждений из различных частей городской территории. Группы выборок формировались для следующих функциональных зон городской территориальной планировки [10]:

- жилые;
- общественно-деловые;
- рекреационного назначения;
- магистральные улицы общегородского значения;
- магистральные улицы районного значения;
- улицы местного значения.

Категории «жилые» и «общественно-деловые» были объединены в одну категорию – «внутриквартальные» – ввиду схожести условий места произрастания и недостаточности объема выборок при их раздельном рассмотрении для изучения влияния комплекса обозначенных факторов. В исследовании не рассматривались насаждения, расположенные на территориях производственных зон, зон сельскохозяйственного использования, а также зон специального назначения, в том числе территорий размещения военных и других режимных объектов, зон охраны водозаборов, кладбищ, инфекционных больниц и т.п.

Таксационная оценка наряду с параметрами, необходимыми для других направлений исследования, включала определение следующих характеристик:

– жизненное состояние насаждений в соответствии с методикой В.А. Алексеева [11], включая расчет индексов жизненного состояния по числу деревьев и насаждений;
 – возрастное состояние в соответствии с классификацией, разработанной Т.А. Работновым (1950) и дополненной А.А. Урановым (1975) и его учениками (1976) [12] с опорой на критерии для определения возрастных состояний древесных растений [12].

Результаты исследования и их обсуждение

Получено распределение насаждений березы плосколистной по категориям жизненного состояния с учетом возрастного состояния в различных функциональных зонах городской территории Хабаровска (табл. 1).

Таблица 1

Распределение насаждений березы плосколистной по категориям жизненного состояния в зависимости от возрастного состояния в различных функциональных зонах городской территории Хабаровска

Возрастное состояние	Распределение насаждений по категориям жизненного состояния, %						
	I	II	III	IV	Va	Vб	Всего
Внутриквартальные территории (ВК)							
v	3	1	1	–	–	–	5
g1	4	21	3	–	–	–	28
g2	2	29	7	–	–	–	38
g3	–	27	2	–	–	–	29
Всего	9	78	13	–	–	–	100
Территории рекреационного назначения (РН)							
v	–	–	–	–	–	–	–
g1	6	14	3	1	–	–	24
g2	–	51	6	1	–	–	58
g3	–	16	2	–	–	–	18
Всего	6	81	11	2	–	–	100
Магистральные улицы общегородского значения (УОЗ)							
v	–	–	–	–	–	–	–
g1	2	31	8	–	1	1	43
g2	1	34	4	–	–	–	39
g3	1	15	–	1	–	1	18
Всего	4	80	12	1	1	2	100
Магистральные улицы районного значения (УРЗ)							
v	–	1	–	–	–	–	1
g1	4	24	3	–	1	–	32
g2	2	47	4	3	–	1	57
g3	–	8	2	–	–	–	10
Всего	6	80	9	3	1	1	100

Окончание табл. 1

Возрастное состояние	Распределение насаждений по категориям жизненного состояния, %						
	I	II	III	IV	Va	Vб	Всего
Улицы местного значения (УМЗ)							
v	–	2	–	–	–	–	2
g1	9	16	4	1	–	–	30
g2	–	22	12	2	–	–	36
g3	1	24	1	4	–	2	32
Всего	10	64	17	7	–	2	100
В среднем для городской территории (ГТ)							
v	1	1	–	–	–	–	2
g1	5	21	4	–	–	–	30
g2	1	38	7	1	–	–	47
g3	–	18	1	1	–	1	21
Всего	7	78	12	2	–	1	100

Примечания: здесь и далее по тексту категории возрастного состояния: v – виргинильное, g1 – молодое генеративное, g2 – средневозрастное генеративное, g3 – старое генеративное; категории жизненного состояния: I – здоровые, II – ослабленные, III – сильно ослабленные, IV – отмирающие, Va – свежий сухостой, Vб – старый сухостой; «–» – насаждения отсутствуют или составляют менее 1% от общего количества в данной функциональной зоне.

Насаждения II категории состояния (ослабленные) абсолютно доминируют во всех функциональных зонах и на городской территории в целом как по отдельным возрастным состояниям, так и без дифференциации по возрасту. Встречаемость здоровых насаждений не превышает 10%. Распределение ослабленных насаждений мало различается между зонами – от 78% до 81% (за исключением улиц местного значения – 64%). Совокупность здоровых и ослабленных насаждений по отдельным функциональным зонам также изменяется незначительно – от 84% до 87% (за исключением улиц местного значения – 74%), а в целом по городской территории – 85%. Полученные данные позволяют сделать вывод об устойчивости березы плосколистной в урбанизированной среде в условиях района исследования, что согласуется с выводами других авторов [3].

Анализ различий в состоянии насаждений по функциональным зонам показывает заметное увеличение встречаемости здоровых насаждений на улицах по мере перехода от магистралей общегородского значения к улицам местного значения, что объясняется снижением техногенной нагрузки. Различий во встречаемости совокупности здоровых и ослабленных насаждений между внутриквартальными территориями и территориями рекреационного назначения для березы плосколистной не наблюдается.

В распределении сильно ослабленных насаждений по функциональным зонам также значительные различия не отмечены – от 9% до 13% (за исключением улиц местного значения – 17%), а в целом по городской территории – 12%. Значительная доля насаждений III категории состояния на улицах местного значения объясняется тем обстоятельством, что данная функциональная зона расположена преимущественно на территориях усадебной застройки (частный сектор), где насаждения деревьев размещаются или со стороны улицы (за оградой, у дороги и т.п.), или во дворе частного дома. Нередко здесь отмечаются контрасты условий произрастания растений: в одних случаях осуществляется уход за насаждениями, наблюдается бережное к ним отношение в стремлении украсить свой дом, в других – имеют место небрежность, механические повреждения ствола и ветвей, оголение корневой системы, чрезмерное уплотнение почвы вблизи деревьев, что в совокупности формирует комплекс факторов, способствующих дополнительному ослаблению деревьев.

Аналогичная ситуация сложилась в отношении отмирающих насаждений – 7% на улицах местного значения по сравнению со значениями от 0% до 3% для остальных зон и 2% в целом по городской территории. Причины, по нашему мнению, те же, что и для сильно ослабленных насаждений.

Погибшие насаждения (свежий и старый сухостой) встречаются с частотой до 1% в целом по городской территории, до 3% – на улицах и менее 1% – на внутриквартальных территориях и на территориях рекреационного назначения, что объясняется, по-видимому, несколько большим вниманием служб городского хозяйства к уходу за растениями в жилых и общественно-деловых зонах, а также на участках парков и бульваров (по крайней мере, в части уборки сухостойных и представляющих опасность деревьев).

Индекс жизненного состояния насаждений в отдельных функциональных зонах городской планировки в среднем для всех возрастных состояний незначительно уменьшается в ряду: ВК → РН → УРЗ → УОЗ → УМЗ (табл. 2). При этом категория жизненного состояния насаждений – II (ослабленные) при переходе между функциональными зонами не изменяется. Похожая тенденция отмечена в зеленых насаждениях г. Владивостока [4].

При сравнении индекса жизненного состояния в отдельных функциональных зонах для каждого возрастного этапа развития насаждений наблюдаются стабильно меньшие значения на улицах (от 4% до 15%) по срав-

нению с практически равными между собой значениями для внутриквартальных территорий и территорий рекреационного назначения. Стоит отметить, что наибольшие различия здесь отмечаются на улицах местного значения в средневозрастном и старом генеративном возрастных состояниях.

Индекс жизненного состояния насаждений в отдельных возрастных состояниях в среднем для городской территории заметно уменьшается в ряду: v → g1 → g2 → g3 (табл. 2). При этом категория жизненного состояния насаждений – II (ослабленные) при смене возрастных этапов развития не изменяется. При сравнении индекса жизненного состояния в отдельных возрастных состояниях для каждой функциональной зоны также наблюдается изменение значений в процессе онтогенеза в сторону их уменьшения, причем различия между категориями v и g1, g2 и g3 незначительны (от 1% до 7%) по сравнению с различиями между категориями g1 и g2 (от 6% до 23%).

Полученные данные об изменении жизненного состояния насаждений березы плосколистной на территории Хабаровска при смене возрастных состояний сравнивались с результатами других исследователей (табл. 3).

Таблица 2

Индексы жизненного состояния березы плосколистной в зависимости от возрастного состояния насаждений в различных функциональных зонах городской территории Хабаровска

Возрастное состояние	Индекс жизненного состояния насаждений по функциональным зонам городской планировки, %						
	ВК	РН	УОЗ	УРЗ	УМЗ	У	ГТ
v	82	–	–	70	70	70	78
g1	71	71	62	69	73	68	69
g2	66	66	68	65	56	63	64
g3	68	66	63	65	58	60	63
Все возрастные состояния	69	67	65	66	62	64	66

Примечание: У – улицы всех категорий функционального назначения (УОЗ, УРЗ, УМЗ)

Таблица 3

Индексы жизненного состояния насаждений березы плосколистной на разных этапах возрастного развития в уличных посадках Хабаровска

Источник данных	Индекс жизненного состояния насаждений по возрастным состояниям, %				
	v	g1	g2	g3	Все возрастные состояния
Авторы статьи	70	68	63	60	64
по О.Н. Ухваткиной [2]	70	58	70	58	66

Так, О.Н. Ухваткина [2] для березы плосколистной, произрастающей на улицах Хабаровска, приводит значения индекса жизненного состояния насаждений для различных этапов возрастного развития. Отмечается наиболее высокое значение индекса жизненного состояния для средневозрастного генеративного состояния по сравнению с другими возрастными периодами, что объясняется более благоприятным экологическим фоном при формировании этих насаждений в прошлом. По нашим данным, имеет место тренд на постепенное уменьшение индекса жизненного состояния в процессе перехода между этапами онтогенеза (рассмотренными в данной работе), очевидно, по причине снижения жизнеспособности от молодого к средневозрастному и затем к старому генеративным возрастным состояниям, в том числе на фоне техногенного загрязнения среды. Причинами различий в результатах сравниваемых вариантов, вероятно, являются большой охват городской территории и более широкая представленность улиц различных категорий функционального назначения в нашем исследовании.

Кроме того, О.Н. Ухваткина указывает индекс жизненного состояния уличных насаждений (по В.А. Алексееву [11]), равный для Хабаровска в среднем 66% – категория II (ослабленные), что практически совпадает с результатами, полученными нами (табл. 3).

Выводы

В работе впервые осуществлена оценка жизненного состояния насаждений березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) в урбанизированной среде с определением индекса жизненного состояния насаждений для отдельных функциональных зон городской планировки и для различных возрастных состояний растений (в условиях г. Хабаровска). Получено распределение насаждений по категориям жизненного состояния с дифференциацией по функциональным зонам и возрастным состояниям.

По результатам исследования сделаны следующие выводы.

1. Встречаемость насаждений различных категорий жизненного состояния в отдельных функциональных зонах городской планировки находится в диапазонах: здоровые – от 4% до 10%, ослабленные – от 64% до 81%, сильно ослабленные – от 8% до 17%, отмирающие – от 0% до 7%, погибшие – от 0% до 3%.

2. Индекс жизненного состояния насаждений в среднем для всей территории Хабаровска равен 64% и соответствует категории жизненного состояния – II (ослабленные).

3. Категория жизненного состояния насаждений при переходе между отдельными функциональными зонами городской планировки не изменяется; при этом наблюдаются стабильно меньшие значения индекса жизненного состояния насаждений на улицах (от 4% до 15%) по сравнению с практически равными между собой значениями для внутриквартальных территорий и территорий рекреационного назначения (ряд: ВК, РН → У).

4. На разных возрастных этапах развития насаждений категория их жизненного состояния не изменяется. Индекс жизненного состояния в отдельных возрастных состояниях как в среднем для городской территории, так и для каждой функциональной зоны заметно уменьшается в ряду: $v, g1 \rightarrow g2, g3$ с существенной разницей между категориями $g1$ и $g2$ (от 6% до 23%).

5. Отсутствие значительной доли сильно ослабленных и отмирающих насаждений, в том числе с учетом возрастного состояния (за исключением сенильных особей), а также незначительная реакция растений на смену условий местопроизрастания при изменении функциональных зон свидетельствуют об устойчивости березы плосколистной в урбанизированной среде в условиях Хабаровска.

Полученные данные позволяют дать для городского зеленого строительства и хозяйства г. Хабаровска и населенных пунктов бассейна среднего Амура следующие практические рекомендации:

– береза плосколистная может быть использована при создании городских зеленых насаждений как вид, достаточно устойчивый к неблагоприятным условиям урбанизированной среды, обладающий хорошими средозащитными и декоративными свойствами;

– для формирования деревьев с наиболее фитонасыщенными кронами предпочтение следует отдавать созданию насаждений на территориях рекреационного назначения и на внутриквартальных территориях;

– для формирования устойчивых и долговечных насаждений на магистральных улицах общегородского и районного значения следует проектировать посадки деревьев на возможно большем расстоянии от проезжей части дорог;

– в целях снижения степени неблагоприятного воздействия человеческого фактора на жизненное состояние насаждений, произрастающих на улицах местного значения в районах частной малоэтажной застройки, следует доводить до населения информацию о необходимости базового ухода за древесными растениями и бережного к ним отношения во избежание механических повреждений ствола и ветвей, оголения корневой системы, чрезмерного уплотнения почвы вблизи деревьев;

– для предотвращения аварийных ситуаций, уничтожения благоприятной среды размножения вредных организмов и распространения заболеваний, а также в целях поддержания высокого эстетического уровня городского озеленения следует вовремя удалять отмирающие и погибшие деревья.

Список литературы

1. Морозова Г.Ю., Дебеляя И.Д. Анализ проблем озеленения современного города (на примере Хабаровска) // Вестник ДВО РАН. 2018. № 4. С. 38-48.
2. Ухваткина О.Н. Древесные растения в озеленении городов юга Дальнего Востока: биологические особенности, перспективность интродукции: дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2008. 228 с.
3. Морозова Г.Ю. Жизнеспособность популяций растений в урбанизированной среде // Вестник ТОГУ. 2015. № 2 (37). С. 35-44.
4. Шихова Н.С. Анализ функциональной эффективности зеленых насаждений в структуре городского озеленения Владивостока // Вестник ДВО РАН. 2020. № 3. С. 103-115.
5. Прудникова М.В., Сомов Е.В. Исследование состояния и структуры насаждений березы плосколистной в уличных посадках г. Хабаровска // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур: материалы V международной научно-практической конференции (г. Хабаровск, 04 мая 2016 г.). Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2016. С. 74-76.
6. Сомов Е.В., Кшевина М.В. Насаждения березы плосколистной на территории г. Хабаровска // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019620941. Патентообладатель ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет». 2019. Бюл. № 6.
7. Сомов Е.В., Шевелев С.Л. Программно-аппаратный комплекс и методика сбора первичных данных о городских насаждениях на основе картографических веб-сервисов, мобильных устройств и приложений // Хвойные бореальной зоны. 2021. № 1. С. 22-29.
8. Статистика: учебник для вузов / И.И. Елисеева и др. М.: Юрайт, 2022. 619 с.
9. Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2016. 125 с.
10. СП 42.13330 СНиП 2.07.01–89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М.: Минстрой России, 2016. 94 с.
11. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51-57.
12. Чистякова А.А., Заугольнова Л.Б., Полтинкина И.В., Кутыгина И.С., Лашинский Н.Н. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники. Ч. 1. М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина, 1989. 102 с.

СТАТЬИ

УДК 504.3.054/.064.36

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
И ПЕРСПЕКТИВЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИИ
«СКВЕР ИНТЕРНАЦИОНАЛИСТОВ» В ГОРОДЕ НИЖНИЙ НОВГОРОД**

Бахтюрина Л.А., Костенко Ю.Е., Козлова Е.С., Кротова Е.А., Ронжин С.С.

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина»,
Нижегород, e-mail: krotova-ea@mail.ru*

В статье проанализированы социально-экологические проблемы общественной территории «Сквер Интернационалистов» в г. Нижнем Новгороде, являющейся культурно-историческим и рекреационным объектом. Установлено, что в комплекс мероприятий по благоустройству общественных территорий входят работы, связанные с оздоровлением окружающей среды, обеспечивающие социально-экологическое благоустройство территории. В рамках проведения социальной оценки территории сквера Интернационалистов были проанализированы результаты исследования, проведенного по заказу АНО «Институт урбанистики» г. Нижнего Новгорода в 2020–2021 гг. Исходя из полученных данных, были выявлены достоинства и недостатки общественного пространства, а также сформулированы предложения по благоустройству сквера, которые были учтены при формировании социального технического задания на благоустройство территории сквера. Экологическая оценка сквера Интернационалистов позволила установить, что данная территория является «зеленым коридором» и формирует экологический каркас города. На территории сквера сложилась в целом благоприятная экологическая ситуация. Социально-экологическая оценка сквера показала необходимость проведения благоустройства на данной территории с условием максимального сохранения существующих зеленых насаждений. Установлено, что в основу концепции благоустройства положена идея создания общедоступного многофункционального рекреационного пространства общегородского значения для лиц всех возрастов. Проектом предусмотрено рациональное зонирование территории сквера Интернационалистов и насыщение ее социально значимыми объектами, которые будут являться досуговыми «центрами притяжения» для местного населения и гостей города. Одним из приоритетных направлений проекта является максимальное сохранение существующего озеленения. Рекомендация по оптимизации проекта благоустройства в виде спортивной площадки для занятий на тренажерах позволит наиболее рационально использовать имеющиеся возможности для развития сквера Интернационалистов и повышения комфортности жизнедеятельности населения.

Ключевые слова: социально-экологическая оценка, проектирование, благоустройство, рекреация, сквер

**SOCIO-ECOLOGICAL ASSESSMENT AND PROSPECTS
FOR IMPROVEMENT OF THE TERRITORY
“SQUARE OF INTERNATIONALISTS” IN THE CITY OF NIZHNY NOVGOROD**

Bakhtyurina L.A., Kostenko Yu.E., Kozlova E.S., Krotova E.A., Ronzhin S.S.

*Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod,
e-mail: krotova-ea@mail.ru*

The article analyzes the socio-ecological problems of the public territory of the square of Internationalists in the city of Nizhny Novgorod, which is a cultural, historical and recreational object. It has been established that the set of measures for the improvement of public territories includes works related to the improvement of the environment, ensuring the socio-ecological improvement of the territory. As part of the social assessment of the territory of the Internationalists Square, the results of a study commissioned by the ANO “Institute of Urban Studies” in Nizhny Novgorod in 2020–2021 were analyzed. Based on the data obtained, the advantages and disadvantages of the public space were identified, and proposals for the improvement of the square were formulated, which were taken into account when forming the social technical assignment for the improvement of the territory of the square. The environmental assessment of the Internationalist Square made it possible to establish that this area is a “green corridor” and forms the ecological frame of the city. On the territory of the park, in general, a favorable ecological situation has developed. The socio-ecological assessment of the territory of the square showed the need for improvement in this area with the conditions for maximum preservation of the existing ones. It has been established that the concept of improvement is based on the idea of creating a public multifunctional recreational space of citywide significance for people of all ages. The project provides for the rational zoning of the territory of the Internationalist Square and its saturation with socially significant objects, which will be all-season leisure “centers of attraction” for the local population and guests of the city. One of the priority directions of the project is the maximum preservation of the existing landscaping. The recommendation to optimize the improvement project in the form of a sports ground for training on simulators will make it possible to most rationally use the available opportunities for the development of the Internationalists’ Square and improve the comfort of the population’s life.

Keywords: socio-ecological assessment, design, improvement, recreation, square

С ростом процесса урбанизации все более острой становится проблема благоустройства городских территорий и создания благоприятной среды, обеспечивающей

комфортные условия для жизнедеятельности населения. Для решения данной проблемы в Нижегородской области с 2019 г. реализуется муниципальная программа «Формирова-

ние комфортной городской среды», направленная на создание условий для системного повышения качества и комфорта городской среды на основе проведения комплексного благоустройства территорий в границах муниципального образования [1].

Деятельность по благоустройству городской среды целесообразно рассматривать комплексно [2]. Основными задачами благоустройства территорий являются сохранение и воспроизводство зеленых насаждений, улучшение экологической обстановки, соблюдение принципов рекреационного и природоохранного использования земельных участков [3].

Скверы являются наиболее распространенной частью природного комплекса города и придомовых территорий. Они представляют собой небольшие зеленые зоны (как правило, размером 0,5–2,0 га), расположенные в городской черте и предназначенные для краткосрочного отдыха, прогулок, пешеходного движения, художественного и декоративного оформления площадей и улиц. Планировочное решение сквера зависит от архитектурно-градостроительных, природно-климатических, ландшафтных, национально-бытовых и других местных особенностей территории [4].

На основании социологических исследований в процессе рейтингового голосования сквер Интернационалистов в Нижнем Новгороде вошёл в перечень объектов общественного пространства, которые подлежат благоустройству в рамках программы «Формирование комфортной городской среды». Решение проблем благоустройства городских скверов является важным направлением для создания здоровых, целесообразных и благоприятных условий жизни городского населения [5].

Целью исследования явилась оценка состояния сквера Интернационалистов в г. Нижнем Новгороде как культурно-исторического объекта вследствие реализации проекта по его благоустройству, а также разработка предложений по оптимизации благоустройства данной территории.

Материалы и методы исследования

Сквер Интернационалистов находится в Нижегородском районе г. Нижнего Новгорода на пересечении улицы Малой Покровской и улицы Обозная (рис. 1). Площадь сквера составляет 4206 м². Сквер относится к категории скверов закрытого типа с высоким содержанием зелёных насаждений.

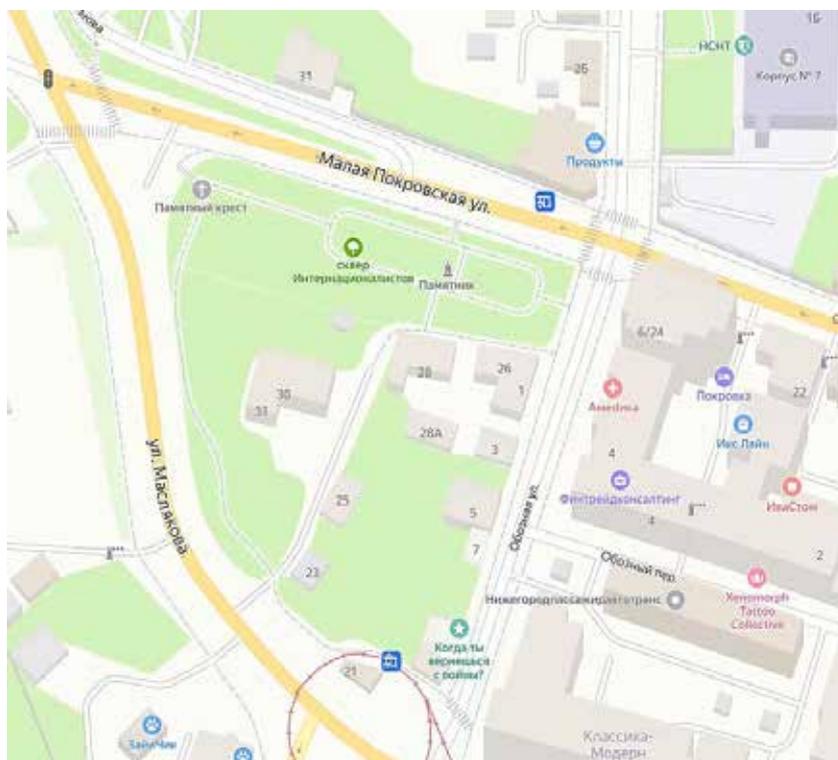


Рис. 1. Расположение сквера Интернационалистов в г. Нижнем Новгороде (Яндекс. Карты, 2022)

История создания сквера начинается с XVI в., когда для защиты посадок от ханских набегов срубили третью линию укреплений – большой острог. Вал и ров большого острога проходили по современной Малой Покровской улице. Сегодня дома вблизи сквера имеют признаки, относящие их к объектам культурного наследия. Название сквера отсылает нас к мемориальной функции этого места. В настоящее время сквер Интернационалистов является историко-культурным и рекреационным объектом. В сквере расположены три памятника: большой поклонный крест, символизирующий спасение России и покаяние за убийство Николая II и его семьи; крест «Красный террор», располагающийся в Жандармском овраге, на месте, где были расстреляны и захоронены жертвы Красного террора; памятник воинам-интернационалистам, поставленный в 1990-е гг. Пользователями сквера Интернационалистов являются: жители близлежащих территорий, в основном владельцы собак; скорбящие около памятника воинам-интернационалистам; православные верующие, приходящие к поклонному кресту; последователи движения «Герои будущего»; работники ближайших офисов.

До реализации проекта благоустройства по программе «Формирование комфортной городской среды» сквер Интернационалистов находился в упадке. Попытки благоустройства территории сквера были предприняты представителями религиозных конфессий и национально-культурных автономий в 2014 г.

Предпроектный анализ территории сквера Интернационалистов включал в себя сбор информации по экологическим картам, показывающим загрязнение атмосферного воздуха, почвенного покрова, шумовое воздействие, экологический каркас территории, а также использование сервисов: 2GIS, Яндекс.Карты, Alltrails, Strava, Sightmap, Galton, баз объектов недвижимости г. Нижнего Новгорода «Гипер НН» и консалтинговой компании «КБ Стрелка». Дополнительно к анализу строилась схема инфраструктуры рассматриваемой территории, отражающая все имеющиеся жилые и общественные пространства. В работе использованы материалы аналитической, отчётной и статистической информации Администрации Нижнего Новгорода, а также материалы (в том числе картографические), полученные в рамках сотрудничества с АНО «Институт урбанистики» г. Нижнего Новгорода.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты натурного обследования, а также эколого-аналитического исследования показали, что озеленённая территория сквера имеет допустимый уровень загрязнения воздушного бассейна, умеренно опасную степень загрязнения тяжёлыми металлами и умеренный уровень шумового воздействия от автотранспорта, что говорит о благоприятной экологической ситуации на территории сквера. Сквер Интернационалистов относится к территориям, образующим экологический каркас 3-го порядка, т.е. является «зелёным коридором». Данные являются важным фактором отнесения сквера к озеленённым территориям общего пользования в пределах городской застройки. Данные сервиса Strava отражают низкую интенсивность использования территории сквера для беговых и велосипедных тренировок. Пешеходные и велосипедные маршруты на территории общественного пространства пролегают на спроектированных дорожках, следовательно, изначально обустроенные пути актуальны на данный момент и нуждаются только в улучшении их состояния, без введения новых маршрутов.

Территория имеет невысокую интенсивность использования, так как вблизи сквера располагаются популярные озеленённые территории: парки Нижегородского района (Парк культуры и отдыха им. Кулибина, парк им. Пушкина), Кремль, Набережная Федоровского, Нижне-Волжская и Верхне-Волжская набережные. При выборе места отдыха жители отдают предпочтение более благоустроенным общественным пространствам, находящимся в шаговой доступности, тогда как на территории сквера Интернационалистов отсутствуют элементы для комфортного времяпрепровождения.

