

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,778

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,279

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

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,778.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,279.

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: 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 – 29.05.2020

Дата выхода номера – 29.06.2020

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

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

Техническая редакция и верстка

Байгузова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 16,13

Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/5-2020

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПРИЗНАКА МАССА 1000 ЗЕРЕН В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ	
<i>Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Дёмина Е.А., Чекмасова К.Ю.</i>	7
ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ И НОРМ ВЫСЕВА В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	
<i>Хадарова И.В., Филиппова С.В., Елисеева Л.В.</i>	13
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ДУБРАВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Чураков Р.А., Чураков Б.П.</i>	18

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

СВОЙСТВА НОВООБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ ПОСТСЕЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА	
<i>Агафонов В.А., Голусов П.В.</i>	23
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РУДНИКА «УДАЧНЫЙ»	
<i>Анисимов К.А.</i>	29
ТЕХНОЛОГИЯ БЕСКАБЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА СКВАЖИНАХ, ОБОРУДОВАННЫХ ШТАНГОВЫМИ ГЛУБИННЫМИ НАСОСАМИ	
<i>Арсланов Р.И., Сулейманов Р.Н., Галеев А.С.</i>	37
СОЦИАЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	
<i>Киреева-Гененко И.А., Лопина Е.М., Белоусова Л.И., Митряйкина А.М., Гончарова Л.С.</i>	43
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА В ЗОНЕ ОТДЫХА «МУХИНСКОЕ ОЗЕРО» ГОРОДА БОРА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Козлов А.В., Вершинина И.В.</i>	50
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ	
<i>Лукашов С.В., Иванченкова О.А.</i>	56
ОЦЕНКА ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВКИ И ДЕРЕВООБРАБОТКИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ	
<i>Макаренко Е.Л.</i>	63
ЛАНДШАФТЫ НАВОДНЕНИЙ: КОНЦЕПЦИЯ И СПОСОБЫ РАСЧЁТОВ	
<i>Напрасников А.Т.</i>	70
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО КИНЕТИКЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ	
<i>Пушкин А.А., Римкевич В.С.</i>	76

 ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ
 РАЙОНОВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

Соколов С.В.82

 КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ НАДУГОЛЬНОЙ ТОЛЩИ
 ВАСЮГАНСКОЙ СВИТЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАЛЧАГСКОГО МЕЗОВЫСТУПА

Староселец Д.А., Смирнов П.В.89

 ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ РАСТЕНИЙ
 ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ

Тотубаева Н.Э., Жумабаева М.Б., Кожобаев К.А.96

 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ РЕАЛИЗАЦИИ
 ПРИОРИТЕТНОГО ПРОЕКТА «ОЗДОРОВЛЕНИЕ ВОЛГИ» В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Хоботилова Е.И., Копосова Н.Н.101

 РАСЧЕТ ВРЕМЕННОЙ КРЕПИ ТОННЕЛЯ, ПРОХОДИМОГО
 В СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ЗОНЕ

Цыганков Д.А.108

 ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ
 В ВЕРХОВОМ БОЛОТЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*Яковлев Е.Ю., Дружинина А.С., Дружинин С.В., Бедрин Д.Д.,
 Орлов А.С., Спиридов Р.К., Мищенко Е.В., Жуковская Е.В.*115

ОБЗОРЫ

 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ
 РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ (БЕЛОЕ МОРЕ)

Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П., Иглин С.М.121

CONTENTS
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)
ARTICLES
BREEDING EVALUATION OF THE TRAIT MASS OF 1000 GRAINS IN ARID CONDITIONS

Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Demina E.A., Chekmasova K.Yu. 7

SOYBEAN PRODUCTIVITY DEPENDING ON METHODS AND SEEDING RATES IN THE CONDITIONS OF THE CHUVASH REPUBLIC

Khadarova I.V., Filippova S.V., Eliseeva L.V. 13

DIFFERENTIATION OF TREES AS AN INDICATOR OF THE SANITARY CONDITION OF OAK FORESTS IN THE ULYANOVSK REGION

Churakov R.A., Churakov B.P. 18

Earth sciences (25.00.00)
ARTICLES
PROPERTIES OF NEWLY FORMED SOILS OF POST-SETTLEMENT GEOSYSTEMS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Agafonov V.A., Goleusov P.V. 23

GEOMECHANICAL PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF UNDER-PIT RESERVES OF DIAMONDIFEROUS DEPOSITS IN THE CONDITIONS OF THE UDACHNY MINE

Anisimov K.A. 29

CABLE-FREE DATA TRANSFER TECHNOLOGY FOR WELLS EQUIPPED WITH ROD-TYPE DEEP-WATER PUMPS

Arslanov R.I., Suleymanov R.N., Galeev A.S. 37

THE SOCIAL-GEOGRAPHICAL ASPECTS OF NATURE MANAGEMENT IN RURAL AREAS

Kireeva-Genenko I.A., Lopina E.M., Belousova L.I., Mitryaykina A.M., Goncharova L.S. 43

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF MAN-MADE CONDITIONS TRANSFORMED WATER OBJECT IN RECREATION AREA «MUKHINSKY LAKE» OF THE BOR CITY OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Kozlov A.V., Vershinina I.V. 50

ANALYSIS OF THE STATE OF SOILS IN URBANIZED TERRITORIES AS AN ELEMENT OF ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEYS

Lukashov S.V., Ivanchenkova O.A. 56

ASSESSMENT OF FORESTRY AND WOODWORKING WASTE FORMATION IN CENTRAL ECOLOGICAL AREA OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORIES

Makarenko E.L. 63

LANDSCAPES OF FLOODS: THE CONCEPT AND METHODS OF CALCULATIONS

Naprasnikov A.T. 70

STATISTICAL PROCESSING OF EXPERIMENTS ON THE KINETICS OF CHEMICAL REACTIONS

Pushkin A.A., Rimkevich V.S. 76

TERRITORIAL ANALYSIS OF THE LEVEL OF CLIMATE COMFORT REGION
OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS – UGRA

Sokolov S.V.82

CONCEPTUAL MODEL FOR THE FORMATION OF THE INFLATABLE THICKNESS
OF THE VASYUGAN FORMATION IN THE NORTHWESTERN
PART OF THE KALCHAGA MEZOVYSTUP

Staroselets D.A., Smirnov P.V.89

POSSIBILITIES OF USING ALPINE PLANTS FOR PHYTOREMEDIATION
OF OIL-CONTAMINATED SOILS

Totubaeva N.E., Zhumabaeva M.B., Kojobaev K.A.96

ECOLOGICAL ANALYSIS OF IMPLEMENTATION REGIONAL ASPECTS OF THE PRIORITY
PROJECT «HEALTH OF THE VOLGA» IN NIZHNY NOVGOROD REGION

Khobotilova E.I., Kuposova N.N.101

CALCULATION OF THE TEMPORARY TUNNEL SUPPORT CONSTRUCTED
IN A SEISMICALLY ACTIVE ZONE

Tsygankov D.A.108

ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS AND METAL DISTRIBUTION
IN BOG OF THE ARKHANGELSK REGION

*Yakovlev E.Yu., Druzhinina A.S., Druzhinin S.V., Bedrina D.D.,
Orlov A.S., Spirov R.K., Mischenko E.V., Zhukovskaya E.V.*115

REVIEWS

ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE SEVERNAYA DVINA MOUTH ZONE
(THE WHITE SEA)

Kotova E.I., Korobov V.B., Shevchenko V.P., Iglin S.M.121

СТАТЬИ

УДК 633.111.1«321»:631.527

**СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПРИЗНАКА МАССА 1000 ЗЕРЕН
В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ**

Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Дёмина Е.А., Чекмасова К.Ю.

Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова – филиал ФГБУН Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, e-mail: kincharov_ai@mail.ru

Исследования проводились с целью оценки селекционной ценности коллекционных образцов различного эколого-географического происхождения по признаку масса 1000 зерен и выделения источников этого признака для дальнейшего использования в селекционном процессе. Работа выполнена в Самарской области в 2017–2019 гг. Метеоусловия отличались достаточной контрастностью: в 2017 г. ГТК был равен 1,04, в 2018 г. – 0,51, в 2019 г. – 0,48. Массу 1000 зерен определяли согласно Межгосударственному стандарту: ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. Материалом для исследований являлись 344 отечественных и зарубежных образца яровой мягкой пшеницы коллекционного питомника. В ходе исследований на 99 парных наблюдениях выявлена слабая положительная ($r = 0,155$) связь между урожайностью сортов и массой 1000 зерен в контрастных по влагообеспеченности условиях засушливого климата Самарской области. Величина признака масса 1000 зерен варьировала в очень широком диапазоне – от 22,8 г до 45,7 г. Коэффициент вариации признака масса 1000 зерен у лучших образцов за исследуемые годы составлял 5,2–13,2%, а коэффициент линейной регрессии варьировал в более широких пределах – от 0,49 до 1,40. Анализ полученных данных в группе лучших сортов позволил выделить первую подгруппу образцов с наименьшей реакцией в виде снижения массы 1000 зерен в связи с наступлением неблагоприятных факторов (Лютесценс 6182/12-33⁷, Эритроспермум 6517/24-1⁷, Саратовская 68, Саратовская 73, Саратовская 74, Мерцана и Экада 113), а также вторую подгруппу образцов, показавших в исследованиях более высокую реакцию на улучшение условий среды (индекс среды) (Тулайковская надежда, Самсар, Кинельская 59, Эритроспермум 4146, Курагинская 2, Свирель, Сигма, Л-505 и Ульяновская 100).

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, селекция, сорт, масса 1000 зерен, исходный материал, образец, коллекционный питомник, урожайность, засуха

**BREEDING EVALUATION OF THE TRAIT MASS
OF 1000 GRAINS IN ARID CONDITIONS**

Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Demina E.A., Chekmasova K.Yu.

Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after P.N. Konstantinov – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Kinel, Ust-Kinelsky, e-mail: kincharov_ai@mail.ru

The researches was conducted in order to assess the selection value of collection samples of various ecological and geographical origin on the trait mass of 1000 grains and identify the sources of this feature for further use in the selection process. The work was conducted in the Samara region in 2017–2019. Weather conditions were characterized by sufficient contrast: in 2017 the GTC was equal to 1.04, in 2018 – 0.51, in 2019 – 0.48. The mass of 1000 grains was determined according to the Interstate standard: GOST 10842-89 Grain of cereals and legumes and oilseeds. Method for determining the mass of 1000 grains or 1000 seeds. The material for research was 344 domestic and foreign samples of spring soft wheat of the collection nursery. In the course of research on 99 paired observations, a weak positive ($r = 0.155$) relationship between the yield of varieties and the weight of 1000 grains in contrasting moisture availability conditions of the arid climate of the Samara region was revealed. The value of the trait mass of 1000 grains varied in a very wide range – from 22.8 to 45.7 g. The coefficient of variation of the trait mass of 1000 grains in the best samples for the years under study was 5.2–13.2%, and the coefficient of linear regression varied in a wider range – from 0.49 to 1.40. Analysis of the data obtained in the group of the best varieties allowed us to identify the first subgroup of samples with the lowest reaction in the form of a decrease in the mass of 1000 grains due to the onset of adverse factors: Lutescens 6182/12-33⁷, Erythrosperrum 6517/24-1⁷, Saratovskaya 68, Saratovskaya 73, Saratovskaya 74, Merzana and Ekada 113. As well as the second subgroup of samples that showed a higher response to improved environmental conditions in studies (the environment index): Tulaykovskaya nadezhda, Samsar, Kinelskaya 59, Erythrosperrum 4146, Kuraginskaya 2, Svirel, Sigma, L-505 and Ulyanovskaya 100.

Keywords: spring soft wheat, breeding, variety, mass of 1000 grains, source material, sample, collection nursery, yield, drought

Пшеница является основной продовольственной культурой Российской Федерации. Первоочередной задачей современной селекции остается создание новых высокоурожайных и высококачественных сортов, отвечающих современным требо-

ваниям [1]. Увеличение продуктивности пшеницы во многом зависит от селекционной работы, в процессе которой выводятся современные продуктивные сорта, отзывчивые на улучшение агроклиматических условий и в то же время устойчивые к воз-

действию стрессовых факторов. С точки зрения селекции большое значение имеют признаки, менее варьирующие под влиянием неблагоприятных условий среды. В селекционном процессе показателем отбираемых генотипов служит уровень их урожайности. Реализация продуктивности сортов находится в прямой зависимости от гидротермических условий в критические периоды роста и развития, соблюдения технологии возделывания. В свою очередь неблагоприятные условия снижают уровень урожайности более чем в два раза [2].

Урожайность – это комплексный показатель, который складывается за счет различных элементов структуры урожая, находящихся в достаточно сложной корреляционной зависимости как между собой, так и с урожайностью зерна [3–5]. Знание этих зависимостей позволяет усилить либо ослабить те или иные признаки для получения их оптимального сочетания и как итог – получить высокую продуктивность сортов. Одним из важных элементов продуктивности в любой зоне является масса 1000 зерен, имеющая положительную корреляцию с урожайностью, и независимо от силы связи двух признаков – это надежный индикаторный показатель при селекционном отборе на урожайность [6].

Масса 1000 зерен показывает количество вещества, содержащегося в зерне, а его крупность зависит от генотипа сорта, агроклиматических условий, уровня минерального питания и технологии возделывания. У интенсивного типа сортов пшеницы в годы засух формируются менее выполненные зерна, так как им не хватает влаги для наполнения зерновки питательными веществами, поэтому масса 1000 зерен у них снижается до уровня мелкозерных экстенсивных сортов, что существенным образом сказывается на их продуктивности [7]. Поэтому для стабилизации ежегодных валовых сборов зерна необходимо создавать новые сорта, в том числе и существенно не снижающие при неблагоприятных условиях показатели крупности зерна.

Всеобщей проблемой является снижение генетического разнообразия, а в отношении пшеницы эти процессы особенно масштабны [8]. Фактический сбор продукции не будет увеличиваться, если не улучшать генетический потенциал сортов [9]. Для эффективной селекционной работы нужно выявлять новые генетические источники и доноры хозяйственно-ценных признаков, изучать их, при этом учитывать

связи всех элементов структуры урожая растений и реакции на изменение метеорологических условий в регионе возделывания культуры [10, 11]. Новый исходный материал подбирается с заданными ценными признаками и определяется особенностями агроклиматических и почвенных условий региона. В Среднем Поволжье показателю масса 1000 зерен уделяется довольно большое значение, он характеризует товарность продукции яровой мягкой пшеницы, в основном за счет крупности и выполненности зерна [12].

Цель исследований: изучить селекционную ценность признака масса 1000 зерен и выделить из образцов различного эколого-географического происхождения ценные источники для дальнейшего использования в селекционном процессе засушливых зон.

Материалы и методы исследований

Научные исследования проводились на базе лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН в 2017–2019 гг. Полевые опыты закладывались на полях первого селекционного севооборота, предшественник – чистый пар. Почва севооборота – чернозем типичный малогумусный среднесиловый легкоглинистый, содержание гумуса в пахотном слое (по Тюрину) 5–6%. Содержание питательных элементов в почве: подвижного фосфора 61–77 мг/кг (среднее), обменного калия 374–423 мг/кг (очень высокое), легкогидролизуемого азота 28–49 мг/кг (низкое и среднее). Почва имеет слабокислую реакцию среды, pH вытяжки почвы 5,4 ед.

Коллекционный питомник высевался на шестирядковых делянках площадью 1 м² в опытах без повторностей с частыми стандартами (через десять номеров). Посев проводился в оптимальные для культуры агротехнические сроки селекционной севалкой ССФК-7М. Норма высева составляла 450 всхожих семян на 1 м². Уборка делянок коллекционного питомника проводилась в фазу полной спелости зерна в сноповой материал с последующим обмолом на молотилке МПСУ-500 и взвешиванием зерна на лабораторных весах. Часть растений в поле отбиралась для проведения структурного анализа и описания растений.

Для выполнения исследований использовались 344 образца яровой мягкой пшеницы коллекционного питомника, представленного в основном образцами из мировой коллекции ВИР, селекционных

учреждений страны и перспективными сортами и линиями собственной селекции. Изучаемые образцы имеют селекционную ценность по различным хозяйственно-ценным признакам и свойствам в регионе. В качестве стандарта были взяты сорта, районированные в Самарской области: сорт Кинельская нива (st 1) – лучший районированный сорт селекции института, занимающий наибольшие площади в области, и сорт Тулайковская надежда (st 2), являющийся стандартом в системе госсортоиспытания Средневолжского региона.

Массу 1000 зерен определяли согласно Межгосударственному стандарту: ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян [13]. Наблюдения и учеты проводились по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [14]. Для выделенных образцов нами рассчитаны: коэффициент вариации (V) по каждому сорту согласно Методике полевого опыта [15] и коэффициент линейной регрессии (b_i) по S.A. Eberhart, W.A. Russell для лучших образцов, с учетом индекса условий среды [16]. Математическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета анализа данных компьютерной программы Excel и прикладной программы Stat.

Климатические условия в Среднем Поволжье формируются под влиянием континентальных условий умеренных широт и характеризуются высокими температурами воздуха летом и низкими зимой. Метеоусловия в годы исследований сложились крайне разнообразно, что способствовало хорошей оценке материала по многим показателям: 2017 год был благоприятным для роста и развития яровой пшеницы, хотя и контрастным по увлажнению – обилие осадков в мае–июне (3-кратная норма) и засуха после колошения, ГТК май – август составил 1,04 (среднепогодное значение – 0,73); вегетационный период 2018 г. проходил в засушливых (май–июнь) и острозасушливых (август) условиях (ГТК май – август 0,51); период вегетации 2019 г. характеризовался как засушливый с ГТК май – август 0,48 (июнь – острозасушливый с ГТК 0,17).

Результаты исследования и их обсуждение

Стабильные значения показателя крупности зерна имеют важное агрономическое

значение в засушливых условиях как в плане снижения варьирования валового производства, так и в плане сохранения ряда качественных показателей товарного зерна. Поэтому в селекционных программах этому признаку необходимо уделять большое внимание. Полевая оценка формирования массы 1000 зерен 344 сортов и линий яровой мягкой пшеницы из мировой коллекции ВИР, научных учреждений страны и собственной селекции в течение трех лет показала очень широкое варьирование признака у сортов – от 22,8 г до 45,7 г в условиях Среднего Поволжья. При этом ряд образцов с низкой массой 1000 зерен в засушливых условиях не сформировали даже экономически значимый урожай – одна тонна с гектара, который бы окупил затраты на производство.

Для определения зависимости урожайности зерна от изучаемого признака в агроклиматических условиях зоны проведения исследований на одинаковом наборе сортов (99 парных наблюдений) в трех контрастных условиях корреляционным анализом выявлена слабая положительная зависимость ($r = 0,155$) урожайности сортов от массы 1000 зерен в условиях Самарской области при критическом значении коэффициентов корреляции $r_{0,05} = 0,113$, $r_{0,01} = 0,148$. Слабая положительная зависимость объясняется тем, что урожайность – это все-таки комплексный показатель, зависящий от многих факторов и признаков, в том числе от количества колосьев на единице площади, числа зерен в них и массы 1000 зерен. Каждый из этих признаков имеет в течение вегетационного периода свои наиболее уязвимые периоды: количество колосьев формируется в основном с момента посева и до начала трубкования, число зерен в колосе – с момента формирования колосовых бугорков и до цветения, масса 1000 зерен – в период формирования и налива зерна. Таким образом, основной элемент продуктивности, негативно влияющий на урожайность в сезоне, будет определяться сроками наступления засушливых условий.

Несмотря на слабую зависимость урожайности от массы 1000 зерен, в селекционных программах необходимо уделять особое внимание данному признаку как в плане стабильности значения по годам, в частности – минимальному снижению показателя в условиях засухи, так и некоторой отзывчивости его в благоприятных условиях. Это позволит целенаправленно проводить отборы в селекционном процессе

нового гибридного и селекционного материала с определенной выраженностью признака масса 1000 зерен и будет способствовать увеличению урожайности создаваемых сортов яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Средневолжского региона.

Величина признака масса 1000 зерен во всех регионах выращивания культуры зависит от агрометеорологических условий второй половины вегетации, именуемой генеративной фазой развития растений. Данная фаза начинается с колошения, которое у большинства сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Поволжья на-

ступает в среднем 24–27 июня. С учетом экстремальных погодных условий: минус 5–8 суток в условиях устойчивой засухи и жары, плюс 6–11 суток в условиях влагообеспеченного и прохладного периода вегетативной фазы развития растений (периода от посева до колошения). В контрастных условиях исследований масса 1000 зерен 344 образцов яровой мягкой пшеницы находилась в диапазоне от 22,8 г до 45,7 г. Средняя масса 1000 зерен у образцов составляла 34,3 г, у сорта Кинельская нива (st 1) – 34,8 г, Тулайковская надежда (st 2) – 37,7 г (таблица).

Лучшие образцы мировой и признаковой коллекции института, выделившиеся по массе 1000 зерен, за 2017–2019 гг.

Сорт	Происхождение	Масса 1000 зерен, г			Коэффициент	
		max	min	Средняя	Вариации (V), %	линейной регрессии (b)
Кинельская нива, st1	Кинель	38,4	32,1	34,8	9,3	0,91
Тулайковская надежда, st2	Безенчук	41,8	33,0	37,7	11,8	1,30
Тулайковская 108	Безенчук	41,2	35,0	38,7	8,4	0,93
Самсар	Безенчук, Саратов	42,0	33,4	37,5	11,5	1,25
Кинельская 59	Кинель	44,5	35,1	40,4	11,9	1,40
Кинельская 2010	Кинель	40,6	33,7	36,5	10,0	0,99
Кинельская юбилейная	Кинель	38,9	33,0	35,5	8,6	0,85
Лютесценс 6045/7	Кинель	40,3	34,0	36,3	9,5	0,89
Эритроспермум 4089	Кинель	39,8	32,7	36,0	9,9	1,03
Эритроспермум 4144	Кинель	40,8	33,1	37,1	10,4	1,13
Эритроспермум 4146	Кинель	41,4	32,6	36,7	12,1	1,28
Лютесценс 4394	Кинель	35,8	29,2	32,0	10,7	0,95
Лютесценс 6102/ ₁₋₃₂	Кинель	41,9	33,8	37,5	10,9	1,17
Лютесценс 6182/ ₁₂₋₃₃	Кинель	39,0	34,4	36,6	6,3	0,67
Эритроспермум 6310/ ₁₀₋₆₃	Кинель	37,6	31,8	35,6	9,2	0,85
Эритроспермум 6381	Кинель	39,0	30,9	35,0	11,6	1,19
Эритроспермум 6517/ ₂₄₋₁	Кинель	39,7	34,4	37,7	7,6	0,80
Курагинская 2	Красноярский край	43,1	35,0	40,2	11,2	1,23
Свирель	Красноярский край	39,8	30,7	36,1	13,2	1,37
Сигма	Омск	45,7	37,2	42,1	10,4	1,27
Агата	Рязанская обл.	36,3	30,0	33,1	9,5	0,92
Л-505	Саратов	39,9	31,6	36,2	11,7	1,24
Воевода	Саратов	39,3	32,3	34,7	11,4	0,99
Саратовская 68	Саратов	36,7	32,1	34,7	6,8	0,49
Саратовская 73	Саратов	40,2	35,0	38,1	7,1	0,27
Саратовская 74	Саратов	40,0	34,5	37,8	7,7	0,83
Мерцана	Тамбов	41,1	37,3	38,8	5,2	0,54
Экада 113	Ульяновск и др.	40,4	35,2	37,2	7,5	0,74
Ульяновская 100	Ульяновск	44,0	35,7	40,3	10,5	1,23
Ярица	Ульяновск	36,4	30,2	33,9	9,6	0,93
Дузт	Челябинск	36,9	29,9	34,0	10,7	0,83
Новосибирская 31*	Новосибирск	31,1	28,7	30,0	4,0	
Зауралочка*	Курганская обл.	30,1	29,1	29,6	1,7	

Примечание: * – образец с минимальным значением показателя за годы исследований.

Стабильно низкие показатели массы 1000 зерен в годы исследований наблюдались у сортов Новосибирская 31 (Новосибирск) и Зауралочка (Курганская обл.). При этом даже в благоприятный год значения изучаемого признака у сортов не превышали 31,1 г, что крайне мало для условий региона. А значения массы 1000 зерен менее 28,0 г присущи многим сортам в аномально жарких и засушливых условиях, схожих с условиями 2010 г. (высокий температурный фон и устойчивая засуха в течение всего вегетационного периода).

Максимальные значения показателя масса 1000 зерен в среднем по годам исследования отмечены у сортов: Кинельская 59 (Кинель) – 40,4 г, Курагинская 2 (Красноярский край) – 40,2 г, Сигма (Омск) – 42,1 г и Ульяновская 100 (Ульяновск) – 40,3 г. Эти же сорта отличались крупным зерном с высокой массой 1000 зерен в годы с неблагоприятными погодными условиями, с показателями – 35,1 г; 35,0 г; 37,2 г; 35,7 г соответственно, и сорт Мерцана (Тамбов) с показателем 37,3 г.

Необходимо отметить, что выделенные нами образцы имеют невысокие значения коэффициента вариации (V) признака масса 1000 зерен за исследуемые годы – от 5,2% до 13,2%, коэффициент линейной регрессии (b_1), характеризующий реакцию сорта на изменение условий выращивания (индекс среды), варьировал у сортов в более широких пределах – от 0,49 до 1,40. Анализ фактических значений массы 1000 зерен и расчетных показателей в группе лучших сортов позволил разделить их на две подгруппы. В первую подгруппу образцов, сочетающих высокую массу 1000 зерен и стабильность признака – по низкому показателю коэффициента вариации, который свидетельствует о меньшей реакции сортов на изменения факторов внешней среды (в данных исследованиях большей частью это на неблагоприятные факторы – два года засухи из трех), можно отнести сорта и линии: Лютесценс 6182/¹²⁻³³, Эритроспермум 6517/²⁴⁻¹ (Кинель), Саратовская 68, Саратовская 73, Саратовская 74 (Саратов), Мерцана (Тамбов) и Экада 113 (Ульяновск и др.). Во вторую подгруппу вошли образцы, показавшие в исследованиях наряду с высокими значениями массы 1000 зерен отзывчивость на улучшение условий среды (коэффициент линейной регрессии более 1,2) на фоне незначительного снижения изучаемого признака в неблагоприятные годы: Тулайковская надежда (Безенчук),

Самсар (Безенчук, Саратов), Кинельская 59, Эритроспермум 4146 (Кинель), Курагинская 2, Свирель (Красноярский край), Сигма (Омск), Л-505 (Саратов) и Ульяновская 100 (Ульяновск).

Данные образцы имеют большую селекционную ценность и с учетом выявленных особенностей рекомендуются нами для использования в различных схемах скрещиваний в засушливых регионах.

Заключение

Увеличение массы 1000 зерен путем селекции является одним из способов повышения урожайности яровой мягкой пшеницы в Средневолжском регионе. Масса 1000 зерен показывает количество вещества, накопленного в зерне, его крупность и зависит как от факторов среды, так и от генетических особенностей сорта, как следствие, может варьировать в достаточно широких пределах. Выделенные по результатам трехлетнего изучения образцы рекомендуются нами для использования в селекционных программах засушливых регионов страны. При этом необходимо учитывать, что сорта первой подгруппы: Лютесценс 6182/¹²⁻³³, Эритроспермум 6517/²⁴⁻¹, Саратовская 68, Саратовская 73, Саратовская 74, Мерцана, Экада 113 – предпочтительнее использовать для создания селекционных форм со стабильно высокими показателями массы 1000 зерен в засушливых и острозасушливых условиях. Сорта второй подгруппы: Тулайковская надежда, Самсар, Кинельская 59, Эритроспермум 4146, Курагинская 2, Свирель, Сигма, Л-505, Ульяновская 100 – рекомендуются для создания форм, отзывчивых на некоторое улучшение условий среды в менее засушливых условиях.

Список литературы / References

1. Митрофанова О.П., Хакимова А.Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 4. С. 545–554. DOI: 10.18699/VJ16.177.
2. Митрофанова О.П., Хакимова А.Г. New genetic resources in wheat breeding to increase the protein content in grain // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. 2016. Vol. 20. № 4. P. 545–554 (in Russian).
3. Асеева Т.А., Карачева Г.С., Ломакина И.В., Рубан З.С. Формирование урожайности и качества зерна яровой и озимой пшеницы в условиях Среднего Приамурья // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 3–6.
4. Асеева Т.А., Карачева Г.С., Ломакина И.В., Рубан З.С. Formation of yield and grain quality of spring and winter wheat in the conditions of the Middle Amur region // Russian Agricultural Sciences. 2018. № 1. P. 3–6 (in Russian).
5. Иванова И.Ю., Иванова А.О., Ильина С.В. Корреляционная зависимость урожайности пшеницы мягкой яровой от элементов продуктивности // Зернобобовые

и крупяные культуры. 2019. № 4 (32). С. 119–125. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11142.

Ivanova I.Yu., Ivanova A.O., Ilyina S.V. Correlation dependence of yield of soft spring wheat on productivity elements // Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury. 2019. № 4 (32). P. 119–125 (in Russian).

4. Дёмина Е.А., Кинчаров А.И. Корреляционные связи урожайности яровой пшеницы с показателями качества зерна и элементами продуктивности растений // АгроЭкоИнфо. 2017. № 4. [Электронный ресурс]. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/4/st_421.doc (дата обращения: 20.04.2020).

Demina E.A., Kincharov A.I. The correlative communications of yield of spring wheat from the indicators quality of grain and elements of productivity of plants // AgroEkoInfo. 2017. № 4. [Electronic resource]. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/4/st_421.doc (date of access: 20.04.2020) (in Russian).

5. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Озерненность, масса зерна колоса и масса 1000 зерен в повышении урожайности озимой мягкой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 27–29.

Kovtun V.I., Kovtun L.N. The number of grains, the weight of the ear grain and the weight of 1000 grains in increasing the yield of winter soft wheat // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2015. № 3 (53). P. 27–29 (in Russian).

6. Пушкарев Д.В., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г., Краснова Ю.С., Каракоз И.И., Шаманин В.П. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области // Вестник Омского ГАУ. 2018. № 3 (31). С. 26–35.

Pushkarev D.V., Chursin A.S., Kuz'min O.G., Krasnova Yu.S., Karakoz I.I., Shamanin V.P. Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region // Vestnik Omskogo GAU. 2018. № 3 (31). P. 26–35 (in Russian).

7. Захаров В.Г., Яковлева О.Д. Изменение урожайности и элементов ее структуры у сортов яровой мягкой пшеницы разных периодов сортосмены // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 53–57.

Zakharov V.G., Yakovleva O.D. Change of yield and elements of its structure in spring soft wheat varieties of different periods of cultivar changing // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. Vol. 29. № 10. P. 53–57 (in Russian).

8. Smith S., Bubeck D., Nelson B., Stanek J., Gerke J. Genetic diversity and modern plant breeding. Genetic diversity and erosion in plants. Indicators and prevention. In: M.R. Ahuja, S. Mohan Jain. Switzerland: International Publishing, 2015. P. 55–88.

9. Slafer G.A., Calderini D.F. Importance of breeding for further improving durum wheat yield. Durum wheat breeding: current approaches and future strategies. N.Y.: The Haworth Press, 2005. P. 87–95.

10. Tadesse W., Amri A., Ogbonnaya F.C., Sanchez-Garcia M., Sohail Q., Baum M. Wheat: in Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement. Akademic Press, 2016. P. 81–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-802000-5.00002-2.

11. Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., Таранова Т.Ю., Чекушова К.Ю. Изучение коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы по скороспелости // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 10–1. С. 136–141. DOI: 10.24411/2550-1000-2018-10082.

Kincharov A.I., Demina E.A., Taranova T.Yu., Chekmasova K.Yu. The study of collection samples of spring soft wheat for precocity // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018. № 10–1. P. 136–141 (in Russian).

12. Дёмина Е.А., Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю. Сравнительная оценка исходного материала яровой мягкой пшеницы по массе 1000 зерен // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 2 (4). С. 700–704. DOI: 10.24411/1990-5378-2018-00158.

Demina E.A., Kincharov A.I., Taranova T.Yu. Comparative evaluation of initial material of spring soft wheat in the mass of 1000 grains // Izvestia Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. 2018. № 2 (4). P. 700–704 (in Russian).

13. ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. М.: Стандартинформ, 2009. 3 с.

14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. М., 1985. 267 с.

Technique of state variety testing of agricultural crops. Vol. 1. M., 1985. 267 p. (in Russian).

15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Dospexov B.A. Technique of field experiment. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Russian).

16. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. Corp. Sci., 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.

УДК 633.34:631.53.04

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ И НОРМ ВЫСЕВА В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Хадарова И.В., Филиппова С.В., Елисеева Л.В.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»,
Чебоксары, e-mail: ludmilaval@yandex.ru

Было изучено влияние способов и норм высева на продуктивность сои. Анализ влияния изучаемых факторов проводили на основании следующих данных: полевая всхожесть и выживаемость, продолжительность вегетации, биометрические показатели растений, элементы продуктивности растений, урожайность. Наибольшая полевая всхожесть наблюдалась в широкорядных посевах, а сохранность растений при посеве с междурядьями 45 см при нормах высева 450 и 600 тыс. шт/га. Было отмечено, что до начала цветения развитие растений в разных вариантах происходило одинаково, далее, в более загущенных посевах, процесс плодообразования и созревания несколько затянулся (на 5–7 дней в среднем). Более высокорослые растения формировались при посеве семян с нормой 600 тыс. шт/га при широкорядном посеве. В среднем за два года наилучшие показатели продуктивности растений были получены при посеве с нормой высева 300 тыс. шт/га – количество бобов на растении и масса 1000 семян. 2019 г. оказался более благоприятным и продуктивным. При всех способах посева наблюдалось увеличение урожайности. В 2018 г. самым продуктивным оказался вариант с посевом с междурядьями 45 см и нормой высева 600 тыс. шт/га – 3,32 т/га, а также данная норма высева оказалась самой оптимальной при всех способах посева. В среднем за два года с увеличением нормы высева происходило увеличение урожайности при всех способах посева. Наименьшие различия между способами посева наблюдались при посеве с нормой высева 450 тыс. шт/га.

Ключевые слова: соя, способы посева, нормы высева, продуктивность

SOYBEAN PRODUCTIVITY DEPENDING ON METHODS AND SEEDING RATES IN THE CONDITIONS OF THE CHUVASH REPUBLIC

Khadarova I.V., Filippova S.V., Eliseeva L.V.

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, e-mail: ludmilaval@yandex.ru

We have investigated the influence of methods and sowing rates on productivity of soybean. The analysis of the influence of the studied factors was carried out on the basis of the following data: field germination and survival, vegetation duration, biometric indicators of plants, elements of plant productivity, yield. Large field germination was observed in wide-row crops, and the safety of plants when sown with row spacing of 45 cm at seeding rates of 450 and 600 thousand units / ha. It was noted that before the beginning of flowering, the development of plants in different variants was the same, then in more thickened crops, the process of fruit formation and maturation was somewhat delayed (for 5-7 days on average). Taller plants were formed when sowing seeds with a rate of 600 thousand units / ha for wide-row sowing. On average, over two years, the best indicators of plant productivity were obtained when sowing with a seeding rate of 300 thousand units/ha – the number of beans per plant and the weight of 1000 seeds. 2019 turned out to be more favorable and productive. With all methods of sowing, there was an increase in yield. In 2018, the most productive option was a seeding with row spacing of 45 cm and a seeding rate of 600 thousand units / ha – 3.32 t / ha, and this seeding rate was the most optimal for all seeding methods. On average, over two years, with an increase in the seeding rate, there was an increase in yield for all seeding methods. The smallest differences between seeding methods were observed when sowing with a seeding rate of 450 thousand units / ha.

Keywords: soy, seeding methods, seeding rates, productivity

Значение сои для мирового земледелия трудно переоценить. Эта культура имеет широкое использование в различных отраслях промышленности. Ее используют как пищевую, техническую и кормовую культуру. Посевные площади под соей ежегодно увеличиваются как в целом в мире, так и в нашей стране, что связано с растущими потребностями в зерне данной культуры [1]. Несмотря на то, что основные площади под соей находятся в Дальневосточном и Северо-Кавказском федеральных округах, культура продвигается на север, благодаря скороспелым сортам, и является перспективной для Чувашской Республики. Увеличить валовой

сбор в первую очередь необходимо за счет повышения урожайности, что достигается подбором агротехнических приемов, позволяющих реализовать в большей мере продуктивность сортов.

Продуктивность растений зависит от многих факторов, таких как почвенно-климатические условия, генетический потенциал сортов, их адаптивность к конкретным условиям, особенностей агротехники, качества семенного материала [2, 3]. Агротехника, применяемая при возделывании культуры, оказывает влияние на урожайность и качество зерна сои. Оптимизация параметров посева позволяет реализовать потенциал сортов [4].

Для формирования максимальной урожайности сортов необходима оптимальная плотность стеблестоя, то есть подбор способов посева и норм высева применительно к каждой культуре и сорту [5]. Ряд исследователей отмечает, что для обеспечения максимальной продуктивности и высокого качества семян следует применять широко-рядные посевы [6] и повышенные нормы высева [7]. Однако также были получены данные, указывающие на то, что соя достаточно пластичное растение, и различные междурядья и нормы высева не оказывают существенного влияния на ее продуктивность [8]. Все это указывает на необходимость совершенствования технологии возделывания применительно к конкретному сорту и условиям вегетации.

Таким образом, для каждой природно-климатической зоны с целью увеличения продуктивности сои, следует подбирать оптимальные способы и нормы высева с учетом требований сорта [9].

Цель исследования: изучить влияние способов и норм высева на урожайность сои, выращиваемой на светло-серых лесных почвах Чувашской Республики.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2018–2019 гг. на опытном участке УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО «Чувашская ГСХА», который расположен в северной части республики. Почвы участка светло-серые лесные тяжелосуглинистые, характеризуются низким содержанием гумуса (до 2,5%), повышенным содержанием фосфора (14,6 мг на 100 г) и средним – калия (11,5 мг на 100 г), слабокислые (рН 5,7). Объектом исследований служил раннеспелый сорт сои северного экотипа СибНИИК 315. Погодные условия в годы исследований отличались от средних многолетних. Так, 2018 г. характеризовался низкой температурой начала вегетации и высокими температурами с умеренным количеством осадков во второй половине вегетации. 2019 г., наоборот, в начале вегетации оказался достаточно теплым, а середина вегетации и вторая ее половина отличились избытком осадков и температурой ниже средних многолетних показателей.

Посев сои проводился во второй декаде мая – 15 мая в 2018 г. и 14 мая в 2019 г., учетная площадь делянки – 3,2 м², повторность шестикратная, расположение делянок систематическое. Способы посева в опытах: рядовой (15 см), широко-рядные (с междурядьями

30 и 45 см) с нормами высева: 300 тыс. шт/га, 450 тыс. шт/га и 600 тыс. шт/га.

В течение вегетации проводились фенологические наблюдения, определяли густоту всходов и сохранность растений к уборке. Перед уборкой анализировали показатели структуры урожая на опытных растениях. Учет урожайности проводили поделочно-сплошным способом. Статистическая обработка полученных результатов проводилась по методике Б.А. Доспехова [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Каждый сорт проявляет максимальную продуктивность при определенной площади питания растений. Способы и нормы высева семян влияют на густоту стояния растений, которая в свою очередь зависит от полевой всхожести семян и сохранности растений к уборке.

В наших исследованиях наблюдалось различие в показателях полевой всхожести и сохранности растений по годам опыта. Во всех вариантах в 2018 г. эти показатели были значительно ниже, чем в 2019 г. Это связываем в первую очередь с погодными условиями, так как в 2018 г. низкие температуры и недостаток влаги повлияли на полевую всхожесть семян сои. Сохранность растений к уборке также оказалась несколько ниже, видимо, из-за заморозков, наблюдавшихся в первой декаде июня.

Было установлено, что с увеличением нормы высева показатели полевой всхожести и сохранности растений к уборке увеличиваются в оба года исследований при рядовом способе посева. Так, в 2018 г. наивысшую полевую всхожесть имели варианты с нормами высева 600 тыс. шт/га при всех способах посева (50,0–55,0%). В 2019 г. данная закономерность наблюдалась только при рядовом посеве, а в широко-рядных посевах, наоборот, с увеличением нормы высева – она уменьшалась. Больше сохранялось растений к уборке в загущенных посевах. Так, в оба года опытов максимальная сохранность наблюдалась при норме высева 600 тыс. шт/га и составила от 90,0 до 96,7%. Способы посева также оказали влияние на данный показатель. По годам исследований сохранность растений оказалась выше при посеве с междурядьями 45 см при всех нормах высева от 90,3 до 93,4% в 2018 г. до 94,2–98,3% в 2019 г. (табл. 1). Больше количество растений на единице площади впоследствии повлияло на урожайность сои.

Таблица 1

Полевая всхожесть и сохранность растений сои в зависимости от способов и норм высева, %

Способы посева	Нормы высева, тыс. шт/га	Полевая всхожесть, %		Сохранность растений, %	
		2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Рядовой (15 см)	300	46,7	75,0	85,7	91,5
	450	51,1	76,7	91,3	92,3
	600	53,3	83,3	90,6	96,7
Широкорядный (30 см)	300	48,3	86,7	89,7	87,3
	450	49,2	85,5	88,1	94,5
	600	50,0	82,2	90,0	96,2
Широкорядный (45 см)	300	53,3	88,3	90,3	94,2
	450	55,0	78,9	92,9	98,3
	600	55,0	70,8	93,4	96,5

В полевых условиях всходы сои появились в 2018 г. на 10–11-й день, в 2019 г. – на 13–14-й день после посева. До начала цветения развитие растений в разных вариантах происходило одинаково. Затем, в более загущенных посевах, процесс плодообразования и созревания происходил медленнее. Продолжительность вегетационного периода в 2018 г. составила 91 день при нормах высева 450 и 300 тыс. на га и 98 дней при посеве с нормой высева 600 тыс. на га. В 2019 г. период вегетации затянулся и составил 124–132 дня, сохраняя закономерность предыдущего года.