Данные конструкторского бюро «Стрелка» подтверждают, что в радиусе около одного километра от территории сквера происходит строительство жилых домов. Исходя из этого, данная территория в будущем может быть актуальной для посещения местными жителями.

При анализе прилегающего жилищного фонда было выявлено нахождение в непосредственной близости от сквера домов постройки начала XX в., что придаёт большую историко-культурную значимость территории.

Для проведения социально-экологической оценки сквера Интернационалистов

и подготовки проекта благоустройства был проведен социологический опрос жителей г. Нижнего Новгорода методом анкетирования на сайте АНО «Институт урбанистики» в 2020–2021 гг. В опросе приняли участие 146444 чел. Анкетирование позволило выявить преимущества и проблемы изучаемой территории по заданным критериям. Среди достоинств сквера Интернационалистов местные жители назвали: удобное расположение, наличие озелененной прогулочной зоны, расположение культурно-исторических памятников. В ходе исследования были выявлены проблемы благоустройства данной территории, которые в наибольшей мере волнуют местных жителей: 1) отсутствие лавочек; 2) плохое состояние ограждения на территории сквера; 3) отсутствие инфраструктуры для детского отдыха; 4) неудовлетворительное состояние растительного покрова (деревья находятся в угнетенном состоянии, неухоженный газон, отсутствие клумб и цветников); 5) недостаточное освещение сквера; 6) отсутствие информации о сквере на уличном стенде, ошибки в информации на памятке; 7) небезопасный подход к скверу в виде нерегулируемого пешеходного перехода; 8) недостаточное количество урн; 9) высокий уровень загрязнения территории, в том числе экскрементами собак и лошадей. Таким образом, в настоящее время жители используют территорию сквера в основном для пеших прогулок, выгула собак, отдыха в обеденный перерыв. В будущем у жителей есть запрос на использование территории сквера для занятия спортом, прогулок, в том числе с детьми. Жителями озвучены предложения по благоустройству территории сквера: максимально сохранить древесную растительность, дополнив ее посадкой кустарников и цветников; предусмотреть спортивную площадку для занятия спортом на тренажерах; провести жесткое зонирование территории, отделив мемориальную зону от зоны развлечений и спорта; предусмотреть антивандальные лавочки и урны; построить небольшой детский городок; продумать освещение территории; выделить входную группу с названием сквера. Данные пожелания и предложения от жителей были учтены при формировании социального технического задания на благоустройство общественной территории «Сквер Интернационалистов».

В основу концепции благоустройства положена идея создания общедоступного многофункционального рекреационного

пространства общегородского значения для лиц всех возрастов. Проектом предусмотрено рациональное зонирование территории и насыщение ее социально значимыми объектами [6].

Основой проектных решений, разработанных МБУ «Нижегородгражданпроект», является сохранение существующей структуры сквера Интернационалистов: дорожно-тропиночной сети и функционального зонирования [6].

В соответствии с проведенной социально-экологической оценкой и техническим заданием на проектирование концепцией благоустройства, проектом предусмотрены следующие виды работ: 1) мероприятия по сохранению и приспособлению к современному использованию объектов культурного наследия; 2) уборка аварийных, сухостойных насаждений, определенных по результатам лесопатологического обследования и экспертной оценки состояния зеленых насаждений; 3) уборка территории от бытового и строительного мусора; 4) демонтаж нефункциональных элементов благоустройства парка, старых покрытий и оснований, существующих сооружений, не требуемых к сохранению; 5) высадка деревьев, кустарников; 6) устройство цветников из многолетних травянистых растений; 7) реконструкция и восстановление газона и травяного покрова; 8) ремонт объектов, находящихся на территории: лестниц, подпорных стенок, мемориалов; 9) установка паркового оборудования, включая скамейки, урны; 10) устройство наружного освещения; 11) капитальный ремонт дорожно-тропиночной сети с выполнением мероприятий по обеспечению комфортных условий для жизнедеятельности маломобильных групп населения.

Одно из приоритетных направлений проекта – максимальное сохранение существующего озеленения. Такой подход направлен на поддержание сложившегося ландшафта и его развитие [6].

При наблюдении за выполнением работ на территории сквера Интернационалистов было замечено несоблюдение требований природоохранного законодательства, в том числе: 1) снятый растительный грунт складировался открыто на травяном покрове, что не предохраняет его от загрязнения, размыва и выветривания; 2) стволы отдельно стоящих деревьев, попадающих в зону производства работ, не были ограждены и предохранялись только полипропиленовыми мешками.



Рис. 2. Вариант организации спортивного комплекса в сквере Интернационалистов

Среди направлений по оптимизации проекта благоустройства сквера Интернационалистов предлагается предусмотреть спортивную площадку для занятия спортом на тренажерах, которая в настоящее время не заявлена в проекте. Рекомендуемая спортивная зона представляет собой комплекс спортивно-технологического оборудования – антивандальных тренажеров на все группы мышц: разноуровневые турники, брусья, шведская стенка, тренажер «Скамья для пресса», тренажер «Рукоход», тренажер «Жим от плеч». В качестве покрытия площадки рекомендуется использовать резиновую прессованную крошку. Кроме того, предполагается установить информационный стенд для правильного использования оборудования. Создание и установка комплекса будет производиться из современных материалов, позволяющих использовать спортивное оборудование круглый год. Размер спортивной площадки – 85 м². Спортивная площадка будет находиться в свободном доступе для бесплатных посетителей. На рис. 2 представлен пример спортивного комплекса.

Данные предложения позволят наиболее рационально использовать имеющиеся возможности для развития сквера Интернационалистов и повысить качество жизни жителей.

Заключение

Проект благоустройства территории «Сквер Интернационалистов» разработан

на основании проведенных предпроектных исследований, в том числе в процессе экологической оценки проекта проведен анализ существующего состояния компонентов окружающей среды в районах расположения проектируемого объекта, выполнена социально-экологическая оценка, создан перечень мероприятий по охране окружающей среды при благоустройстве. В основу концепции благоустройства сквера Интернационалистов положена идея создания общедоступного многофункционального рекреационного пространства общегородского значения. Сквер Интернационалистов, расположенный в центре Нижнего Новгорода, является рекреационным и культурно-историческим объектом. Проектом предусмотрено рациональное зонирование территории и насыщение ее социально значимыми объектами, которые будут являться досуговыми центрами для местного населения. Кроме того, сквер является элементом экологического каркаса города. Одним из приоритетных направлений проекта явилось максимальное сохранение существующего озеленения. Повышение уровня благоустройства сквера Интернационалистов стимулирует позитивные тенденции в социально-экономическом развитии муниципального образования, как следствие, повышение качества жизни населения г. Нижнего Новгорода.

Список литературы

1. Постановление администрации г. Н. Новгорода от 01.02.2019 г. № 190 «Об утверждении муниципальной

программы «Формирование комфортной городской среды города Нижнего Новгорода» на 2019–2024 годы»». URL: <https://admgor.nnov.ru/upload/getODA/document19292.html> (дата обращения: 22.06.2022).

2. Бабаева А.В., Крашенинников А.А. Антропологическое измерение пространства современного города // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 2. С. 14.

3. Дудина Т.Н., Тарасова О.С. О реализации Национального проекта «Формирование комфортной городской среды» в г. Новосибирске // Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество. Ежегодник. М.: ИНИОН РАН, 2020. Вып. 3 (1). С. 852–853.

4. Семёнова Ю.К., Федотова Е.Р., Чурсин А.И. Благоустройство и озеленение территории скверов в Пензе // Молодой ученый. 2018. № 20 (206). С. 207–210.

5. Концепция программы развития парков и скверов Нижнего Новгорода. Н.Н.: ООО Архитектурно-ландшафтный центр «Архилэнд», 2016. 134 с.

6. Свиридова Е.С., Скопинский А.И. Система управления благоустройством территории муниципального образования Сквер Интернационалистов. Концепция благоустройства. Нижний Новгород. МБУ Нижегород-гражданпроект. 2020. URL: http://cgnn.ru/wp-content/uploads/2020/10/1113_СкверИнтернационалистов.pdf (дата обращения: 25.06.2022).

7. Вершинина И.В., Копосова Н.Н. Проблемы и перспективы комплексного благоустройства объекта рекреации «зона отдыха Мухинское озеро» г. Бор Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2021. № 7. С. 26–32.

УДК 504.45:528.94

**К ВОПРОСУ ОЦЕНОЧНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ
СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ,
КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД****Емельянова В.П., Оленникова Н.Н.***ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону,
e-mail: info@gidrohim.com, listopadova-natalija@rambler.ru*

В статье рассмотрены вопросы оценочного картографирования в гидрохимических исследованиях. Как одно из наиболее важных направлений в этом сегменте выделено картографирование загрязненности, качества поверхностных вод. Проанализирован многолетний опыт картографирования химического состава поверхностных вод как с учетом основного химического состава, так и состава загрязняющих веществ, в том числе характерных для большинства водных объектов Российской Федерации. Рассмотрены отдельные вопросы развития оценочного направления в гидрохимическом картографировании, его методические аспекты. Подчеркнута специфика химического состава поверхностных вод, как объекта картографирования, заключающаяся в разнообразии и изменчивости состава загрязняющих химических веществ как во времени, так и в пространстве, что требует обязательного учета в оценочных исследованиях. Выделены наиболее характерные его черты. Сформулированы частное понятие оценочных гидрохимических карт, наиболее распространенные критерии оценки, оцениваемые периоды обобщения, используемые способы изображения, наиболее характерные приемы обобщения исходных данных и пр. Кратко охарактеризована с целью повышения обоснованности, информативности разрабатываемых в гидрохимических исследованиях карт целесообразность использования в качестве картографируемых показателей комплексной оценки загрязненности, качества воды водных объектов, информационная емкость которых, как правило, очень высока. Предложено использовать при подготовке гидрохимических карт систему показателей комплексной оценки загрязненности, качества поверхностных вод, внедренную по всей территории страны государственной наблюдательной сетью. Обоснована возможность и целесообразность употребления для построения оценочных гидрохимических карт удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), классов качества, критических показателей загрязненности воды (КПЗ), коэффициента комплексности, категорий комплексности загрязненности воды и др. Приведены примеры построения карт комплексной оценки степени загрязненности воды. Сформулирован подход к технологии оценочного картографирования степени загрязненности, качества поверхностных вод с использованием комплексных оценок для бассейнов крупных рек, гидрографических районов, различных административно-территориальных образований, таких как область, экономический район, федеральный округ и пр.

Ключевые слова: поверхностные воды, химический состав, качество, загрязненность, комплексная оценка, классификация, степень загрязненности воды, картографирование

**TO THE QUESTION OF ESTIMATE MAPPING OF THE DEGREE
OF POLLUTION, THE QUALITY OF SURFACE WATER****Emelyanova V.P., Olennikova N.N.***Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don,
e-mail: info@gidrohim.com, listopadova-natalija@rambler.ru*

The article deals with the issues of estimation mapping in hydrochemical research. Mapping of pollution and surface water quality is highlighted as one of the most important areas in this segment. The long-term experience of mapping the chemical composition of surface waters is analyzed, taking into account both the basic chemical composition and the composition of pollutants, including those characteristic of most water bodies of the Russian Federation. Separate issues of the development of the evaluation direction in hydrochemical mapping, its methodological aspects are considered. The specificity of the chemical composition of surface waters as an object of mapping is emphasized, which consists in the diversity and variability of the composition of polluting chemicals both in time and in space, which requires mandatory consideration in evaluation studies. The most characteristic features of it are highlighted. A particular concept of evaluation hydrochemical maps, the most common evaluation criteria, estimated periods of generalization, image methods used, the most characteristic methods of generalization of initial data, etc. are formulated. In order to increase the validity and informativeness of the maps developed in hydrochemical studies, the expediency of using integrated assessment of pollution and water quality of water bodies, the information capacity of which, as a rule, is very high, is briefly characterized. It is proposed to use in the preparation of hydrochemical maps a system of indicators for a comprehensive assessment of pollution, surface water quality, implemented throughout the country by the state observation network. The possibility and expediency of using the specific combinatorial index of water pollution (UKIZV), quality classes, critical indicators of water pollution (KPZ), coefficient of complexity, categories of complexity of water pollution, etc. for the construction of estimated hydrochemical maps is substantiated. Examples of the construction of maps of a comprehensive assessment of the degree of water pollution are given. An approach to the technology of estimated mapping of the degree of pollution, surface water quality using integrated assessments for large river basins, hydrographic areas, various administrative-territorial entities, such as the region, economic district, federal district, etc. is formulated.

Keywords: surface waters, chemical composition, quality, pollution, comprehensive assessment, classification, degree of water pollution, mapping

Принятие водохозяйственных решений основывается на оценке показателей качества воды, непостоянство которых во времени и пространстве приводит к необходимости использования статистических [1] и картографических подходов.

Развитие работ по картографированию загрязненности, качества поверхностных вод имеет множество тенденций, из которых важнейшими являются расширение тематики карт в сочетании с углублением содержания и усилением практической их направленности от картографирования основного химического состава и минерализации воды до составления карт оценки загрязненности поверхностных вод загрязняющими веществами [2–4]. Один из наиболее эффективных выходов тематической картографии в практику – оценочное картографирование. К основным задачам оценочного гидрохимического картографирования относятся целенаправленная идентификация, оценка, классификация загрязненности, качества поверхностных вод, отдельных компонентов, элементов не только их основного химического состава, но и состава характерных загрязняющих веществ. При оценочном подходе картографируемые явления получают новое освещение с точки зрения экологической, практической значимости. Гидрохимические карты начали составляться не только на основе фактических материалов о химическом составе воды водных объектов, но и путем использования различных приемов их обработки.

Цель исследования – способствовать развитию оценочного гидрохимического картографирования путем внедрения при обобщении данных о загрязненности, качестве поверхностных вод, учитывая их многокомпонентность и сложность интерпретации их химического состава, показателей комплексной оценки качества воды водных объектов. Для совершенствования технологий представления данных о степени загрязненности, качестве поверхностных вод, форм и содержания информационной продукции, подготавливаемой государственной наблюдательной сетью, разработать, применительно к условиям и задачам её функционирования, как один из возможных вариантов, процедуру наглядного картографического представления данных о степени загрязненности, качестве воды водных объектов для различных видов территориальных образований – областей, экономических районов, федеральных округов, речных бассейнов, гидрографических районов

с использованием показателей комплексной оценки как элемента информационной основы для принятия управляющих решений в области охраны поверхностных вод от загрязнения.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили выборки результатов оперативной обработки первичной режимной гидрохимической информации о качестве поверхностных вод Российской Федерации приоритетными химическими веществами. Расчетные данные относительных гидрохимических показателей комплексной оценки загрязненности воды водных объектов, полученные с использованием программного комплекса «Гидрохим ПК. UKISV-сеть» в соответствии с РД 52.24.643-2002. Многолетняя режимная гидрохимическая информация, полученная государственной наблюдательной сетью Росгидромета.

Методы исследования – анализ и обобщение литературных данных в области оценочного гидрохимического картографирования. Метод комплексной оценки загрязненности, качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Статистические методы обработки результатов химического анализа поверхностных вод в годовом режиме. Анализ воды различных выборок режимной гидрохимической информации, получаемой государственной наблюдательной сетью (ГНС) на водных объектах разной категории водности (малые, средние, большие), в створах, в пунктах стационарных режимных наблюдений за химическим составом воды различной от I до IV категории, в каждом гидрографическом районе, различных территориальных образованиях. Поиск возможно более широкого информационного наполнения карты специальным содержанием для обеспечения потребителей разносторонней, хорошо обоснованной, достаточной для принятия управляющих решений информацией в области охраны поверхностных вод от загрязнения.

Результаты исследования и их обсуждение

«Оценочными гидрохимическими» в общем случае можно считать такие прикладные карты водных ресурсов, главное содержание которых составляет целенаправленная оценка химического состава воды водных объектов применительно к решению определенных практических задач. С одной стороны, они должны отражать все

положения оценочного картографирования природных ресурсов. В то же время используемые при построении оценочных гидрохимических карт принципы и методика оценки качества поверхностных вод должны непременно учитывать и специфические черты, индивидуальность предъявляемых к ним, как к особому природному ресурсу, требований. Должна быть обеспечена обоснованность, представительность метода обработки гидрохимических данных, используемой классификации, метода оценки загрязненности воды отдельных ее компонентов или интегральной оценки степени загрязненности с точки зрения пригодности, полезности для деятельности и жизни человека.

По сравнению с картографированием химического состава воды водных объектов, сформировавшегося в их естественном состоянии [5], оценочное картографирование расширяет и усложняет характеристику отображаемых состояний водных ресурсов. При оценочном подходе картографируемые явления получают новое освещение с той или иной практической точки зрения, т.е. для оценочных карт характерна целевая направленность. Под общим названием карты оценки загрязненности, качества поверхностных вод могут объединяться множество гидрохимических карт от характеризующих отдельные компоненты химического состава до их однородных групп и т.д. и, наконец, высоко информативных вариантов, основывающихся на использовании комплексных показателей.

Составление оценочной гидрохимической карты – методически сложная задача. Кроме того, это сложный, объемный процесс, включающий получение и анализ, как

правило, большого количества разнородной первичной информации. Выбор методов оценочного гидрохимического картографирования, средств изображения определяется главным образом тематикой конкретной карты. Карты, посвященные одной и той же теме, могут заметно различаться по объему, характеру, насыщенности специальным содержанием.

В гидрохимии наиболее распространены оценочные карты поверхностных вод по отдельным составляющим их качества. Они отображают, как правило, уровень, реже распространенность загрязненности воды оцениваемым показателем качества воды, позволяют выделить зоны экстремального антропогенного воздействия, оценить различия загрязненности в территориальном аспекте, наглядно показывают происходящие изменения содержания отдельных загрязняющих веществ во временном аспекте (рис. 1).

Другой вариант из наиболее распространенных оценочных карт содержит обобщение информации по группам однородных химических веществ, например, биогенные вещества и др., дает наглядное представление о характере основных видов загрязненности и его распределении во времени и пространстве. Такие карты показывают, какие загрязняющие вещества являются характерными для картографируемых водных объектов, сколько веществ из числа наблюдаемых относятся к загрязняющим, каков диапазон фиксируемых концентраций по каждому из веществ, степень их отклонения от государственных нормативов и др. Информационная емкость этих карт существенно выше, чем предыдущих.

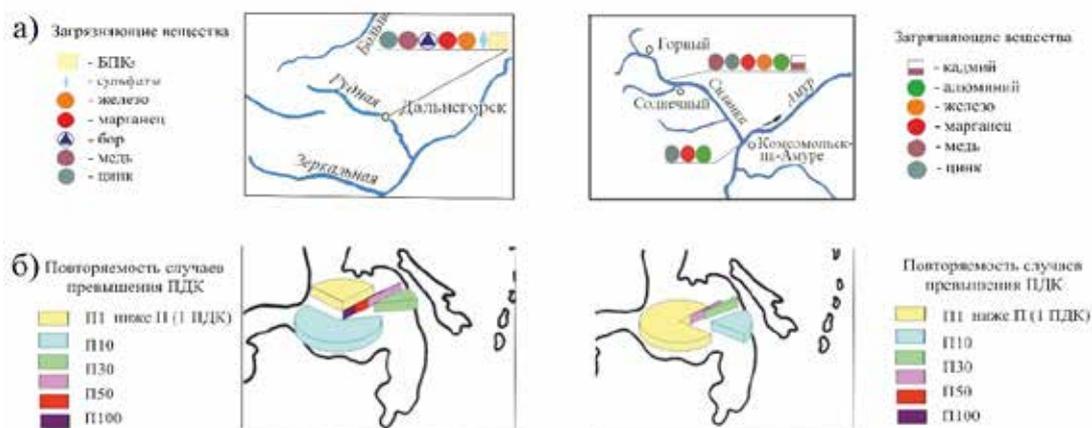


Рис. 1. Фрагменты карт: а) Распределение наиболее распространенных загрязняющих веществ в воде водных объектов Приморского края в 2018 г.; б) Соотношение повторяемостей превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) разного уровня соединений железа и нефтепродуктов в поверхностных водах Тихоокеанского гидрографического района Российской Федерации в 2018 г.

Анализируя картографические работы в области оценки качества поверхностных вод, можно охарактеризовать их следующим образом: исходными данными при построении оценочных гидрохимических карт служат результаты химического анализа воды водных объектов в определенных пунктах, створах наблюдений, отражающие реальное качество воды водных объектов в точке отбора пробы; карты строят для различных временных множеств – по гидрологическим сезонам, годовые, за многолетний период; обобщение исходных данных в большинстве случаев проводят осреднением, выбором экстремальных значений, использованием концентраций различной степени обеспеченности, пересчетом концентраций загрязняющих воду веществ на наиболее жесткие условия водности и т.д.; оценку качества воды осуществляют по отдельным ингредиентам, по группам веществ, сформированным в зависимости от цели оценки и характера загрязненности воды, по комплексам показателей химического состава поверхностных вод; в качестве критериев оценки качества воды чаще используются функционирующие в стране предельно допустимые концентрации, реже градации значений концентраций, фоновые концентрации и др.; применяют, как правило, два способа изображения: показ компонентов загрязнения значками, приуроченными к точке наблюдения; изображение количественных и качественных характеристик водного объекта линейными знаками вдоль русла.

Содержание любой оценочной карты включает географическую основу и специальную нагрузку, по объему и характеру которой карты оценки качества поверхностных вод могут существенно различаться. В содержании оценочных карт могут сочетаться частные показатели состава поверхностных вод с интегральной оценкой. Будем считать, что оценочные гидрохимические карты – это карты, главным содержанием которых является целенаправленная оценка химического состава поверхностных вод применительно к решению определенных практических задач.

В настоящее время оценочное картографирование загрязненности поверхностных вод развивается разобщенно, без должных методических и теоретических разработок как по существу содержания карт, так и по форме их отображения. Недостаточно изучены такие вопросы, как обоснование принципов отбора и обобщения показателей картографирования, содержание классифи-

каций и систем оценок, установление принципов сочетания и комплексирования показателей на одной карте и т.д. В определенной мере эти вопросы решает использование показателей комплексной оценки загрязненности, качества поверхностных вод [6, 7].

Понятие «комплексная оценка качества воды водных объектов» предполагает сведение всего или части многообразия характеристик химического состава к одному или нескольким относительным показателям. «Комплексная оценка загрязненности, качества поверхностных вод» – это представление о степени загрязненности воды либо ее качестве, однозначно отражающее через ту или иную систему формализованных показателей в той или иной форме всю либо определенным образом ограниченную совокупность характеристик состава и свойств воды относительно количественных характеристик, чаще нормативов. Из числа существующих в настоящее время весьма информативен, прост и удобен для оценочного картографирования метод комплексной оценки загрязненности, качества поверхностных вод, либо выделенных по его значениям класса качества на основе удельного комбинаторного индекса загрязненности воды УКИЗВ [7]. Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) условно оценивает в виде безразмерного числа долю загрязняющего «эффекта», вносимого в общую степень загрязненности воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ, в среднем одним из учтенных при расчете ингредиентов или показателей качества. Основой этого метода является однозначная оценка качества воды, степени загрязненности воды для любого водного объекта в точке отбора проб воды за ограниченный отрезок времени и на её основе классифицирования воды по качеству в виде пятиступенчатой классификации.

Обеспеченность метода программой расчёта «Гидрохим ПК. UKISV-сеть» позволяет получать необходимую информацию заданной точности, учитывающей различия чувствительности методов определения в воде концентраций и уровни содержаний химических веществ в поверхностных водах. Получаемые по методу комплексные оценки обладают высокой информативностью, т.е. минимальное количество гидрохимических данных, используемых для их построения, обеспечивает максимально полную, надежную и сопоставимую информацию о качестве поверхностных вод,

их анализ и обобщение. Этот методический подход многие годы использовался для оперативной подготовки обобщающих публикаций [8, 9] по материалам государственной наблюдательной сети (ГНС). Строгая увязка сети пунктов и створов гидрохимических наблюдений с размещением на них водопользователей, а также увязка перечня определяемых веществ со спецификой состава сточных вод, сбрасываемых в водный объект основными водопользователями, позволяет считать данные выборки достаточно репрезентативными [10].

При выборе способов картографического отображения степени загрязненности, качества воды водных объектов могут учитываться и локализованный по руслу (линиям) и по точкам (створам) характер распространения химического состава картографируемых водных объектов – водотоков или водоемов (рис. 1, а, б). Повышенной информационной емкостью обладают карты-схемы классов качества воды водных объектов по классификации, их динамика [9] (рис. 2, а, б). Обработанные таким образом аналитические данные могут быть показаны на картах-схемах в районе наиболее важных в промышленно-хозяйственном отношении пунктов наблюдений, по бассейнам, для территорий административных делений и пр. в виде одинаково ориенти-

рованных немасштабных кубических знаков, на лицевой грани которых отображены классы качества вод от 1-го – «условно чистая» до 5-го – «экстремально грязная». В левом нижнем углу лицевой грани указан номер пункта на карте-схеме с пояснительным текстом к данному рисунку. На правой грани кубических знаков показаны критические показатели загрязненности воды, на верхней грани – специфические загрязняющие вещества. Примеры практического построения оценочных гидрохимических карт за многолетние периоды показаны в виде круговых диаграмм и др.

Построение оценочной гидрохимической карты предполагает возможность применения в качестве картографируемых различных оценочных показателей из системы оценки [7] или их сочетаний, совмещенных с поингредиентными оценками и пр. Из числа имеющихся в настоящее время эта группа сопряженных коэффициентов (УКИЗВ, КПЗ, степень загрязненности, классы качества) выбрана в связи с высокой информативностью, простотой и удобством использования при построении карт, легкостью интерпретации, обоснованностью и методической завершенностью процедуры их расчета, наличием положительных результатов многолетней апробации на водных объектах страны.