Биометрический анализ растений сои показал, что более высокорослые растения сформировались при посеве семян с нормой 600 тыс. шт/га при широкорядном посеве – 56,6 см, в этом варианте первый боб образовывался ниже на высоте 9,46 см от корневой шейки растения. В 2019 г. растения оказались более высокорослыми, что объясняется большим количеством осадков в течение вегетации. При норме высева 600 тыс. шт/га и ширине междурядий 45 см высота растений составила 73,8 см. Количество ветвей на растениях закономерно уменьшается с увеличением нормы высева, а высота образования первого боба увеличивается.

В 2018 г. показатели продуктивности растений, за исключением массы 1000 семян, оказались выше, чем в 2019 г. В среднем за два года при посеве рядовым способом наилучшие показатели продуктивности были получены при посеве с нормой высева 300 тыс. шт/га: количество бобов на растении – 41 шт., масса 1000 семян – 168,3 г. Эта же норма высева оказалась оптимальной и на широкорядных посевах. Было отмечено, что ширина междурядий при широкорядном посеве не оказала влияния на количество

бобов с растения, количество семян в бобе и массу семян с растения при всех нормах высева. Наблюдались различия только по массе 1000 семян. Так, норма высева обеспечила ее максимальные показатели при всех способах посева (162,1–168,3 г), менее крупные семена образовались в вариантах с нормой высева 600 тыс. шт/га (153,5–157,8 г). Наибольший выход семян обеспечила норма высева 300 тыс. шт/га, в среднем с растения было получено 66–77 штук (табл. 2). Полученные результаты указывают на то, что для получения выполненных семян при различных способах посева следует сою высевать с нормой высева 300 тыс. шт/га. Анализируя широкорядные способы, отметили, что лучшие показатели продуктивности растений сои были получены при посеве с междурядьями 45 см.

Об эффективности применяемых приемов можно судить по урожайности культуры. Выбор оптимальных параметров посева должен свидетельствовать о достоверной прибавке урожая.

В табл. 3 представлены данные по урожайности при различных способах и нормах высева. Анализируя урожайность по годам исследований, можно констатировать, что 2019 г. оказался более благоприятным и продуктивным. При всех способах посева наблюдалось увеличение урожайности. В 2018 г. самым продуктивным оказался вариант с посевом с междурядьями 45 см и нормой высева 600 тыс. шт/га – 3,32 т/га, что достоверно превысило все другие варианты. Данная норма высева оказалась самой оптимальной при всех способах посева, меньшая урожайность была получена при норме высева 300 тыс. шт/га. Норма высева 600 тыс. шт/га при посеве с междурядьями 15 и 30 см показала практически одинаковые результаты.

Таблица 2

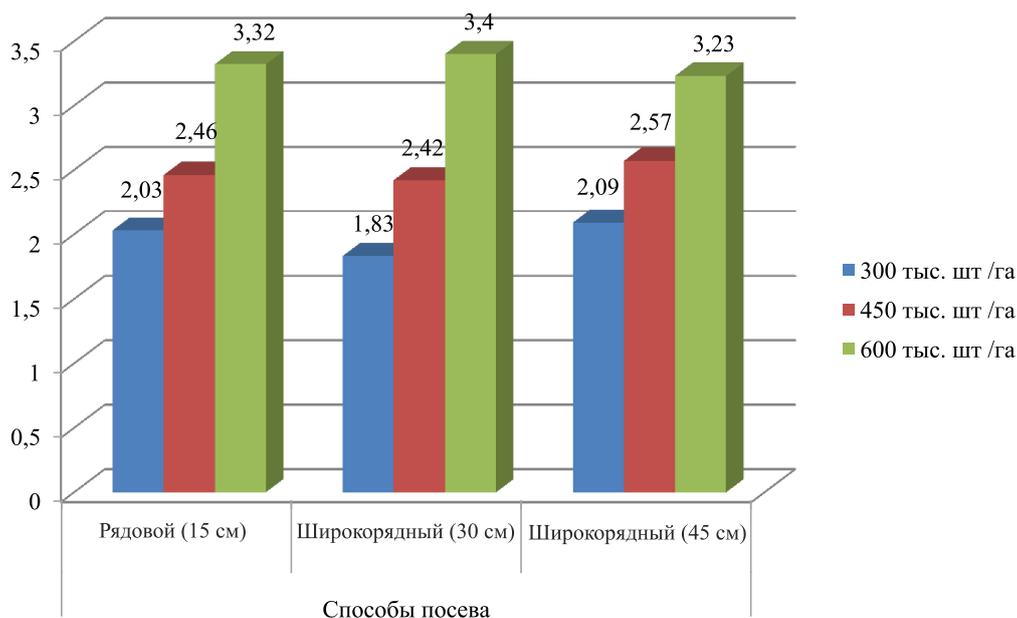
Продуктивность растений сои в зависимости от способов и норм высева (среднее за 2018–2019 гг.)

Способы посева	Нормы высева, тыс. шт/га	Количество на растении, шт.		Масса, г	
		продуктивных бобов	семян в бобе	семян с растения	1000 семян
Рядовой (15 см)	300	41,0	1,88	13,0	168,3
	450	33,0	1,79	9,5	162,2
	600	32,7	1,76	8,9	153,5
Ширококорядный (30 см)	300	35,6	1,86	10,7	162,1
	450	31,8	1,82	9,3	159,9
	600	33,2	1,82	9,5	157,4
Ширококорядный (45 см)	300	35,2	1,87	10,9	166,1
	450	31,3	1,83	9,2	161,9
	600	32,3	1,82	9,3	157,8

Таблица 3

Влияние способов и норм высева на урожайность сои

Способы посева (фактор А)	Нормы высева, тыс. шт/га (фактор В)	Урожайность, т/га	
		2018	2019
Рядовой (15 см)	300	1,44	2,61
	450	2,24	2,67
	600	2,91	3,72
Ширококорядный (30 см)	300	1,58	2,08
	450	2,16	2,67
	600	2,87	3,92
Ширококорядный (45 см)	300	1,72	2,45
	450	2,47	2,66
	600	3,32	3,14
НРС ₀₅	по фактору А, т/га	0,051	0,024
	по фактору В, т/га	0,059	0,028
	по факторам АВ, т/га	0,052	0,050



Зависимость урожайности сои от способов и норм высева, т/га (среднее за 2018–2019 гг.)

В 2019 г. наибольшую урожайность обеспечил вариант с междурядьями 30 см и нормой высева 600 тыс. шт/га – 3,92 т/га. При посеве с нормой 450 тыс. шт/га различий между рядовым и ширококрядными (30 и 45 см) не наблюдалось – 2,66 и 2,67 т/га. При посеве рядовым способом различия между нормами высева 300 тыс. шт/га и 450 тыс. шт/га не наблюдалось.

Несколько больше было влияние такого фактора, как норма высева, нежели способа посева. В 2019 г. взаимодействие обоих факторов (способа посева и нормы высева) оказалось сильнее, чем в 2018 г.

В среднем за два года с увеличением нормы высева происходило увеличение урожайности при всех способах посева. Наименьшие различия между способами посева наблюдались при посеве с нормой высева 450 тыс. шт/га (рисунок).

Полученная урожайность свидетельствует о том, что климатические и почвенные условия Чувашской Республики позволяют сформировать достаточные урожаи сои.

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что оптимальный стеблестой сои на светло-серых лесных почвах Чувашской Республики формируется при посеве с нормой высева 600 тыс. шт/га как при рядовом, так и при ширококрядном способах посева, что обеспечивает наибольшую урожайность сои. Однако для получения максимального количества выполненных семян с растения при различных способах посева следует сеять с нормой высева 300 тыс. шт/га, что позволит увеличить коэффициент размножения.

Список литературы / References

1. Кривошлыков К.М., Рощина Е.Ю. Современные тенденции рынка сои в мире и России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2016. Вып. 2 (166). С. 68–72.
1. Krivoshlykov K.M., Roschina E.Yu. Modern trends in the soybean market in the world and Russia // Maslichnyye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' VNIIMK. 2016. Issue 2 (166). P. 68–72 (in Russian).
2. Баранов В.Ф., Уго Торо Корреа. Сортовая агротехника – резерв роста продуктивности сои // Земледелие. 2005. № 4. С. 42–43.
2. Baranov V.F., Ugo Toro Correa. Varietal agrotechnics-reserve of soy productivity growth // Zemledeliye. 2005. № 4. P. 42–43 (in Russian).
3. Елисеева Л.В., Кокуркина О.Т., Мефодьев Г.А. Изучение разнокачественности семян // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–1. [Электрон-

ный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19154> (дата обращения: 17.04.2020).

Eliseeva L.V., Kokurkina O.T., Methodev G.A. Study of the heterogeneity of soybean seeds // Modern problems of science and education. 2015. № 2–1. [Electronic resource]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19154> (date of access: 17.04.2020) (in Russian).

4. Ложкин А.Г. Изучение влияния элементов технологии возделывания сои сорта Черя 1 на качество семенного материала // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1 (1). С. 14–17.

Lozhkin A.G. Study of the influence of elements of the technology of cultivation of soybean varieties Chera 1 on the quality of seed material // Bulletin of the Chuvash state agricultural Academy. 2017. № 1 (1). P. 14–17 (in Russian).

5. Казаченко И.Г., Адиньяев Э.Д., Абаев А.А., Хохоева Н.Т. Оптимальные нормы высева и способы посева перспективных сортов сои в условиях лесостепной зоны РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2011. № 3 (82). С. 6–7.

Kazachenko I.G., Adinev E.D., Abaev A.A., Khokhlava N.T. Optimal seeding rates and seeding opportunities for promising soybean varieties in the conditions of the forest-steppe zone of the RSO-Alania // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. № 3 (82). P. 6–7 (in Russian).

6. Хадарова И.В., Васильева Т.И., Елисеева Л.В. Изучение способов посева сои в УНПЦ «Студенческий» Чувашской ГСХА // Молодежь и инновации: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Чебоксары, 21–22 марта 2018 г.). Чебоксары: Изд. Чувашская ГСХА, 2018. С. 74–76.

Hagarova I.V., Vasil'eva T.I., Eliseeva L.V. Studying of methods of sowing of soybean in ESPC «Student» Chuvash state agricultural Academy // Molodezh' i innovatsii: materialy XIV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov (g. Cheboksary, 21–22 marta 2018 g.). Cheboksary: Izd. Chuvashskaya GSKHA, 2018. P. 74–76 (in Russian).

7. Каюкова О.В., Елисеева Л.В., Елисеев И.П. Реакция сортов сои на способы посева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (8). С. 31–35. DOI: 10.17022/xaq6-5949.

Kayukova O.V., Eliseeva L.V., Eliseev I.P. Reaction of soybean varieties to seeding methods // Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy. 2019. № 1 (8). P. 31–35 (in Russian).

8. Митанова Н.Б., Пешкова А.А., Поморцев А.В., Дорофеев В.Н. Оптимизация нормы высева семян сои для выращивания её в лесостепи Иркутской области // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2014. Вып. 1 (157–158). С. 69–73.

Mitanova N.B., Peshkova A.A., Pomortsev A.V., Dorofeev V.N. The determination of optimal seeding rate of soybean for its cultivation in the forest-steppe of the Irkutsk region // Maslichnyye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' VNIIMK. 2014. Issue 1 (157–158). P. 69–73 (in Russian).

9. Ваулин А.Ю. Способы посева и нормы высева сои на Южном Урале // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (99). С. 5–8.

Vaulin A.Yu. Soybean Planting Techniques And Rates in the Southern Urals // Bulletin of the Altai state agrarian University. 2013. № 1 (99). P. 5–8 (in Russian).

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350 с.

Dospekhov B.A. Method of field experience: (with the basics of statistical processing of research results): textbook for students of higher agricultural educational institutions in agronomic specialties. Izd. 6-ye, ster., perepech. s 5-go izd. 1985 g. M.: Al'yans, 2011. 350 p. (in Russian).

УДК 630*443.3 (470.42)

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ДУБРАВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**Чураков Р.А., Чураков Б.П.***ФГБОУ «Ульяновский государственный университет», Ульяновск, e-mail: churakovbp@yandex.ru*

Одним из существенных факторов снижения жизнеспособности и ухудшения санитарного состояния дубрав является влияние условий окружающей среды. Кроме того, на санитарное состояние дубрав сильное негативное воздействие оказывают недостатки в ведении лесного хозяйства, которые нарушают структуру дубрав. Усиливающиеся антропогенные нагрузки на дубравы приводят к значительному сокращению площади дубовых насаждений, что сопровождается ухудшением породного и возрастного состава дубрав, а также снижением их устойчивости. Одним из важных параметров санитарного состояния дубовых древостоев считается дифференциация деревьев по форме кроны. Выделены 5 форм кроны деревьев дуба: раскидистая, зонтиковидная, протяженная, смешанная и односторонняя. Цель работы: изучение дифференциации деревьев дуба по форме кроны в древостоях порослевого происхождения в различных лесорастительных условиях Ульяновской области. Исследования проводились в порослевых древостоях дуба III класса бонитета в полевой период 2019 г. Для обследования в различных типах дубняков (снытьево-осоковый мелкотравный и снытьево-ясенниковый) закладывались безразмерные пробные площади по 100 деревьев в каждой в шестикратной повторности. На каждой пробной площади проводился сплошной перебор деревьев с подразделением их по форме кроны в каждой из 6 категорий состояния. Результаты исследований показывают, что общее состояние порослевых дубовых древостоев по итогам обследования характеризуется как ослабленное, поскольку почти 50% деревьев относятся к категориям сильно ослабленных, засыхающих и отмерших деревьев. В обследованных древостоях наибольшим количеством представлены деревья с раскидистой и смешанной формой кроны, наименьшим – деревья с зонтиковидной и односторонней формой кроны. Наибольший вклад в ухудшение санитарного состояния обследованных порослевых дубовых древостоях вносят: в дубняке снытьево-осоковом деревья со смешанной и односторонней формой кроны; в дубняке мелкотравном – деревья с раскидистой и смешанной; в дубняке снытьево-ясенниковом – деревья со смешанной и односторонней формой кроны.

Ключевые слова: дубняки, дуб, дифференциация деревьев, типы леса, форма кроны, фитосанитарное состояние дубрав

DIFFERENTIATION OF TREES AS AN INDICATOR OF THE SANITARY CONDITION OF OAK FORESTS IN THE ULYANOVSK REGION**Churakov R.A., Churakov B.P.***Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, e-mail: churakovbp@yandex.ru*

One of the significant factors in reducing the viability and deterioration of the sanitary condition of oak forests is the influence of environmental conditions. In addition, the health status of oak forests is strongly negatively affected by deficiencies in forest management, which violate the structure of oak forests. Increasing anthropogenic loads on oak forests lead to a significant reduction in the area of oak plantations, which is accompanied by a deterioration in the breed and age composition of oak forests, as well as a decrease in their stability. One of the important parameters of the sanitary condition of oak stands is considered to be the differentiation of trees by the shape of the crown. 5 forms of oak tree crowns are distinguished: spreading, umbrella-shaped, extended, mixed and one-sided. The purpose of the work: to study the differentiation of oak trees by crown shape in stands of growth origin in various forest conditions of the Ulyanovsk region. The research was carried out in oak stands of the third class of Bonita in the field period of 2019. For the survey in various types of oak trees (snytevo-sedge, small-grass and snytevo-yasmennikovye) laid dimensionless test areas of 100 trees in each six-fold repetition. On each trial area, a continuous list of trees was conducted with their division by crown shape in each of the 6 categories of condition. The research results show that the overall condition of oak stands is characterized as weakened, since almost 50% of the trees are classified as severely weakened, withering and dead trees. In the surveyed stands, the largest number of trees are trees with a spreading and mixed crown shape, the smallest number are trees with an umbrella-shaped and one-sided crown shape. The greatest contribution to the deterioration of the sanitary condition of the surveyed coppice oak stands contribute: in oak snitovo-sedge trees from the mixed and one-sided crown shape; in mellotron oak trees with a spreading and mixed; the oak snitovo-Armenicum trees with mixed unilateral and crown shape.

Keywords: oak trees, oak, tree differentiation, forest types, crown shape, phytosanitary condition of oak forests

Одним из существенных факторов снижения жизнеспособности и ухудшения санитарного состояния дубовых древостоев является влияние условий окружающей среды. По данным Ю.А. Арефьева и М.М. Мамедова [1, с. 61–67] по силе влияния на жизнеспособность дубрав доминируют факторы окружающей среды. Н.Ф. Каплина и Н.Н. Селочник [2, с. 191–201] отмечают, что на санитарное состояние дубрав

сильное негативное воздействие оказывают недостатки в ведении лесного хозяйства, которые нарушают структуру дубрав. Усиливающиеся антропогенные нагрузки на дубравы приводят к значительному уменьшению площади дубовых насаждений, что сопровождается ухудшением породного и возрастного состава дубрав, а также снижением их устойчивости [3, с. 37–42; 4, с. 604]. В.Г. Стороженко [5, с. 171] отме-

чает, что устойчивость растительного сообщества зависит от структурного строения не только биогеоценоза, но и микоценоза. Важнейшей гетеротрофной структурой, ослабляющей дубовые древостои, являются возбудители стволовых гнилей. Одним из негативных последствий деградации дубрав является постепенная трансформация ценных дубовых лесов в менее ценные листовенные древостои [6, с. 1–4].

Одним из самых важных параметров санитарного состояния дубовых древостоев Н.Н. Селочник [7, с. 215] считает дифференциацию деревьев по форме кроны. Ею выделены 4 формы кроны: раскидистая, зонтиковидная, протяженная и смешанная. Нами выделена еще одна форма – односторонняя. Исследования В.Г. Стороженко и др. в дубравах Теллермановского леса [8, с. 106–117] показали, что сердцевинные гнили деревьев дуба не имеют значительной связи с внешним состоянием крон.

Цель исследования: изучение дифференциации деревьев дуба по форме кроны в древостоях порослевого происхождения в различных лесорастительных условиях Ульяновской области.

Материалы и методы исследования

Материалами для исследования дифференциации деревьев дуба черешчатого (*Quercus robur L.*) по форме кроны послужили порослевые дубовые древостои Кузоватовского участкового лесничества Ульяновской области. Исследования проводились в полевой период 2019 г. Обследуемые древостои относились к III классу бонитета. Лесотаксационная характеристика обследованных дубовых насаждений представлена в табл. 1.

В каждом типе дубняков закладывалось по 6 безразмерных пробных площадей по 100 деревьев в каждой и проводился сплошной перепись деревьев с подразделением их по категориям состояния, а в каж-

дой категории состояния еще и по форме кроны. При исследовании были выделены 5 форм кроны: раскидистая (Р), зонтиковидная (З), протяженная (П), смешанная (С) и односторонняя (О).

Степень ослабления насаждения определялась по формуле

$$K_{cp} = \frac{P_1 \cdot K_1 + P_2 \cdot K_2 + P_3 \cdot K_3 + P_4 \cdot K_4 + P_5 \cdot K_5}{100},$$

где K_{cp} = средневзвешенная величина состояния насаждения;

P_{1-5} = доля каждой категории состояния в процентах;

K_{1-5} = индекс категории состояния дерева (1 – здоровое, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – усыхающее и 5 – свежий и старый сухой, ветровал и бурелом). При этом, если значение средневзвешенной величины не превышает 1,5, насаждения относят к здоровым; 2,5 – к ослабленным; 3,5 – к сильно ослабленным; 4,5 – к усыхающим; более 4,5 – к погибшим [9, с. 16].

Результаты исследования и их обсуждение

Форма кроны деревьев, наряду с такими показателями, как общее состояние дерева, наличие на нём морозных или громобойных трещин, сухобокости, прорости, водяных побегов, плодовых тел грибов, механических повреждений и др., служит хорошим параметром санитарного состояния насаждения в целом. Хотя сам термин «состояние» имеет весьма неопределенное содержание и может варьировать в разных случаях с различным значением. Одним из важных показателей санитарного состояния древостоя является форма кроны слагающих его деревьев [7, с. 215]. В связи с тем, что распределение деревьев дуба по форме кроны интересно рассмотреть в различных категориях их санитарного состояния, предварительно была изучена дифференциация деревьев по санитарному состоянию.

Таблица 1

Лесотаксационная характеристика дубовых насаждений

№ квартала	№ выдела	Площадь, га	Состав	Возраст, лет	Сред. высота, м	Сред. диам., см	Полнота	Тип леса, ТУМ	Запас, м ³ /га	Всего, м ³
23	9	9,4	9ДН1Ос	70	16	23	0,7	МТР, С ₁	80	752
12	15	11,2	10ДН	70	15	22	0,6	СНОС, С ₁	70	784
31	12	8,7	8ДН2Л	70	15	23	0,6	СНЯС, С ₁	90	783

Примечание: ТУМ – тип условий местопроизрастания, МТР – дубняк мелкотравный, СНОС – дубняк снытьево-осоковый, СНЯС – дубняк снытьево-ясенниковый.

В табл. 2 приведены результаты исследований по распределению деревьев по категориям состояния в разных типах дубняков.

Данные табл. 2 показывают, что в среднем наибольшее количество деревьев (67%) относится к категориям ослабленных и сильно ослабленных. Такая картина характерна для всех изученных типов дубняков. Все обследованные древостои относятся к категории сильно ослабленных, так как средневзвешенная величина состояния (K_{cp}) во всех типах дубняков выше 2,5. Полученные результаты распределения деревьев по категориям состояния в исследованных древостоях дуба можно считать несколько условными по нескольким причинам. Во-первых, распространение стволовых гнилей дуба, который является ядро-

вой древесной породой, чаще всего носят скрытый характер. Например, по данным В.К. Тузова [10, с. 37–40], 35–40% внешне здоровых деревьев дуба поражены стволовой гнилью. Во-вторых, невозможно провести четкую границу между отдельными категориями состояния деревьев. Кроме того, почти все деревья дуба поражены мучнистой росой и нередко заселены зеленой дубовой листоверткой, в связи с чем в принципе невозможно провести границу между внешне здоровыми и ослабленными деревьями и тем более выделить категорию деревьев, которые можно было бы условно отнести к здоровым.

В табл. 3 представлены данные по распределению деревьев по форме кроны в каждой категории состояния.

Таблица 2

Распределение деревьев дуба по категориям состояния

№ кварт.	№ выдела	Тип леса	Количество деревьев по категориям состояния, шт.						
			Всего	I	II	III	IV	V	VI
23	9	СНОС	100	12 ± 0,7	42 ± 1,4	27 ± 0,9	11 ± 0,7	4 ± 0,3	4 ± 0,2
12	15	МТР	100	14 ± 0,8	40 ± 1,3	24 ± 1,1	14 ± 0,8	5 ± 0,5	3 ± 0,3
31	12	СНЯС	100	15 ± 1,0	43 ± 1,4	24 ± 1,0	12 ± 0,9	4 ± 0,4	2 ± 0,2
Сред			100	14	42	25	12	4	3

Таблица 3

Распределение деревьев по форме кроны

Категория состояния	Количество деревьев по форме кроны, шт.					Всего
	р	з	п	с	О	
Дубняк снытьево-осоковый						
I	3 ± 0,8	2 ± 0,4	2 ± 0,8	3 ± 0,4	2 ± 0,6	12
II	11 ± 1,1	8 ± 0,7	9 ± 0,9	8 ± 1,0	7 ± 0,9	42
III	4 ± 0,9	5 ± 0,6	6 ± 0,6	7 ± 0,8	5 ± 0,5	27
IV	2 ± 0,7	2 ± 0,3	2 ± 0,5	3 ± 0,8	2 ± 0,6	11
V	1 ± 0,6	–	1 ± 0,6	1 ± 0,6	1 ± 0,4	4
VI	1 ± 0,7	1	–	1 ± 0,4	1 ± 0,6	4
Итого	21	18	20	23	18	100
Дубняк мелкокрапчатый						
I	3 ± 0,7	2 ± 0,5	3 ± 0,6	3 ± 0,5	3 ± 0,7	14
II	11 ± 1,2	6 ± 0,9	8 ± 0,9	10 ± 1,1	5 ± 0,8	40
III	7 ± 1,0	3 ± 0,7	6 ± 1,0	4 ± 0,7	4 ± 0,8	24
IV	4 ± 0,8	2 ± 0,7	3 ± 0,5	3 ± 0,6	2 ± 0,7	14
V	2 ± 0,6	–	1 ± 0,6	1 ± 0,6	1 ± 0,6	5
VI	1 ± 0,7	–	1 ± 0,4	1 ± 0,5	–	3
Итого	28	13	22	22	15	100
Дубняк снытьево-ясенниковый						
I	5 ± 0,9	2 ± 0,8	3 ± 0,6	3 ± 0,2	2 ± 0,7	15
II	14 ± 1,3	7 ± 0,7	9 ± 0,8	8 ± 0,5	5 ± 0,3	43
III	8 ± 1,1	2 ± 0,6	5 ± 0,7	6 ± 0,4	3 ± 0,6	24
IV	3 ± 0,8	2 ± 0,5	2 ± 0,6	3 ± 0,6	2 ± 0,3	12
V	1 ± 0,6	–	1 ± 0,6	1 ± 0,2	1 ± 0,4	4
VI	1 ± 0,6	–	–	1 ± 0,4	–	2
Итого	32	13	20	22	13	100

Анализ результатов распределения деревьев показывает, что в дубняке снытьево-осоковом в среднем количество деревьев с различной формой кроны примерно одинаково, хотя заметна тенденция к снижению количества деревьев с зонтиковидной и односторонней формами кроны. В дубняке мелкотравном наибольшее количество деревьев имеют раскидистую форму кроны (28%), наименьшее (13%) – зонтиковидную форму. В дубняке снытьево-ясенниковом 32% деревьев имеют раскидистую форму кроны, а наименьшее количество деревьев имеют зонтиковидную и одностороннюю форму кроны (по 13%). Следовательно, по мере улучшения лесорастительных условий от дубняка снытьево-осокового к дубняку снытьево-ясенниковому наблюдается тенденция к увеличению деревьев с раскидистой формой кроны и уменьшению – с зонтиковидной и односторонней формами кроны.

В дубняке снытьево-осоковом по всем категориям состояния выявлено примерно одинаковое количественное распределение деревьев с различной формой кроны. В дубняке мелкотравном в I категории состояния наблюдается примерно равномерное распределение деревьев с различной формой кроны, во II категории состояния наибольшим количеством представлены деревья с раскидистой (11%) и смешанной (10%) формами кроны, в III – с раскидистой (7%) и переходной (6%) формами кроны. В IV, V

и VI категориях деревья с различной формой кроны распределены примерно равномерно. В дубняке снытьево-ясенниковом в I, II и III категориях состояния преобладают деревья с раскидистой кроной, в IV, V и VI категориях состояния деревья распределены примерно равномерно.

Наибольший вклад в ухудшение санитарного состояния древостоев вносят сильно ослабленные и усыхающие деревья, а также свежий и старый сухостой, т.е. деревья III, IV, V и VI категорий состояния, поэтому представляет научный и практический интерес вопрос о том, деревья с какой формой кроны вносят наиболее существенный вклад в ухудшение санитарного состояния дубовых древостоев. В табл. 4 представлены данные по распределению деревьев с различной формой кроны в популяциях дуба III–VI категорий состояния.

Анализ данных табл. 4 дает основание констатировать следующее. В дубняке снытьево-осоковом ухудшение санитарного состояния древостоев идет в основном за счет деревьев со смешанной и односторонней формами кроны (соответственно 52 и 50%). В дубняке мелкотравном основной вклад в снижение жизнеспособности древостоев вносят деревья с раскидистой и смешанной формами кроны (по 50%). Ослабление древостоев в дубняке снытьево-ясенниковом идет в основном за счет деревьев со смешанной и односторонней формами кроны (соответственно 50 и 46%).

Таблица 4

Распределение деревьев с различной формой кроны в III–VI категориях

Показатели	Форма кроны					Всего
	Р	З	П	С	О	
<i>Дубняк осоковый</i>						
1.	21	18	20	23	18	100
2.	8	8	9	12	9	46
3.	38	44	45	52	50	46
<i>Дубняк мелкотравный</i>						
1.	28	13	22	22	15	100
2.	14	5	11	9	7	46
3.	50	38	50	41	47	46
<i>Дубняк снытьево-ясенниковый</i>						
1.	32	13	20	22	13	100
2.	13	4	8	11	6	42
3.	41	31	40	50	46	42

Примечание: 1 – общее количество деревьев (шт.), 2 – суммарное количество деревьев III, IV, V и VI категорий состояния (шт.), 3 – относительное количество деревьев III, IV, V и VI категорий состояния (%).

Заключение

Состояние порослевых дубовых древостоев по итогам обследования в целом характеризуется как ослабленное, поскольку почти 50% деревьев во всех типах дубняков относятся к категориям сильно ослабленных, засыхающих и отмерших деревьев, а средневзвешенная величина состояния (K_{cp}) во всех типах дубняков выше 2,5.

В обследованных древостоях наибольшим количеством представлены деревья с раскидистой и смешанной формами кроны, наименьшим – деревья с зонтиковидной и односторонней формами кроны.

По мере улучшения лесорастительных условий от дубняка снытьево-осокового к дубняку снытьево-ясменниковому постепенно увеличивается количество деревьев дуба с раскидистой формой кроны и уменьшается количество деревьев с зонтиковидной и односторонней формами кроны.

Наибольший вклад в ухудшение санитарного состояния обследованных порослевых дубовых древостоев вносят: в дубняке снытьево-осоковом деревья со смешанной (52%) и односторонней (50%) формами кроны; в дубняке мелкотравном – деревья с раскидистой и смешанной (по 50%); в дубняке снытьево-ясменниковом – деревья со смешанной (50%) и односторонней (46%) формами кроны.

В связи с неудовлетворительным состоянием порослевых дубовых древостоев рекомендуется проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий с целью улучшения фитосанитарного состояния дубрав, в том числе выборочных санитарных рубок и реконструкции низкопродуктивных древостоев дуба лесокультурными способами.

Список литературы / References

1. Арефьев Ю.Ф., Мамедов М.М. Прогноз и контроль патогенеза в лесных экосистемах // ИВУЗ. Лесной журнал. 2017. № 3. С. 61–69. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.61.
Arefyev Yu.F., Mamedov M.M. Prediction and Control of Pathogenesis in Forest Ecosystems // IVUZ. Lesnoy zhurnal. 2017. № 3. P. 61–69 (in Russian).
2. Каплина Н.Ф., Селочник Н.Н. Текущее и долгосрочное состояние дуба черешчатого в трех контрольных типах леса южной лесостепи // Лесоведение. 2015. № 3. С. 191–201.
Kaplina N.F., Selochnik N.N. Current and Long-term State of the English Oak in Three Contrasting Forest Types in

Southern Foreststeppe // Lesovedeniye. 2015. № 3. P. 191–201 (in Russian).

3. Золотухин А.И., Овчаренко А.А., Шаповалова А.А., Кабанина С.В., Зангина М.А. Факторы и уровни антропогенной трансформации пойменных дубрав Прихоперья // Состояние антропогенно нарушенных экосистем Прихоперья. Саратов: СГУ, 2009. С. 37–42.

Zolotukhin A.I., Ovcharenko A.A., Shapovalova A.A., Kabanina S.V., Zangina M.A. Factors and levels of anthropogenic transformations of floodplain oak forests of Preopera // Sostoyaniye antropogennno narushennykh ekosistem Prikhoper'ya. Saratov: SGU, 2009. P. 37–42 (in Russian).

4. Харченко Н.А., Михно В.Б., Харченко Н.Н. Деграляция дубрав Центрального Черноземья. Воронеж: Воронеж. лесотех. академия, 2010. 604 с.

Kharchenko N.A., Mikhno V.B., Kharchenko N.N. Degradation of oak forests of the Central Chernozem region. Voronezh: Voronezh. lesotekh. akademiya, 2010. 604 p. (in Russian).

5. Стороженко В.Г. Устойчивость лесов. Теория и практика биогеоценологических исследований. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2018. 171 с.

Storozhenko V.G. Forest stability. Theory and practice of biogeocenotic research. M.: Tovarishchestvo nauch. izd. KMK, 2018. 171 p. (in Russian).

6. Чеботарева В.В., Чеботарев П.А., Стороженко В.Г. Деграляция дубовых лесов России и пути их восстановления // 21 век: фундаментальная наука и технологии: материалы VI международной конференции. М.: Изд. центр «Академический», 2015. Т. 1. С. 1–4.

Chebotareva V.V., Chebotarev P.A., Storozhenko V.G. Degradation of Russian oak forests and ways of their restoration // 21 vek: fundamental'naya nauka i tekhnologii: materialy VI mezhdunarodnoy konferentsii. M.: Izd. tsentr «Akademicheskii», 2015. Vol. 1. P. 1–4 (in Russian).

7. Селочник Н.Н. Состояние дубрав Среднерусской лесостепи и их грибные сообщества. СПб.: Институт лесоведения РАН, 2015. 215 с.

Selochnik N.N. The status of Central Russian forest-steppe oak forests and their fungal communities. SPb.: Institut lesovedeniya RAN, 2015. 215 p. (in Russian).

8. Стороженко В.Г., Чеботарев П.А., Коткова В.М., Чеботарева В.В. Дереворазрушающие грибы и гнилевые фауны спелых и перестойных дубрав Теллермановского леса (Воронежская область) // Грибные сообщества лесных экосистем: сборник статей. Петрозаводск, 2018. Т. 5. С. 105–117.

Storozhenko V.G., Chebotarev P.A., Kotkova V.M., Chebotareva V.V. Wood-destroying fungi and rotting faunas of ripe and perestroika oak forests of Tellermanovsky forest (Voronezh region) // Gribnyye soobshchestva lesnykh ekosistem: sbornik statey. Petrozavodsk, 2018. Vol. 5. P. 105–117 (in Russian).

9. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. М.: Рослесхоз, 2008. 16 с.

Guidelines for planning, organizing and conducting forest pathology surveys. M.: Rosleskhoz, 2008. 16 p. (in Russian).

10. Тузов В.К. Анализ основных факторов, определяющих неудовлетворительное состояние дуба черешчатого // Повышение устойчивости и продуктивности дубрав. Чебоксары – Казань, 2005. С. 37–40.

Tuzov V.K. Analysis of the main factors that determine the unsatisfactory condition of the petiolate oak // Povysheniye ustoychivosti i produktivnosti dubrav. Cheboksary – Kazan', 2005. P. 37–40 (in Russian).

СТАТЬИ

УДК 504.53:631.48:911.372.9

СВОЙСТВА НОВООБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ ПОСТСЕЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА**Агафонов В.А., Голеусов П.В.***ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: 947824@bsu.edu.ru*

В XX веке на территории Центрально-Черноземного района начался процесс изменения территориальной структуры системы расселения. В результате развития процесса урбанизации, смены форм хозяйствования, а также вследствие экономических и социально-демографических причин произошло сокращение количества сельских населённых пунктов. Данный процесс привел к запустению сельских территорий и к образованию постагрогенных и постселитебных геосистем, которые являются объектом проводимого исследования. Эти геосистемы характеризуются протеканием процессов экологической ренатурации. В статье рассматриваются свойства новообразованных и регенерационных почв, исследованных в 2018–2019 гг. на территории Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей. Проведена оценка почв по трем показателям: степень гумусированности почв, водородный показатель (рН), карбонатность почв. Установлено, что почвы заброшенных сельских поселений развиваются на их культурных слоях – субстратах, представляющих собой смесь строительных материалов, отходов и почвенного материала фоновых почв. Почвы постселитебных геосистем Центрально-Черноземного района относят к слабощелочным, имеют высокую степень карбонатности, невысокое содержание органического вещества. Эти свойства они наследуют от материнских пород, в которых наблюдается повышенное содержание органического вещества. Статистические показатели варьирования свойств новообразованных почв свидетельствуют о том, что гумусово-аккумулятивные горизонты имеют меньшую вариабельность почвенных свойств, в сравнении с почвообразующими породами по показателям гумусированности и рН, но большую – по показателю содержания карбонатов. Статистические показатели варьирования свойств новообразованных почв свидетельствуют о том, что максимальные изменения свойств характерны для горизонтов почвообразующих пород, а наименьшие – для гумусово-аккумулятивных горизонтов, данный процесс указывает на начало организации, упорядочения профиля новообразованных почв, а также о «выравнивании» свойств в изучаемых почвах, сглаживании процессов развития почвенных систем.

Ключевые слова: постселитебные геосистемы, ренатурация, генетические горизонты почв, новообразованные почвы, органическое вещество (гумус), водородный показатель (рН), карбонатность почв

PROPERTIES OF NEWLY FORMED SOILS OF POST-SETTLEMENT GEOSYSTEMS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION**Agafonov V.A., Goleusov P.V.***Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«Belgorod National Research University», Belgorod, e-mail: 947824@bsu.edu.ru*

In the XX century, the process of changing the territorial structure of the settlement system began on the territory of the Central Chernozem region. As a result of the development of the process of urbanization, changing forms of management, as well as due to economic and socio-demographic reasons, the number of rural settlements has decreased. This process has led to the desolation of rural areas and to the formation of post-agrogenic and post-settlement geosystems, which are the object of research. These geosystems are characterized by processes of ecological renaturation. The article discusses the properties of newly formed and regenerative soils studied in 2018–2019 on the territory of the Belgorod, Voronezh, Kursk, Lipetsk and Tambov regions. The soil was evaluated according to three indicators: the degree of humus content of the soil, the hydrogen index (pH), and the soil carbonate content. It is established that the soils of abandoned rural settlements develop on their cultural layers-substrates that are a mixture of building materials, waste and soil material of background soils. The soils of post-settlement geosystems of the Central Chernozem region are classified as slightly alkaline, have a high degree of carbonation, and a low content of organic matter. These properties they inherit from the parent breeds, which have an increased content of organic matter. Statistical indicators of variation in the properties of newly formed soils indicate that humus-accumulative horizons have less variability in soil properties, in comparison with soil-forming rocks in terms of humus content and pH, but greater-in terms of the content of carbonates. Statistical indexes of variation of the properties of newly formed soils indicate that the maximum change of the properties of characteristic horizons of parent rocks and the lowest for humic-accumulative horizon, this process indicates the beginning of the organization, streamlining the profile of the newly formed soil, as well as «leveling» properties in the studied soils, the smoothing processes of development of soil systems.

Keywords: post-settlement geosystems, renaturation, genetic horizons of soils, newly formed soils, organic matter (humus), hydrogen index (pH), soil carbonation

С середины XX века в России происходит сокращение системы сельского расселения, сопровождающееся снижением плотности населённых пунктов, сокращением их числа, деградацией инфраструктуры.

Данные процессы можно объяснить двумя группами причин. Первая группа причин (внешние) – активное развитие городов (урбанизация), а также процесс намеренного укрупнения сел для оптимизации ло-

гистики и концентрации трудовых ресурсов в крупных хозяйствах. Вторая группа причин (внутренние) – кардинальные изменения социально-экономической структуры непосредственно в пределах агропромышленных комплексов, что привело к изменениям функций сельской местности. Эти причины привели к социальным изменениям – появлению диспропорций в качестве жизни и структуре занятости населения города и села.

Изучению процессов изменений территориальной структуры сельских поселений посвящен ряд научных работ. В работе [1] автор указывает на то, что в советский период основными факторами изменения выступали экзогенные процессы, например урбанизация. В постсоветский период все большее значение стали играть факторы, имеющие иную, эндогенную природу, т.е. трансформирующие сельскую местность изнутри. В концептуальной монографии «Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв» [2] рассмотрены динамика и состояние сельскохозяйственных геосистем России на протяжении периода с 1897 по 2004 г. Кроме этого, в работе оценивается площадь и возрастная структура залежных земель. На основе обширного экспериментального материала рассматриваются процессы сукцессионного восстановления растительности и почв в разных природных зонах – от средней тайги до полупустыни.

Актуальность исследования постселитебных территорий связана с тем, что данные территории представляют собой особый тип геосистем, в пределах которых происходит процесс экологической ренатурации. Процесс ренатурации антропогенно нарушенных геосистем рассмотрен в работе [3], где описаны результаты исследования воспроизводства почв в антропогенно нарушенных ландшафтах в различных биоклиматических условиях лесостепной зоны. Показаны перспективы применения оценок воспроизводства почв при осуществлении эколого-реабилитационных мероприятий и системы мониторинга ресурсовоспроизводства в сельскохозяйственных и посттехногенных ландшафтах.

В статье [4] описаны результаты почвенных и эколого-геохимических обследований территорий бывших населённых пунктов Белгородской области. В работе

указывается, что после прекращения активного функционирования сельских селитебных ландшафтов на постселитебных землях начинают протекать ренатурационные процессы, которые сопровождаются регенерационными сукцессиями биоты и новым почвообразованием с вовлечением в биологический круговорот макро- и микроэлементов культурных слоёв.

Исследование воспроизводства почв на территории постселитебных земель является актуальной проблемой в связи с необходимостью прогнозирования восстановительных процессов на территории данных геосистем, а также для оценки траекторий их экологической реабилитации. Кроме этого, актуальность исследования обусловлена возможным повторным использованием постселитебных территорий в качестве пашни, что порождает опасность загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Цель данного исследования – анализ новообразованных почв и оценка химических свойств генетических горизонтов почв постселитебных геосистем.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования выступают постселитебные геосистемы Центрально-Чернозёмного района.