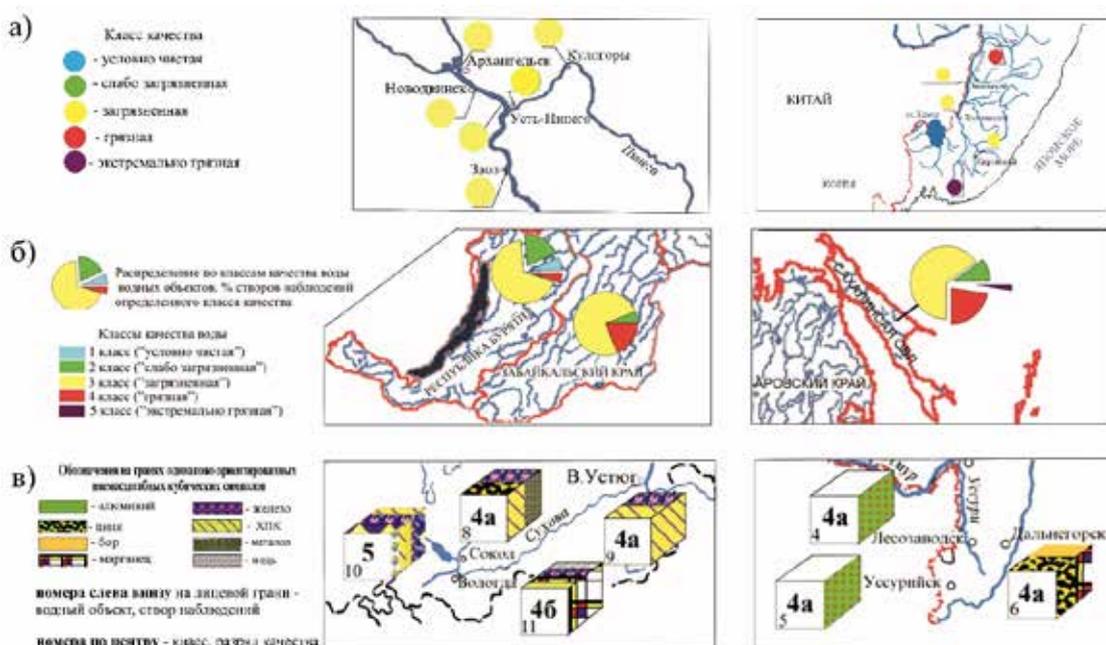


Рис. 2. Фрагменты карт: а) Комплексная оценка поверхностных вод рек Северо-Европейской части России и Приморского края в 2018 г.; б) Комплексная оценка качества поверхностных вод Дальневосточного федерального округа в 2018 г.; в) Комплексная оценка качества поверхностных вод Северо-Западного и Дальневосточного экономических районов в 2018 г. [9]

Рекомендуемые показатели картографирования	Современное состояние	Многолетний период
Характер передачи состояния объектов	Статика (календарный год), пространственная динамика	Динамика временная, пространственная (по площади территориального образования)
Тип картографируемых показателей	Качественный, количественный	Количественный, качественный
Характер локализации явлений	В створах, пунктах	На площадях, континуальная
Средства картографического отображения	Способ знаков, локализованных в створах, пунктах наблюдений	Способ качественного фона
Картографируемые гидрохимические показатели		
<p>1. Класс качества воды - условное разделение всего диапазона состава и свойств воды водных объектов в условиях антропогенного воздействия на различные классы качества с постепенным переходом от 1 класса вод наилучшего качества до 5 класса худшего качества для конкретных видов водопользования</p> <p>2. Степень загрязненности воды - условное разделение всего диапазона состава и свойств воды водных объектов в условиях антропогенного воздействия с постепенным переходом от "условно чистой" до "экстремально грязной" по значениям комбинаторного индекса загрязненности воды с учетом ряда дополнительных факторов</p> <p>3. Критические показатели загрязненности воды - ингредиенты или показатели загрязненности воды, которые обуславливают перевод воды по степени загрязненности в класс "экстремально грязная" на основании значения рассчитываемого по каждому ингредиенту оценочного балла, учитывающего одновременно значения наблюдаемых концентраций и частоту их обнаружения</p> <p>4. Динамика загрязненности воды в створах наблюдений - тенденция изменения степени загрязненности воды за многолетний период в створах наибольшего и наименьшего загрязнения</p>	<p>1.1 Отображают круговыми знаками створы наблюдений за химическим составом с наилучшим классом качества воды и наибольшей степенью загрязненности воды</p> <p>1.2 Отображают круговыми знаками створы наблюдений за химическим составом воды с наилучшим качеством и наименьшей степенью загрязненности воды</p> <p>1.3 Классы качества отображают круговыми знаками, диаметр которых должен количественно отражать значение УКИЗВ</p> <p>2.1 Отображают цветом значков в створах наблюдений с наибольшей, наименьшей и наиболее распространенной степенью загрязненности воды водных объектов</p> <p>2.2 Диаметр значков должен быть пропорционален значению УКИЗВ: - внешний диаметр значка показывает максимальное значение УКИЗВ на современном уровне; - внутренний диаметр значка показывает минимальное значение УКИЗВ</p> <p>3. Отображают знаками, приуроченными к створам наблюдений, где фиксируют их наличие</p>	<p>1. Степень преобладания класса, разряда качества воды (Ппр, %) водных объектов территориального образования за оцениваемый многолетний период</p> <p>1.1 Степень преобладания (Ппр, %) вод определенной категории степени загрязненности - это преобладающее в годовых циклах в течение оцениваемого многолетнего периода число створов наблюдений при равной или близкой по значениям встречаемости случаев загрязненности воды, одной или более определенной категории (от "условно чистой" до "экстремально грязной")</p> <p>2.1 Отображают наиболее характерную в течение многолетнего периода, определенную по "степени преобладания", чаще встречаемую в каждом году в течение многолетнего периода степень загрязненности воды водных объектов, характерную для определенной территории</p> <p>3.1 Отображают встречаемость пунктов наблюдений, вода в которых оценивается как наиболее грязная для данной территории (степень преобладания, %) в течение многолетнего периода нанесением на всей территории с использованием качественного фона</p> <p>3.2 Степень преобладания, встречаемость пунктов наблюдений, вода в которых близка (не менее, чем на 5-10 %) к встречаемости преобладающих значений, дополнительно отображают нанесением на фоне площадного заполнения знаками дополнительно к указанным в условных обозначениях года</p> <p>3.3 Если наблюдали в отдельные годы, то локально с указанием года наносят на фоновое заполнение дополнительно штриховку</p> <p>3.4 Если современный фон отличается от многолетнего больше, чем на 5-10 %, делают два рисунка раздельно - за многолетний период и современный (последний год)</p>
	<p>- значения УКИЗВ уменьшаются; - значения УКИЗВ возрастают; - значения УКИЗВ меняются незначительно</p>	

Рис. 3. Методологические подходы к составлению карт загрязненности поверхностных вод различного вида территориальных образований с использованием показателей комплексной оценки воды водных объектов по створам наблюдений

Одной из важнейших задач, выполняемых в той или иной мере показателями комплексной оценки загрязненности, качества поверхностных вод является подготовка аналитической информации по широкому набору наблюдаемых ГНС в поверхностных водах показателей качества воды для представления государственным органам и заинтересованным организациям в удобной, легко интерпретируемой и доступной для восприятия научно обоснованной форме.

Проблемным моментом их внедрения в этой сфере является автоматизация употребления показателей комплексной оценки при построении карт для характеристики однозначной оценки качества поверхностных вод территориальных образований, например различных административных делений (округов, областей и пр.), а также речных бассейнов, поскольку антропогенные факторы формирования состава загрязняющих поверхностных вод веществ носят локальный характер, т.е. надежно отражают толь-

ко данные в створе или пункте наблюдений. Использовать непосредственно усредненные значения этих оценочных показателей для наглядного площадного отображения оценки загрязненности поверхностных вод территорий, участков или акваторий водных объектов, их бассейнов неверно. С этой целью предлагается в качестве исходной для картографирования при оценке степени загрязненности поверхностных вод территориального образования любого вида за многолетний период использовать формализованную оценочную характеристику «степень преобладания» в поверхностных водах той или иной загрязненности воды в многолетнем ряду ежегодно рассчитываемых внутригодовых оценок, т.е. встречаемость створов, в которых эта или иная «степень загрязненности» наблюдается.

«Степень преобладания ($P_{пр}, \%$)» в воде водных объектов, как формализованная оценочная характеристика загрязненности воды многолетнего периода, это ежегодно фиксируемое в течение многолетнего периода наибольшее количество створов наблюдений,

выраженное в процентах от их общего числа, т.е. преобладание относительно других «степеней загрязненности воды», также обнаруживаемых, но реже фиксируемых в поверхностных водах того или иного территориального образования, одного, редко двух качественных состояний.

Основные подходы к составлению карт загрязненности, качества поверхностных вод за многолетний период различного вида территориальных образований приведены на рис. 3.

По данным государственной наблюдательной сети ФГБУ «Камчатское УГМС» и ФГБУ «Приморское УГМС» проведена оценка распределения створов наблюдений за качеством поверхностных вод Камчатского и Приморского краев (в %) по степени загрязненности и классам качества воды (таблица). На основании полученных данных выделены преобладающие категории (наибольшая встречаемость, %) степени загрязненности за каждый год и с учетом этих данных за многолетний период (рис. 4).

Распределение створов наблюдений (в %) по степени загрязненности, классам качества воды водных объектов Камчатского и Приморского краев за многолетний период

Годы	Классы, разряды качества воды, % створов								5-й	$P_{пр}, \%$ загрязненная	$P_{пр}, \%$ очень загрязненная	$P_{пр}, \%$ грязная
	1-й	2-й	3-й		4-й							
			разряд «а»	разряд «б»	разряд «а»	разряд «б»	разряд «в»	разряд «г»				
условно чистая	слабо загрязненная	загрязненная	очень загрязненная	грязная		очень грязная		экстремально грязная				
Камчатский край												
2015		13,8	68,9	13,8	3,56					68,9		
2016		3,40	69,0	27,6						69,0		
2017		10,3	62,1	27,6						62,1		
2018		10,0	69,0	21,0						69,0		
2019		17,3	72,4	10,3						72,4		
2020		3,40	69,0	20,7	6,90					69,0		
2021		20,7	58,6	17,2	3,50					58,6		
Приморский край												
2015		5,00	21,1	26,3	21,1	21,1	5,20	5,20				42,2
2016			15,0	25,0	25,0	25,0						50,0
2017			25,0	15,0	35,0		10,0		5,00			35,0
2018		5,25	20,0	10,5	31,6	21,1	5,25					52,7
2019		16,0	26,5	15,0	26,5	10,0	5,00					36,5
2020		15,8	21,0	31,6	31,6						31,6	31,6
2021		5,25	15,8	31,6	31,6	2,25	10,5					36,9

Примечания:

1. Таблицы составлены по данным ГНС ФГБУ «Камчатское» и ФГБУ «Приморское УГМС».
2. Цветом выделены сведения о категории загрязненности поверхностных вод Камчатского и Приморского краев с наибольшей степенью преобладания (% створов) за многолетний период

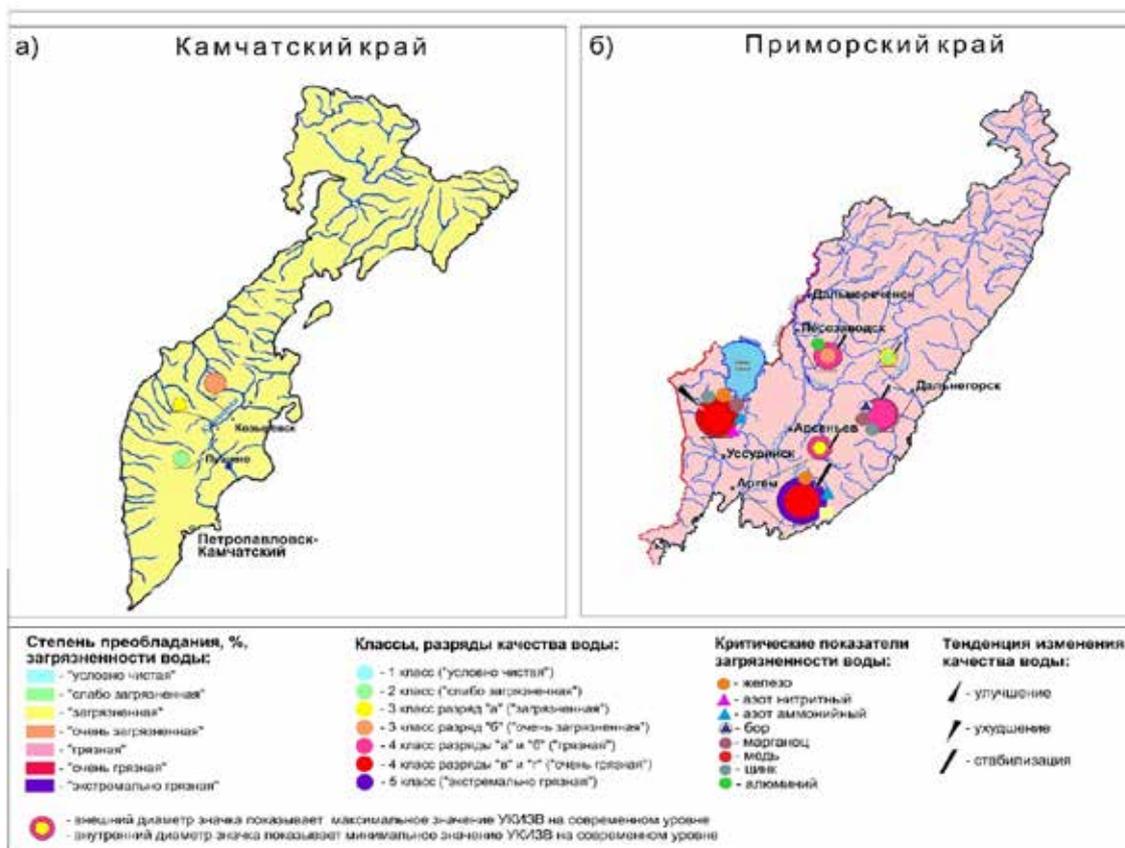


Рис. 4. Степень загрязненности, качество воды водных объектов
 а) Камчатского и б) Приморского краев за многолетний период (2015–2021 гг.)

Заключение

Рассмотренные в статье приемы составления карт оценки загрязненности, качества поверхностных вод представляют собой лишь некоторый опыт оценочного гидрохимического картографирования. По этой тематике могут быть получены серии карт подобного типа. Составление их может идти по следующим направлениям: составление карт, посвященных детальной оценке отдельных компонентов качества водной среды; составление карт, отображающих обобщенную оценку всей совокупности компонентов химического состава природных вод или характерных типов сочетаний этих компонентов; составление карт состояния по интересующим группам веществ целевой направленности; составление серий карт с целью выявления динамики загрязненности вод и т.д.

Приведенные данные свидетельствуют о целесообразности, допустимости и перспективности широкого применения картографических приемов обработки аналитических данных о химическом составе поверхност-

ных вод, качества воды водных объектов. Можно считать, что оценочное гидрохимическое картографирование обособилось в одно из направлений тематической картографии, что обусловлено спецификой поверхностных вод как объекта картографирования. Отмечается положительная динамика развития методических приемов обработки исходных данных о химическом составе, качестве поверхностных вод и способах их отображения, возросли сложность смысловой нагрузки и информационная емкость карт.

Получаемая таким образом картографическая информация о химическом составе, качестве, загрязненности поверхностных вод и их изменении во времени в многолетнем плане в пределах изучаемых территорий является легко воспринимаемым отражением закономерностей весьма сложной в реальных условиях гидрохимической дифференциации территориальных образований по условиям формирования качественного состава, изменений во времени, пространственного и временного отражения степени загрязненности наиболее характерными

химическими веществами поверхностных вод, классификации качества воды водных объектов по степени загрязненности комплексами присутствующих в водных объектах загрязняющих химических веществ.

Предложена методика составления интерпретационных карт загрязненности, качества поверхностных вод различного вида территориальных образований, кратко отображающих многолетнюю динамику их химического состава и современное качество воды водных объектов во времени. Сформулированы методологические подходы к составлению карт загрязненности, качества поверхностных вод различных территориальных образований с использованием показателей комплексной оценки. Приведены составленные на натурном материале примеры их использования.

Список литературы

1. Верещака Т.В., Билибина Н.А., Курбатова И.Е. Карты речных бассейнов: их значение и особенности проектирования // Геодезия и картография. 2014. № 9. С. 9–15.
2. Розенталь О.М., Александровская Л.Н. Качество информации о составе воды // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 4. С. 433–441.
3. Иванов А.Г., Булыгина О.А. Автоматизация процессов выбора способов изображения картографируемых объектов и явлений // Геодезия и картография. 2012. № 10. С. 27–32.
4. Белоусов С.К., Карпучин С.С. Система интегральных индексов для обеспечения комплексного картографического мониторинга арктического региона России // Геодезия и картография. 2014. № 11. С. 12–20.
5. Емельянова В.П., Данилова Г.Н. Гидрохимические карты рек Советского Союза // Гидрохимические материалы. 1979. Т. 75. С. 3–10.
6. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Родзиллер И.Д. К методике составления карт оценки загрязненности поверхностных вод суши // Изучение процессов формирования химического состава природных вод в условиях антропогенного воздействия: Материалы 28 Всесоюзного Гидрохимического совещания (г. Ростов-на-Дону, май 1984 г.). Ч. I. Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 50–51.
7. Емельянова В.П. Методология и методы комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2006. 26 с.
8. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2019 год. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2020. 217 с.
9. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник 2018. Ростов н/Д.: ГХИ, 2019. 560 с.
10. РД 52.24.309-2016 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Ростов н/Д.: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2016. 100 с.

УДК 911:631.42

О ПРОБЛЕМАХ ДЕГРАДАЦИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НАХИЧЕВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Искендерова У.Н. гызы

*Нахичеванский государственный университет, Нахичевань, e-mail: isgenderova.86@mail.ru;
Нахичеванский институт учителей, Нахичевань*

Статья посвящена процессам деградации (засоление, осолонцевание, залужение, заболачивание и др.) орошаемых земель, используемых под посевы в Нахичеванской Автономной Республике, которая расположена на юго-западе Малого Кавказа между хребтом Зангезур-Даралаяз и рекой Араз, с площадью 5502,75 км², что граничит с Турцией, Ираном и Республикой Армения. В статье обосновывается актуальность темы, дается информация о материале и методике исследования, проводится широкий анализ и обсуждение. Основное содержание работы на основе проведенных нами исследований в автономной республике, расположенной в условиях жаркого континентального климата, отражено в данных о том, что в результате неправильной организации орошения происходит вымывание верхнего плодородного слоя почв, ухудшение воздушно-водного режима, засоление. Здесь также приводятся данные о потере плодородия орошаемых земель, снижении качества почв в результате вторичного засоления, осолонцевания, залужения и заболачивания, также в результате воздействия природно-антропогенных деградационных процессов на экологически напряженных равнинах автономной республики. А этот процесс создает обратную пропорциональность между ростом населения и производством того продукта, который его обеспечивает. Поэтому возникающий в небольшом регионе продуктовый дефицит по мере роста перемещается в другие регионы и приобретает мировой масштаб. Чтобы избежать этой проблемы, такие территории на Земле должны быть определены, проблема должна быть устранена с помощью ведущих государств мира. В соответствии с поставленной целью к исследованию были привлечены Аразские равнины, играющие важную роль в области сельскохозяйственного производства на территории Нахичеванской АР, выявлены факторы, вызывающие процессы деградации. В заключительной части статьи представлены обобщенные результаты проведенного с помощью современных методов исследования процессов деградации, протекающих на орошаемых почвах равнин экологически напряженных районов (Садарак, Шарур, Бююкдюз, Неграм и др.), даны рекомендации и предложения по принятию мер борьбы с этими процессами.

Ключевые слова: деградация, мелиорация, ирригация, залужение, заболачивание, эрозия почвы

ON PROBLEMS OF DEGRADATION OF IRRIGATED LAND IN NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

Iskenderova U.N. gyzy

*Nakhchivan State University, Nakhchivan, e-mail: isgenderova.86@mail.ru;
Nakhchivan Institute of Teachers, Nakhchivan*

The article deals with the degradation process (salinization, salinization, tinning, waterlogging, etc.) of irrigation lands used for crops in the Nakhchivan Autonomous Republic, located in the south-west of the Lesser Caucasus between the Zangezur-Daralayaz mountain chains and Araz River, with an area of 5502.75 km², that borders Turkey, Iran and the Republic of Armenia. The article is based on the relevance of the topic, provides the information about the material and methodology of the study, covers a broad analysis and discussion. The main content of the work, based on our research in the Autonomous Republic, with hot continental climate, is reflected in the data that, as a result of improper arrangement of irrigation system, the upper fertile soil layer is washed out, the air-water regime deteriorates, and salinization occurs. It also provides data on the loss of fertility of irrigation lands, a decrease in soil quality as a result of secondary salinization, salinization, tinning and waterlogging, as well as the impact of natural and anthropogenic degradation processes on the ecologically stressed plains of the autonomous republic. This process creates an inverse proportionality between growth of population and the production of the product that it provides. Therefore, food shortage that occurs in a small region moves to other regions as it grows and gains global scale. To avoid this problem, such territories should be defined in the territory and the problem should be eliminated with the help of the leading powers in the world. In accordance with the set goal, the Araz plains, which play an important role in the field of agricultural production in the territory of the Nakhchivan Autonomous Republic, were involved in the study and the factors that cause degradation processes were determined. The final part of the article presents the generalized results of the study by using modern methods of degradation processes occurring on irrigation soils of the plains of ecologically stressed areas (Sadarak, Sharur, Boyukduz, Negram, etc.), recommendations and suggestions for taking measures to combat these processes are also given in the article.

Keywords: degradation, land reclamation, irrigation, tinning, waterlogging, soil erosion

Ежегодно в Нахичеванской Автономной Республике Азербайджана, расположенной в условиях континентального климата, в результате негативного воздействия природных и антропогенных факторов земли становятся негодными и выходят из севооборота. Малое количество пахотных земель на душу населения обуславливает их

эффективное использование, для этого важно изучать негативное воздействие на земли и своевременно принимать меры по их эффективному использованию. Для этого необходимо изучение проблем деградации орошаемых земель автономной республики. С этой точки зрения исследование посвящено совершенно актуальной теме.

Практическая значимость настоящей исследовательской работы в первую очередь заключается в том, что полученные результаты по изучению процессов деградации почв, используемых под посевы в Нахичеванской Автономной Республике, являются ценным инструментом в решении ее экологических проблем. Научно обоснованные результаты могут быть использованы при ведении мониторинга состояния орошаемых земель в автономной республике и могут быть использованы на ее предприятиях, связанных с аграрной сферой.

Материалы и методы исследования

При выполнении исследования широко использовались стационарные, диагностические, картографические, математико-статистические методы, также методы полевого исследования, системного анализа, наблюдения, дистанционного изучения, лабораторного исследования, использовались интернет-ресурсы, спутниковые снимки, космические снимки, программное обеспечение ArcGIS.

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из факторов, способствующих вымыванию питательных веществ из почвы и нарушению структуры почвы, является ирригационная эрозия, возникающая на орошаемых участках земель в результате антропогенных воздействий. В результате ирригационной эрозии разрушается гумусовый слой, вымываются мелкие частицы почвы. В результате ухудшаются водно-физические свойства почвы, снижается плодородие, участки покрываются бороздами.

Орошаемые земли автономной республики составляют 63785 га. Разнообразно и распределение орошаемых земель по районам. Так, в Шарурском районе они составляют 16391 га (26%), Бабекском – 14315 га (23%), Кенгерлинском – 12437 га (19%), Джульфинском – 5315 га (8%), Ордубадском – 4969 га (8%), Садаракском – 3966 га (6%), Шахбуз-

ском – 3755 га (6%), а в г. Нахичевани – 2637 га (4%). Разнообразна и доля орошаемых земель в общей площади районов. Орошаемые земельные участки автономной республики составляют 12% от общего земельного фонда. Этот показатель составляет 24% в Садаракском районе, 19% в Шарурском районе, 18% в Кенгерлинском районе, 17% в Бабекском районе, 6% в Джульфинском районе, 6% в г. Нахичевани, 5% в Ордубадском районе и 5% в Шахбузском районе (табл. 1).

Неправильное орошение склоновых участков приводит к образованию оврагов на 100 га земли ежегодно, что снижает плодородие почвы и делает ее непригодной для использования. В результате данные орошаемые участки земли подвергаются ирригационной деградации. С этой целью с использованием материалов полевых исследований и современных методов нами составлена карта территорий, подвергшихся ирригационной деградации (рис. 1).

В Нахичеванской Автономной Республике ирригационной деградации подверглись 6153 га орошаемых земель. Это 10% орошаемых земель. Из 6153 га деградированных земель в автономной республике 1327 га занимают орошаемые земли Шарурского района, 1234 га – Кенгерлинского района, 1134 га – Садаракского района, 958 га – Джульфинского района, 795 га – Бабекского района, 638 га – г. Нахичевани и 67 га – Ордубадского района. В Садаракском районе распространены почвы, наиболее подверженные ирригационной эрозии по отношению к общим орошаемым землям. Площадь земель, подверженных деградации в результате ирригации, составляет 29% орошаемых земель района. Орошаемые земли, подверженные наименьшей ирригационной эрозии, находятся на территории Ордубадского района (2%). Также подвергшиеся ирригационной деградации земельные участки составляют в г. Нахичевани 24%, в Джульфинском районе – 18%, в Кенгерлинском районе – 10%, в Шарурском районе – 8%, в Бабекском районе – 6%.

Таблица 1

Распределение орошаемых земельных участков Нахичеванской АР (2021 г.)

Участок	Административные районы								
	Всего по Нах.АР	Шарур	Бабек	Кенгерли	Джульфа	Ордубад	Садарак	Шахбуз	г. Нахичевань
Гектар (га)	63785	16391	14315	12437	5315	4969	3966	3755	2637
Проц. (%)	100	26	23	19	8	8	6	6	4

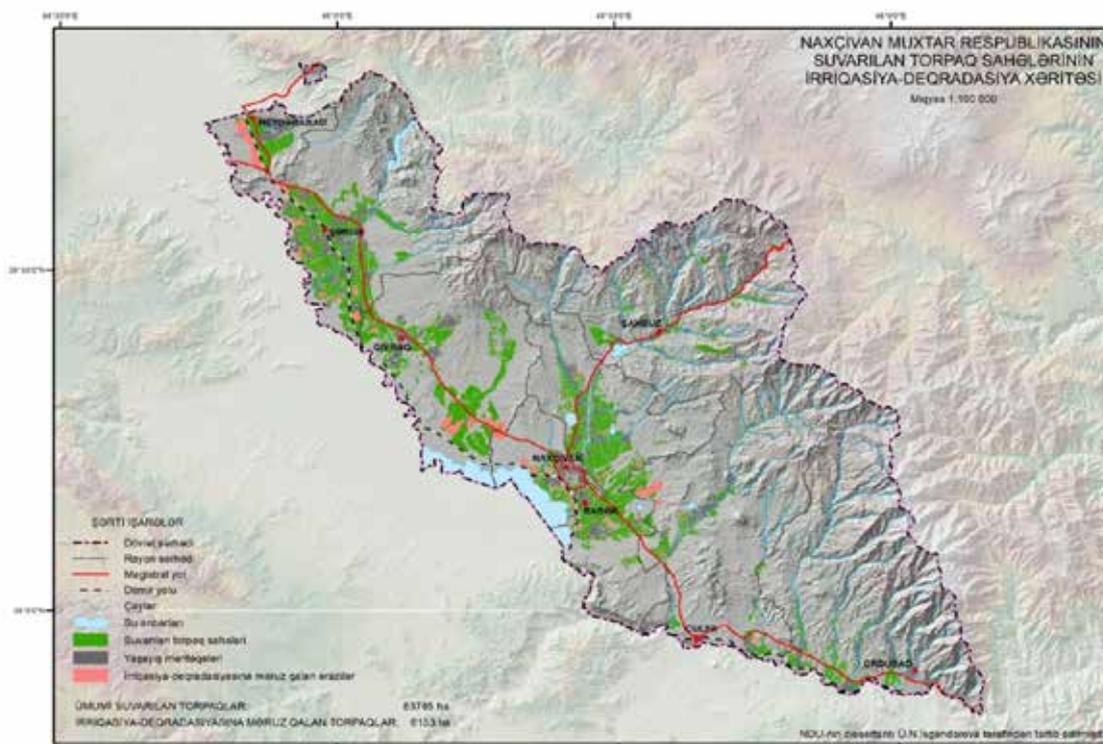


Рис. 1. Карта ирригации и деградации орошаемых земельных участков Нахичеванской Автономной Республики

Одним из факторов, влияющих на деградацию почв, является первичное засоление и ускоренное засоление почв. В Автономной Республике этот процесс развит на серых, серо-луговых, серо-бурых, каштановых и частично на аллювиально-луговых почвах. Засоление почв в районе исследования тесно связано с климатическими и гидрологическими факторами. Засоленные почвы широко распространены в Дуздаге и его окрестностях, Садаракской равнине, восточной части Беюкдюза, юго-восточной части Нахичеванской равнины [1, с. 74].