Предметом исследования являются свойства новообразованных почв на заброшенных землях бывших сельских населённых пунктов ЦЧР.

Для выявления эмпирических закономерностей педогенеза были использованы методы:

1) экспедиционные (полевые);

2) лабораторно-аналитические:

– определение органического вещества по методу И.В. Тюрина;

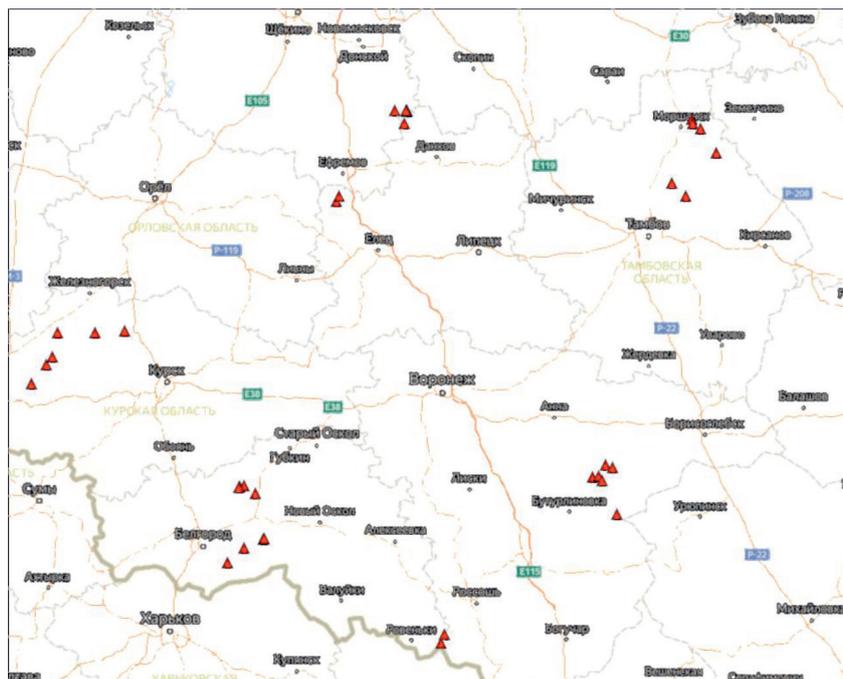
– потенциометрический метод определения водородного показателя (рН) водной суспензии;

– ацидиметрический метод определения углекислоты карбонатов;

3) статистического анализа и математического моделирования с использованием программы MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе экспедиционных исследований нами были отобраны пробы на 96 объектах, расположенных в ЦЧР (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская области) (рисунок).



Расположение объектов исследования (<http://yandex.ru>)

Пробы отобраны в различных генетических горизонтах почв, образовавшихся на развалинах, культурном слое, на залежах заброшенных деревень, и условно разделены на 3 группы:

- горизонт А (гумусово-аккумулятивный);
- переходные горизонты В, АВ, преимущественно – АС;
- горизонты материнской породы С, реже – ВС, D.

Исследуемые регенерационные почвы образуются на нарушенном почвенном покрове исчезающих сельских поселений. После забрасывания на изучаемых постселитебных геосистемах стали реализовываться процессы естественного воспроизводства почв. Регенерация почв на территории изучаемых геосистем происходит:

- на субстратах, не затронутых предшествующим почвообразованием (первичная регенерация);
- на субстратах, выполнявших ранее почвенные функции в составе какого-либо почвенного горизонта, но не сохранивших морфологического строения (рецентная (квазипервичная) регенерация);
- на антропогенно-нарушенных почвах (вторичная регенерация).

Регенерационные почвы и культурные слои постселитебных геосистем в новой классификации почв определяются как один

из этапов естественно-антропогенного развития почв, который сопровождается генетически обусловленным изменением режимов, процессов, строения и свойств на всех стадиях преобразований. Регенерационные почвы, профиль которых под влиянием целенаправленных антропогенных или антропогенно спровоцированных воздействий приобретает новую систему горизонтов, не имеющую аналогов среди естественных почв, группируются в особые «антропогенные» отделы с новыми названиями (стратозёмы, хемодеградёмы, агроаброзёмы и др.). В.А. Андроханов в работе «Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка» регенерационные почвы и культурные слои постселитебных геосистем отнес к эмбриозёмам (молодые слабо развитые почвы с профилем АС). Используя подход В.А. Андроханова, педогенетическую специфику почвенного покрова постселитебного ландшафта можно было бы определить соотношением четырех типов эмбриозёмов [5]: инициальных, органоаккумулятивных, дерновых и гумусово-аккумулятивных. Но сельтёба как вид воздействия на почвенный покров и фактор его формирования в постселитебных геосистемах всё же имеет особенности, более сходные с почвами урбогеосистем – урбанозёмами [6], особенностью которых

является наличие специфического горизонта, так называемого урбика. Наиболее часто почвенный профиль урбанозёмов представляет собой совокупность урбиковых подгоризонтов, которые образованы из пылеватого-гумусового субстрата, а также включают в себя примеси мусора от жизнедеятельности населенного пункта. Таким образом, классификационное положение и таксономия почв постселитебных геосистем ещё представляет собой дискуссионный вопрос.

В ходе лабораторных исследований была проведена оценка содержания органического вещества в регенерационном гумусовом горизонте почв постселитебных геосистем.

Анализируя содержание органического вещества в первой группе проб (горизонт А), по степени гумусированности их можно разделить на 4 подгруппы:

1. Слабогумусные (от 1,34 до 3,92%) – 40 проб.
2. Малогумусные (от 4,13 до 5,95%) – 44 пробы.
3. Среднегумусные (от 6,11 до 8,29%) – 16 проб.
4. Высокогумусные (тучные, от 9,08 до 14,06%) – 8 проб.

Таким образом, наиболее распространенной подгруппой являются малогумусные почвы, что можно объяснить сравнительно молодым возрастом почвы (20–40 лет). Диапазон содержания гумуса в исследуемых почвах составил от 1,34 до 14,05%.

Оценивая результаты второй подгруппы проб (горизонты В, АВ, АС) все результаты разделили на 3 подгруппы:

1. Слабогумусные (от 0,71 до 3,96%) – 40 проб.
2. Малогумусные (от 4,16 до 5,82%) – 68 проб.
3. Среднегумусные (от 7,03 до 7,73%) – 2 пробы.

Диапазон значений от 0,63 до 7,73%.

Анализируя распределение проб нижних горизонтов почв по степени гумусированности, установили максимальное значение 7,59%, минимальное – 0,16%, выделили 3 группы:

1. Слабогумусные (от 0,16 до 3,96%) – 71 проба.
2. Малогумусные (от 4,05 до 5,96%) – 6 проб.
3. Среднегумусные (7,59%) – 1 проба.

Таким образом, рассмотрев результаты лабораторных исследований почв по содержанию гумуса, можно заметить закономерность: чем выше содержание гумуса в подпочвенных и материнских породах, тем

выше содержание гумуса в поверхностной почве. Данную закономерность можно объяснить тем, что данные поверхностные горизонты образовались не на чистой материнской породе, а на субстратах, представляющих собой смесь строительных материалов и почвенного материала фоновых почв.

Кроме этого, нами был определен водородный показатель водной суспензии почв – рН. Диапазон показателей рН в поверхностном горизонте от 5,31 до 8,24. Таким образом, все пробы по реакции среды (рН) этого горизонта относятся к слабокислым от 5,10 до 5,85 (4 пробы), нейтральным от 6,17 до 7,40 (43 пробы) и к слабощелочным от 7,41 до 8,50 (61 проба).

В горизонтах АС, АВ, и В интервал значений рН составил от 5,98 до 8,29 (от слабокислых до слабощелочных).

В третьей группе проб (материнские породы) показатель рН варьирует в пределах от 4,15 до 8,53 (от сильнокислых до слабощелочных).

Большинство исследуемых почв относят к слабощелочным, т.к. они образуются при избытке зольных элементов, лишь лесные условия и состав материнских пород (песчаных) может способствовать снижению рН. Так, все пробы с низким показателем рН географически относятся к территории Тамбовской области, так как они отобраны в ареале песчаных лесных почв.

Анализируя содержание CO_2 карбонатов в исследуемых почвах, мы определили диапазоны для 3 групп проб:

- 1-я группа (горизонт А) – от 0 до 25,82%.
- 2-я группа (горизонты В, АВ, АС) – от 0 до 30,47%.
- 3-я группа (горизонты С, ВС, D) – от 0 до 27,93%.

Высокую степень карбонатности поверхностных горизонтов можно объяснить тем, что на территории Центрально-Черноземного района в сельской местности были распространены карбонатосодержащие строительные материалы (известь в качестве вяжущего материала строительных растворов, мел в составе побелки и др.), а также накоплением золы от сжигания угольного топлива. Кроме этого, высокое содержание карбонатов в почвах заброшенных поселений объясняется расположением населенных пунктов в долинах рек с карбонатными фоновыми почвами (характерно для Белгородской и Воронежской областей). Также стоит отметить, что CO_2 карбонаты накапливаются в почвах, в том числе биоген-

ным путем. Накопление карбонатов может осуществляться как высшими организмами, так и почвенными микроорганизмами.

В подповерхностных и материнских горизонтах содержание CO_2 карбонатов можно объяснить двумя причинами: первая причина (экзогенная) – объясняется поступлением из выше расположенных генетических горизонтов, в результате вымывания атмосферными осадками или в результате перемешивания горизонтов (антропогенное воздействие), вторая причина (эндогенная) заключается в том, что данные горизонты образованы из карбонатсодержащих почвообразующих пород. Данные породы включают в себя перемешанные почвенные горизонты, а также смесь строительных материалов и почвогрунтов, золы каменного угля, мусора и прочих материалов от жизнедеятельности поселения.

Статистический анализ полученных результатов в исследуемых пробах представлен в таблице.

Сопоставив статистические характеристики выборок по 3 свойствам (гумус, pH, CO_2 карбонаты) новообразованных почв, мы обнаружили, что максимальное варьирование свойств характерно для горизонтов почвообразующих пород, а наименьшее – для гумусово-аккумулятивных горизонтов, что свидетельствует об организации, упорядочении профиля и «выравнивании» свойств в новообразованных почвах, снижении хаоса в почвенных системах. Почвообразовательный процесс в постселитеб-

ных геосистемах сопровождается выносом карбонатов из поверхностных горизонтов почв, что приводит к большей вариабельности данного показателя в почвах по сравнению с почвообразующими породами.

Заключение

Высокому содержанию органического вещества в исследуемых пробах почв заброшенных поселений способствует локальный характер нарушений почвенного покрова, быстрое формирование экосистем, обеспечивающих высокий уровень поступления органического вещества в почву.

Большинство изученных проб относят к слабощелочному типу, данный тип соответствует наиболее агрономически благоприятной структуре, высокому качеству гумуса и оптимальному водному режиму, что в свою очередь подчеркивает высокую ренатурационную способность почв.

Степень карбонатности в поверхностных генетических горизонтах можно объяснить антропогенным (внешним) влиянием, а в подповерхностных и материнских генетических горизонтах почв постселитебных геосистем можно объяснить как внешними, так и внутренними причинами. В целом ареалы постселитебных почв можно считать кальциевыми геохимическими аномалиями, особенно отчётливо выделяющимися на фоне почв лесного генезиса. Однако почвообразование в постселитебных экосистемах сопряжено с выносом карбонатов из поверхностных горизонтов.

Статистический анализ разных генетических горизонтов почв постселитебных геосистем

	Гумусово-аккумулятивные горизонты (A)	Переходные горизонты (AC, AB, и B)	Горизонты материнской породы (C, BC, D)
Гумусированность			
Среднее	4,82	2,81	2,10
Медиана	4,35	2,60	1,82
Стандартное отклонение	2,26	1,35	1,42
Асимметричность	1,54	1,19	1,49
Коэффициент вариации	46,94%%	48,14%	67,66%
Водородный показатель (pH)			
Среднее	7,50	7,52	7,66
Медиана	7,54	7,58	7,73
Стандартное отклонение	0,43	0,50	0,64
Асимметричность	-1,39	-0,86	-2,42
Коэффициент вариации	5,72%	6,59%	8,37%
Содержание CO_2 карбонатов			
Среднее	3,67	4,63	5,68
Медиана	2,35	2,82	3,35
Стандартное отклонение	4,63	6,08	6,10
Асимметричность	2,72	2,89	1,98
Коэффициент вариации	125,92%	131,27%	107,36%

Новообразованные почвы на территории постселитебных геосистем выполняют все экологические функции и в дальнейшем станут фактором стабилизации успешней растительности.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект 18-05-00093 «Эколого-экистическое состояние, экологическая реабилитация и стратегии сбалансированного природопользования на постселитебных территориях Центрально-Чернозёмного региона».

Список литературы / References

1. Алексеев А.И. Изменение сельского расселения в России в конце XX – начале XXI века // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. № 2. С. 66–76.
Alekseev A.I. Changes in rural settlement in Russia at the end of the XX-beginning of the XXI century // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. 2015. № 2. P. 66–76 (in Russian).
2. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dynamics of agricultural land in Russia in the XX century and postagrogenic restoration of vegetation and soils. M.: GEOS, 2010. 416 p. (in Russian).
3. Голёусов П.В. Концепция ренатурации антропогенно нарушенных геосистем: методологические и прикладные аспекты // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–3. С. 556–564.
Goleusov P.V. Concept of renaturation of anthropogenically disturbed geosystems: methodological and applied aspects // Fundamental research. 2014. № 11–3. P. 556–564 (in Russian).
4. Голёусов П.В., Артищев В.Е., Морабандза К.Б. Эколого-геохимическая характеристика постселитебных геосистем на территории Белгородской области // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–3. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23288> (дата обращения: 27.04.2020).
Goleusov P.V., Artishchev V.E., Morabandza K.B. Ecological and geochemical characteristics of post-residential geosystems on the territory of the Belgorod region // Modern problems of science and education. 2015. № 2–3. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23288> (date of access: 27.04.2020) (in Russian).
5. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд. Сибирского отделения РАН, 2010. 32 с.
Androkhonov V.A., Kurachev V.M. Soil-ecological state of technogenic landscapes: dynamics and assessment. Novosibirsk: Izd. Sibirskogo otdeleniya RAN, 2010. 32 p. (in Russian).
6. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы. Генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofieva T.V. Anthropogenic soils. Genesis, geography, and remediation. Smolensk: Oikumena, 2003. 268 p. (in Russian).

УДК 622.275

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РУДНИКА «УДАЧНЫЙ»**Анисимов К.А.***ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург,
e-mail: anisimov.kirill.95@list.ru*

В представленной научной статье были подробно рассмотрены основные геомеханические проблемы при комбинированной отработке алмазосодержащих коренных месторождений кимберлитов в условиях эксплуатации подземного рудника им. Ф.Б. Андреева «Удачный». Для проведенного исследования были собраны материалы и данные различных открытых источников информации – материалов группы компаний «АЛРОСА» и опубликованных научных статей, размещённых в различных научных журналах и материалах конференций. По результатам полученных открытых материалов и данных о проведенных исследованиях по изучению геологических, технических, геомеханических и пр. параметров на рассматриваемом нами подземном руднике, был выделен ряд негативных факторов, позволяющих серьезно осложнить безопасное ведение подземных горных работ при отработке подкарьерных запасов I очереди кимберлитовых трубок и способных привести к аварийной ситуации на подземном руднике. После изучения всех основных геомеханических, горнотехнических и пр. негативных факторов, осложняющих безопасное ведение подземных горных работ, были даны различные необходимые технические рекомендации для дальнейшего безаварийного и безопасного функционирования подземного рудника им. Ф.Б. Андреева «Удачный». По результатам проведенного анализа были сделаны выводы об изменении состояния карьера и подземного пространства рудника, ряд факторов, по нашему мнению, заслуживает особого внимания. Для обеспечения дальнейшего устойчивого развития алмазного горного комплекса РФ был сформирован ряд рекомендаций, направленных на проведение актуальной научно-исследовательской деятельности в области изучения и ведения комбинированных горных работ при отработке подкарьерных запасов алмазосодержащих коренных месторождений Крайнего Севера.

Ключевые слова: кимберлитовая трубка, геотехнология, геомеханические параметры, подкарьерные запасы, предохранительный массив

GEOMECHANICAL PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF UNDER-PIT RESERVES OF DIAMONDIFEROUS DEPOSITS IN THE CONDITIONS OF THE UDACHNY MINE**Anisimov K.A.***Saint Petersburg Mining University, St Petersburg, e-mail: anisimov.kirill.95@list.ru*

The presented scientific article examined in detail the main geomechanical problems in the combined development of diamondiferous deposits of kimberlites in the conditions of the underground mine named F. B. Andreeva «Udachny». For this study, materials and data were collected from various open sources of information – materials from the ALROSA group of companies and published scientific articles from various scientific journals and conference materials. According to the results of open materials and data on the studied geological, technical, geomechanical and other parameters at the underground mine we are considering, a number of negative factors were identified that made it possible to seriously complicate the safe conduct of underground mining while mining pit reserves of kimberlite pipes and capable of leading to an emergency in an underground mine. After studying all the main geomechanical, mining and other negative factors that complicate the safe conduct of underground mining, various necessary technical recommendations were given for the further trouble-free and safe operation of the underground mine named F. B. Andreeva «Udachny». Based on the results of the analysis, conclusions were drawn about changes in the status of the quarry and the underground space of the mine, a number of factors, in our opinion, deserve special attention. To ensure further sustainable development of the diamond mining complex of the Russia, a number of recommendations have been formulated aimed at conducting urgent research activities in the field of studying and conducting combined mining operations while mining pit reserves of diamond-bearing primary deposits of the Far North.

Keywords: kimberlite pipe, geotechnology, geomechanical parameters, pit reserves, safety cushion

Горнодобывающая промышленность в Российской Федерации занимает значимое положение – не менее 11% ВВП России приходится на рынок добычи полезных ископаемых, являясь одной из наиболее важных отраслей развития государства. На мировом рынке добычи алмазного сырья главенствующее место занимает груп-

па компаний «АЛРОСА» – по результатам 2019 г. компания сохраняет лидирующие позиции в мире по объему добычи алмазов, обеспечивая около 25% от мирового производства алмазного сырья. Правительством РФ в распоряжении № 2914-р от 22 декабря 2018 г. была обозначена стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Фе-

дерации до 2035 г., был дан прогноз добычи алмазного сырья с установлением прогноза добычи около 43,3 млн кг к 2025 г. Объектом исследования является кимберлитовая трубка «Удачная», на базе которой ведутся подземные горные работы с производительностью 4 млн т руды в год, что делает этот алмазный рудник наиболее производительным в РФ.

Алмазное месторождение расположено в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе, недалеко от одноименного города. Трубка прослеживается как единое рудное тело от поверхности до глубины 250 м. Ниже она разделяется на два самостоятельных рудных тела – Восточное и Западное (далее ВРТ и ЗРТ), разделенных блоком вмещающих осадочных пород верхнего кембрия (рис. 1) [1, 2].

Отработка трубки велась открытым способом, карьер «Удачный» был введен в эксплуатацию в 1971 г. и функционировал более 40 лет. Открытые горные работы были завершены в 2016 г., на момент окончания работ глубина карьера составляла 640 м. В 2014 г. введен в эксплуатацию подземный рудник «Удачный». Вскрытие запасов руды, залегающих ниже дна карьера с абсолютной отметкой –320 м, обеспечено тремя

вертикальными стволами, расположенными к югу от карьера – клетевым, вспомогательно-вентиляционным и скиповым стволами. Также с бортов карьера на отметках –170 м и –290 м были пройдены капитальные вскрывающие штольни и через наклонный съезд № 1 были сбиты с Западным и Восточным вентиляционными квершлагами на отметках –380 м [4].

Целью исследования является анализ фактического состояния и перспектив развития горных работ для обеспечения экономически эффективной и безопасной выемки запасов кимберлитовой трубки «Удачная». В данной работе проведено комплексное исследование и оценка условий ведения горных работ для дальнейшего направления ведения подземной добычи и для безопасной отработки кимберлитовой трубки «Удачная».

Материалы и методы исследования

Используемые в исследовании данные были взяты из открытых материалов группы компаний «АЛРОСА» и открытых источников информации, в том числе были проанализированы актуальные научные статьи и исследования, изучающие вопросы подземного освоения алмазоносных месторождений Крайнего Севера.