Исследования показывают, что по сравнению с незасоленными участками, продуктивность растений на слабозасоленных участках снижается до 10–20%, на среднезасоленных почвах – до 20–40%, а на сильнозасоленных – до 65–75% [2, с. 26].

Засоленные почвы можно использовать в сельском хозяйстве, при этом слабозасоленные почвы могут быть введены в эксплуатацию временно, очень засоленные – на короткое время.

В результате исследований установлено, что засоленные почвы формируются под воздействием грунтовых вод, резко минера-

лизованных и расположенных близко к поверхности. Но засоление, возникшее вокруг Дуздага, было вызвано воздействием соляных пород. Ковда (1947) назвал солончаки, распространенные на территории Беюкдюза, остаточными солончаками. Потому что здесь, несмотря на то, что грунтовые воды залегают на глубине 10–15 м, образовались солончаки [1, с. 76].

Результаты исследований показывают, что на засоление почв Приаразского региона влияют не только природные факторы, но и антропогенные факторы. Воздействие поливной воды на породы морско-лагунного происхождения, подача на поля избытка поливной воды, приближение уровня грунтовых вод к поверхности и другие факторы повышают минерализацию почв. В орошаемых почвах засоление обусловлено подъемом водорастворимых солей по капиллярам из-за повышенной влажности. Такие земли более распространены в Приаразском регионе. В настоящее время на Садаракской равнине, в Беюкдюзе, на юго-западе Нахичеванчайского ущелья имеются территории, которые когда-то были возделаны, а затем использовались в качестве зимних пастбищ в связи с засолением [1, с. 78].

Засоленные почвы в Нахичеванской АР распространены вдоль берегов р. Араз (680 м) до возвышенностей вокруг Дуздага (1100 м). На остальных участках наблюдается локальное засоление. Оно широко распространено вокруг водохранилищ Неграм, Сираб, Узуноба и т.д. [3, с. 191–193; 4, с. 34–35]. Заболоченные и засоленные почвы образуются в основном за счет просачивания воды из водохранилищ и каналов. Таким образом, вода, отфильтрованная из бетонных необлицованных оросительных каналов, поднимает уровень грунтовых вод, что приводит к заболачиванию и засолению.

На Приаразских и предгорных равнинах засоление началось через несколько лет после освоения орошаемых земель. Это показывает, что неконтролируемое поступление поливной воды привело к возникновению этого процесса.

В земледелии путем выращивания солеустойчивых растений на засоленных почвах проводили опыты по борьбе с засолением. Исследователи-ученые В.Р. Волобуев, Г.З. Азизов, Г.Ш. Мамедов, А.С. Гашимов, проводившие исследования в этой области, разделили солеустойчивые растения на три группы: слабосолеустойчивые, среднесолеустойчивые и устойчивые [4, с. 35].

В последующие периоды В.А. Ковда, В.В. Егоров, Н.А. Беседнов, В.Р. Волобуев, А.К. Бейбутов, Г.З. Азизов, А.Г. Гулиев и др. изучали влияние засоления почв на развитие и продуктивность растений. Согласно их выводам на незасоленных почвах растения развиваются нормально, на слабозасоленных почвах влияние солёности на развитие растений незначительно, урожайность падает на 10–20%, на умеренно засоленных почвах влияние солёности на развитие рас-

тений велико, урожайность растений падает до 50%, а на сильнозасоленных почвах растения развиваются очень слабо или совсем не развиваются [4, с. 35]. Следует отметить, что при правильном использовании солеустойчивых растений сильнозасоленные почвы становятся средnezасоленными, средnezасоленные – слабозасоленными, а слабозасоленные – плодородными.

Одним из факторов, вызывающих деградацию почв, является залужение и заболачивание почв. В результате наблюдений, проведенных на объекте исследования, мы установили, что после земельной реформы, проведенной на территории Неграмского муниципалитета в северо-восточной части Нахичеванской равнины, коллекторная сеть была разрушена. В результате на впадинах исследуемой территории, в районах, где грунтовые воды залегают близко к поверхности, развилась луговая растительность, а почвы залужались и создавали очаги деградации (рис. 2).

В Нахичеванской Автономной Республике территории, где распространены очаги деградации в результате залужения, заболачивания и засоления от воздействия природных и антропогенных факторов, более многочисленны в Приаразских равнинах. Для выявления на исследуемой территории почв, подвергшихся деградации в результате залужения, заболачивания и засоления, возвращения их в хозяйственный оборот, следует определить очаги деградации и разработать план мероприятий. С этой целью с использованием собранных нами материалов полевых исследований, фондовых данных и программного обеспечения ArcGis была составлена карта лугов, болот и засоленных земель в автономной республике (рис. 3).



Рис. 2. Проявления залужения на Нахичеванской равнине



Рис. 3. Засоленные, заболоченные и залуженные земли Нахичеванской Автономной Республики

По результатам исследования можно сказать, что в автономной республике больше земель, заболоченных и засоленных в результате природных процессов. Мы рассчитали их площади с помощью ArcGis. Установлено, что в результате естественных процессов заболочено 6699 га земель, а засолено 4879 га. По берегам р. Араз широко распространены заболоченные и засоленные участки. В результате антропогенного воздействия 1196 га орошаемых земель заболочены, 3858 га засолены, 3689 га луговых земель подверглись деградации.

В автономной республике 1% орошаемых земель составляют заболоченные и залуженные, а 2% – засоленные. Наиболее залуженные (13%), заболоченные (5%) и засоленные (5%) земли в автономной республике находятся на территории Садаракского района. По отношению к общему земельному фонду автономной республики 1% земель в Бабекском районе составляют болотно-луговые земли, 4% – заболоченные, 1% – засоленные и залуженные земли в Шарурском районе, 1% – заболоченные, 5% – засоленные в Кенгерлинском районе, а в Джульфинском районе 2% заболоченные, 1% засоленные. В Ордубадском районе почти нет засоленных и залуженных земель. 1% территории района относится к заболоченному земельному участку. Причиной отсутствия здесь засоленных и залуженных земель является высокий уклон.

В целом по автономной республике 7895 га земель составляют заболоченные земли, из которых 3691 га распределен в Ша-

пурском районе, 1344 га – в Джульфинском районе, 995 га – в Ордубадском районе, 841 га – в Садаракском районе, 466 га – в Кенгерлинском районе, 466 га – в Бабекском районе и 92 га – вокруг г. Нахичевани. Заболоченные почвы образуются в основном в предгорных районах за счет сточных вод вокруг водохранилищ, а в равнинных – по берегам рек и на пашнях, где коллекторно-дренажная сеть не функционирует.

3689 га земель земельного фонда в автономной республике деградированы в результате залужения. Самые высокие луговые угодья в автономной республике находятся на территории Садаракского района – 2075 га, в Бабекском районе – 478 га, в Ордубадском районе – 463 га, в Джульфинском районе – 435 га, в Кенгерлинском районе – 137 га, в Шарурском районе – 97 га и 4 га вокруг г. Нахичевани.

Засолению подверглось 8737 га всего земельного фонда Автономной Республики. Самая высокая засоленность составляет 3772 га в Садаракском районе, а самая низкая – 54 га вокруг Нахичевани. По различным причинам засолению подверглись 2569 га земель в Джульфинском районе, 781 га – в Шарурском районе, 731 га – в Кенгерлинском районе, 573 га – в Ордубадском районе и 257 га – в Бабекском районе.

В результате заболачивания, залужения, засоления и ирригационной эрозии в республике деградации подверглись 14896 га земель. Это составляет 23,4% орошаемых земель республики (табл. 2).

Таблица 2

Состояние земель, подвергшихся деградации от антропогенных воздействий,
по административным районам

Административные районы	Заболоченные земли, в га	Залуженные земли, в га	Засоленные земли, в га	Земли, подверженные ирригационной деградации, в га	Площади деградированных земель, в га	По отношению к орошаемым почвам, в %
Ордубад	9	463	54	67	593	11,9
Нахичевань	61	4	336	638	1039	39,4
Бабек	54	478	257	795	1584	11,0
Джульфа	294	435	573	958	2260	42,5
Садарак	404	463	781	1134	2782	70,1
Кенгерли	–	137	1126	1234	2497	20,0
Шарур	374	97	731	1327	2529	15,4
Всего по Нах. АР	1196	3689	3858	6153	14896	23,4

Из наших исследований видно, что образование очагов деградации на орошаемых территориях в результате заболачивания, засоления и залужения приводит к выводу земель из севооборота. Согласно исследованиям, проведенным до 2010 г., около 700–800 га земельных участков деградированы из-за засоления и по другим причинам [1, с. 78].

В целях предотвращения ирригационной эрозии одним из основных мероприятий является правильный выбор технологии орошения и регулирования поливной воды с учетом местных условий орошаемой территории. Для восстановления плодородия и получения высококачественной продукции с земель, подвергшихся ирригационной деградации, необходимо внесение в эти почвы минеральных и органических удобрений [5]. Поля, подвергшиеся эрозии, следует удобрять зимой. В этом случае в первую весну, когда тает снег и идут дожди, слабо смываются покрытые растительностью почвы. А это положительно влияет на продуктивность. Внесение удобрений в деградированные почвы улучшает структуру и водно-физические свойства почвы, обогащая ее органическими веществами и азотом.

Как выше было отмечено, повышение уровня грунтовых вод в результате антропогенного воздействия на орошаемые земли приводит к засолению почв. Для предотвращения засоления в первую очередь следует изучить проблему повышения уровня грунтовых вод, а для предупрежде-

ния подъема грунтовых вод на орошаемых почвах и возможного в связи с этим засоления необходимо применять высокие агротехнические правила ведения сельского хозяйства, правильно использовать поливную воду, использовать дождевание и соблюдать правила полива. Также в центре внимания должно быть состояние коллекторно-дренажной сети на участке.

Из севооборота выходят залуженные и заболоченные участки земель, образовавшиеся в результате антропогенных воздействий. В основном заболачивание и залужение возникают на участках, где ликвидированы или не функционируют водохранилища, оросительные каналы без бетонного покрытия, коллекторно-дренажная сеть [6]. Этот процесс хорошо заметен в основном вдоль р. Араз, вокруг запущенных оросительных каналов и водохранилищ. Для того чтобы вернуть в севооборот участки, подвергшиеся заболачиванию и залужению, в первую очередь необходимо исследовать и предотвратить источник грунтовых или паводковых вод, вызывающих заболачивание и залужение. Во время полевых исследований область для экспериментов создавалась вокруг коллекторов или каналов, оставленных без присмотра, с участками заболоченных и залуженных земель, которые мы наблюдали в выбранных нами районах. Для предотвращения заболачивания и залужения на таких земельных участках необходимо реконструировать коллекторно-дренажные сети, очистить каналы.

Выводы

В проведенном нами исследовании были получены следующие выводы:

– В результате заболачивания, залужения, засоления и ирригационной эрозии в Нахичеванской Автономной Республике Азербайджана деградации подверглись 14896 га земельных участков, что составляет 23,4% от площади орошаемых земель.

– Административным районом, подверженным деградации в результате антропогенных воздействий, является территория Садаракского района, которая составляет 70,1%.

– В результате антропогенных воздействий в автономной республике заболочено 1196 га земель, засолено 3858 га, а в результате залужения деградированы 3689 га.

– В результате наблюдений и исследований установлено, что площади, подвержен-

ные ирригационной эрозии на орошаемых землях, составляют 6153 га.

Список литературы

1. Гулиева С.Ю. Опустынивание в аридных и семиаридных горных геосистемах (на примере Нахичеванской Автономной Республики). Баку: Victory, 2011. 182 с.
2. Гаджиев С.А. Экологическая оценка земель Нахичеванской Автономной Республики. Баку: МБМ, 2010. 295 с.
3. Гулиев А.Г. Изменения экологической ситуации на почвах в результате антропогенных воздействий (на примере Нахичеванской АР): материалы международной конференции, посвященной 85-летию АГАУ. Гянджа, 2014. С. 191–193.
4. Гулиев А.Г. Экомелиоративная оценка орошаемых земель в Нахичеванской Автономной Республике. Нахичевань: Издательско-полиграфическое объединение «Аджем», 2014. 168 с.
5. Искендерова У.Н. Ирригационная эрозия как фактор, порождающий деградацию почв: материалы I Международной научной конференции по гуманитарным и общественным наукам. Баку, 2020. С. 330–333.
6. Гаджиев С.А. Охрана почвенной среды Аразской равнины Нахичеванской Автономной Республики. Нахичевань, 2018. 280 с.

УДК 550.41

К ВОПРОСУ О КРИТЕРИИ ДАЛЬНОГО ПЕРЕНОСА**Котова Е.И., Коробов В.Б.***ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» Российской академии наук, Москва,
e-mail: ecopp@yandex.ru*

Исследование антропогенного воздействия через атмосферу на окружающую среду различных районов является одним из самых актуальных в геоэкологии. В научной литературе имеется большое количество работ, посвященных оценке влияния дальнего атмосферного переноса на формирование химического состава компонентов окружающей среды. Наряду с этим у специалистов отсутствует согласованное представление о том, что следует считать дальним переносом. В данной статье рассматривается вопрос определения понятия «дальний перенос». Авторами предложен один из возможных подходов, где в качестве базиса предлагается использовать бассейновый принцип. В данном подходе для оценки уровня воздействия дальнего атмосферного переноса на территорию бассейна используется процент площади, подвергающейся воздействию удаленного источника. С использованием экспертных методов и метода теории нечетких множеств разработана вербально-числовая шкала оценки значимости воздействия дальнего переноса (в первом приближении). Для построения вербально-числовой шкалы использовались результаты опроса семи экспертов. При усреднении экспертных суждений использовались медианные значения. Данная шкала может быть применена для экспресс-оценки воздействия источника, что требуется на ранних стадиях экологической оценки территорий и прилегающих к ним морских акваторий при проектировании опасных объектов.

Ключевые слова: дальний перенос, площадь водосбора, нечёткие множества, экспертные методы, вербально-числовая шкала

TO THE QUESTION OF THE LONG-RANGE TRANSFER CRITERIA**Kotova E.I., Korobov V.B.***P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, e-mail: ecopp@yandex.ru*

The study of anthropogenic impact through the atmosphere on the environment of various regions is one of the most relevant in geocology. There is a large number of works in the scientific literature devoted to assessing the impact of long-range transfer on the formation of the chemical composition of environmental components. Along with this, there is no agreed upon idea of what should be considered long-range transfer. This article discusses the definition of the concept of "long-range transfer". The authors proposed one of the options, where it is proposed to use the basin approach as a basis. This approach uses a percentage of the area exposed to a remote source to estimate the impact of long-range atmospheric transport on the basin. The results of a survey of experts are presented. To build a verbal-numerical scale, the results of a survey of 7 experts were used. When averaging expert judgments, median values were used. This scale can be used for an express assessment of the impact of the source, which is required in the early stages of environmental assessment of territories and adjacent marine waters during the design of hazardous facilities.

Keywords: long-range transport, catchment area, fuzzy calculations, expert methods, verbal-numerical scale

Исследование антропогенного воздействия через атмосферу на окружающую среду различных районов является одним из самых актуальных направлений в геоэкологии. Ему посвящено довольно большое число отдельных публикаций и обзоров (например, [1–3] и другие работы из списка литературы). Системные исследования переноса и осаждения вещества в различных геосферах, в том числе через атмосферу, проводятся в течение более чем пятидесяти лет под общим руководством академика А.П. Лисицына в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) [2–4].

Но, несмотря на большое количество исследований, затрагивающих тему атмосферного переноса, до сих пор нет утвержденного и даже взаимно согласованного научным сообществом понятия «дальнего переноса».

Цель данной работы – рассмотреть вопрос дефиниции понятия «дальний перенос» и выработать альтернативный подход к его определению.

Материалы и методы исследования

Авторами проведен обзор научных работ, в которых проводились исследования дальнего переноса.

В рамках предложенного в работе подхода для ответа на вопрос, какой процент площади водосбора достаточен, чтобы влияние дальнего переноса можно было бы считать значимым, использовались экспертные методы и методы теории нечетких множеств. С помощью данных методов была построена вербально-числовая шкала для оценки значимости атмосферного переноса [5].

Для построения вербально-числовой шкалы нами использовались результаты

опроса семи экспертов, из них четыре доктора наук, два кандидата наук. При усреднении экспертных суждений использовались медианные значения экспертных оценок. Темы научных работ и характер работы экспертов непосредственно связаны с рассматриваемым вопросом.

Результаты исследования и их обсуждение

В научной литературе можно найти различное множество подходов к определению понятия «дальний перенос». Так, в [6] указано, что дальний перенос загрязнений – это распространение загрязнений на *значительные* расстояния. Но что конкретно можно считать значительным расстоянием? В качестве примера дальнего переноса в этой же работе приведен дымовой шлейф города промышленного региона, который тянется на 200 км и более. Согласно данному примеру получается, что 199 км – это уже не дальний перенос. Также возникает вопрос о границе шлейфа, которая не является четкой и трудно определима.

В то же время в томе II монографии «Система Белого моря» [3, с. 48] в процессе исследования вклада аэрозолей в формирование природной среды Арктики дальними источниками считаются те, которые удалены на расстояние более 1 000 км.

В отдельных статьях, например [7], дальний перенос рассматривается не только для воздушной среды, но и для водных систем, но критерий, что считать дальним переносом, также отсутствует, а речь идет и о 700–800 км, и о 5000 км.

Часть авторов говорят о дальнем переносе загрязняющих веществ в том случае, если рядом нет источника загрязнения. Чаще всего данный принцип используется для северных, фоновых территорий, а также для заповедных территорий [8, 9].

Одним из подходов определения численных характеристик дальнего переноса является использование временного критерия. Учитывая, что в северной полярной области перенос атмосферных аэрозолей на расстояния до 10 000 км возможен в течение 5–10 суток, то при анализе атмосферного переноса, в том числе дальнего, чаще всего рассматривают пятисуточные траектории движения воздушных масс [10], в некоторых случаях авторы рассчитывают суточные траектории [9].

Отметим, что проблема установления числовых критериев разграничения непре-

рывных характеристик является общей для науки и решается, как правило, путём применения экспертных технологий, поскольку для таких случаев общих методологий не разработано [11].

Ещё одной из причин отсутствия единого мнения о том, что такое дальний перенос, может являться то обстоятельство, что выделить перенос загрязнения от конкретного источника в данную точку (участок) очень сложно. Можно лишь говорить об общем поступлении примесей на подстилающую поверхность в результате совокупного атмосферного переноса из разных направлений и от источников, расположенных на различных расстояниях. В связи с этим часть авторов в своих исследованиях не дают каких-либо критериев дальности переноса, а говорят в целом об атмосферном переносе примесей в исследуемому участку [12, 13].

По мнению авторов, одним из возможных подходов к определению дальнего переноса в Арктику может стать использование бассейнового принципа: если источник расположен на территории другого водосборного бассейна крупной реки, а загрязнение поступает на территорию водосборного бассейна рассматриваемой крупной реки, то можно говорить о дальнем переносе.

Чем обусловлен такой подход? В его основу положено разделение территории естественными природными границами, которыми являются водоразделы. Кроме того, загрязняющие вещества рано или поздно со стоком (чаще всего талых вод) поступают в водоток, а далее трансформируются и накапливаются в морях и океанах, в данном случае в Северном Ледовитом океане. При этом вдольбереговыми течениями и льдами загрязнение может распространяться не только на другие акватории, но и на берега. Причём приливами и нагонами загрязнённые воды могут распространяться и вверх по течению морских устьев других рек, непосредственно впадающих в это же море, проникая на десятки и даже сотни километров.

Проиллюстрируем это на таком примере. Пусть на одном из нефтяных месторождений, расположенном в бассейне р. Печора, произошло возгорание нефтехранилища. Допустим также, что сложилась такая синоптическая ситуация, что продукты возгорания непосредственно осаждались на поверхность Печоры и её притоков. И так было в течение нескольких дней, пока аварийная ситуация не была ликвидирована.

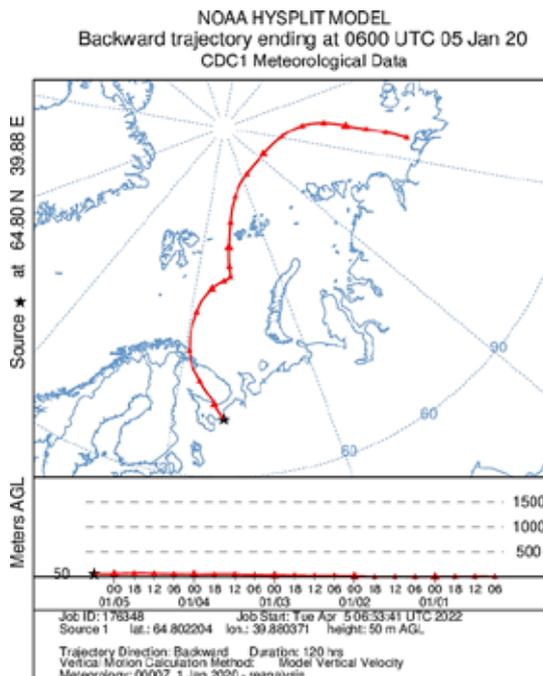
С речными водами эти и образовавшиеся в результате реакции с водой загрязняющие вещества попадают в Печорскую губу Баренцева моря и стоковым течением переносятся на восток вдоль морского берега. Если в это время здесь сложится такая синоптическая ситуация, в результате которой возникнет штормовой нагон, да ещё такой, что его пик совпадёт с максимальным приливом, то загрязнённые воды попадут в устьевые участки рек, впадающих в Печорскую губу на этом участке побережья. Но это ещё не всё. В Арктике многие берега низкие и сильно заболочены. Во время нагонов они затапливаются морскими водами. Если вода содержит в себе загрязняющие вещества, то они, по крайней мере часть из них, могут остаться в болотах, а также озёрах, попавших в зону затопления.

Площади водосбора именно крупных рек выбраны нами по той причине, что их величина определяется однозначно по водотокам данной реки и рельефу, в то время как для средних и особенно для малых рек это можно сделать не всегда.

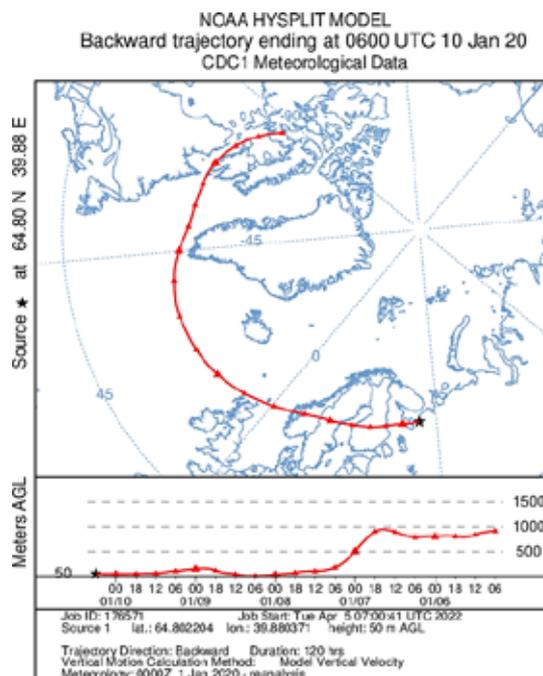
Другим учитываемым нами обстоятельством стало то, что водосборы крупных рек образуют непрерывное поле: граница одного водного бассейна является одновременно границей и другого бассейна. Важным обстоятельством является и то, что границы водоразделов – чёткие, что позволяет получить точные значения площадей [14].

Крупные водосборы позволяют рассматривать загрязнение от источников выбросов как единый процесс для всей экосистемы: выброс – осаждение – смыв – сток в море (океан). Получается, что если источник водосбора расположен на территории другого водосбора, то его вполне можно квалифицировать как дальний. Однако при этом не следует забывать, что загрязнение будет распространяться и дальше как по воздуху, так и по воде и может охватывать очень большие территории и акватории, включая морские.

Вопрос же о расстоянии между источником и точкой расчёта/измерения при таком подходе будет неоднозначным. Атмосферный перенос определяется синоптическими условиями, которые отличаются большим разнообразием. В циклонах, антициклонах, при наличии атмосферных инверсий траектории между одними и теми же точками будут различными, а значит, и путь поллютантов будет разным (рисунок).



a)



б)

*Обратные пятисуточные траектории
при различных синоптических ситуациях
(построены авторами на [15])*

Следовательно, при оценке величины загрязнения также следует учитывать интенсивность выброса, протяжённость траектории, скорость ветра, а также направление распространения. Так, кратковременный,

но мощный выброс может оказать значительно большее воздействие на природную среду, чем долговременный и менее мощный, особенно если учитывать количество поступающих в данную точку загрязняющих веществ. В ряде случаев возможен суммарный эффект воздействия и тогда даже те источники, чей вклад в загрязнение незначителен, в сумме могут приводить к повышенным концентрациям на отдаленных территориях. К тому же чем дальше аэрозоли находятся в атмосфере, тем большее их количество рассеивается и осажается на поверхность.

Поэтому невозможно однозначно установить в качестве дальнего переноса критерия дальности величину расстояния как таковую. Следовательно, расстояние между точкой выброса и точкой измерения (расчёта) каждый раз будет разным даже при близких атмосферных условиях.

Таким образом, при определении дальнего переноса, исходя из бассейнового принципа, критерий дальности будет переменной величиной и представляет собой функцию от траектории поллютанта в воздухе.

В то же время не все реки, находящиеся в пределах одного водосбора, могут входить в систему большой реки. Они вполне могут впадать – и в Арктике многие из них впадают – непосредственно в море. С учётом приливных, сгонно-нагонных и вдольбереговых течений распространение загрязнения от них по морской акватории может быть достаточно большим. Это обстоятельство подтверждает преимущество бассейнового подхода, позволяя учитывать большее число процессов, благоприятствующих распространению загрязнения.

Бассейновый подход меняет саму сущность понятия «дальний перенос». Речь теперь идёт не о линейных расстояниях от источников или протяженности траектории (они могут быть небольшими, если источник расположен рядом за соседним водоразделом), а о площади, подвергшейся воздействию, причём не только напрямую, но и опосредованному путём переноса вдольбереговыми морскими течениями и штормовыми нагонами. А она может быть достаточно большой, если загрязнение по водотоку разносится на большие расстояния. Такое происходит, когда загрязняющие вещества попадают в средние и большие реки ближе к истоку или в среднем течении.

В связи с этим необходимо оценить не только всю площадь водосбора, но и ка-

кой процент площади, на которую оказано воздействие, достаточен, чтобы влияние дальнего переноса можно было бы считать значимым.

Для этого с помощью экспертных методов и методов теории нечетких множеств нами была построена вербально-числовая шкала. Такие шкалы удобнее всего составлять в виде таблицы.

Результаты обработки суждений экспертов представлены в таблице.

Шкала оценки значимости
дальнего переноса

№	Значимость воздействия	Площадь загрязнения, %
1	2	3
1	Незначительное	0–10
2	Слабое	11–25
3	Умеренное	26–50
4	Сильное	51–75
5	Очень сильное	76–100

Заключение

Обзор литературы показал, что понятие «дальний перенос» трактуется исключительно как удалённость источника воздействия от места загрязнения. При этом нет единого мнения относительно расстояния между точками выброса и осадения, которое у разных авторов отличается в несколько раз, что не позволяет однозначно интерпретировать процессы загрязнения окружающей среды.

В качестве альтернативы авторами предложен бассейновый принцип, позволяющий учесть распространение загрязнения по всей площади водосбора. Такой подход даёт возможность также учесть загрязнение водных объектов посредством переноса загрязнённых морских вод течениями в устьевые области рек, впадающих в море и протекающих на этих же водосборах.

Для оценки значимости воздействия при дальнем переносе авторами разработана вербально-числовая шкала. Полученная шкала является наиболее простой. Её можно усовершенствовать, если принять в расчёт процессы разбавления поллютантов в речных водах. Тогда будет иметь значение и место осадения на поверхность водосбора загрязняющих веществ из атмосферы. Важным фактором уровня воздействия является и мощность источника, но она косвенно учитывается в площади,

на которую оказано воздействие. Следует также учитывать и другие факторы, такие как возможность вторичного загрязнения речных вод со стороны моря во время приливов и нагонов, интенсивность накопления загрязнителей на земной поверхности, класс их опасности и т.д. Здесь может быть несколько подходов, которые авторы планируют исследовать в дальнейшем.

Данная же шкала может использоваться для экспресс-оценки воздействия источника, что требуется на ранних стадиях экологической оценки территорий и прилегающих к ним морских акваторий при проектировании опасных объектов.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № FMWE-2021-0016 «Взаимодействие биосфер в Мировом океане».

Список литературы

1. Ilyin I., Rozovskaya O., Travnikov O., Varygina M., Aas W. Heavy Metals: Transboundary Pollution of the Environment. EMEP Status Report 2/2014. MSC-E&CCC, 2014. URL: http://www.msceast.org/reports/2_2014.pdf (date of access: 13.02.2022).
2. Starodymova D.P., Shevchenko V.P., Sivonen V.P., Sivonen V.V. Material and elemental composition of surface aerosols on the north-western coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea. Atmospheric and Oceanic Optics. 2016. Vol. 29. No 6. P. 507–511. DOI: 10.1134/S1024856016060154.
3. Шевченко В.П., Голобокова Л.П., Сакерин С.М., Лисицын А.П., Кабанов Д.М., Новигатский А.Н., Панченко М.В., Политова Н.В., Полькин В.В., Поповичева О.Б., Ходжер Т.В. Рассеянное осадочное вещество атмосферы над Баренцевым морем // Система Баренцева моря. М.: ООО Издательство «ГЕОС», 2021. С. 127–142. DOI: 10.29006/978-5-6045110-0-8/(11).
4. Котова Е.И., Шевченко В.П. Влияние дальнего атмосферного переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора российской Арктики // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–11. С. 2378–2382.
5. Коробов В.Б. Построение вербально-числовых шкал методом нечетких множеств для оценки состояния природных объектов // Проблемы региональной экологии. 2005. № 5. С. 18–23.
6. Протасов В.Ф., Матвеев А.С. Экология: Термины и понятия. Стандарты, сертификация. Нормативы и показатели: учеб. и справ. пособие. М.: Финансы и статистика, 2001. 204 с.
7. Vakulovskiy S.M., Germenchuk M.G., Zhukova O.M. Long-range radionuclide transport in the atmosphere and water bodies. Russian Meteorology and Hydrology. 2011. Vol. 36. No 4. P. 265–268. DOI: 10.3103/S1068373911040078.
8. Mamontova E.A., Tarasova E.N., Mamontov A.A., Kuzmin M.I. The effect of long-range atmospheric transport of organochlorine compounds by soil studies from Mongolia to the Arctic. Doklady Earth Sciences. 2016. Vol. 466. No 2. P. 169–172. DOI: 10.1134/S1028334X16020148.
9. Василевич М.И., Симакин Л.В. Особенности формирования химического состава снежного покрова на территории Печоро-Ильчского биосферного заповедника // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2017. № 5. С. 48–56.
10. Vinogradova A.A., Kotova E.I., Topchaya V.Y. Atmospheric transport of heavy metals to regions of the North of the European territory of Russia. Geography and Natural Resources. 2017. Vol. 38. No. 1. P. 78–85. DOI: 10.1134/S1875372817010103.
11. Коробов В.Б. Теория и практика экспертных методов. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. 281 с. DOI: 10.12737/monography_5caee0067f1835.43206494.
12. Ilin I.S. Modeling a long-range transport of mercury and its compounds over Europe. Russian Meteorology and Hydrology. 2002. No. 2. P. 31–37.
13. Макоско А.А., Матешева А.В. Оценки тенденций дальнего загрязнения атмосферы регионов российской Арктики в XXI в. // Арктика: экология и экономика. 2017. № 4 (28). С. 59–71. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-59-71.
14. Korytny L.M. The basin concept: From hydrology to nature management. Geography and Natural Resources. 2017. Vol. 38. No. 2. P. 111–121. DOI: 10.1134/S1875372817020019.
15. Air Resources Laboratory. NOAA. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.arl.noaa.gov/> (дата обращения: 15.07.2022).

СТАТЬЯ

УДК 552.14:551.242.22

**ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА
НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ
ПО СОСТАВУ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД**

Малиновский А.И.

*ФГБУ «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН, Владивосток,
e-mail: malinovskiy@fegi.ru*

Характерной чертой геологического строения хребта Сихотэ-Алинь является широкое развитие нижнемеловых отложений, занимающих более половины его территории. С раннемеловой эпохой связаны самые разнообразные геологические события, во многом определившие процесс становления и развития современного облика восточной окраины Евразии. С этим же временным отрезком геологической истории связано и формирование многочисленных рудных и угольных месторождений. Несмотря на многочисленные геолого-съемочные и тематические работы, проводившиеся в разные годы на территории Северного Сихотэ-Алиня, литологическая изученность нижнемеловых отложений остается крайне слабой. Целью проведенных исследований было всестороннее изучение и анализ минералого-геохимических параметров песчаных пород и, на основании их интерпретации, реконструкция палеогеодинамической природы бассейна осадконакопления. Берриас-аптские породы изучались на двух участках: в районе п. Высокогорный и в бассейне р. Бута. Исследования показали, что минералого-геохимические параметры песчаников позволяют характеризовать их как граувакки и лишь частично – как лититовые аргилиты. Отложения образовались за счет физического выветривания исходных пород областей сноса. Породы обладают низким уровнем зрелости кластики, прошедшей один цикл переотложения, и являются петрогенными. Палеогеодинамический анализ данных свидетельствуют, что отложения накапливались в седиментационном бассейне, пространственно и генетически связанном с крупным разломом (трансформным сдвигом), разделявшим континентальную и океаническую плиты. Область размыва была гетерогенной. Главным источником вещества были сиалическая суша, сложенная древними гранитно-метаморфическими и осадочными комплексами, а второстепенным – зрелая, глубоко расчлененная окраинно-континентальная магматическая дуга, поставлявшая как основную и среднюю вулканокластику, так и продукты разрушения гранитно-метаморфических пород ее основания.

Ключевые слова: ранний мел, источники питания, геодинамические обстановки, Сихотэ-Алинь

**GEODYNAMIC NATURE OF THE LOWER CRETACEOUS DEPOSITS
OF THE NORTHERN SIKHOTE-ALIN BY THE COMPOSITION
OF TERRIGENOUS ROCKS**

Malinovskiy A.I.

*Far Eastern Geological Institute FEBRAS, Vladivostok,
e-mail: malinovskiy@fegi.ru*

A characteristic feature of the geological structure of the Sikhote-Alin ridge is the extensive development of Lower Cretaceous deposits, which occupy more than half of its territory. A variety of geological events are associated with the Early Cretaceous epoch, which largely determined the process of formation and development of the modern appearance of the eastern edge of Eurasia. The formation of numerous ore and coal deposits is also associated with this time period of geological history. Despite numerous geological surveys and case studies conducted in different years on the territory of the Northern Sikhote-Alin, the lithological study of the Lower Cretaceous deposits remains extremely weak. The purpose of the research was a comprehensive study and analysis of the mineralogical and geochemical parameters of sandy rocks and, based on their interpretation, reconstruction of the paleogeodynamic nature of the sedimentation basin. Berriasian-Aptian rocks were studied at two sites: in the area of the village of Vysokogorny and in the basin of the Buta river. Studies have shown that the mineralogical and geochemical parameters of sandstones make it possible to characterize them as graywackes and only partially as lithic arenites. The deposits were formed due to the physical weathering of the initial rocks of the sources areas. Rocks have a low level of maturity of the clastic, which has passed one reburial cycle, and are petrogenic. Paleogeodynamic analysis of the data indicates that deposits accumulated in a sedimentation basin spatially and genetically associated with a major fault (transform shift) separating the continental and oceanic plates. The area of erosion was heterogeneous. The main source of the substance was the sialic land, composed of ancient granite-metamorphic and sedimentary complexes, and the secondary one was a mature, deeply dissected marginal-continent magmatic arc, which supplied both the basic and medium volcanoclastic and the products of destruction of granite-metamorphic rocks of its base.

Keywords: Early Cretaceous, sources areas, geodynamic settings, Sikhote-Alin

Характерной чертой геологического строения хребта Сихотэ-Алинь является широкое развитие нижнемеловых отложений, занимающих более половины его пло-

щади. Раннемеловое время – важнейший этап в становлении и развитии геологических структур, развитых на восточной окраине Евразии. В это же время происходило

формирование террейнов самого различного типа: океанических, островодужных, трансформных границ плит [1]. Помимо этого, в нижнемеловых отложениях локализованы многочисленные рудные и угольные месторождения, они перспективны и для углеводородов. Нижний мел хр. Сихотэ-Алинь неплохо изучен стратиграфически, а вот данные по литологическому составу терригенных пород крайне малочисленны. В частности, для Северного Сихотэ-Алиня они практически отсутствуют.

Цель исследования – всестороннее изучение и анализ минералого-геохимических параметров терригенных пород Северного Сихотэ-Алиня, направленные на восстановление состава областей питания и выяснение условий осадконакопления.

Материалы и методы исследования

Для получения новых данных о составе осадочных пород Северного Сихотэ-Алиня были изучены два участка их распространения: берриас-барремских (район п. Высокогорный) и готерив-аптских (бассейна р. Бута) (рис. 1). Изучались главным образом песчаники, дополнительно привле-

кались данные по геохимическому составу алевролитов. Исследования петрографического состава пород, определение и подсчет содержаний породообразующих компонентов и тяжелых обломочных минералов, определение содержаний петрогенных, редких и редкоземельных элементов в горных породах и минералах осуществлялись современными, многократно апробированными методами, детали которых приведены в ряде предыдущих публикаций [2, 3 и др.]. Исследования проводились в Аналитическом центре (ЦКП) ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток, аналитики: Д.С. Остапенко, Н.В. Зарубина, Е.А. Ткалина).

Результаты исследования и их обсуждение

Изученные раннемеловые образования Северного Сихотэ-Алиня расчленяются на 5 согласно перекрывающих друг друга свит: берриас-валанжинскую журавлевскую (более 1000 м), валанжинскую ключевскую (более 1600 м), готеривскую усть-колумбинскую (до 800 м), готерив-барремскую приманкинскую (до 1800 м) и аптскую каталевскую (1500 м).

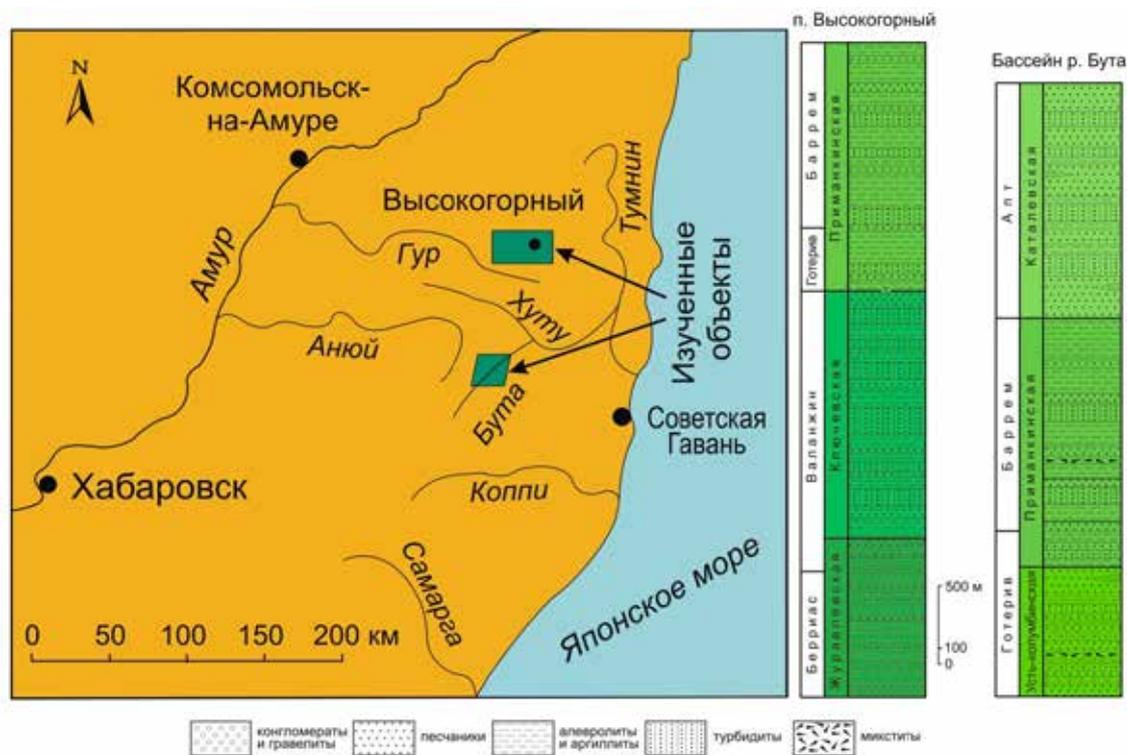


Рис. 1. Схема расположения и стратиграфические колонки изученных участков распространения нижнемеловых отложений Северного Сихотэ-Алиня

Берриас-аптские отложения этих свит, общей мощностью свыше 6500 м, представлены морскими терригенными породами: песчаниками, алевролитами, аргиллитами, а также горизонтами и линзами конгломератов, гравелитов и микститов. Особенностью строения разрезов свит является присутствие большого количества пачек ритмичного переслаивания песчаников, алевролитов и аргиллитов, которые по своим текстурно-структурным особенностям соответствуют типичным турбидитам. Пачки имеют различную мощность элементарных ритмов (от 1–10 см до 40–50 см) и соотношение песчаник/алевролит (от 10/1–20/1 до 1/2–1/5). Помимо этого, следует отметить практически полное отсутствие в строении разрезов продуктов синхронной осадконакоплению вулканической активности. Породы свит интенсивно дислоцированы, нарушены многочисленными

зонами разломов, рассланцевания и будинажа.

Проведенное комплексное, всестороннее изучение вещественного состава песчано-алевритовых пород позволило получить объективную информацию о породных ассоциациях, слагавших размывавшиеся источники обломочного материала, их вещественном составе, а также о геодинамической природе бассейна осадконакопления. Результаты, полученные в ходе исследований, демонстрируются на диаграммах (рис. 2), ссылки на которые приведены в статьях прежних лет [2, 3]. В этих же статьях, а также в работах многих отечественных и зарубежных авторов присутствуют ссылки и на публикации, в которых приведены широко известные, ставшие классическими диаграммы, используемые ниже для палеогеологических интерпретаций вещественного состава терригенных пород [4–6].

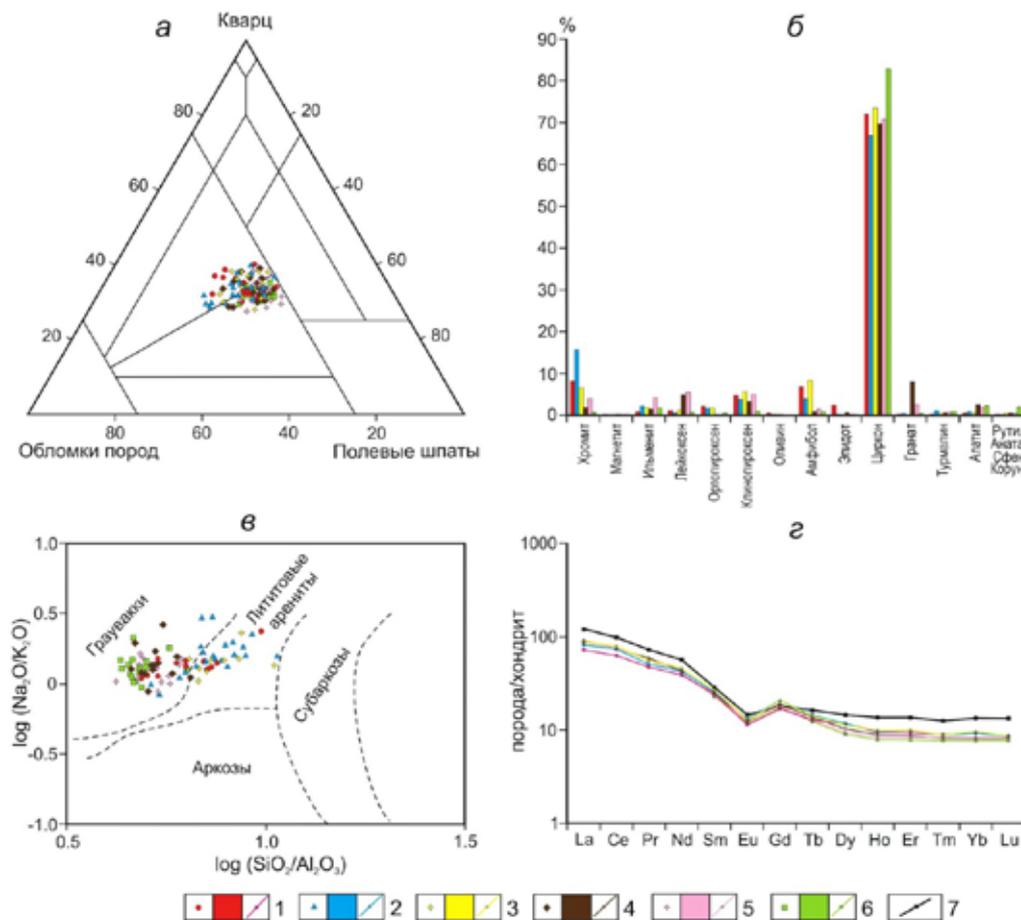


Рис. 2. Диаграммы минерального и геохимического состава песчаников раннего мела Северного Сихотэ-Алиня [2, 3 и др.]: а – петрографический состав; б – тяжелые обломочные минералы; в – химический состав; г – распределение РЗЭ и их сопоставление с PAAS [7]. Свиты: 1–3 – район п. Высокогорный: 1 – журавлевская, 2 – ключевская, 3 – приманкинская; 4–6 – бассейн р. Бута: 4 – усть-колумбинская, 5 – приманкинская, 6 – каталевская; 7 – PAAS

Петрографические исследования показали, что песчаные породы обладают преимущественно мелко-среднепсаммитовой структурой, средней либо хорошей сортированностью и окатанностью зерен. В обломочной части пород, занимающей 70–90% объема, доминируют зерна кварца, количество которых колеблется от 28 до 41%, и полевые шпаты, составляющие 24–40%. Среди литокластов, сумма которых колеблется от 25 до 45%, преобладают кремнистые, терригенные и кислые вулканические породы. Все это позволяет относить изученные породы к кварцево-полевошпатовым и полевошпатово-кварцевым грауваккам (рис. 2, а). Петрографические особенности пород свидетельствуют, что область питания была сложена комплексом осадочных, гранитно-метаморфических и вулканических пород, источником которых была преимущественно сиалическая суша, а также фрагменты зрелой, глубоко расчлененной окраинно-континентальной магматической дуги.

Обломочные минералы тяжелой фракции песчаников представлены двумя ассоциациями (рис. 2, б). Доминирует сиалическая ассоциация, образованная за счет размыта метаморфических и кислых изверженных пород (циркон – гранат – турмалин – сфен – рутил – апатит – анатаз – корунд – ильменит – лейкоксен). Сумма этих минералов составляет 75–96%, при этом основным минералом является циркон: в отдельных пробах его до 93–98%. Содержание других минералов заметно меньше – в среднем не более 10%. Вторую, значительно менее распространенную ассоциацию (в сумме 4–25%) образуют фемические минералы, источником которых были базальты и ультрабазиты (хромит – магнетит – клинопироксен – ортопироксен – амфибол – эпидот – оливин). Главным минералом этой ассоциации является хромит, среднее содержание которого не превышает 16%.

Химический состав песчаников не отличается заметным разнообразием. Содержания петрогенных оксидов изменяются незначительно: SiO_2 (70,34–76,43%), TiO_2 (0,38–0,46%), Al_2O_3 (9,95–14,64%), $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ (2,53–4,15%), MgO (0,69–1,05%), CaO (0,83–1,14%). Помимо этого, во всех песчаниках Na_2O преобладает над K_2O (2,85–3,86% и 1,81–2,95% соответственно), что приближает их к грауваккам. По химическому составу песчаники классифи-

цируются как граувакки и лишь их часть – как лититовые арениты (рис. 2, в).

Ряд геохимических показателей (модулей) [2, 4] позволяют получить объективную информацию о составе исходных пород областей размыва, их литогенной либо петрогенной природе, роли физического и химического выветривания, а также помогают установить тектоническую природу бассейнов осадконакопления. По этим показателям песчаники Северного Сихотэ-Алиня однотипны. Они обладают невысокими значениями гидролизатного модуля $\text{GM} = (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / \text{SiO}_2$ (0,18–0,26) и индекса химического изменения $\text{CIA} = [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})] \times 100$ (53–58), что позволяет говорить о слабой выветрелости исходных пород областей сноса, при преобладающей роли физического выветривания. Уровень фемичности пород $\text{ФМ} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO}) / \text{SiO}_2$ (0,05–0,07) свидетельствуют об их соответствии в основном грауваккам. Невысокая железистость $\text{ЖМ} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / (\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ (0,18–0,39) и титанистость $\text{ТМ} = \text{TiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ (0,030–0,040), но повышенная нормативная щелочность $\text{НКМ} = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3$ (0,42–0,53) песчаников связаны с преобладанием в областях сноса кислых изверженных пород. Таким образом, литохимические параметры песчаников позволяют относить их к петрогенным породам, материал которых формировался за счет разрушения магматических пород и прошел лишь один цикл переотложения.

В песчаных породах были изучены концентрации и особенности распределения редких и редкоземельных (РЗЭ) элементов. Дополнительно были привлечены данные по алевролитам. В среднем по свитам суммарные содержания РЗЭ составляют от 123 г/т до 140 г/т, что меньше среднего значения для верхней континентальной коры (146,4 г/т) [7]. Графики распределения РЗЭ, нормализованных к составу хондрита [8], для всех свит однотипны, обладают умеренной степенью фракционирования при сравнительно невысоком соотношении легких и тяжелых лантаноидов ($\text{La}_N / \text{Yb}_N = 7,70–12,03$) (рис. 2, г). Отчетливо проявленная отрицательная европиевая аномалия ($\text{Eu} / \text{Eu}^* = 0,54–0,60$) также является характерной особенностью всех графиков. На диаграмму спектров распределения РЗЭ для сравнения нанесен РААС (средний постархейский сланец Австралии) [7].

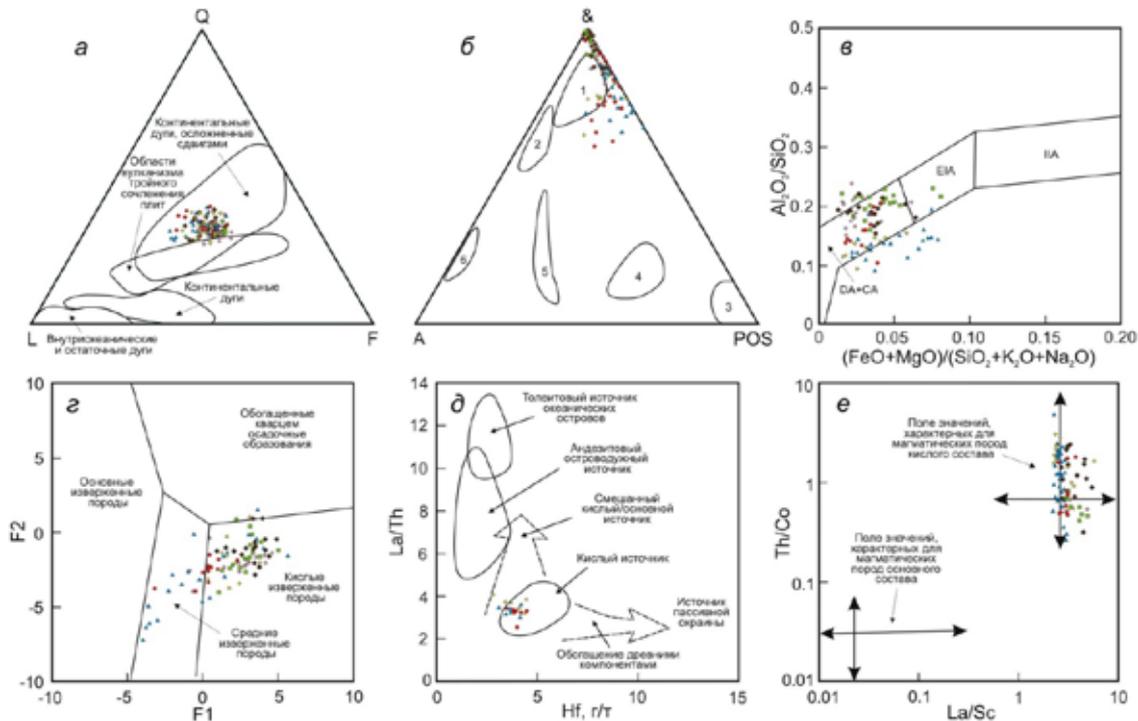


Рис. 3. Положение точек песчаников раннего мела Северного Сихотэ-Алиня на диаграммах для распознавания типов и состава областей питания [4–6]: а – по петрографическому составу; б – по тяжёлым минералам. А – амфиболы; & – клино- и ортопироксены, оливины, хромиты; POS – другие прозрачные минералы. Типы питающих провинций: 1 – континентальные блоки (кратоны и краевые части рифтов); 2 – коллизионные орогены; 3–6 – магматические дуги: 3 – незэродированные, 4 – переходные слабо эродированные, 5 – переходные эродированные, 6 – сильно эродированные; в–е – по геохимическому составу. Условные обозначения см. на рис. 2

Это сравнение показывает, что все породы мела Северного Сихотэ-Алиня обеднены как легкими, так и тяжелыми элементами (в 1,1–2,1 раза), что указывает на отсутствие либо незначительное влияние на их формирование мафического или ультрамафического материала.