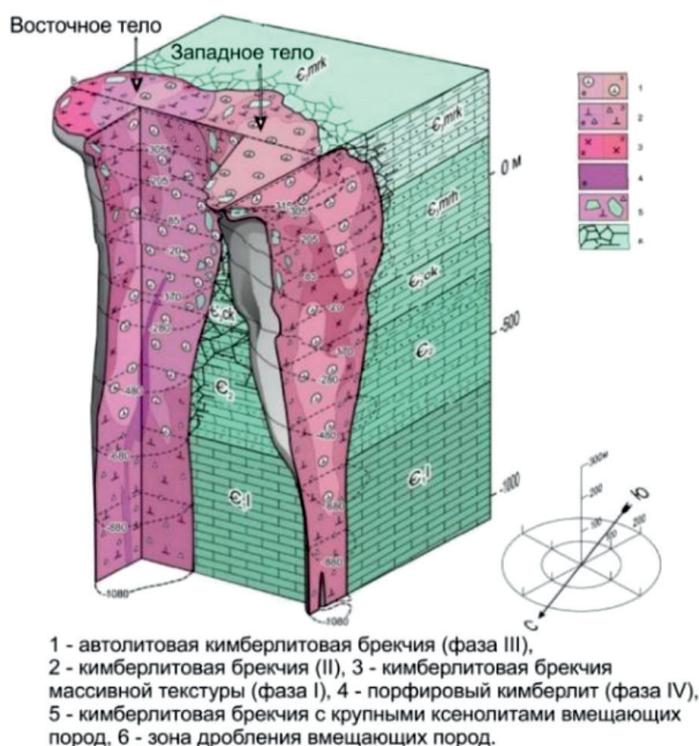


Рис. 1. Геологическое строение кимберлитовой трубки [3]

Для формирования результатов проведённого исследования был применен метод комплексного анализа, заключающийся в изучении и обобщении опыта ведения подземных горных работ на алмазоносных трубках Канады и ЮАР. Проведённый комплексный анализ позволяет сформировать группу негативных факторов, влияющих на ведение горных работ при подземной отработке кимберлитовой трубки.

Результаты исследования и их обсуждение

Отработка подземных запасов месторождения трубки «Удачная» начата с горизонта –260/–320 м ЗРТ и ВРТ. На этих горизонтах располагались прибортовые запасы, оставленные в бортах карьера. Система разработки, которая была применена для отработки этих запасов, поэтажное обрушение с торцовым выпуском руды, показала отличные результаты, обеспечив достаточно высокий объем добычи рудной массы с низкими показателями потерь и разубоживания. Более половины отбиваемой руды в бортах было обрушено на дно карьера, часть запасов была доставлена на горно-обогатительную фабрику № 12 (далее ОФ № 12) в г. Удачный. Дно карьера на отметках –320 м и –365 м также было разрушено для создания подвижной и сыпучей предохранительной подушки. Данная рудопородная предохранительная подушка является объемным и движущимся массивом с запроектированной высотой до 65 м, обеспечивая изоляцию подземных горных работ от открытого пространства карьера. Предохранительный массив будет плавно опускаться вслед за понижением уровня ведения горных работ в соответствии с запроектированной системой разработки кимберлитовой трубки [5, 6].

Для отработки запасов I очереди, расположенных ниже дна карьера до отметки –600 м, вводится в эксплуатацию высокопроизводительная система этажного принудительного обрушения с одностадийной выемкой и площадным выпуском руды (рис. 2). Данная система разработки является уникальной для алмазоносных месторождений Крайнего Севера, так как ранее подобного типа системы не применялись в таких сложных климатических условиях. Также произошло существенное изменение технологии создания предохранительного массива между открытым и подземным пространством карьера. Традиционно, при проектировании отработки алмазоносного

месторождения, дно карьера либо оставляли, формируя целик кимберлитовых пород достаточной толщины, либо же формировали закладочный искусственный массив (рудники «Айхал», «Мир», «Интернациональный»). На руднике «Удачный» была запроектирована подвижная и сыпучая рудопородная предохранительная подушка. Зачастую для месторождений Крайнего Севера традиционно применяются низкопроизводительные системы разработки с закладкой выработанного пространства. Данные системы позволяли снизить негативное климатическое влияние на подземные горные работы, снизить влияние гидрологических факторов и увеличить безопасность персонала в зонах ведения горных работ [7]. Система этажного принудительного обрушения с сыпучей предохранительной подушкой применяется в странах африканского континента (рудники «Финш», «Кимберли»), она имеет более высокую производительность – на рудниках ЮАР при внедрении данных систем разработки удавалось достигнуть производительности рудника и поддерживать на том же уровне, что и на открытых горных работах при себестоимости тонны руды гораздо меньшей, чем у систем разработки с закладкой.

На горизонтах выпуска применяются дизельные погрузочно-доставочные машины и самоходные буровые станки, на главных транспортных горизонтах планируется использовать электрическую технику, в частности с основного откаточного горизонта от м –480 м применяется ленточный конвейер, руда попадает на него с подземного дробильного комплекса. Плановый показатель добычи на 2018 г. составлял 2,7 млн т. К 2019 г. рудник должен был выйти на полную производственную мощность, обеспечив добычу 4,0 млн т руды в год, однако по состоянию на III квартал 2019 г. за год было добыто 1,84 млн т горной массы, обеспечив невыполнение плана практически в два раза [8].

Отработка кимберлитовой трубки «Удачная» крайне затруднена, климатические и горно-геологические условия сильно влияют на разработку, ниже представлены основные факторы, имеющие важное значение при эксплуатации подземного рудника:

– Кимберлитовая трубка находится в экстремальных климатических условиях Крайнего Севера, расположившись практически на отметке полярного круга. Трубка находится в районе многолетней мерзлоты

ты с большой глубиной замерзания пород. Резко континентальный климат характеризуется большими дневными перепадами температур, что негативно влияет на устойчивость массивов горных пород [9];

– В отработываемых массивах горных пород обводненность распространена крайне неравномерно, геологическое строение трубки и окружающих пород сформировано без естественных водоупоров, что ведёт к свободному продвижению агрессивных и высокоминерализованных рассолов, с общей минерализацией до 400 г/л [9];

– Массив горных пород, окружающих трубку, крайне нарушен, вмещающие породы и породы кимберлита имеют сеть глубоких (до 50 м) трещин и различных нарушений, располагающихся случайным образом. Зафиксированы случаи прорыва подземных вод в горные выработки за счёт пробития трещин при бурении скважин и пр. [10, 11];

– Рудные и породные массивы имеют низкую устойчивость, установлена зависимость устойчивости кимберлита от времени его контакта с рудничным воздухом – за год она резко снижается, увеличивая расходы на крепление и поддержание горных выработок [12]. Наиболее нарушен массив пустых пород в пространстве между ВРТ и ЗРТ, в нём отмечено множество нарушений и проявлений трещиноватости;

– Отдельно выделено множество зон повышенной трещиноватости, опасных ослабленных зон, обусловленных различными гидро-геомеханическими, геомеханическими и прочими факторами, зачастую для этих зон запроектированы специальные паспорта крепления и ведётся особый контроль за состоянием подземных горных выработок (по данным АК «АЛРОСА» (ПАО));

– Рудник является опасным по газовой делению, на горизонтах –260/–380 м во время горных работ зафиксированы случаи нефтегазопроявлений, которые негативно влияют на отработку месторождения [1].

Разработка кимберлитовой трубки «Удачная» является большим вызовом для российской науки, формируя определённый ряд крайне нестандартных и зачастую прогрессивных решений. Так, изначально разработкой всех проектных решений занимался институт «Якутнипроалмаз», часть работ была выполнена в Санкт-Петербурге, в ООО «Институт ГИПРОНИКЕЛЬ», научно-исследовательские работы и технические решения осуществлял «ИГД УрО РАН». Таким образом, технологические параметры отработки кимберлитовой трубки «Удачная» изучались в течение долгого времени с учётом пожелания прямого заказчика – АК «АЛРОСА» (ПАО).

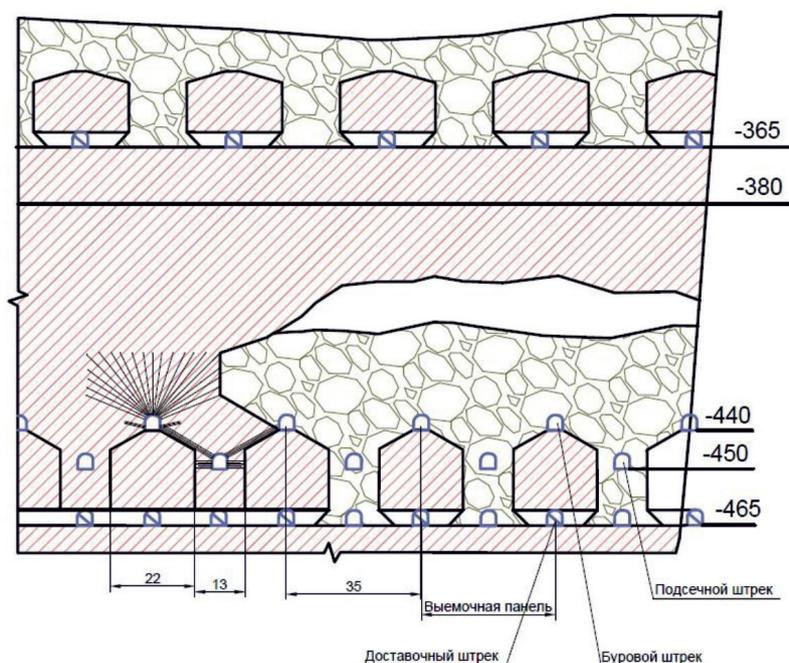


Рис. 2. Элемент системы разработки этажного принудительного обрушения

Тем не менее за первые несколько лет функционирования рудника были отмечены следующие негативные факторы, которые влияют на ведение горных работ:

1. Во время проходки наклонного съезда, из-за сильной загазованности горной выработки и недостаточности проветривания, произошел взрыв метано-воздушной смеси. При дальнейшем ведении работ неоднократно были зафиксированы газопроявления в рудничной атмосфере, также наблюдались возгорания нефтепродуктов после производственного цикла буровзрывных работ (по данным регионального отделения МЧС России).

Данные негативные факторы обусловлены содержанием нефтебитумов во вмещающих породах. Их содержание на разных глубинах отработки изменяется от 0,6 до 2,35%, а ниже по разрезу (гор. –480/–1080 м) уменьшается до 0,01%. Битумы содержат по групповому анализу около 50–60% масел, 40–45% смол, а в нижних частях разреза содержание масел уменьшается до 15–20%. Нефть в районе трубки «Удачная» содержит меньше смол (30–35%) по сравнению с битумами, а содержание в ней асфальтенов не превышает 4%. Газоносность месторождения обусловлена наличием растворенных в нефтях и рассолах газов, а сами породы практически не имеют сорбционной емкости. Основными газами являются углеводородные смеси с преимущественным содержанием метана. Нефтебитумы в кимберлитах осложняют процессы обогащения рудной массы, а их наличие в горных породах сильно влияет на ведение взрывных работ в подземных условиях.

2. Наблюдались множественные вывалы горных пород, как с кровли, так и с боков выработок, особенно это характерно для рудного тела – кимберлитовые руды очень легко отслаиваются и крошатся, начиная своё разрушение в крайне короткий срок. При этом кимберлиты Восточного рудного тела отличаются по своим характеристикам от кимберлитов Западного рудного тела [10, 13].

Данные явления наблюдаются в подавляющем случае либо в рудном теле, либо в зонах повышенной трещиноватости и на контактах с рудным телом. Кимберлиты ЗРТ и ВРТ с увеличением глубины залегания меняют значения всех показателей физико-механических свойств в 1,1–6 раз. Так, средний объемный вес по блокам на верхних горизонтах месторождения (отм +300/–280 м) варьирует от 2,34–2,37 до 2,48–2,6 т/куб.

м, а на «глубоких» горизонтах (отм –280/–1080 м) – от 2,52–2,62 до 2,62–2,69 т/куб. м. Кимберлиты ЗРТ и ВРТ по прочности на одноосное сжатие относятся к слабым ($\sigma_{сж} = 10\text{--}35$ МПа) и весьма слабым ($\sigma_{сж} = 4\text{--}10$ МПа) породам. Коэффициент крепости для вмещающих пород по шкале проф. М.М. Протодяконова колеблется от 1 до 8, а для кимберлитов – от 5 до 7. Наиболее низкие значения коэффициента крепости зафиксированы в зонах дробления, реже в зонах гидротермальных изменений, а максимальные его значения соответствуют интенсивно окремненным породам.

3. При эксплуатации рудника был выявлен повышенный износ машин и оборудования, связанный с агрессивным типом рассолов, проникающих в подземные горные выработки. Отмечены случаи прорыва рассолов во внутреннее пространство рудника из-за пробития трещин или же нарушения целостности подземных полостей, заполненных ими [7, 12, 14];

Подземные воды представлены хлоридными кальциевыми рассолами со средней минерализацией 300–400 г/л. Химический состав водоносной зоны аномален: хлоридные натриевые рассолы имеют повышенное содержание натрия, сульфатов, брома. С дальнейшим понижением уровня ведения горных работ по отработке кимберлитовой трубки будет усиливаться негативное влияние водопритоков на подземный рудник.

4. С начала функционирования рудника были зафиксированы множественные нарушения техники безопасности, повлекшие за собой травмирование персонала, в том числе отмечены смертельные случаи на руднике (по данным регионального отделения МЧС России).

В промежуточный период перехода на подземное функционирование предприятия руководство УГОКа столкнулось с недостатком персонала, подготовленного для работы в подземных условиях рудника. При этом этажное принудительное обрушение с одностадийной выемкой и площадным выпуском руды является высокотехнологичной системой разработки с высокими требованиями к ведению горных работ и профессионализму персонала. Также на территории РФ среди подземных рудников нет аналогов применения этажной системы разработки с самообрушением руд.

5. Технологической схемой отработки месторождения планируется вынимать полезное ископаемое параллельно в ЗРТ и ВРТ в нисходящем порядке, плавно опу-

ская сыпучую предохранительную подушку, понижая уровень ведения горных работ, ведя работу на двух этажах горизонтов -480 м и -580 м (рис. 3). При этом, разрушенное дно карьера, образованное в рудопородную предохранительную сыпучую подушку, будет опускаться вниз, увеличивая глубину карьера, в том числе формируя и обнажая массив вмещающих пород, расположенных между Восточным и Западным рудным телом.

Массив вмещающих пород, расположенный между Восточным и Западным рудными телами, состоит из крайне нарушенных горных пород, особенно в зоне контакта. На абсолютной отметке -580 м данный массив по своему объему сопоставим с объемом обоих рудных тел, по мере углубления горных работ управлять состоянием междутрубчатого массива не представляется возможным, в карьере уже происходят активные процессы выполаживания бортов, которые постепенно опускаются на рудопородную подушку, обеспечивая в дальнейшем невозможность безопасного выхода на дно карьера и ограничивая визуальное наблюдение за плавно обнажающимся массивом.

Специалистами ИГД УрО РАН были рассчитаны параметры предохранительной подушки с учётом обрушения известных объемов бортов с известной геометрией и расположением [14]. Однако в случае неконтролируемого разрушения междутрубчатого массива невозможно дать достоверную оценку объема обрушаемой породы на предохранительную подушку,

в том числе дать достоверный прогноз высоты обрушения и места обрушения. При этом, если толщины предохранительной подушки будет недостаточно, существует реальная угроза переноса энергии удара через предохранительную подушку в подземные горные выработки, которые способны вызвать опасные деформации подземных выработок, вплоть до создания аварийной ситуации на месторождении.

Результаты выполненного анализа фактического состояния и перспектив развития горных работ в Восточном и Западном рудных телах свидетельствуют о том, что обеспечение экономически эффективной и безопасной выемки запасов кимберлитовой трубки «Удачная» является проблематичным без разработки мероприятий по исключению опасных геомеханических ситуаций, обусловленных постоянным увеличением глубины горных работ. Исходные данные для прогнозирования таких ситуаций могут быть получены при использовании метода моделирования на моделях из эквивалентных материалов масштабных геомеханических процессов в блочных породных массивах [15, 16], разработанного в Санкт-Петербургском горном университете. Данный метод позволяет, в частности, с необходимой точностью измерений изучать напряженно-деформированное состояние породного массива, расположенного между ВРТ и ЗРТ для различных стадий развития горных работ, и на этой основе принимать превентивные меры, направленные на повышение эффективности отработки рассматриваемых рудных тел.

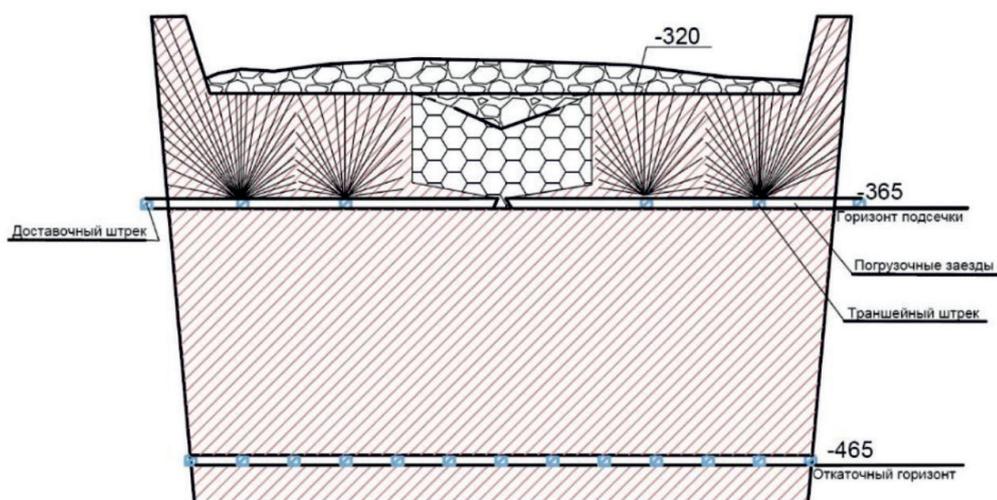


Рис. 3. Элемент системы разработки с образованием предохранительной подушки

Заключение

Современное состояние рудника «Удачный» можно назвать устойчивым и стабильным. Предусмотренная техническим проектом производственная мощность достижима при существующей технологии ведения горных работ. Анализ горно-геологических условий отработки трубки даёт основания полагать, что необходима корректировка параметров систем разработки по мере углубления горных работ и сохранения объема добычи. Наблюдается устойчивая тенденция к ухудшению условий разработки:

– Увеличение объема поступления подземных рассолов в горные выработки непосредственно влияет на ведение горных работ, на безопасность подземных горных выработок, на состояние машин и механизмов.

– При начале выемки полезного ископаемого системой разработки с этажным обрушением начнётся процесс разрушения заездов траншей днища блоков, сложенных кимберлитом, которые будут испытывать высокие нагрузки. Открытый доступ к рудничному воздуху ускорит процессы разрушения стенок горных выработок.

– При отработке Восточного и Западного рудных тел возникнут геомеханические проблемы, связанные с ослаблением бортов карьера и с нарушением начального состояния массива пород, находящегося между рудными телами. Массив, расположенный между рудными телами, крайне нарушен, при понижении фронта горных работ и обнажении этого массива существует возможность частичной релаксации и раскрытия трещин, внезапных неконтролируемых обрушений пород на предохранительную подушку. При неконтролируемом обрушении пород массива существует возможность превышения предельной допустимой устойчивости подушки вплоть до серьезных динамических ударов по нижележащим подземным горным выработкам.

Данные факторы, влияющие на отработку кимберлитовой трубки, требуют дальнейших исследований и проведения комплекса научно-исследовательских работ. При этом особого внимания заслуживает междурубчатый массив, требующий проведения мероприятий и натурных исследований по выявлению и предупреждению опасных неконтролируемых обрушений.

Список литературы / References

1. Краткий отчет независимых экспертов о запасах и ресурсах месторождений алмазов группы компаний

«АЛРОСА». Micon International Co Limited. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2013/11/Alrosa-Summary-Report-Final-RUS.pdf> (дата обращения: 21.03.2020).

A brief report by independent experts on the reserves and resources of diamond deposits of the group of companies «ALROSA». Micon International Co Limited, 2018. [Electronic resource]. URL: <http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2013/11/Alrosa-Summary-Report-Final-RUS.pdf> (date of access: 21.03.2020) (in Russian).

2. Дроздов А.В. Горно-геологические особенности глубоких горизонтов трубки Удачной // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 2. С. 153–165.

Drozov A.V. Mining and geological features of the deep horizons of the Udachnaya pipe // Gorniy informacionno-analiticheskiy byulliten. 2011. № 2. P. 153–165 (in Russian).

3. Костровицкий С.И. Что такое кимберлиты? // Материалы VI международной школы по наукам о Земле ISES-2010 (г. Одесса, Украина, 03–08 сентября 2010 г). Одесса: Изд. I.S.E.S., 2010. С. 77–79.

Kostrovitsky S.I. What is kimberlites? // Materiali VI mezhdunarodnoy shkoli po naukam o Zemle ISES-2010 (g. Odessa, Ukraine, 03–08 sentyabrya 2010). Odessa: Izd. I.S.E.S., 2010. P. 77–81 (in Russian).

4. Никитин И.В. Оптимизация параметров вскрытия при подземной разработке подкарьерных запасов кимберлитового месторождения // Проблемы недропользования. 2017. № 1. С. 21–28.

Nikitin I.V. Optimization of opening parameters during underground mining of open-pit reserves of a kimberlite deposit // Problemi nedropolzovaniya. 2017. № 1. P. 21–28 (in Russian).

5. Дроздов А.В. Горно-геологические и технологические проблемы при строительстве подземного рудника «Удачный» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 2. С. 125–131.

Drozov A.V. Mining, geological and technological problems in the construction of the Udachny underground mine // Gorniy informacionno-analiticheskiy byulliten. 2015. № 2. P. 125–131 (in Russian).

6. Пивень Г.Ф. Технологии отработки подкарьерных запасов трубки «Удачная» // Записки Горного института. 2011. Т. 189. С. 359–361.

Piven` G.F. Technologies for the development of sub-quarry reserves of the Udachnaya pipe // Zapiski Gornogo instituta. 2011. V. 189. P. 359–361 (in Russian).

7. Коваленко А.А., Тишков М.В. Оценка подземного способа отработки месторождения трубки «Удачная» с применением системы с самообрушением // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 4. С. 117–128.

Kovalenko A.A., Tishkov M.V. Assessment of the underground method of mining the Udachnaya pipe field using a self-collapsing system // Gorniy informacionno-analiticheskiy byulliten. 2017. № 4. P. 117–128 (in Russian).

8. Ежеквартальный отчет АК «АЛРОСА» (ПАО) за 3 квартал 2019 г. // АК «АЛРОСА» (ПАО). 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2019/11/3-квартал-2019-года.pdf> (дата обращения: 21.03.2020).

The quarterly report of ALROSA PJSC for the 3rd quarter of 2019 // ALROSA PJSC. 2019. [Electronic resource]. URL: <http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2019/11/3-квартал-2019-года.pdf> (date of access: 21.03.2020) (in Russian).

9. Балек А.Е., Сашурин А.Д. Проблема оценки природного напряженно-деформированного состояния горного массива при освоении недр // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. S21. С. 9–23.

Balek A.E., Sashurin A.D. The problem of assessing the natural stress-strain state of a rock mass during subsurface development // Gorniy informacionno-analiticheskiy byulliten`. 2016. S21. P. 9–23 (in Russian).

10. Балек А.Е., Ефремов Е.Ю. Обоснование геомеханических условий подземной разработки алмазного месторож-

дения «Трубка Удачная» // Инновационные геотехнологии при разработке рудных месторождений. V Международная научно-техническая конференция. Екатеринбург, 2016. С. 173–174.

Balek A.E., Efremov E.Yu. Justification of the geomechanical conditions of the underground mining of the diamond pipe «Udachnaya pipe» // Innovacionnie geoteknologii pri razrabotke rudnih mestorozheniy. V Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya. Yekaterinburg, 2016. P. 173–176 (in Russian).

11. Коваленко. А.А., Тишков М.В. Оценка подземного способа отработки месторождения трубки «Удачная» с применением системы с самообрушением // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 12. С. 134–145.

Kovalenko A.A., Tishkov M.V. The Evaluation of the Udachnaya Pipe Deposit Underground Mining Using Caving System // Gorniy informacionno-analiticheskiy byulliten. 2017. № 12. P. 134–145 (in Russian).

12. Бокий И.Б., Зотеев О.В., Пуль В.В. Анализ процесса оседаний породной подушки при отработке запасов западного рудного тела трубки «Удачная» по системе с обрушением // Горный журнал. 2019. № 2. С. 43–47. DOI: 10.17580/gzh.2019.02.08.

Bokiy I.B., Zoteev O.V., Pul V.V. Analysis of the process of subsidence of the rock pillow during mining of the western ore body of the Udachnaya pipe using a collapse system // Gorniy zhurnal. 2019. № 2. P. 43–47 (in Russian).

13. Дроздов А.В. Геотехнологические проблемы освоения глубоких горизонтов трубки Удачной // Проблемы недропользования: вопросы комплексного освоения глубокозалегających месторождений полезных ископаемых.

III Всероссийская молодежная научно-практическая конференция. Екатеринбург, 2009. С. 110–121.

Drozdo A.V. Geotechnological problems of developing the deep horizons of the Udachnaya pipe // Problemi nedropol-zovaniya: voprosi kompleksnogo osvoeniya glubokozalegayushih mestorozheniy poleznh iskopaemih. III Vserossiyskaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Yekaterinturg, 2009. P. 110–121 (in Russian).

14. Соколов И.В., Смирнов А.А., Антипин Ю.Г., Никитин И.В., Тишков М.В. Обоснование толщины предохранительной подушки при отработке подкарьерных запасов трубки «Удачная» системами с обрушением // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 2. С. 52–62. DOI: 10.15372/FTPRPI20180207.

Sokolov I.V., Smirnov A.A., Antipin Yu.G., Nikitin I.V., Tishkov M.V. Substantiation of Protective Cushion Thickness in Mining under Open Pit Bottom with the Caving Methods at Udachnaya Pipe. Journal of Mining Science. 2018. T. 54. № 2. P. 226–236. DOI: 10.1134/S1062739118023582.

15. Зуев В.Ю., Zubov V.P., Fedorov A.S. Application prospects for models of equivalent materials in studies of geomechanical processes in underground mining of solid minerals. Eurasian mining. 2019. № 1. P. 8–12. DOI: 10.17580/em.2019.01.02.

16. Зуев Б.Ю., Zubov V.P., Smychnik A.D. Определение статических и динамических напряжений в физических моделях слоистых и блочных горных массивов // Горный журнал. 2019. № 7. С. 61–66.

Zuev B.Yu., Zubov V.P., Smychnik A.D. Determination of static and dynamic stresses in physical models of layered and block massifs // Gorniy zhurnal. 2019. № 7. P. 61–66 (in Russian).

УДК 550.3:531

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСКАБЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА СКВАЖИНАХ, ОБОРУДОВАННЫХ ШТАНГОВЫМИ ГЛУБИННЫМИ НАСОСАМИ

¹Арсланов Р.И., ¹Сулейманов Р.Н., ²Галеев А.С.

¹Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Октябрьский, e-mail: Arslanov59@mail.ru;

²Альметьевский государственный нефтяной институт, Альметьевск

Развитие нефтяной и газовой промышленности в области геофизических исследований характеризуется в настоящее время переходом от кабельного каротажа к системам стационарного скважинного мониторинга. Разработка специальной техники и современных технологий доставки скважинной информации на поверхность является актуальной задачей для геофизической науки. Решение этой проблемы возможно на основе применения комбинированных каналов связи забой – устье скважины, в том числе бескабельных. Авторами рассмотрены вопросы научного обоснования и технической реализации бескабельного канала передачи информации с забоя на устье скважины, оборудованной штанговыми скважинными насосными установками. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, подтверждающих возможность использования составных частей конструкции нефтяных скважин, оборудованных штанговыми глубинными насосами, при определенных условиях в качестве элементов канала связи. Показано, что колонна труб НКТ и штанговая колонна, выполненные из высококачественного электропроводящего материала, могут при определенных условиях исполнять роль элементов двухпроводного канала связи между устьем и забоем скважины. Представлены основные параметры и технические характеристики опытного образца информационно-измерительного комплекса по передаче данных с забоя на устье, предназначенного для контроля в режиме реального времени за такими параметрами, как температура и давление. Передача информации осуществляется при помощи комплекса, состоящего из погружного модуля, наземного блока и колонны НКТ и колонны штанг, которые служат линией связи. При этом авторами разработаны, изготовлены и опробованы конструкции погружного и наземного модулей комплекса. Сконструирован узел гальванической развязки из изоляционных втулок, обеспечивающий электрическое разобщение полированного штока с колонной штанг от остальных частей наземного оборудования станка-качалки.

Ключевые слова: передача информации, канал связи, нефтяная скважина, колонна НКТ, колонна штанг, информационно-измерительный комплекс

CABLE-FREE DATA TRANSFER TECHNOLOGY FOR WELLS EQUIPPED WITH ROD-TYPE DEEP-WATER PUMPS

¹Arslanov R.I., ¹Suleymanov R.N., ²Galeev A.S.

¹Branch of Ufa State Petroleum Technological University in the City of Oktyabrsky,
Oktyabrsky, e-mail: Arslanov59@mail.ru;

²Almetyevsk State Oil Institute, Almetyevsk

Trends in the development of geophysical research in the global and gas industry are aimed at the transition from cable logging to downhole systems of stationary deep Geomonitoring. In this regard, there is a need to develop special equipment and technologies for delivering well information to the surface. The solution to this problem is possible with the help of cable-free communication channels, including combined ones. The authors consider the issues of scientific justification and technical implementation of a cable-free channel for transmitting information from the bottom to the wellhead equipped with rod-type downhole pumping units. The results of theoretical and experimental studies confirming the possibility of using the components of the design of oil wells equipped with rod depth pumps, under certain conditions, as elements of the communication channel. It is shown that the tubing column and the rod column made of high-quality conductive material can, under certain conditions, act as elements of a two-wire communication channel between the wellhead and the bottom of the well. The main parameters and technical characteristics of a prototype information and measurement system for transmitting data from the face to the mouth, designed for real-time monitoring of parameters such as temperature and pressure, are presented. Information is transmitted using a complex consisting of a submersible module, a ground unit, and a tubing column and a column of rods that serve as a communication line. At the same time, the authors have developed, manufactured and tested the design of the submersible and ground modules of the complex. A galvanic isolation unit made of insulating bushings was designed to provide electrical separation of the polished rod with the column of rods from the rest of the ground equipment of the rocking machine.

Keywords: information transfer, communication channel, oil well, tubing string, a sucker rod string, information-measuring complex

В процессе добычи нефти технологические условия в пласте и скважине непрерывно изменяются. Для принятия оперативных решений по управлению работой оборудо-

вания необходимо непрерывно получать достоверную информацию о скважине и о пласте. Данная информация позволяет организовать экономически оправданную

добычу нефти, выбрать правильную технологию и оборудование для подъема жидкости из скважины. Измерение скважинных параметров, сбор, обработка и передача информации от забоя скважины к устью представляют собой сложную инженерную, математическую, технологическую и логистическую задачу. Причем если задачи сбора и первичной обработки информации решаются достаточно эффективно с помощью современных методов и информационных технологий, то проблема передачи информации на устье скважины является актуальной и представляющей интерес для научной и практической деятельности.

Развитие нефтяной и газовой промышленности в области геофизических исследований характеризуется в настоящее время переходом от кабельного каротажа к системам стационарного скважинного мониторинга. Забойные датчики, работающие в таких системах по дистанционно-автономному принципу, могут взять на себя основные функции геофизических исследований. В связи с этим возникает необходимость в разработке специальной техники и технологий доставки скважинной информации на поверхность, так как традиционные методы исследований с помощью аппаратуры, спускаемой в скважину на кабеле, имеют существенные ограничения.

Все существующие способы передачи информации от забоя к устью скважин изначально были изобретены для исследования бурящихся скважин. Изобретенные каналы связи в основном сконструированы под свойства бурящихся скважин. В дальнейшем данные способы были изменены для исследования действующих добывающих и нагнетательных скважин. Но в работающих скважинах существует ряд свойств, осложняющих применение традиционных для бурения каналов связи.

Одной из главных причин является отсутствие необходимого для спуска геофизических приборов свободного пространства. Наибольшие осложнения происходят при больших углах наклона скважин. Часто происходящие заклинивания прибора в межтрубном пространстве приводят к обрыву каротажного кабеля или специальной проволоки. Извлечь такой заклинивший прибор можно только с помощью бригады подземного ремонта скважин. Еще одной причиной, осложняющей применение традиционных для бурения каналов связи, является большой временной период между спускоподъемными операциями. Данный период равен

межремонтному периоду насосного оборудования и в среднем варьируется от года до нескольких лет. Канал связи должен функционировать все это время, что крайне сложно реализовать, если передатчик на забое питается от аккумуляторных батарей. При таком временном периоде между спускоподъемными операциями информация с автономных скважинных приборов устаревает.

Решение этой проблемы возможно с помощью бескабельных каналов связи, в том числе комбинированных. Анализ существующих и предлагаемых в отечественных и зарубежных патентах способов передачи информации показывает [1, 2], что их надежность, быстрдействие, помехоустойчивость, возможность двухсторонней связи во многом зависят от свойств среды, через которую передается сигнал (горная порода, буровой раствор, промывочная жидкость, колонна бурильных труб). Свойства передающей среды чаще всего являются неисследованными, они меняются во времени и пространстве, сильно зависят от температуры и давления [3, 4]. Поэтому для получения надежного и высокоэффективного канала связи, аналогичного по техническим характеристикам проводным каналам, необходимо в качестве передающей среды применять материалы со стабильными и заранее известными проводящими характеристиками. При этом должен максимально учитываться способ добычи нефти и соответствующее ему техническое и технологическое оснащение нефтяной скважины.

Целью исследования является разработка технологии бескабельной передачи информации с забоя на устье на скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосами.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования рассматривались нефтяные скважины, оборудованные штанговыми скважинными насосными установками (ШЧНУ). Особенностью таких скважин является то, что нефть поставляется на поверхность с помощью плунжерного (поршневого) насоса. Насос находится на глубине до 3000 м и приводится в действие колонной штанг поверхностным приводом от станка-качалки. Насосная установка состоит из сложной системы наземного и подземного оборудования, основную часть которых составляют насосно-компрессорные трубы (НКТ), колонна насосных штанг (НШ) и штанговый скважинный насос (ШСН).

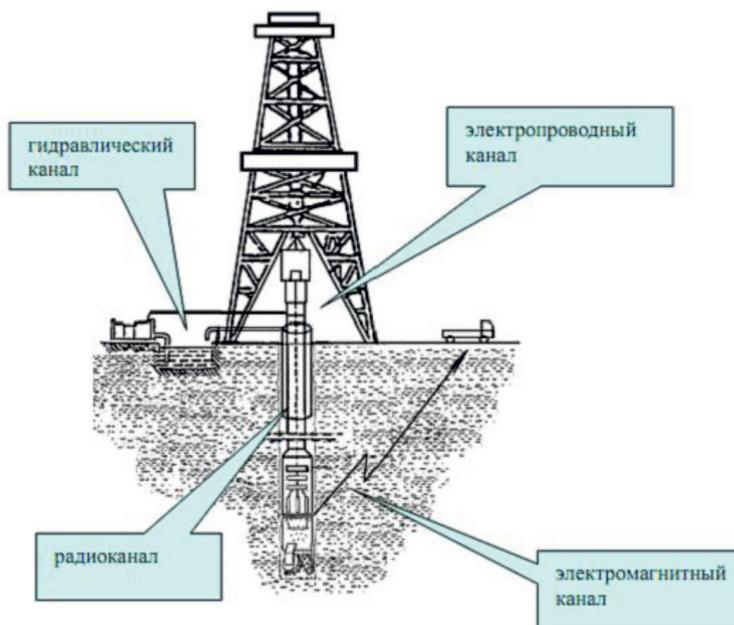


Рис. 1. Каналы связи телеметрических систем

Разработка технологии передачи информации с забоя на устье скважины, оборудованной ШСНУ, является сложной, но очень важной технической и технологической задачей, так как значительная часть фонда действующих скважин стран СНГ (до 66%) разрабатывается с применением ШСНУ.

Канал связи «забой – устье» формируется совокупностью технических средств, предназначенных для передачи информации от источника к получателю. Передатчик сигнала, линия связи и приемник сигнала – основные составляющие канала связи. Передатчик служит для преобразования информации с забоя скважины в стандартный сигнал, который передается по конкретной линии связи. Приемник сигнала предназначен для получения сигнала от канала связи и его преобразования в форму, удобную для дальнейшей обработки. Линия связи – важнейший элемент канала связи, предназначенный для передачи сигналов от передатчика к приемнику. В качестве линии связи могут служить технологические жидкости, электрические кабели, акустические импульсы по металлу трубы, электромагнитные колебания, которые образуют соответственно гидравлический, электропроводный, радиоканал и электромагнитный каналы связи (рис. 1). Возможны различные комбинации этих способов.

На основании вышеизложенного материала можно сказать, что предметом исследу-

ований являются приборы и устройства, в том числе часть технического оборудования скважины, которые обеспечивают бесперебойную и достоверную передачу информации с забоя на устье. Методы исследований и вопросы метрологического обеспечения геофизического оборудования подробно рассмотрены авторами монографии [1] под редакцией А.А. Молчанова.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ особенностей конструктивного оформления скважины, оборудованной штанговым глубинным насосом, как объекта для создания эффективного канала связи, показал следующее. Схематичное изображение скважины, оснащенной штанговой скважинной насосной установкой, представлено на рис. 2. На схеме явно видно, что колонна труб НКТ и штанговая колонна, выполненные из высококачественного электропроводящего материала, могут при определенных условиях исполнять роль элементов двухпроводного канала связи между устьем и забоем скважины.

Теоретические расчеты и экспериментальные исследования [5, 6] показали возможность реализации бескабельного канала связи на скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосными установками. Авторами предложен и запатентован способ передачи информации по электромагнитно-

му каналу связи, а также устройство для его осуществления, в котором в качестве линии связи предложено использовать колонны штанг и насосно-компрессорных труб. Передача информации по каналу связи осуществляется при помощи устройства, состоящего из погружного модуля, наземного блока и колонны НКТ и колонны штанг, которые служат линией связи.

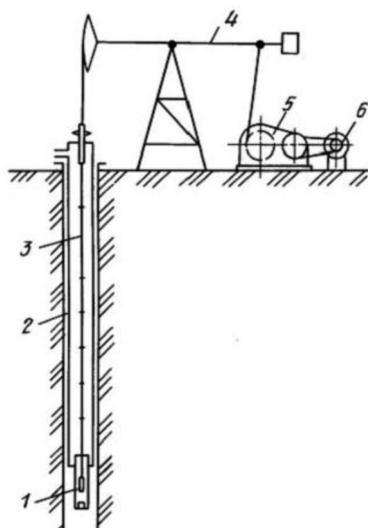


Рис. 2. Схематическое изображение скважины, оснащенной ШСНУ: 1 – насос; 2 – колонна НКТ; 3 – штанговая колонна; 4 – станок-качалка; 5 – редуктор; 6 – двигатель

Принципиальная схема канала связи мониторинга СШНУ с гальваническим каналом связи для передачи скважинной информации представлена на рис. 3. Погружной модуль располагается в непосредственной близости от приема скважинного насоса и состоит из электронного блока с батареями питания, а также датчиками измерений температуры и давления, электронную плату с блоками процессорной обработки, памяти и передачи информации в наземную

станцию управления по гальваническому каналу связи. В задачи электронного блока входит проведение сеансов измерений давления и температуры, осуществление записи значений измеряемых параметров во внутреннюю память и передача информации на устье скважины по каналу связи.

Для этого погружной модуль содержит разделитель, который создает большое сопротивление между верхним участком НКТ и нижним (расположенным ниже разделителя), и ключ, который может «замкнуть» (резко уменьшить сопротивление) верхний и нижний участок НКТ.

Передача информации на устье скважины осуществляется путем замыкания и размыкания ключа в соответствии с передаваемой информацией и используемым методом кодирования. Наземный блок связи с погружным модулем обеспечивает декодировку передаваемого погружным модулем сигнала и передачу информации на контроллер блок контроля и управления СШНУ по интерфейсу «RS485», используя протокол «ModbusRTU».

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований, выполненных для обоснования возможности применения бескабельного гальванического канала связи на скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосными установками, были сформированы предварительные параметры и характеристики (таблица) опытно-экспериментального образца комплекса по передаче данных с забоя на устье, предназначенного для контроля в режиме реального времени за такими параметрами, как температура и давление. Комплекс должен состоять из наземного блока и погружного модуля. По воздействию механическим и климатическим факторам в соответствии с требованиями ГОСТ 26116-84 погружной модуль относится к группе МС 2-1, КС 4-2, наземный блок – к группе МС1, КС Г.