Палеогеологическая интерпретация минералого-геохимического состава пород производилась с использованием известных методик, предложенных в публикациях, о которых упоминалось выше. Локализация точек состава песчано-алевритовых пород на диаграммах, разграничивающих тектонические типы областей питания (рис. 3), позволяет говорить, что нижнемеловые отложения Северного Сихотэ-Алиня формировались при размывании двух контрастных источников кластики. Основным источником была сиалическая суша, сложенная блоками кристаллического фундамента, расположенных вдоль рифтовых поясов или трансформных разломов. Вторым по значимости источником была находившаяся под воздействием трансформных разломов (сдвигов) расчлененная,

практически полностью разрушенная окраинно-континентальная (энсиалическая) магматическая дуга, в которой размывались практически уже только сохранившиеся породы ее основания. Вследствие этого в раннемеловое время в седиментационный бассейн Северного Сихотэ-Алиня поступали в основном продукты размыва гранитно-метаморфических и обогащенных кварцем осадочных комплексов суши и фундамента дуги, а оставшиеся нередуцированными основные и средние вулканических образований самой дуги играли незначительную роль. Современными примерами подобных областей сноса являются участки конвергентной окраины Северной Америки: Каскадия, Мексика, Гватемала [1].

Возможные геодинамические обстановки образования отложений Северного Сихотэ-Алиня наглядно демонстрируются на дискриминантных диаграммах, отражающих минералого-петрографический и геохимический состав песчано-алевритовых пород, происходящих из бассейнов различных обстановок (рис. 4) [2, 6, 9].

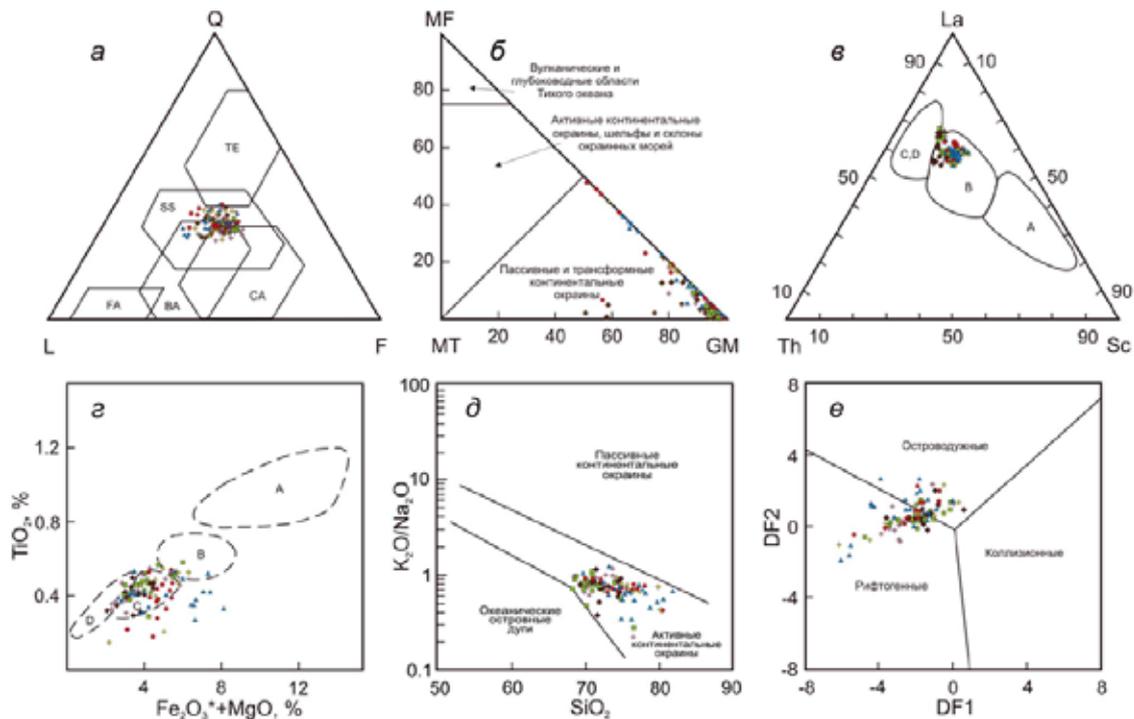


Рис. 4. Положение точек песчаников раннего мела Северного Сихотэ-Алиня на диаграммах для определения тектонических обстановок бассейнов седиментации [2, 6, 9]: а – типы обстановок по петрографическому составу. Бассейны континентальных окраин: пассивных (TE); активных, осложненных сдвигами по трансформным разломам (SS); сопряженные с дугой: окраинно-континентальной (CA), океанической (FA – преддуговые и ВА – задуговые бассейны); б – типы обстановок по тяжелым минералам. Суммы: MF – оливин, пироксен, зеленая роговая обманка; MT – эпидот, гранат, сине-зеленый амфибол; GM – циркон, турмалин, ставролит, дистен, силлиманит, в – типы бассейнов по геохимическому составу. Бассейны, сопряженные с: А – океаническими, В – континентальными островными дугами, С – активными, D – пассивными континентальными окраинами. $Fe_2O_3^*$ – общее железо. Условные обозначения см. на рис. 2

На всех диаграммах точки пород располагаются в полях бассейнов, связанных с самыми разнообразными обстановками: пассивными, трансформными и активными континентальными окраинами, в том числе осложненными сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам, а также в различной степени эродированными окраинно-континентальными (энсиалическими) магматическими дугами. Такое неоднозначное положение точек, когда они попадают в поля, соответствующие нескольким, часто контрастным, геодинамическим обстановкам либо источникам питания, объясняется тем, что на этих диаграммах, в силу достаточной давности их разработки (1980–1990-е гг.), еще не выделялись поля, соответствующие обстановкам трансформного скольжения литосферных плит. В целом же такое «промежуточное» положение точек, вероятно, и служит главным признаком седиментации

в бассейнах, располагавшихся вдоль крупных разломов (трансформных сдвигов), разделяющих континентальные и океанические плиты, при этом в область размыва попадают как краевые части континентов, так и ранее аккрецированные к ним фрагменты окраинно-континентальных дуг [10].

Заключение

Детальные петрографические, минералогические и геохимические исследования нижнемеловых терригенных пород Северного Сихотэ-Алиня позволили выявить характерные для этих отложений особенности, реконструировать геодинамические условия осадконакопления, а также установить тип и состав материнских пород источников сноса.

Проведенные исследования показали, что минералого-геохимические параметры песчаников позволяют относить их к грау-

ваккам и лишь частично к лититовым ареникам. Песчаники образовались за счет физического выветривания материнских пород и прошли один цикл переотложения, т.е. являются петрогенными породами с низким уровнем зрелости кластики. Палеогеодинамический анализ всей совокупности данных свидетельствует, что нижнемеловые отложения Северного Сихотэ-Алиня накапливались в седиментационном бассейне, пространственно и генетически связанном с крупным разломом (сдвигом), разделяющим континентальную и океаническую плиты. Область питания для отложений Северного Сихотэ-Алиня была гетерогенной. Главными источниками кластики послужили гранитно-метаморфические и древние осадочные комплексы, слагавшие континентальную сиалическую сушу. Второстепенным источником вещества была зрелая, глубоко расчлененная окраинно-континентальная магматическая дуга, которая поставляла как основную-среднюю вулканокластику, так и продукты размыва вскрытых эрозией гранитно-метаморфических комплексов ее основания.

Список литературы

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
2. Малиновский А.И. Обломочная составляющая песчаных пород мела Западно-Сахалинского террейна: состав

и геодинамическая природа // Успехи современного естествознания. 2021. № 4. С. 64–70. DOI: 10.17513/use.37609.

3. Малиновский А.И., Голозубов В.В., Касаткин С.А. Геохимия, источники питания и геодинамические обстановки накопления нижнесилурийских терригенных отложений Лаоелин-Гродековского террейна (Приморье) // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 121–127. DOI: 10.17513/use.37250.

4. Маслов А.В., Мизенс Г.А., Подковыров В.Н., Гареев Э.З., Сорокин А.А., Смирнова Ю.Н., Сокур Т.М. Синорогенные псаммиты: основные черты литохимии // Литология и полезные ископаемые. 2013. № 1. С. 70–96. DOI: 10.7868/S0024497X12050047.

5. Ramos V.A., Chemale F., Naipauer M., Pazos P.J. A provenance study of the Paleozoic Ventania System (Argentina): Transient complex sources from Western and Eastern Gondwana. *Gondwana Research*. 2014. Vol. 26. No. 2. P. 719–740. DOI: 10.1016/j.gr.2013.07.008.

6. Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S. New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins. *Chem. Geol.* 2013. V. 355. P. 117–133. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2013.07.014.

7. Taylor S.R., McLennan S.M. Planetary crusts: Their composition, origin and evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 378 p. DOI: 10.1111/j.1945-5100.2009.tb00744.

8. Boynton W.V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. *Rare Earth element geochemistry*. Ed. P. Henderson. Amsterdam: Elsevier, 1984. P. 63–114.

9. Маслов А.В., Подковыров В.Н., Гареев Э.З., Ножкин А.Д. Синрифтовые песчаники и глинистые породы: валовый химический состав и положение на ряде дискриминантных палеогеодинамических диаграмм // Литология и полезные ископаемые. 2019. № 5. С. 439–465. DOI: 10.31857/S0024-497X20195439-465.

10. Малиновский А.И., Голозубов В.В. Строение, состав и обстановки формирования нижнемеловых отложений Журавлевского террейна (Центральный Сихотэ-Алинь) // Литология и полезные ископаемые. 2012. № 4. С. 399–424.

СТАТЬИ

УДК 622.244

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ
БИОПОЛИМЕРНОЙ ПРЯМОЙ ЭМУЛЬСИИ
ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО ВСКРЫТИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ**

Чудинова И.В., Валиулин Р.Ф.

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург,
e-mail: chudinova_iv@pers.spmi.ru*

Данная статья посвящена разработке состава биополимерно-эмульсионного раствора для первичного вскрытия продуктивного пласта, в котором в качестве дисперсной фазы выступает отработанное растительное масло. Актуальность создания такой промывочной жидкости состоит в том, что «классические» углеводородные системы являются дорогими и часто опасными как для окружающей среды, так и для персонала буровой установки. В работе теоретически обоснованы преимущества и недостатки существующих эмульсионных систем – как инвертных, так и прямых. Описан эффект, которого позволяет добиться использования растворов, содержащих растительное масло. Выбраны и обоснованы материалы, позволяющие получить рабочий состав бурового раствора, а также методы, с помощью которых производилось исследование основных технологических параметров промывочной жидкости. Описан процесс обработки и получения базового и утяжеленного составов биополимерной эмульсии, содержащей масло ВМГЗ и отработанное растительное масло. Построены реологические модели в зависимости от различного содержания ксантанового биополимера. В ходе исследования были оценены: плотность, пластическая вязкость, динамическое напряжение сдвига, статическое напряжение сдвига, показатель фильтрации, а также смазывающая способность полученных систем, а также сделаны выводы об эффективности применения промывочной жидкости, содержащей в качестве дисперсной фазы отработанное растительное масло. Разработанный буровой раствор показал желаемые результаты, по некоторым параметрам превосходящие «классические» углеводородные системы, что позволяет говорить о том, что система может быть использована на промысле, хотя и с некоторыми отступлениями, так как требуются дальнейшие исследования, в том числе и с моделированием скважинных условий.

Ключевые слова: буровой раствор, биополимерный эмульсионный раствор, прямая эмульсия, раствор на углеводородной основе, отработанное растительное масло, ксантановый биополимер

**DEVELOPMENT OF AN ENVIRONMENT-FRIENDLY BIOPOLYMER
OIL-IN-WATER EMULSION FOR PRIMARY EXPOSING
OF PRODUCTIVE LAYERS**

Chudinova I.V., Valiulin R.F.

*FGBOU VO «Saint-Petersburg mining university», Saint-Petersburg,
e-mail: chudinova_iv@pers.spmi.ru*

This article is devoted to the development of the composition of a biopolymer emulsion mud for the primary exposing of a productive layer in which waste vegetable oil as a dispersed phase. The urgency of creating such a drilling fluid is that «classic» hydrocarbon systems are expensive and, often, dangerous, both for the environment and for the personnel of the drilling rig. The paper theoretically substantiates the advantages and disadvantages of existing emulsion systems, both invert and direct. The effect that can be achieved by using solutions containing vegetable oil is described. The materials that make it possible to obtain the working composition of the drilling mud, as well as the methods by which the study of the main technological parameters of the drilling fluid was carried out, were selected, and justified. The process of working out and obtaining the basic and weighted compositions of the biopolymer emulsion containing VMGZ oil and waste vegetable oil is described. Rheological models are made depending on the different content of xanthan biopolymer. During the study, the following were evaluated: density, plastic viscosity, yield point, gel strength, filtration, as well as the lubricity of the obtained systems, and conclusions were drawn about the effectiveness of using the drilling fluid containing waste vegetable oil as the dispersed phase. The developed drilling mud showed the desired results, surpassing the «classical» hydrocarbon systems in some parameters, which suggests that the system can be used in the field, although with some reservations, since further research is required, including modeling of well conditions.

Keywords: drilling mud, biopolymer emulsion mud, oil-in-water emulsion, oil-based drilling mud, waste vegetable oil, xanthan gum

Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и в акватории моря является сложным и дорогостоящим процессом, требующим высокого профессионализма и координации сотрудников – от проектировщиков до помощников бурильщика. При этом одной из основных статей расхода на этапе сооружения скважины является

сервис буровых растворов, стоимость которого может составлять до 40% от всей стоимости строительства одной скважины для российского рынка, тогда как на Западе эта цифра нередко доходит до 60–65%.

Высокая цена на сервис буровых растворов обусловлена дорогостоящими реагентами, применяемыми при приготовле-

нии промывочных жидкостей, особенно это касается буровых растворов на углеводородной основе (РУО). Однако применение РУО весьма привлекательно при первичном вскрытии продуктивных пластов, а также в интервалах возможных осложнений.

Так, растворы на углеводородной основе обладают низким показателем фильтрации, а также низким содержанием твердой фазы, что позволяет снизить загрязнение призабойной зоны пласта до минимального значения, тем самым сохранив фильтрационно-емкостные и коллекторские свойства продуктивного горизонта. Оценка качества вскрытия продуктивного пласта производится по коэффициенту восстановления проницаемости (КВП). При использовании полимерных и биополимерных растворов значение КВП редко превосходит 0,6–0,7, однако применение эмульсионных систем позволяет повысить его до 0,8–0,9 [1, 2].

С точки зрения промывки скважины и транспортировки шлама с забоя скважины РУО являются также наиболее предпочтительными, так как обладают хорошими реологическими параметрами даже при воздействии высоких температур и давлений, сохраняя плоский реологический профиль, что позволяет не повышать эквивалентную циркуляционную плотность (ЭЦП) и не превышать градиент гидроразрыва пласта [3].

Буровые растворы на углеводородной основе являются превосходными ингибиторами глинистых отложений за счет своей инертной природы, чем предотвращают набухание и диспергирование глин, а также выбуренной породы [4]. Кроме того, молекулы масла способствуют гидрофобной коагуляции микротрещин сланцев, что позволяет проходить данные интервалы без осложнений.

Кроме того, важным параметром бурового раствора является его смазывающая способность, которая характеризуется коэффициентом трения. Регулировать данный параметр позволяет добавление различных смазывающих добавок, однако наилучшей смазывающей способностью обладают РУО, которые за счет создания тонкой масляной корки буквально обволакивают бурильную колонну, что позволяет снизить коэффициент трения, а также уменьшить износ бурильного инструмента [5].

Однако, несмотря на явные преимущества, растворы на углеводородной основе обладают существенными недостатками в виде стоимости, сложности оперативно-го управления их свойствами в процессе

бурения, трудностями при интерпретации данных, полученных в ходе геофизических исследований скважины.

Нивелировать данные недостатки можно, используя растворы типа «масло в воде» [6, 7]. Данные промывочные жидкости по своим технологическим свойствам схожи с РУО, они способны обеспечивать высокую стабильность ствола скважины при проходке наклонно-направленных и горизонтальных участков, а также позволяют минимизировать загрязнение продуктивного пласта. Однако, несмотря на явные преимущества, любые эмульсионные системы проигрывают буровым растворам на водной основе (РВО) из-за своей высокой стоимости и низкой экологичности.

Одним из вариантов решения этой проблемы являются буровые растворы, содержащие отработанное растительное масло [8]. Успешные исследования последних лет демонстрируют [9–11], что они могли бы заместить «классические» углеводородные системы благодаря более привлекательной стоимости и отсутствию вредного воздействия при неизменно высоких показателях бурения, а также эффективном первичном вскрытии продуктивных пластов.

Целью данной работы являлась разработка состава биополимерно-эмульсионного раствора для первичного вскрытия пласта, который содержал бы в качестве углеводородной фазы отработанное растительное масло и при этом не уступал бы по своим параметрам «классическим» углеводородсодержащим системам.

Материалы и методы исследования

Для создания биополимерно-эмульсионных растворов (БЭР) в качестве дисперсной фазы использовались: гидравлическое масло ВМГЗ «Волга-Ойл» – всесезонное масло гидравлическое густое; отработанное растительное масло (ОРМ) – смесь растительных масел, использованных для приготовления пищи, собранная в емкость и пропущенная через фильтровальную бумагу для очищения от механических примесей.

Для создания устойчивой эмульсии в качестве эмульгатора был взят Полисорбат (Твин-80), который является неионогенным ПАВ.

Помимо дисперсионной среды, которой выступала вода, дисперсной фазы, а также эмульгатора, в раствор также были включены: соль KCl , используемая для утяжеления и качественного ингибирования глин; ксантановый биополимер DOUVIS NS, который

выступает в качестве структурообразователя для растворов при первичном вскрытии пласта и отличается повышенной термостойкостью; модифицированный крахмал DEXTRID LTE, используемый в качестве понизителя фильтрации, а также модификатора реологических свойств; каустическая сода NaOH – для регулирования свойств pH; бактерицид Microbicide Remacidiver в качестве ингибитора деструкции полисахаридов и микрорамор (CaCO_3) с размером фракционного состава 5 мкм и 50 мкм, используемый для доведения раствора до заданной плотности и коагулирования порового пространства пласта.

Измерение технологических параметров приготовленных растворов проводилось согласно стандартам API на следующих приборах: плотность – на рычажных весах FANN; пластическая вязкость, динамическое напряжение сдвига (ДНС), статическое напряжение сдвига (СНС) – на ротационном вискозиметре FANN Model 35SA; показатель фильтрации – на фильтр-прессе FANN LPLT; коэффициент трения – на приборе для определения предельного давления / смазывающих свойств FANN 212.

Результаты исследования и их обсуждение

При отработке рецептуры бурового раствора для определения количества добавки того или иного реагента были изучены рекомендации производителей по приготовлению промывочных жидкостей и выбрано оптимальное содержание каждого вещества. Так, для ксантанового биополимера количество вещества, которое необходимо для придания жидкости структурных свойств, колеблется от 1 до 5 кг/м³, в то время как для модифицированного крахмала это зна-

чение находится в пределах от 6 до 17 кг/м³. Оптимальным содержанием ксантанового биополимера было выбрано 3 кг/м³, а модифицированного крахмала – 11,5 кг/м³ как средние значения.

Однако при проведении измерений базовых параметров полученных растворов пластическая вязкость (PV) и ДНС (YP) растворов оказались завышены и равны для раствора, содержащего в качестве дисперсной фазы масло ВМГЗ, 43 мПа · с и 31 Па, а для БЭР ОРМ – 40 мПа · с и 29 Па соответственно. Дальнейшее утяжеление растворов привело бы лишь к увеличению реологических параметров, что еще более негативно сказалось бы на прокачке промывочной жидкости и могло бы повлечь за собой потерю циркуляции, а также гидроразрыв пласта. При этом попытка снижения реологических свойств посредством добавления феррохромлигносульфоната (ФХЛС) к успеху не привела.

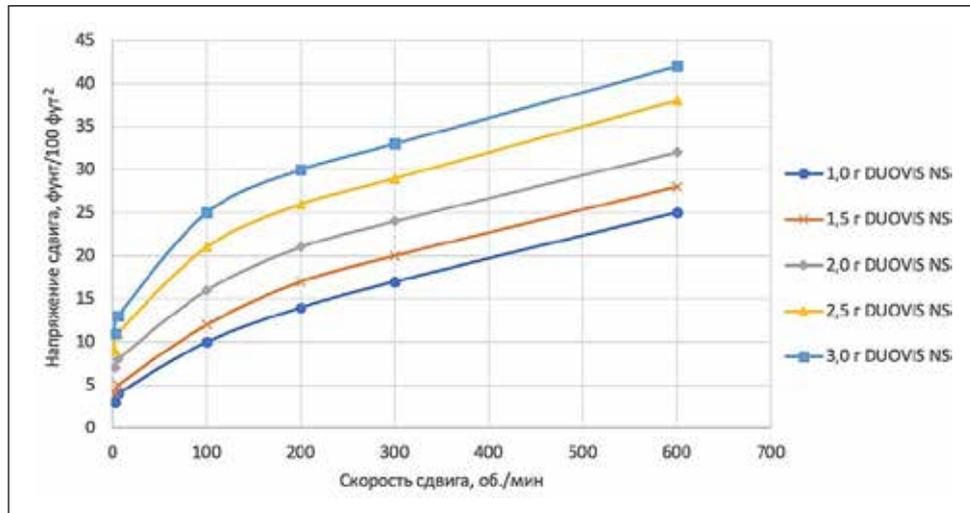
При дальнейшей работе над рецептурой состава бурового раствора было принято решение о снижении количества используемого ксантанового биополимера и модифицированного крахмала. Содержание крахмала было сокращено до минимально возможных 6 кг/м³, тогда как для получения оптимального реологического профиля было принято решение изменять содержание ксантанового биополимера в диапазоне от 1 до 3 кг/м³ с шагом 0,5 кг/м³. Так была получена следующая зависимость реологических характеристик от содержания ксантанового биополимера для БЭР ВМГЗ (табл. 1).

На основании данных, полученных при измерении реологических параметров БЭР ВМГЗ, были построены реологические модели при различном содержании ксантанового биополимера (рисунок).

Таблица 1

Обработка состава промывочной жидкости
для получения требуемых реологических параметров

Содержание биополимера	1,0 г DUOVIS NS	1,5 г DUOVIS NS	2,0 г DUOVIS NS	2,5 г DUOVIS NS	3,0 г DUOVIS NS
600 RPM	25	28	32	38	42
300 RPM	17	20	24	29	33
200 RPM	14	17	21	26	30
100 RPM	10	12	16	21	25
6 RPM	4	5	8	11	13
3 RPM	3	4	7	9	11
PV, сП	8	8	8	9	9
YP, фунт/100 фут ²	9	12	15	20	24



Реологические модели, полученные для различного содержания ксантанового биополимера

Так, можно заметить, что при понижении содержания ксантанового биополимера реологическая модель исследуемой жидкости приближается к бингамовской, присущей глинистым буровым растворам. Увеличение содержания ксантанового биополимера ведет к увеличению показателя нелинейности, следовательно, промывочная жидкость может быть описана модифицированной степенной моделью Гершеля–Балкли.

Минимальному содержанию ксантанового биополимера (1,0 и 1,5 г) при низких оборотах соответствуют низкие значения угла закручивания торсионной пружины, что следует интерпретировать как плохую удерживающую способность частиц выбуренной породы, а также утяжелителя. При

содержании ксантановой смолы 3,0 и 2,5 г значения СНС и ДНС оптимальны, однако существует необходимость дальнейшего утяжеления системы, что приведет к дополнительному росту этих показателей.

Таким образом, оптимальным количеством ксантанового биополимера DUOVIS NS, которое необходимо добавить в раствор для достижения лучших реологических характеристик, является 2,0 г, при этом пластическая вязкость равна 8 мПа·с, ДНС – 9,6 Па (20 фунт/100 фут²), СНС за 10 сек – 3,4 Па (7 фунт/100 фут²), а СНС за 10 мин – 4,3 Па (9 фунт/100 фут²).

Полученные составы биополимерно-эмульсионных жидкостей представлены в таблице 2.

Таблица 2

Разработанные составы буровых растворов

Наименование реагента	Назначение реагента	БЭР ВМГЗ	БЭР ОРМ
Вода	Дисперсионная среда, основа бурового раствора	800 мл	800 мл
Масло	Дисперсная фаза	200 мл	200 мл
Твин 80	Эмульгатор прямой эмульсии	9 г	9 г
DUOVIS NS	Структурообразователь	2 г	2 г
DEXTRID LTE	Контроль фильтрации, модификатор реологических свойств	6 г	6 г
KCl	Ингибитор гидратации глин	200 г	200 г
NaOH	Контроль pH среды	0,5 г	0,5 г
Microbicide Remacidiver	Ингибитор деструкции полисахаридов	0,5 г	0,5 г
BARACARB-5	Утяжелитель, кольматант	95 г	85 г
BARACARB-50	Утяжелитель, кольматант	95 г	85 г
RF Defoamer	Пеногаситель	10 г	10 г

Для уменьшения инфильтрации водной фазы в продуктивный пласт рационально использовать кольматант – микрокальцит. При этом для успешного кольматирования порового пространства следует использовать микроамор различного фракционного состава.

В результате проведенных исследований были получены следующие параметры для разработанных буровых растворов (табл. 3).

Таблица 3

Параметры разработанных
промывочных жидкостей

Параметры бурового раствора	БЭР ВМГЗ	БЭР ОРМ
Плотность, кг/м ³	1200	1200
Пластическая вязкость, мПа · с	16,0	15,0
ДНС, Па	12,5	10,5
СНС _{10 сек} ² , Па	5,3	4,7
СНС _{10 мин} ² , Па	6,7	5,7
Показатель фильтрации, см ³ /30 мин	4,0	3,0
Коэффициент трения	0,20	0,17

Реологические параметры обоих растворов позволяют осуществлять качественную очистку ствола скважины, однако значение ДНС БЭР ВМГЗ несколько выше допустимого по стандарту API, согласно которому ДНС промывочной жидкости должно лежать в пределах от 7 до 12 Па, что объясняется тем, что кинематическая вязкость базового масла для приготовления данного раствора выше, чем вязкость ОРМ.

Показатель фильтрации БЭР ОРМ предпочтительнее в условиях первичного вскрытия пласта, тогда как значение БЭР ВМГЗ лежит на верхней границе данного параметра, что может свидетельствовать о более низкой устойчивости полученной эмульсии.

Коэффициент трения БЭР ОРМ ниже, чем значение, полученное для БЭР ВМГЗ. Это объясняется тем, что в растворах, содержащих растительные масла, наличествуют свободные жиры, а также небольшая доля глицирина, которые способствуют улучшению смазывающих способностей бурового раствора.

Таким образом, можно говорить о том, что разработанная система промывочной жидкости БЭР ОРМ не только не уступает,

но и превосходит по некоторым параметрам БЭР ВМГЗ, что делает ее использование перспективным и привлекательным, особенно при бурении наклонно-направленных и горизонтальных участков скважин.

Заключение

В результате проделанной работы было получено два состава биополимерно-эмульсионных буровых растворов с различной дисперсной фазой: ВМГЗ и ОРМ. Проведенные исследования доказали эффективность и возможность создания стабильной прямой эмульсии при использовании отработанного растительного масла, которое обладает низкой токсичностью в сравнении с классическими углеводородными системами.

При необходимости можно использовать базовый состав бурового раствора без утяжелителя, однако в таком случае повышенное внимание следует уделять инфильтрации водной фазы. При этом повышение содержания углеводородной фазы или переход эмульсии из прямой в обратную могут снизить показатель фильтрации до сверхнизких значений, но в таком случае есть риски потери устойчивости эмульсии. Снижение показателя фильтрации посредством повышения содержания модифицированного крахмала может негативно сказаться на реологических параметрах бурового раствора, в то время как стандартные понизители фильтрации для растворов на водной основе, такие как ФХЛС или КССБ (конденсированная сульфат спиртовая барда), не работают с прямыми эмульсиями.

В целом БЭР ОРМ показал себя эффективным в лабораторных условиях, однако для окончательной оценки работоспособности данной системы требуются изучение технологических параметров раствора при моделировании скважинных условий, а также апробация на промысле.

Список литературы

1. Гайдаров А.М., Хуббатов А.А., Храбров Д., Жирнов Р.А., Сутырин А.В., Гайдаров М.М.-Р. Поликатионные системы Катбурр – новое направление в области буровых растворов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и море. 2017. № 7. С. 36–49.
2. Конесев В.Г., Четвертнева И.А., Тептерева Г.А. Особенности и методологии выбора растворов первичного вскрытия продуктивных пластов на основе проведения фильтрационных экспериментов на керне // Известия Томского политехнического университета. 2020. Т. 331. № 11. С. 168–175.
3. Visicencu V., Bouguetta M. Drilling fluids for ERD: Rheology requires more than a quick look. AAE National Techni-

cal Conference and Exhibition. 2013. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aade.org/application/files/7115/7261/2263/AADE-13-FTCE-27.pdf> (дата обращения: 15.07.2022).

4. Гришкoveц В.Ю., Давыдов Ю.С., Редкин Т.А., Николаева Л.В., Крапиков А.В. Преимущества применения буровых растворов на углеводородной основе при бурении нефтяных и газовых скважин // *Науки о Земле и недропользование*. 2013. № 2. С. 95–102.

5. Ytrehus J.D., Taghipour A., Golchin A., Saasen A., Prakash B. The effect of different drilling fluids on mechanical friction. *Journal of Energy Resources Technology*. 2017. DOI: 10.1115/1.4035951.

6. Грисюк П.В. Высокоингибированный безглинистый эмульсионный буровой раствор // Патент РФ № 22698389. Патентообладатель ООО «Национальная сервисная компания». 2019.

7. Praaven K.J., Mahto V., Saxena V.K. Study the effect of polymers on the stability and rheology properties of oil-in-water (O/W) Pickering emulsion muds. *Korea-Austra-*

lia Rheology Journal. 2018. № 2. P. 127-136. DOI: 10.1007/s13367-018-0013-y.

8. Tchameni A., Zhao L., Nagre R.D., Ma C. Modelling the effect of drilled cuttings on the rheological properties of waste vegetable oil biodiesel in water-based drilling mud. *Geosystem Engineering*. 2017. DOI: 10.1080/12269328.2017.1332532.

9. Kesarwani H., Saxena A., Sharma S. Novel Jatorpha Oil Based Emulsion Drilling Mud Outperforms Conventional Drilling Mud: A comparative study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2020. DOI: 10.1080/15567036.2020.1827095.

10. Paswan B.K., Mahto V. Development of environmental-friendly oil-in-water emulsion-based drilling fluid for shale gas formation using sunflower oil. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2020. DOI: 10.1016/j.petrol.2020.107129.

11. Saket K., Aarti T., Nitesh K., Maen M.H. A novel oil-in-water drilling mud formulated with extracts from Indian mango seed oil. *Petroleum Science*. 2019. № 5. DOI: 10.1007/s12182-019-00371-7.

УДК 622.276

ОБОСНОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАЗРАБОТКИ СЕРГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Шакурова Ал.Ф., Шакурова Айг.Ф.

*Институт нефти и газа ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет» (филиал в г. Октябрьском), Октябрьский, e-mail: alsu0017@mail.ru*

Сергинское нефтяное месторождение является многопластовым. В статье приведен анализ обоснования выделения эксплуатационных объектов. Нефтеносность Сергинского месторождения по данным ГИС и испытаниям установлена в пластах Ю₁, Ю_{2,3}, Ю₄, Ю₅, Ю₉, Ю₁₀. Пласты Ю₆, Ю₇, Ю₈ по данным гидродинамических исследований скважин являются водонасыщенными. Всего на месторождении в 6 продуктивных пластах выделено 12 нефтяных залежей. Объекты подсчета представлены залежами как разрабатываемыми, так и находящимися на стадии разведки. В эксплуатации находятся залежи в составе пластов Ю_{2,3} и Ю₁₀. Основным промышленным подсчетным объектом Сергинского месторождения является Северная залежь в пласте Ю₁₀. Для выделения эксплуатационных объектов был рассмотрены сводная геолого-физическая характеристика продуктивных пластов и характеристика текущего состояния разработки месторождения в целом. Рассмотрены три возможных варианта разработки месторождения. Результаты обоснования выделения эксплуатационных объектов были скорректированы с учетом экономических и технологических факторов. Для наиболее эффективной выработки запасов нефти на месторождении предлагается применение технологии одновременно-раздельной эксплуатации скважин. При обосновании выделения эксплуатационных объектов учитывался опыт эксплуатации залежей, накопленный за период опытно-промышленной разработки месторождения.

Ключевые слова: продуктивные пласты, объект разработки, критерии выбора, вариант разработки месторождения, выделение эксплуатационных объектов, характер и степень выработки запасов

JUSTIFICATION OF THE ALLOCATION OF OPERATIONAL FACILITIES WHEN DESIGNING THE DEVELOPMENT OF SERGINSKY DEPOSITS

Shakurova Al.F., Shakurova Aig.F.

*Institute of Oil and Gas of the Ufa State Petroleum Technical University (branch in Oktyabrsky),
Oktyabrsky, e-mail: alsu0017@mail.ru*

The Serginskoye oil field is a multi-layer one. The article provides an analysis of the justification for the allocation of operational facilities. According to GIS data and tests, the oil capacity of the Serginsky field has been established in the formations of U₁, U_{2,3}, U₄, U₅, U₉, U₁₀. Layers U₆, U₇, U₈ according to hydrodynamic studies of wells are water-saturated. In total, 12 oil deposits have been identified in 6 productive layers at the field. The objects of counting are represented by deposits both under development and at the exploration stage. There are deposits in operation as part of the U_{2,3} and U₁₀ formations. The main industrial counting object of the Serginsky deposit is the Northern deposit in the U₁₀ formation. In order to identify operational facilities, the summary geological and physical characteristics of productive formations and the characteristics of the current state of field development as a whole were considered. Three possible options for the development of the field are considered. The results of the justification of the allocation of operational facilities were adjusted taking into account economic and technological factors. For the most efficient production of oil reserves at the field, it is proposed to use the technology of simultaneous separate well operation. When justifying the allocation of operational facilities, the experience of exploitation of deposits accumulated during the period of pilot development of the deposit was taken into account.

Keywords: productive formations, the object of development, selection criteria, the option of field development, the allocation of operational facilities, the nature and degree of reserves development

В статье проанализированы эксплуатационные объекты Сергинского месторождения, проведено обоснование выделения объектов при проектировании разработки месторождения. Целью работы является проведение анализа геологического строения залежей и текущего состояния разработки для выбора наиболее оптимального варианта разработки месторождения.

Материалы и методы исследования

В качестве инструмента исследований использовался программный продукт IRAP RMS (производитель – фирма Roxar), пред-

назначенный для создания постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений.

Результаты исследования и их обсуждение

Сергинское месторождение в тектоническом отношении расположено в пределах Сергинского куполовидного поднятия Западно-Сибирской платформы и приурочено к одноименной структуре. Промышленные залежи нефти выявлены в терригенных отложениях бажен-абалакского комплекса верхней юры, а также в отложениях тюмен-

ской и шеркалинской свит средней и нижней юры. Нефтеносность Сергинского месторождения по данным ГИС и испытаниям установлена в пластах Ю₁, Ю₂₋₃, Ю₄, Ю₅, Ю₉, Ю₁₀. Пласты Ю₆, Ю₇, Ю₈ по данным ГИС являются водонасыщенными.

В таблице 1 представлен анализ степени совпадения в плане подсчетных объектов Сергинского месторождения.

При выделении объектов разработки были учтены следующие условия:

- критерии объединения пластов для совместной разработки необходимо осуществлять при совпадении залежей в плане, близости расположения пластов по глубине, в пределах 100 м, близкие коллекторские свойства;

- естественные природные режимы пластов должны быть одинаковыми;

- пласты должны быть идентичными по литологии и типу коллекторов во избежание различий в характере фильтрации пластовых флюидов в коллекторах с разной структурой пустотного пространства [1];

- объединенные пласты не должны принципиально различаться по проницаемости и неоднородности для обеспечения равномерной выработки всех пластов при общем забойном давлении;

- вязкость нефти в пластовых условиях в объединяемых пластах должна быть одного порядка, что обеспечивает общие закономерности процесса вытеснения нефти;

- нефть пластов должна иметь одинаковые товарные качества во избежание смеси нефтей, требующих разной технологии промысловой подготовки и переработки;

- объект разработки должен иметь значительные запасы на единицу своей площади (удельные запасы) для обеспечения продолжительной эксплуатации скважин [2].

Обоснование выделения эксплуатационных объектов было выполнено в два этапа.

На первом этапе рассмотрены геолого-физические особенности продуктивных пластов Сергинского месторождения; на втором этапе результаты обоснования скорректированы с учетом технологических и экономических факторов. Кроме того, при обосновании выделения эксплуатационных объектов учитывался опыт эксплуатации залежей, накопленный за период опытно-промышленной разработки месторождения [3, 4].

Сергинское нефтяное месторождение является многопластовым. В пределах каждого пласта выделяются несколько залежей. Подсчет геологических запасов нефти произведен по 11 залежам, приуроченным к 7 пластам. Соотношение запасов нефти по пластам представлено в таблице 2.

Всего на месторождении в 6 продуктивных пластах выделены 12 нефтяных залежей. Объекты подсчета представлены залежами как разрабатываемыми, так и находящимися на стадии разведки. В эксплуатации находятся залежи в составе пластов Ю₂₋₃ и Ю₁₀. Основным промышленным подсчетным объектом Сергинского месторождения является Северная залежь в пласте Ю₁₀.

Начальные геологические (извлекаемые) запасы нефти Сергинского месторождения составили 41 894 тыс. т, в том числе по категории С₁ – 24 500 тыс. т, по категории С₂ – 17 394 тыс. т, растворенного газа – 2561 млн м³, соответственно по категориям С₁ и С₂ – 1566 млн м³ и 995 млн м³.

Разрез месторождения представлен толщей преимущественно терригенных песчано-глинистых мезозойско-кайнозойских отложений, подстилаемой метаморфическими и магматическими породами протерозой-палеозойского складчатого фундамента. Максимальная мощность отложений осадочного чехла составляет 2508 м (скважина 169), минимальная – 2354 м (скважина 26).

Таблица 1

Анализ степени совпадения в плане подсчетных объектов Сергинского месторождения

Объект сопоставления	Степень совпадения объектов в плане, %						
	Ю ₁	Ю ₂₋₃	Ю ₄	Ю ₅₋₁	Ю ₅₋₂	Ю ₉	Ю ₁₀
Ю ₁	–	41	26,6	1,0	0,9	0	53,9
Ю ₂₋₃	35	–	0	0,9	0,8	0,3	23,5
Ю ₄	57,8	0	–	0	0	0	28,5
Ю ₅₋₁	100	100	0	–	0	0	100,0
Ю ₅₋₂	100	100	0	0	–	0	21,0
Ю ₉	100	100	0	0	0	–	97,4
Ю ₁₀	26,2	13,3	6,4	0,5	0,1	0,2	–

Таблица 2

Распределение запасов нефти по пластам

Пласт	Начальные геологические запасы нефти (НГЗ), тыс. т			Доля общего объема НГЗ, %	Площадь нефтеносности, тыс. м ²
	ЧНЗ	ВНЗ	Всего		
Ю ₁₀	14 919	7217	22 136	53	68 776
Ю ₂₋₃	9804	3516	13 320	32	38 923
Ю ₁	316	434	750	1,8	34 119
Ю ₄	4640	980	5620	13,4	15 590
Ю ₅₋₂	17	18	35	0,08	308
Ю ₅₋₁	0	24	24	0,06	350
Ю ₉	9	0	9	0,02	130
Общий итог	29 705	12 189	41 894	100	158 196

Сергинская структура представляет собой валобразное поднятие юго-западного – северо-восточного простирания шириной 5–9 км и протяженностью около 23 км. Сводовая часть этого поднятия представляет собой цепочку куполов, наиболее ярко выраженным из которых по-прежнему является центральный купол структуры (его размер по замыкающей изогипсе – 2150 м – составляет 5,5×9 км, амплитуда около 40 м). Рельеф вершины северо-восточного купола становится более сглаженным, амплитуда этой локальной структуры составляет около 15 м.

Отмечаются большие толщины между подсчетными объектами разработки, что, в свою очередь, говорит о возможности только раздельной или одновременно-раздельной эксплуатации пластов [5].

Все это определяет дальнейшую разработку каждого продуктивного пласта как самостоятельного объекта разработки.

Анализ полей текущей нефтенасыщенности проводится как по площади, так и по разрезу и позволяет определить:

- средневзвешенные значения нефтенасыщенности;
- зоны пониженной и повышенной нефтенасыщенности;
- характер распределения нефтенасыщенности по разрезу;
- уровень выработки запасов нефти по элементам неоднородности.

Значения средневзвешенной нефтенасыщенности пластов в целом по площади определялись исходя из расчетных полей нефтенасыщенности ($K_{н.тек.} > K_{н.ост.}$) в пределах внешнего контура ВНК.

Степень выработки подвижных запасов нефти более наглядно можно оценить через

так называемый коэффициент выработки (1), который содержит в себе своего рода сопоставительную информацию относительного изменения подвижной нефтенасыщенности и в виде карты представляет собой очень гибкий и удобный инструмент:

$$K_{\text{выработки}} = 1 - \frac{K_{н.тек.} - K_{н.ост.}}{K_{н.нач.} - K_{н.ост.}}, \quad (1)$$

где $K_{н.тек.}$ – текущее значение коэффициента нефтенасыщенности;

$K_{н.нач.}$ – начальное значение коэффициента нефтенасыщенности;

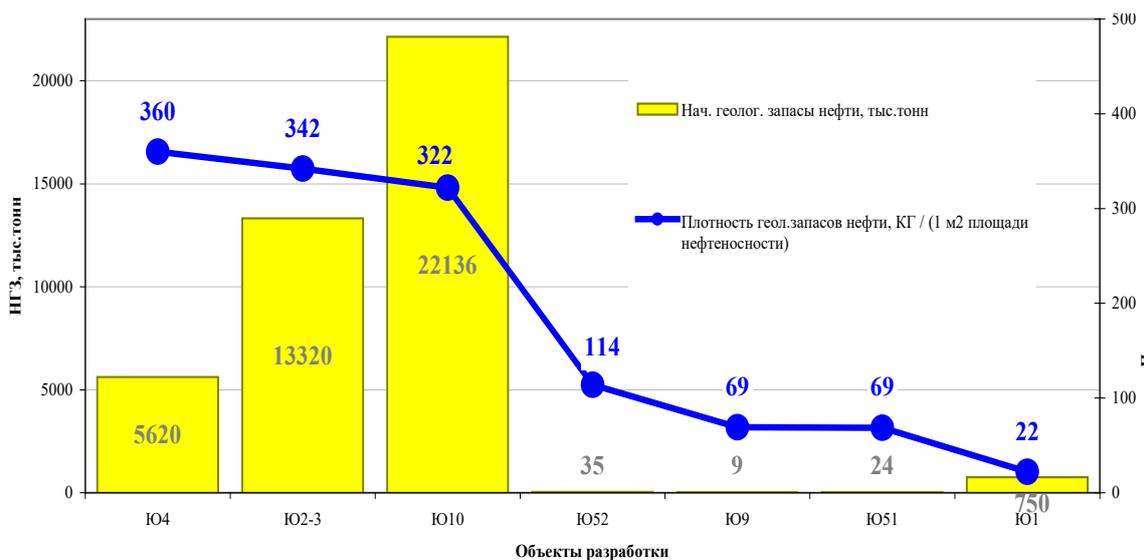
$K_{н.ост.}$ – значение коэффициента остаточной нефтенасыщенности, определенное для коллекторов изучаемых объектов.

На сегодняшний день наиболее оптимальной с учетом опыта разработки текущей геолого-физической и технико-экономической информации является следующая концепция выделения эксплуатационных объектов.

Выделение 7 объектов разработки: пласты Ю₁, Ю₂₋₃, Ю₄, Ю₅₋₁, Ю₅₋₂, Ю₉, Ю₁₀.

Анализ распределения величины и плотности геологических запасов по данным объектам приведен на рисунке.

По эксплуатационным объектам Ю₁₀ и Ю₂₋₃ выработка запасов идет достаточно равномерно со средними темпами отборов нефти. Сравнительный анализ показателей эксплуатации скважин (хронологии изменения дебитов, обводненности, объемов закачки, забойных и пластовых давлений) с результатами интерпретации 3D-сейсморазведки показал, что особого контроля и регулирования разработки требует участок скважин, расположенный на северо-западе основной залежи объекта Ю₁₀, – район скв. № 43.



Характеристика добычного потенциала и плотности запасов нефти по объектам разработки Сергинского месторождения

Анализ динамики показателей работы скважин данного района указывает на необходимость изменения параметров работы нагнетательных скважин, в частности их перевода на более радикальный режим циклической закачки с попеременным изменением направления фильтрационных потоков. На дату анализа текущая компенсация на этом участке составляет 138%, а накопленная достигла уровня порядка 120%. Практически все скважины данного района работают на давлениях, соответствующих уровню давления насыщения. Выработка НИЗ по участку пласта Ю₁₀ в районе скважины № 43 составляет 40% при текущей обводненности 42%. В настоящее время интенсификация добычи жидкости в этом районе не принесет прироста в добыче нефти. Поэтому стабилизировать уровни добычи нефти или снизить темпы ее падения на объекте Ю₁₀ и, в частности, на скважине № 43 можно только путем регулирования закачки воды и обеспечения рациональных забойных давлений в добывающем фонде.

Пласт Ю₁₀ по количеству запасов выделяется в качестве базисного объекта разработки. Наибольшее сосредоточение запасов нефти наблюдается по пласту Ю₁₀ в нефтенасыщенных толщинах менее 8 м (около 69% от всех запасов пласта), по пласту Ю₂₋₃ около 65% геологических запасов нефти сосредоточено в диапазоне толщин от 4 м до 12 м.

При увеличении проницаемости коллекторов прослеживается увеличение коэффици-

ента выработки. В связи с этим выделены две группы коллекторов по проницаемости, характеризующиеся степенью выработки. Это активнодренируемые коллекторы с проницаемостью более 50 мкм и слабодренируемые коллекторы с проницаемостью менее 50 мкм. Основная часть подвижных запасов сосредоточена в слабодренируемых коллекторах.

На рисунке представлена характеристика добычного потенциала и плотности запасов нефти по объектам разработки Сергинского месторождения. Видно, что наибольшие начальные геологические запасы приурочены к пластам Ю₄, Ю₂₋₃, Ю₁₀.

Сложное геологическое строение, неравномерное распределение фациальных и фильтрационно-емкостных характеристик продуктивных пластов ставят в прямую зависимость эффективность разработки Сергинского месторождения от видов, объемов внедрения и успешности геолого-технических мероприятий.

Для обоснования применения методов воздействия на пласт на Сергинском месторождении использован опыт длительной разработки месторождений Западной Сибири, имеющих аналогичные пласты средней юры.

Продуктивные пласты Ю₁, Ю₅₋₁, Ю₅₋₂ и Ю₉ являются возвратными эксплуатационными объектами, начало разработки которых будет соответствовать моменту ввода в работу скважин, выполнивших свое назначение на объектах Ю₁₀, Ю₂₋₃, Ю₄.

В разрезе продуктивного пласта Ю₂₋₃ подвижные запасы нефти распределены равномерно с некоторым смещением в сторону кровли, выработка по слоям происходит равномерно. В разрезе пласта Ю₁₀ основные подвижные запасы нефти сосредоточены в кровельной и центральной частях пласта, наилучшая выработка запасов приходится на центральную и подожившую часть.

Варианты разработки месторождения формировались на основе анализа геологического строения залежей, текущего состояния разработки, с учетом степени освоения каждой залежи месторождения, ранее принятых и частично или полностью реализованных решений по системам расстановки скважин и воздействия на продуктивные пласты, а также с учетом фактических результатов геолого-технических мероприятий по интенсификации и увеличению нефтеотдачи, выполненных на скважинах Сергинского месторождения.

В настоящее время основные залежи Сергинского месторождения: центральная пласта Ю₁₀ и залежь пласта Ю₂₋₃ – находятся на заключительных стадиях разбуривания. Остальные залежи месторождения ранее не эксплуатировались. Действующий проектный документ предусматривает размещение скважин по двум вписанным девятиточечным системам с плотностью сетки 32 га/скв – одна для разработки шеркалинских нефтеносных отложений, другая для освоения залежей нефти в пластах тюменской свиты.

Для объектов разработки (пласты Ю₅₋₁, Ю₅₋₂ и Ю₉), площадь и запасы которых не позволяют сформировать даже одного элемента разработки, варианты рассчитывались с применением ППД (пласты Ю₅₋₁ и Ю₅₋₂) и без применения ППД (пласт Ю₉), на всех объектах предусмотрено проведение ГРП. Выработка объекта Ю₁ осуществляется на естественном режиме во всех вариантах и с применением ГРП в третьем варианте [6].

Средние величины коэффициентов эксплуатации как по добывающим, так и по нагнетательным скважинам приняты равными 0,452 д.ед. – в первый год после бурения и 0,951 д.ед. – в последующие годы.

Во всех расчетных вариантах для добывающих скважин установлено ограничение на величину забойного давления, равное давлению насыщения. Забойные давления нагнетательных скважин ограничиваются величиной давления гидроразрыва. Компенсация отборов закачкой поддерживалась

на уровне 115%. Отключение добывающих скважин в прогнозных расчетах проводилось при достижении обводненности продукции 98%.

Для достижения наибольшей нефтеотдачи при освоении Сергинского месторождения с учетом текущих экономических условий на скважинах месторождения предусмотрено применение комплекса инновационных технологий: закачка водогазовой смеси (с использованием излишков попутного газа), бурение горизонтальных скважин, ГРП, бурение горизонтальных скважин с применением поинтервального ГРП, одновременно-раздельная эксплуатация объектов, зарезка вторых стволов (ЗВС) на более поздней стадии разработки, реализация которых позволит достичь утвержденного коэффициента извлечения нефти [5, 6].

Ведется постоянный контроль удовлетворительной точности за работой добывающих и нагнетательных скважин (контроль за величинами дебита жидкости и нефти, обводненности, закачки воды, забойного и пластового давлений и других параметров). Высокая точность контроля позволяет принимать инженерные решения по оптимизации работы добывающих и нагнетательных скважин, по своевременному их ремонту и выключению из работы.

На всех объектах Сергинского месторождения реализуется площадная обращенная девятиточечная, адаптивная система разработки.

В первом (базовом) варианте рассматривается развитие системы разработки по утвержденному варианту предыдущего проектного документа с бурением оставшегося количества вертикальных и наклонно-направленных скважин с самостоятельными сетками в зонах совмещения контуров пласта Ю₂₋₃ с пластом Ю₁₀ и пласта Ю₁₀ с пластом Ю₄. Бурение эксплуатационных скважин на месторождении осуществляется по двум вписанным друг в друга квадратным сеткам с плотностью каждой 32 га/скв. Первыми на площади месторождения разбуриваются кусты скважин, предусмотренные на объект Ю₁₀. Разбуривание продуктивных пластов шеркалинской свиты возобновлено в 2012 г. Эксплуатационное бурение на пласт Ю₄ начато в 2020 г. Затем с 2023 г. продолжается разбуривание объекта Ю₂₋₃. Общая плотность сетки эксплуатационного разбуривания месторождения (на участках совмещения в плане объектов разработки) меняется от 16 га/скв до 32 га/скв.

Для достижения наибольшей нефтеотдачи предусмотрено применение комплекса технологий: закачка водогазовой смеси, бурение горизонтальных скважин, ГРП, ОПЗ кислотными методами.

Во втором варианте рассматривается развитие системы разработки с более плотной сеткой скважин 16 га/скв (400×400 м) на толщинах более 2 м, с бурением оставшегося количества вертикальных и наклонно-направленных скважин с самостоятельными сетками в зонах совмещения контуров пласта Ю₂₋₃ с пластом Ю₁₀ и пласта Ю₁₀ с пластом Ю₄. Бурение эксплуатационных скважин на месторождении осуществляется по двум вписанным друг в друга квадратным сеткам (16 га/скв). Первые на площади месторождения разбуриваются кусты скважин, предусмотренные на объект Ю₁₀. Разбуривание продуктивных пластов шеркалинской свиты возобновлено в 2012 г. Эксплуатационное бурение на пласт Ю₄ планируется начать в 2027 г. Затем с 2031 г. продолжится разбуривание объекта Ю₂₋₃. Общая плотность сетки эксплуатационного разбуривания месторождения (на участках совмещения в плане объектов разработки) меняется от 8 га/скв до 16 га/скв.

Для достижения наибольшей нефтеотдачи предусмотрено применение комплекса технологий: закачка водогазовой смеси, бурение горизонтальных скважин, ГРП, ОПЗ кислотными методами.

В третьем (рекомендуемом) варианте рассматривается развитие системы разработки с плотностью сетки скважин 32 га/скв (566×566 м). Бурение скважин предусматривается единой сеткой скважин с применением одновременно-раздельной эксплуатации объектов (на участках совмещения в плане объектов разработки). Эксплуатационное бурение продуктивных пластов возобновлено в 2012 г.

Для достижения наибольшей нефтеотдачи предусмотрено применение комплекса технологий: одновременно-раздельная эксплуатация объектов, закачка водогазовой смеси, ГРП, бурение горизонтальных скважин с применением поинтервального ГРП, ОПЗ кислотными методами, резка вторых стволов (ЗВС) на более поздней стадии разработки.

С учетом практики разработки схожих низкопроницаемых объектов юры проведе-

ние ГРП предусматривается на 95% фонда эксплуатационных скважин.

Выводы

Комплексная оценка геолого-промысловых данных и анализ текущего состояния разработки в разрезе продуктивных отложений Сергинского месторождения, а также анализ обоснований выбора объектов разработки позволяют сделать следующие выводы.

1. На Сергинском месторождении предлагается сохранить семь объектов разработки Ю₁, Ю₂₋₃, Ю₄, Ю₅₋₁, Ю₅₋₂, Ю₉ и Ю₁₀.

2. В зонах совмещения контуров Ю₂₋₃, Ю₄ и Ю₁₀, с целью уменьшения капитальных вложений за счет сокращения фонда скважин, намеченных к бурению, предлагается применение технологии одновременно-раздельной эксплуатации скважин.

3. Продуктивные пласты Ю₁, Ю₅₋₁, Ю₅₋₂ и Ю₉ являются возвратными эксплуатационными объектами, начало разработки которых будет соответствовать моменту ввода в работу скважин, выполнивших свое назначение на объектах Ю₂₋₃, Ю₄ и Ю₁₀.

4. Для пластов Ю₁, Ю₅₋₁, Ю₅₋₂ и Ю₉ главной задачей является дальнейшее их изучение в процессе пробной эксплуатации.

Список литературы

1. Андреев В.Е., Дубинский Г.С., Чибисов А.В., Ахметов Р.Т., Яскин С.А., Мухаметшин В.В., Хафизов А.Р. Группирование объектов разработки при проектировании мероприятий по увеличению нефтеотдачи // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 4. С. 89-96.
2. Мухаметшин В.В., Ахметов Р.Т. Методика прогноза коэффициента вытеснения с учетом гидрофобизации пласта по данным геофизических исследований скважин // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. № 11. С. 59-62.
3. Ахметов Р.Т., Габзалилова А.Х. Остаточная нефтенасыщенность и микронеоднородность продуктивных пластов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. № 4 (98). С. 75-80.
4. Рустамов И.Ф., Кристьян И.А., Аржиловский А.В., Владимиров И.В. Об особенностях совместной разработки двухпластовой залежи с учетом изменения структурно-механических свойств нефти // Нефтепромысловое дело. 2013. № 3. С. 46-53.
5. Арсланова Л.З., Гуторов А.Ю., Гареев А.М. Оптимизация методов увеличения нефтеотдачи пластов на основе мониторинга промысловых параметров эксплуатации скважин // Каротажник. 2016. № 3 (261). С. 97-104.
6. Фаттахов И.Г., Малышев П.М., Шакурова А.Ф., Шакурова Ал.Ф., Сафиуллина А.Р. Диагностический анализ вопроса эффективности проведения гидравлического разрыва пласта // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-27. С. 6023-6029.

УДК 622.271:622.362

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МАЛОМОЩНЫХ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

¹Якубовский М.М., ²Павличенко М.В., ¹Гетманова А.Р.

¹ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург,
e-mail: yakubovskiy_mm@pers.spmi.ru;

²ООО «ГК «РЕГИОН»», Ленинградская обл., д. Аро, e-mail: gkregion2020@mail.ru

Разработка месторождений строительных горных пород является наиболее распространенным и динамично развивающимся направлением горнодобывающей отрасли, что связано с высокими темпами дорожного и жилищного строительства. При оконтуривании месторождений песков и песчано-гравийного материала к основным технико-экономическим условиям относятся мощность полезной толщи и ее качественный состав. Как правило, в большинстве случаев мощность кондиционного пласта принимается не менее 3,0 м. Меньшая величина делает разработку месторождения или его части нерентабельной ввиду значительного роста арендных платежей за земельный участок, которые являются постоянной составляющей в себестоимости продукции карьеров. Рассмотрены теоретические аспекты выбора схемы вскрытия, системы разработки и практический опыт эксплуатации месторождения песчано-гравийного материала малой мощности. Показана важность оптимизации технологических процессов разработки небольших месторождений минерального строительного сырья с целью обеспечения эффективной работы горнодобывающего предприятия в условиях ограниченных ресурсов. По результатам проведенных технико-экономических расчетов разработаны и обоснованы технологические схемы производства вскрышных, добычных и рекультивационных работ, определен порядок отработки месторождения по бестранспортной системе разработки с многократной перевалкой горной массы гидравлическим экскаватором. Экономическая эффективность предложенных мероприятий подтверждена результатами работы горнодобывающего предприятия. Результаты изложенных исследований могут быть полезны проектировщикам и недропользователям в сфере разработки общераспространенных полезных ископаемых. Область эффективного применения рассмотренной технологии – небольшие месторождения с невыдержанными строением и мощностью полезной толщи, с непостоянным качеством песков и песчано-гравийного материала, относимые по сложности геологического строения ко 2-й и 3-й группам согласно «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министерства природных ресурсов РФ от 11.12.2006 № 278.

Ключевые слова: бестранспортная система разработки, маломощное месторождение, строительный песок, песчано-гравийный материал, перевалка горной массы, порядок отработки месторождения, технология ведения горных работ

SUBSTANTIATION OF DEVELOPMENT TECHNOLOGY FOR LOW-POWER SAND-GRAVEL DEPOSITS

¹Yakubovskiy M.M., ²Pavlichenko M.V., ¹Getmanova A.R.

¹Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, e-mail: yakubovskiy_mm@pers.spmi.ru;

²LTD. «GK «REGION»», Leningrad obl., Aro village, e-mail: gkregion2020@mail.ru

The development of construction rock deposits is the most common and dynamically increasing branch of the mining industry, which is associated with a high rate of road and building construction. When delineating deposits of sand and sand-gravel material, the main technical and economic conditions include the thickness of the useful layer and its qualitative composition. As a rule, in most cases, the thickness of the conditioned layer is taken not less than 3.0 m. A lower value makes it unprofitable to develop a deposit or its part due to a significant increase in land lease payments, which are a constant component in the cost of production of open pits. Theoretical aspects of the choice of opening scheme, development system and practical experience of operating a low-power sand-gravel deposit are considered. The importance of technological process optimization for the development of small construction rock deposits is shown. The aim is to ensure the effective operation of the mining enterprise in conditions of limited resources. According to the results of technical and economic calculations, technological schemes of prestripping, mining and reclamation works were developed and justified, the order of deposit development by non-transport system with multiple reloading of rock mass by hydraulic excavator was determined. Economical efficiency of the proposed measures is confirmed by the practice of the mining enterprise. Results of the research can be useful for designers and subsoil users in the development of widespread industrial mineral deposits. Area of effective use of the considered technology – small deposits with unstable structure and thickness of the mineral layer, with a variable quality of sand and sand-gravel material, referred to the complexity of the geological structure of the 2nd and 3rd groups according to the «Classification of reserves and inferred resources of solid minerals», approved by Order № 278 of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, dated December 11, 2006.

Keywords: non-transport system of mining, small seam thickness deposit, construction sand, sand and gravel material, rock mass removal, order of deposit development, mining technology

Недропользование является высокорискованным бизнесом. В соответствии со ст. 11 Закона РФ от 21.02.1992 № 2305-1 «О недрах», предоставление недр в пользование

происходит только после получения соответствующей лицензии, выдаваемой по результатам аукциона. При этом разведанное недропользователем количество балансо-

вых запасов полезных ископаемых может существенно отличаться от объемов прогнозных ресурсов, указанных в исходной конкурсной документации. В таком случае возмещение расходов на поиск, оценку и разведку месторождения, а также суммы уплаченных сбора за участие в аукционе и разового платежа за право пользования участком недр не предусмотрено. В случае с песчано-гравийными месторождениями капитальные вложения относительно невелики (от нескольких миллионов рублей до первых десятков миллионов рублей), но и финансовые возможности мелкого и среднего бизнеса многократно уступают возможностям инвесторов в сфере добычи, например, строительного и облицовочного камня.

На значительные риски идет инвестор и в случае покупки готового бизнеса, то есть юридического лица недропользователя с утвержденными балансовыми запасами и согласованным техническим проектом разработки месторождения. Причинами несоответствия фактических объемов запасов балансовым (утвержденным протоколом ТКЗ) могут быть как недобросовестность бывшего недропользователя, повлиявшего на процесс подсчета запасов с целью наживы, так и квалификация специалистов, интерпретирующих геологическую информацию.

При оконтуривании месторождений песков и песчано-гравийного материала, как правило, мощность кондиционного пласта принимается не менее 3,0 м ввиду значительного роста арендных платежей за земельный участок, являющихся постоянной составляющей в себестоимости продукции. Кроме того, минимальная мощность может определяться конструктивными особенностями выемочно-погрузочного оборудования [1–3].

Однородность качественных характеристик полезной толщи имеет важное значение при выборе технологии производства работ [4, 5]. В случае когда мощность продуктивного пласта значительна и позволяет сформировать полноценный уступ высотой 5,0–8,0 м, колебания таких показателей качества песчано-гравийного материала, как модуль крупности и коэффициент фильтрации, не оказывают значительного разубоживающего эффекта на качество извлекаемого минерального сырья, поскольку в процессе валовой разработки происходит естественное усреднение материала. Меньшие значения мощности полезной толщи

не позволяют обеспечить равномерный состав природного материала. Как правило, в этом случае применяется промежуточное складирование (конусование), что, в свою очередь, удорожает себестоимость добытого полезного ископаемого.

Как показал анализ литературы, имеющейся в открытом доступе, информация в сфере проблематики разработки песчано-гравийных месторождений касается, главным образом, разработки обводненных месторождений значительной мощности [6–8]. Основной упор в исследованиях делается на выбор технологического оборудования [9–11], в то время как обоснованию режима горных работ должного внимания не уделяется. Под режимом горных работ, согласно Ю.Д. Буянову [12], понимается последовательность выполнения вскрышных и добычных работ в границах карьерного поля, обеспечивающая планомерную, безопасную и экономически эффективную разработку месторождения. При этом наилучшие результаты работы горнодобывающего предприятия обеспечиваются при рационально выбранной технологии вскрышных и добычных работ с учетом параметров системы разработки и технических характеристик применяемых средств механизации [13].

Рассмотренная в работе технология разработки маломощных месторождений песков и песчано-гравийного материала особенно актуальна в связи с высокими объемами строительства, связанными, в том числе, с реализацией национальных проектов, например проекта «Безопасные качественные дороги» (<https://bkdrf.ru/>), поскольку позволяет вовлечь в эффективную разработку малые месторождения, находящиеся вблизи мест производства строительных работ.

Целью исследований являлось обоснование новой технологии ведения горных работ с использованием гидравлического экскаватора типа «обратная лопата» на примере разработки месторождения строительных материалов «Селиваново», расположенного в Ленинградской области, компанией ООО «Юркон».

Материалы и методы исследования

По сложности геологического строения месторождение «Селиваново» относится ко 2-й группе (согласно «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых») как небольшое линзообразное или непра-

вильной формы месторождение с невыдержанным строением, изменчивой мощностью полезной толщи и непостоянным качеством песка и гравия. Вскрышные породы представлены почвенно-растительным слоем, торфом, заторфованными песками, а также супесями. Мощность вскрыши составляет от 0,1 м до 1,7 м, средняя – 1,2 м. Полезная толщина представлена, в основном, тонкими и мелкими песками. Мощность полезной толщи в оконтуренной части лицензионного участка составила от 3,0 до 7,7 м при среднем значении 5,8 м. Местами имеются скопления гравийного материала, содержание которого составляет от 5,0% до 20,0% и выше.

Проектными решениями была предусмотрена стандартная для подобного типа месторождений технология производства работ, включающая следующие операции:

- удаление вскрышных пород бульдозером во временные навалы;
- разработка навалов гидравлическим экскаватором с погрузкой в автосамосвалы;
- перевозка и складирование вскрышных пород на поверхности месторождения во временном складе с целью дальнейшего использования для рекультивации земель;
- разработка полезной толщи гидравлическим экскаватором с погрузкой полезного ископаемого в автосамосвалы потребителя.

Однако в процессе разработки максимальные значения полезной толщи подтвердились только в районе расположения разведочных скважин. На основной же части месторождения колебания мощности продуктивного пласта (по данным эксплуатационной разведки, проведенной посредством проходки шурфов экскаваторным способом) составили от 1,2 до 4,0 м при среднем значении 2,3 м.

Вследствие уточнения горно-геологических условий и значительного сокращения промышленных запасов стало очевидно, что изначально предусмотренная широко распространенная [14, 15] технология производства работ на месторождении с применением гидравлического оборудования нерентабельна, что требует оптимизации технологических процессов и поиска экономически целесообразного варианта отработки месторождения в условиях ограниченных ресурсов.

Таким образом, были сформулированы следующие задачи исследования:

- аудит результатов выполненных геолого-разведочных работ и проектных решений;
- анализ уточненных горно-геологических условий месторождения;

– разработка наиболее эффективной в сложившихся условиях модели производствоработиустановлениерационального порядка отработки месторождения;

– проведение технико-экономических расчетов с целью установления порога окупаемости инвестиций.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам проведенного технико-экономического анализа была принята бестранспортная система разработки поперечными заходками, без углубки (одним вскрышным и одним добычным уступами) с многократной перевалкой горных пород. С целью обеспечения возможности отгрузки нескольких сортов полезного ископаемого вскрытие полезной толщи велось в нескольких местах одновременно, что позволило охватить всю площадь участка.

Для обоснования параметров системы разработки и последовательности выполнения технологических операций были выполнены соответствующие расчеты, произведено построение схем ведения горных работ. Параметры системы разработки определяются в каждом случае индивидуально с учетом мощностей отрабатываемых горизонтов и рабочих параметров применяемого оборудования. В общем виде предложенная технология производства работ предусматривает следующие технологические операции при вскрытии и отработке каждого локального участка месторождения.

Сначала выполняется удаление почвенно-растительного слоя путем сгребания его гидравлическим экскаватором в навалы с последующей их перевалкой и формированием складов высотой до 3,0–4,0 м на поверхности месторождения в местах, удобных для временного хранения, с целью дальнейшего использования пород для рекультивации.

Далее производится выемка вскрышных пород за две заходки гидравлическим экскаватором нижним черпанием с формированием временных навалов высотой 3,0–4,0 м по обоим бортам траншеи. В зависимости от мощности вскрышных пород (1,0–1,7 м) на вскрываемом участке расчетная ширина дна траншеи составила 25,0–30,0 м. При мощности вскрыши менее 1,0 м целесообразна дополнительная однократная перевалка навалов, что позволяет увеличить ширину участка вскрытой полезной толщи в 1,5–1,8 раза (до 37,5–54,0 м).

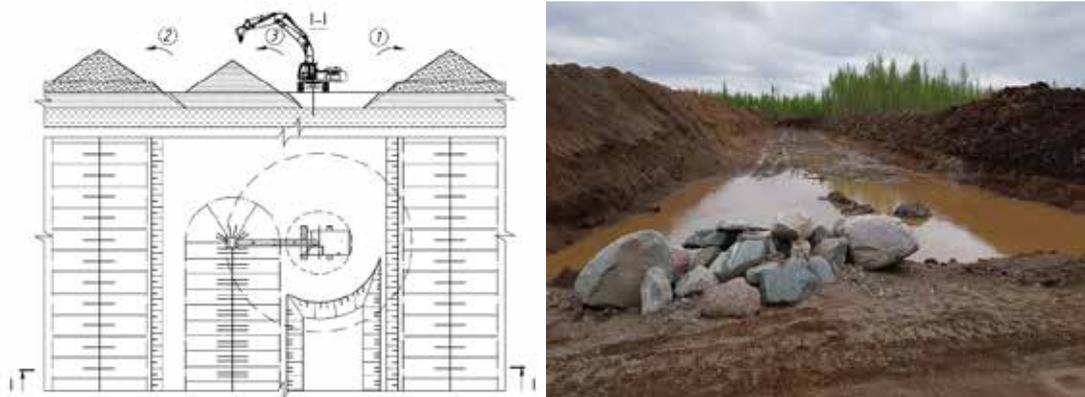


Рис. 1. Технологическая схема и результаты выемки вскрышных пород и формирования навала полезного ископаемого на кровле полезной толщи



Рис. 2. Технологическая схема и результаты погрузки полезного ископаемого в автотранспорт потребителя

Затем осуществляется выемка полезного ископаемого в пределах первой заходки (шириной 12,0–14,0 м) на всю мощность полезной толщи (1,2–4,0 м) гидравлическим экскаватором нижним черпанием с формированием навала высотой 3,0–4,0 м на кровле полезной толщи второй заходки. Технологическая схема производства работ и результаты работ приведены на рисунке 1.

После того как сформирован навал полезного ископаемого, начинается его разработка гидравлическим экскаватором с погрузкой сырья в автотранспорт потребителей. При этом подъезд автосамосвалов осуществляется по кровле полезной толщи (в пределах второй заходки) задним ходом либо с разворотом непосредственно у экскаватора, если позволяет ширина рабочей площадки (более 2,5 радиуса разворота автосамосвала).

Выемка полезного ископаемого в пределах второй заходки производится гидрав-

лическим экскаватором нижним черпанием с формированием навала на кровле полезной толщи и последующей погрузкой сырья в автотранспорт потребителей. Технологическая схема погрузки полезного ископаемого в автотранспорт потребителя из временного навала и результаты ее реализации приведены на рисунке 2.

После отгрузки запасов полезного ископаемого производится засыпка выработанного пространства посредством перевалки вскрышных пород из временных навалов, размещенных по бортам траншеи, в выработанное пространство гидравлическим экскаватором с последующей планировкой сформированной поверхности. При этом фактически реализуется технический этап рекультивации земель. Технологическая схема производства рекультивационных работ и результаты ее реализации приведены на рисунке 3.

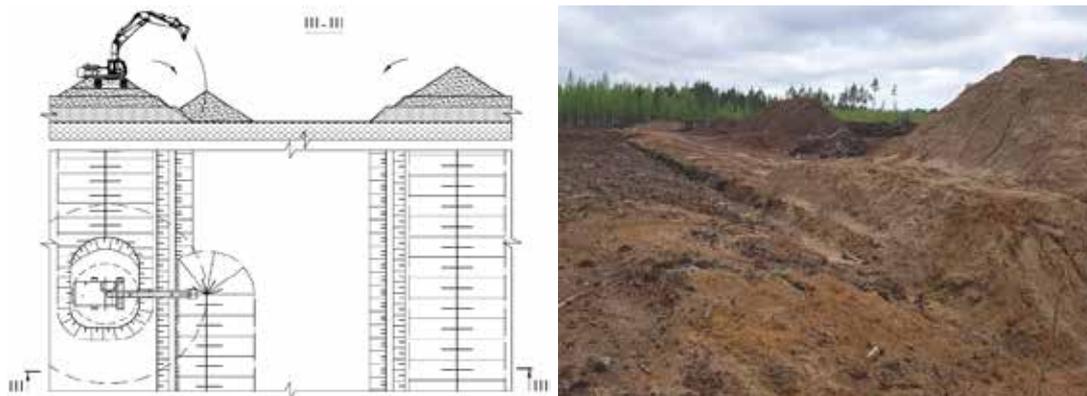


Рис. 3. Технологическая схема и результаты рекультивации участка

Сравнительная характеристика основных технико-экономических показателей

№ п/п	Показатель	№ варианта			
		I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6
1	Технологическое оборудование, ед.:				
1.1	Экскаватор Volvo EC290 BLC	1	1	–	–
1.2	Бульдозер Caterpillar D6	1	1	–	–
1.3	Фронтальный погрузчик Volvo L150	1	1	–	–
1.4	Автосамосвал КамАЗ-6520	2	2	–	–
1.5	Экскаватор Komatsu PC-350	–	–	1	1
2	Горно-геологические условия				
2.1	Площадь разработки месторождения, га	26,2		15,0	
2.2	Мощность полезной толщи (от/до/средняя), м	3,0/7,7/5,8		1,2/4,0/2,3	
2.3	Промышленные запасы ПГМ, тыс. м ³	1350,0		340,0	
2.4	Объем вскрышных пород, тыс. м ³	315,0		180,0	
2.5	Коэффициент вскрыши, м ³ /м ³	0,23		0,53	
3	Производственная мощность предприятия				
3.1	Производительность карьера, тыс. м ³ /год	300,0		80,0	
3.2	Реализация (с учетом $Kp=1,15$), тыс. м ³ /год	345,0		92,0	
3.3	Срок обеспеченности запасами, лет	4,5		4,3	
4	Цена реализации товарной продукции, руб. м ³ :				
4.1	– сорт 1		300		
4.2	– сорт 2		250		
4.3	– сорт 3		200		
5	Экономические показатели разработки				
5.1	Стоимость товарной продукции, млн руб./год	81,075	21,62	21,62	21,62
5.2	Капитальные затраты, млн руб.	21,804	19,095	10,874	6,811
5.3	Эксплуатационные затраты, млн руб./год	28,524	23,097	13,523	15,170
5.4	Себестоимость добытого ПИ, руб./м ³	95	289	169	190
5.5	Валовая прибыль, млн руб./год	52,551	–1,477	8,097	6,450
5.6	Налоги (НДС, НДСПИ, налог на прибыль)	22,021	–	4,013	3,438
5.7	Чистая прибыль, млн руб./год	30,528	–	4,302	3,233
5.8	Чистая прибыль за весь период, млн руб.	137,376	–	17,846	13,250
5.9	Срок окупаемости капвложений, лет	0,7	–	2,5	2,1

Примечание: экономические показатели разработки приведены в ценах 2018 г.

Заключение

Суть предложенной технологии ведения горных работ заключается в многократной перевалке горных пород экскаваторным оборудованием без использования транспортных средств. Рассмотренная технология апробирована в течение трех лет на месторождении песчано-гравийного материала «Селиваново».

Для экономического обоснования предлагаемой системы разработки месторождения и порядка его отработки были рассмотрены и проанализированы следующие технологические схемы производства работ.

I – Разработка месторождения в соответствии с действующей проектной документацией (для первоначальных горно-геологических условий).

II – Разработка доступной для освоения части месторождения в соответствии с действующей проектной документацией.

III – Разработка доступной для освоения части месторождения по предлагаемой технологии с покупкой выемочно-погрузочного оборудования.

IV – Разработка доступной для освоения части месторождения по предлагаемой технологии с арендой оборудования.

Результаты расчетов основных технико-экономических показателей разработки месторождения по рассмотренным вариантам приведены в таблице.

Результатом оптимизации производственных процессов и внедрения бестранспортной технологии с многократной перевалкой горной массы стала отработка части запасов фактически бесперспективного месторождения. В результате этого опытным путем доказаны техническая возможность и экономическая целесообразность производства основных видов работ одной выемочно-погрузочной единицей, в данном случае – гидравлическим экскаватором Komatsu PC-350.

Список литературы

1. Лигоцкий Д.Н. Минимальная мощность пластов, разрабатываемых селективно с помощью гидравлических экс-

каваторов типа обратная лопата // Записки Горного института. 2013. Т. 205. С. 44–46.

2. Фомин С.И., Ведрова Д.А. Организация отработки вскрышного уступа драглайном с размещением пород в выработанном пространстве карьера // Записки Горного института. 2013. Т. 205. С. 47–50.

3. Yuasa T., Ishikawa M. An Optimal design methodology for the trajectory of hydraulic excavators based on genetic algorithm. *Journal of robotics and mechatronics*. 2021. Vol. 33. P. 1248–1254. DOI 10.20965/jrm.2021.p1248.

4. Wang X., Sun H., Feng M., Ren Z., Liu J. Dynamic analysis of working device of excavator under limit digging force. *Journal of The Institution of Engineers*. 2021. Vol. 102 (5). P. 1137–1144. DOI: 10.1007/s40032-021-00725-4.

5. Loginov E.V., Loktiukova O.Iu., Melnitskaya M.E. Calculation of Bench Width for Backhoe Hydraulic Excavators Operated in Sinking Mining Systems. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14. Iss. 17. P. 6444–6448. DOI: 10.36478/jeasci.2019.6444.6448.

6. Буткевич Г.Р., Одабаи-Фард В.В. Проблемы разработки обводненных песчано-гравийных месторождений // Горная Промышленность. 2012. № 4. С. 112–114.

7. Иванов В.В., Дзюрнич Д.О. Основные актуальные технологические схемы разработки обводненных месторождений песка // Дневник науки. 2019. № 4. [Электронный ресурс]. URL: http://dnevniknauki.ru/images/publications/2019/4/geoscience/Ivanov_Dzyurich.pdf (дата обращения: 11.03.2022).

8. Семенов Д.А., Вахрушев С.И. Методика выбора земснаряда для выемки песчано-гравийной смеси со дна реки Кама // Известия КГАСУ. 2016. № 4(38). С. 451–458.

9. Лапшин Н.С., Фомин С.И. Принципы построения технологических схем переработки песчано-гравийной смеси на притрассовых карьерах с малой производительностью // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №12(102). С. 97–101.

10. Оника С.Г., Халаявкин Ф.Г., Реберт Б.С. Технологические схемы разработки обводненных песчаных, гравийно-песчаных и песчано-гравийных месторождений // Горная механика и машиностроение. 2016. № 2. С. 5–8.

11. Иванов В.В., Дзюрнич Д.О. Обоснование параметров технологической схемы разработки обводненных месторождений строительного песка // Записки Горного института. 2012. Т. 253. С. 33-40. DOI:10.31897/PMI.2022.3.

12. Буянов Ю.Д., Краснополский А.А. Разработка месторождений нерудных полезных ископаемых. М.: Недра, 1980. 431 с.

13. Ракишев Б.Р. Классификация технологий открытой разработки полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 3. С. 5–15. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-3-0-5-15.

14. Холодняков Г.А., Логинов Е.В., Ву Д.Т. Малоотходная открытая разработка полезных ископаемых с помощью гидравлических экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 1. С. 357–363.

15. Иванова П.В., Асонов С.А., Иванов С.Л., Кувшинкин С.Ю. Анализ структуры и надежности современного парка карьерных экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 7. С. 51-57. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-7-0-51-5720.