Основные параметры и характеристики измерительно-информационного комплекса

Наименование	Размерность	Значение
Давление (диапазон измерения)	МПа	0–10
Температура (диапазон измерения)	°С	5–45
Абсолютная погрешность измерения температуры	%	±0,5
Разрешающая способность от верхнего предела (по давлению)	МПа	0,00002
Разрешающая способность (по температуре)	°С	0,03
Период непрерывной работы	сут.	500
Рабочая температура	°С	45
Гидростатическое давление	МПа	20

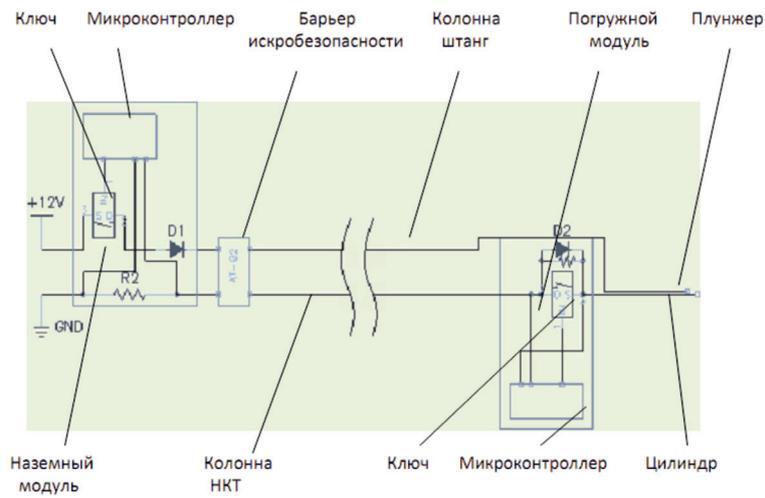


Рис. 3. Принципиальная схема канала связи

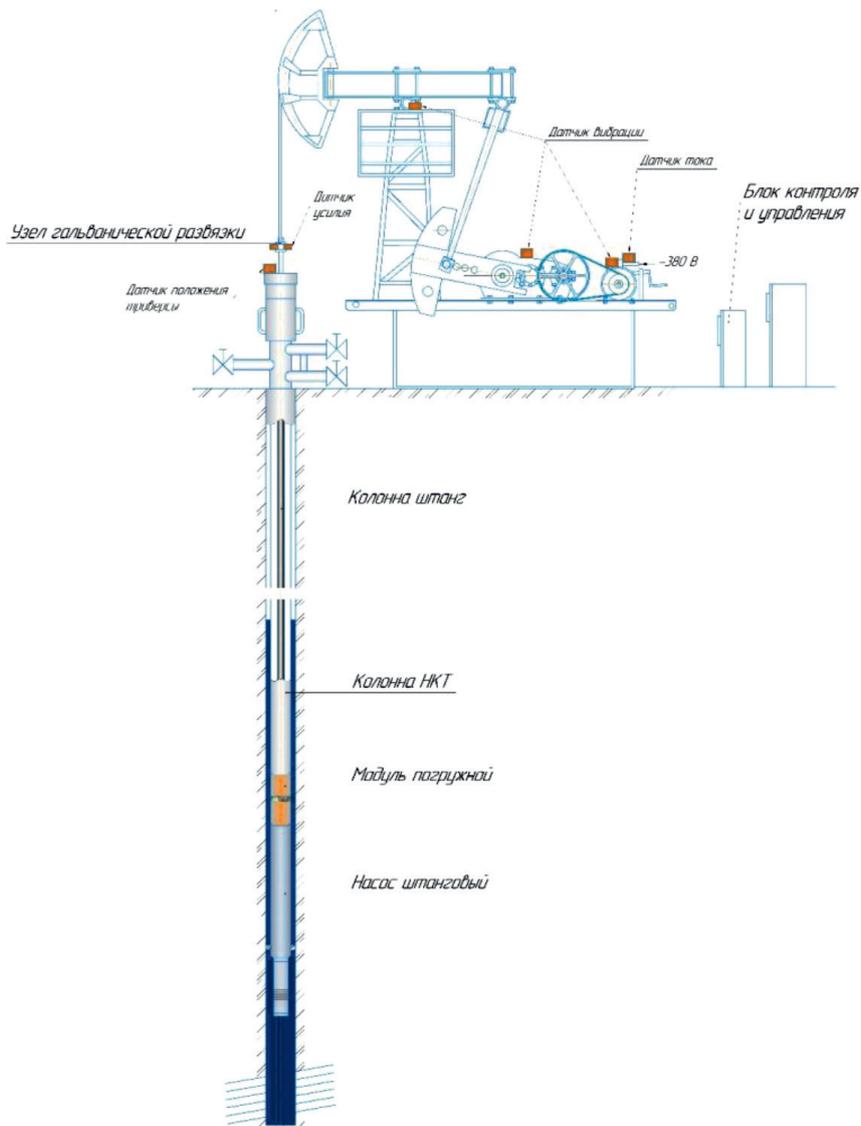


Рис. 4. Компонетка ШСНУ со станцией мониторинга с гальваническим каналом связи

Передача информации по гальваническому каналу связи осуществляется при помощи комплекса, состоящего из погружного модуля, наземного блока и колонны НКТ и колонны штанг, которые служат линией связи.

Общий вид станции мониторинга СШНУ с гальваническим каналом связи для передачи скважинной информации представлен на рис. 4. Погружной модуль располагается в непосредственной близости от приема скважинного насоса и состоит из электронного блока с батареями питания, а также датчиками измерений температуры и давления, электронной платы с блоками процессорной обработки, памяти и передачи информации в наземную станцию управления по гальваническому каналу связи.

Узел гальванической развязки из изоляционных втулок обеспечивает электрическое разобщение полированного штока с колонной штанг от остальных частей наземного оборудования станка-качалки. Наземный модуль гальванического канала связи обеспечивает прием и обработку данных с погружного модуля.

Заключение

Проведено научное и техническое обоснование возможности передачи информации с забоя на устье скважины, оснащенной ШСНУ, по каналу связи, состоящему из колонны штанг и колонны НКТ.

Разработан и технически реализован информационно-измерительный комплекс, позволяющий осуществлять контроль основных технологических параметров скважин, оборудованных штанговыми глубинными насосами. Опытные промышленные испытания информационно-измерительного комплекса подтвердили возможность организации бескабельного канала связи в скважинах.

Список литературы / References

1. Абрамов Г.С., Барычев А.В., Камнев Ю.М., Молчанов А.А., Сараев А.А., Сараев А.Н. Опыт эксплуатации и перспективы развития забойных инклинометрических систем с электромагнитным каналом связи // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2001. № 1–2. С. 23–26.

Abramov G.S., Barychev A.V., Kamnev Yu.M., Molchanov A.A., Saraev A.A., Saraev A.N. operational Experience and prospects for the development of bottom-hole inclinometric systems with an electro-magnetic communication channel // Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti. 2001. № 1–2. P. 23–26 (in Russian).

2. Молчанов А.А., Абрамов Г.С. Бескабельные измерительные системы для исследований нефтегазовых скважин (теория и практика). М.: ВНИИОЭНГ, 2004. 516 с.

Molchanov A.A., Abramov G.S. cable-Less measuring systems for oil and gas well research (theory and practice). М.: VNIIOENG, 2004, 516 p. (in Russian).

3. Рыжанов Ю.В., Ковалев А.Е. Способ формирования пакетов данных измерений бескабельной телеметрической системы в процессе бурения скважины разделитель скважинного прибора телеметрической системы // Патент РФ № 2394257. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «БИТАС». 2010. Бюл. № 19.

4. Чупров В.П., Бельков А.В., Мишин Ю.С., Шибанов С.Н. Результаты изучения затухания сигнала в электромагнитном канале связи // Каротажник. 2011. № 5 (203). С. 11–16.

Chuprov V.P., Belkov A.V., Mishin Yu.S., Shibanov S.N. Results of studying signal attenuation in an electro-magnetic communication channel // Logotazhnik. 2011. № 5 (203). P. 11–16 (in Russian).

5. Галеев А.С., Арсланов Р.И., Ермилов П.П., Кузьмин И.А. Контроль технического состояния ШСНУ в процессе периодической эксплуатации // Нефтегазовое дело. 2012. № 1. С. 24–29.

Galeev A.S., Arslanov R.I., Ermilov P.P., Kuzmin I.A. Control of the technical condition of the SSNU during periodic operation // Neftegazovoye delo. 2012. № 1. P. 24–29 (in Russian).

6. Галеев А.С., Григорьев В.М., Арсланов Р.И., Ермилов П.П. О возможности применения беспроводного гальванического канала связи на скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосами // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2012. № 4 (7). С. 44–48.

Galeev A.S., Grigoriev V.M., Arslanov R.I., Ermilov P.P. Possible application of wireless galvanic communication channel at the wells equipped with deep bottom hold-down pumps // Modern fundamental and applied research. 2012. № 4 (7). P. 44–48 (in Russian).

УДК 504.06

СОЦИАЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

¹Жиреева-Гененко И.А., ¹Лопина Е.М., ¹Белюсова Л.И.,

¹Митряйкина А.М., ²Гончарова Л.С.

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: genenko@bsu.edu.ru;

²МОУ «Пролетарская средняя общеобразовательная школа № 1» Ракитянского района
Белгородской области, Белгородская область, пос. Пролетарский, e-mail: lyudmila-78g@yandex.ru

Статья является продолжением серии авторских публикаций, посвященных исследованию региональных особенностей сельских территорий с позиции социально-географических параметров природопользования. При изучении сельских территорий большая роль отводится выявлению пространственных и временных взаимосвязей, ландшафтных комплексов, социально-экономических систем. В работе представлены географические и социальные аспекты природопользования Солдатской сельской территории, которая расположена на юге Ракитянского района Белгородской области. В состав Солдатского сельского поселения входят три населенных пункта. Численность населения составляет 1075 чел. Исследование географических и социальных аспектов природопользования населения сельской территории проведено по авторской методике, которая основывается на традиционных методах сбора геосоциальной информации. Респондентам из числа жителей Солдатского сельского поселения предлагалось ответить на вопросы анкеты, связанные с посещением природных и культурных объектов. Анкета включает две части: первая часть – наблюдаемый жителями пейзаж, и вторая часть посвящена изучению природопользования. Для ознакомления с объектом исследования изучено административно-территориальное устройство Ракитянского района и Солдатского сельского поселения, составлена визитная карточка исследуемой территории. Дана общая оценка социальных аспектов и общей геоэкологической обстановки Солдатской сельской территории Ракитянского района Белгородской области. В ходе исследования установлены доминирующие виды природопользования, ареалы природопользования, анализ пространственных и временных характеристик жителей Солдатского сельского поселения, распределение видов общественного природопользования среди респондентов. Дано описание распределения земель по видам пользования Солдатской сельской территории. На основании полученных данных составлены картосхемы, на которых отмечено назначение земель сельской территории, нанесены ареалы и виды общественного природопользования.

Ключевые слова: социально-географические параметры, природопользование, жизненная среда, комфортность среды, сельская территория, Белгородская область

THE SOCIAL-GEOGRAPHICAL ASPECTS OF NATURE MANAGEMENT IN RURAL AREAS

¹Kireeva-Genenko I.A., ¹Lopina E.M., ¹Belousova L.I.,

¹Mitryaykina A.M., ²Goncharova L.S.

¹Belgorod National Research University, Belgorod, e-mail: genenko@bsu.edu.ru;

²Proletarian secondary school № 1 of Rakityansky district, Belgorod region,
village Proletarsky, e-mail: lyudmila-78g@yandex.ru

This article is a continuation of a series of author's publications devoted to the study of regional features of rural territories from the perspective of social-geographical parameters of nature management. When studying rural areas, a large role is assigned to the identification of spatial and temporal relationships, landscape complexes, and social-economic systems. The paper presents the geographical and social aspects of environmental management of the Soldier rural territory, which is located in the South of the Rakityansky district in the Belgorod region. Part of the Soldier's rural settlement consists of three settlements. The population of 1075 people. The study of geographical and social aspects of environmental management of the population of rural areas was conducted using the author's methodology, which is based on traditional methods of collecting geosocial information. Respondents from among the residents of Soldatsky rural settlement were asked to answer questions related to visiting natural and cultural sites. The questionnaire consists of two parts: the observed landscape by residents and the second part is devoted to the study of nature management. To get acquainted with the object of research, the administrative and territorial structure of the Rakityansky district and Soldatsky rural settlement was studied, and a business card of the studied territory was compiled. A General assessment of the social aspects and General geo-ecological situation of the Soldier's rural territory of the Rakityansky district of the Belgorod region is given. In the study, the dominant species of wildlife, habitats natural resources, the analysis of the spatial and temporal characteristics of the residents of the Soldiers' rural settlement, the distribution of public environmental management among the respondents. The description of the distribution of land by type of use of Soldiers' rural territory is given. On the basis of the obtained data, maps have been compiled that indicate the purpose of rural land, areas and types of public nature use.

Keywords: social-geographical parameters, nature management, living environment, comfort of the environment, rural territory, Belgorod region

Каждая региональная территория в своем роде уникальна, и изучение элементов территориального устройства с позиции со-

циального, экологического, экономического состояния представляет собой как научный, так и практический интерес.

Стратегия развития, создание условий для устойчивого развития сельских территорий является одной из важнейших задач в настоящее время и приобретает большую актуальность возможности развития сельских территорий, как более экологически благоприятных мест для места жительства человека.

Сельские территории обладают мощным природным, демографическим, экономическим и историко-культурным потенциалом, который обеспечивает устойчивое развитие и качество жизни сельского населения.

Согласно Федеральному закону Российской Федерации от 6 октября 2003 г. «Сельское поселение» – один или несколько объединенных общей территорией сельских населенных пунктов (поселков, сел, и других сельских населенных пунктов), в которых местное самоуправление осуществляется населением непосредственно и (или) через выборные и иные органы местного самоуправления [1].

Сельские населенные пункты являются одним из важнейших элементов территориального устройства региона, которое отражает особенности хозяйственной деятельности, природных условий, социального, демографического, исторического и культурного развития региона в целом. Изучение сельской территории в пространственном отношении включает позиции своеобразия ландшафта, возможности его развития и использования [2–4].

Цель исследования: изучение социально-географических аспектов природопользования на территории Солдатского сельского поселения Ракитянского района Белгородской области.

Материалы и методы исследования

Методологической базой исследования послужили труды ведущих отечественных и зарубежных ученых в области геоэкологических и геосоциальных исследований. Для решения поставленной цели использовались следующие методы: сравнительно-географический; картографический; районирования; статистико-математический; социологический – массовые опросы были организованы в форме анкетирования и послужили основой работы [5, 6]. Исходной информацией явились архивные и библиотечные фонды администрации Солдатского сельского поселения, материалы, собранные в ходе проведения социологического исследования жителей сельского поселения [7–9].

Результаты исследования и их обсуждение

На юге Ракитянского района Белгородской области расположено Солдатское сельское поселение. В состав поселения входят три села: Солдатское, Русская и Новая Березовка. Административным центром является с. Солдатское, расположенное в 25 км от районного центра п. Ракитное и в 82 км от г. Белгорода. По отношению к районному центру имеет периферийное положение.

В настоящее время численность населения Солдатского сельского поселения составляет 1075 человек. Демографическая ситуация в Солдатском сельском поселении находится на низком уровне, о чем свидетельствуют данные администрации. Уровень смертности значительно превышает уровень рождаемости, кроме этого большое влияние оказывает отток местного населения (вдвое больше количества прибывших и зарегистрированных по месту пребывания) [8, 9].

Возрастная структура населения составляет 51,9% трудоспособного возраста, из них работающих – 33%, не работающие 11%, студентов 4%, пенсионеров 3,9%.

Характеризуя возрастную структуру населения, можно сделать вывод, что численность работающего населения увеличилась. Из работающего населения преобладает мужская половина, большинство занятого населения не имеют образования, что в значительной мере сказывается на сфере занятости населения. Основная часть трудоспособного населения работает на территории района.

Основным сектором экономики Солдатского сельского поселения является агропромышленный комплекс ООО «Белгранкорм-Холдинг»: структурное подразделение агрохолдинга «БЭЗРК-Белгранкорм» свиноводческий комплекс «Ракитянская свинина – 1» и структурное подразделение агрохолдинга «БЭЗРК-Белгранкорм» производство «Семхоз Ракитянский» – мини-завод по сушке зерна [8, 9].

В сельском поселении созданы все условия устойчивого развития малого предпринимательства, зарегистрировано 15 индивидуальных предпринимателей, которые представляют приоритетные отрасли и виды деятельности на территории поселения.

Образование в сельском поселении представлено муниципальным образовательным учреждением «Солдатская средняя общеобразовательная школа» (с. Солдатское). При школе функционирует группа

дошкольного образования. На территории школы расположен самостоятельный земельный участок площадью 2,2 га.

На территории поселения располагаются две спортивные площадки, спортивный зал Солдатской школы и Русско-Березовской школы для занятий спортом. Работают футбольные, волейбольные, баскетбольные секции.

На территории сельского поселения действуют два сельских дома культуры (СДК): Солдатский СДК и Русско-Березовский СДК. Учреждения культуры во многом определяют культурную, духовную жизнь сельского поселения, являются местом общения, информационным полем, центром развития и реализации творческих способностей населения. Излюбленным местом населения является Солдатская библиотека, которая оснащена современным компьютерным оборудованием с выходом в интернет.

На территории с. Русская Березовка расположен Марфо-Мариинский женский монастырь.

Медицинское обслуживание населения сельского поселения осуществляется силами медицинских работников Солдатского и Русско-Березовского ФАП.

В сельском поселении успешно реализуются программы жилищного строительства. С 2010 г. на территории сельского поселения ООО «Белгранкорм» реализуется пилотный проект застройки жилого микрорайона для своих работников.

В рамках проекта «Зеленая столица» по направлению: «сплошное облесение эрозионно опасных участков» администрацией поселения произведено облесение участков площадью 57,8 га. Силами работников организаций и обучающихся школ высажено 193000 саженцев на площади 84,5 га [8, 9].

На территории сельского поселения в 1 км от села Солдатское расположен пруд в урочище «Становское» – водохранилище, в водах которого обитают ценные породы рыб. Водоохранилище относится к категории ООПТ: государственный природный заказник общей площадью 18,000 га, образован в 1991 г. с присвоением статуса – действующего регионального значения. На берегу водохранилища располагается детский оздоровительный лагерь «Гайдар».

Рекреационные ресурсы представлены благоустроенным парком, ежегодно территория парка обновляется новыми архитектурными формами, чем и привлекает внимание жителей. Есть и рекреационная зона на берегу Солдатского водохранилища.

Достопримечательности на территории Солдатского сельского поселения представлены памятниками культуры [8, 9].

Для изучения геоэкологических и социальных аспектов, социально-географических параметров природопользования, экологической ситуации и особенностей Солдатского сельского поселения нами было проведено анкетирование местного населения [10–12]. В исследовании приняли участие 225 респондентов, из них мужского населения 40,9% и женского – 133 (59,1%). Преобладающее число респондентов русской национальности, и лишь 10% опрошенных имеет другую национальность.

Также немаловажным показателем является длительность проживания респондентов на изучаемой территории. В результате обработки анкет было установлено, что на данной территории проживает 48% коренного населения, 22% – местного и лишь 19% – это приезжее население, 11% опрошенных не ответили на данный вопрос анкеты. На вопрос, где бы они хотели жить, преобладающее большинство (32%) выбрало сельскую местность, что непосредственно связано с социальным статусом населения, а это пенсионеры; 30% респондентов предпочло пригород, и 12% хотели бы жить в городе, к ним относятся молодое население и приезжие жители, которые большую часть своей жизни прожили в городе с хорошо развитой инфраструктурой.

Ряд вопросов анкеты был посвящен уровню образования и социальному статусу респондентов, проживающих на исследуемой территории. Соотношение по уровню образования населения: среднее 21%, среднее специальное 43%, н/среднее 20%, н/высшее 1%, высшее 15%. Социально-профессиональный статус опрошенного населения Солдатского сельского поселения распределился следующим образом: учащиеся 12%, служащие 13%, студенты 7%, пенсионеры 23%, рабочие 24%, другие 21%.

На вопрос анкеты: «Какое природное окружение вам вспоминается с детства? Или какой наблюдаемый пейзаж из окна?» большинство респондентов ответили, что наблюдаемый пейзаж из окна более ярок в памяти, чем природное окружение, которое их окружало с детства: просторы (10%), лес (15%), сады (14%), пруд (18%), незначительное число отметили дома (10%), реку (7%), другую растительность (9%), двор (2%) и другую рельеф (15%). В наблюдаемом пейзаже можно отметить, что большинство опрошенных респондентов выделяют: дома (15%),

просторы (8%), лес и сад (10%), огород (19%), пруд (2,5%) и другую растительность (10%). Большая часть респондентов сказали, что им нравится пейзаж, наблюдаемый из окна комнаты – 49%, затруднились ответить на данный вопрос 18% и 4% не нравится вид, наблюдаемый из окна.

Вторая часть анкеты была посвящена природопользованию. Отвечая на вопросы, респонденты отмечали те виды деятельности, которые преобладают в данном поселении и связаны с природными объектами, находящимися на территории исследуемых сел. В ходе обработки анкет и анализа карт сельского поселения мы разделили все природные объекты на пашни, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, земли промышленности, земли гослесфонда и земли

запаса. Кроме того, на территории поселения наблюдается деление земель по видам пользования (рис. 1).

На территории сельского поселения представлен обширный перечень используемых населением видов общественного природопользования. В основном сбор грибов (45%), приусадебное хозяйство (45%), купание в водоеме (45%), рыбалка (23%), сбор трав (22%), сбор ягод (18%), сенокос (18%), отдых в лесу (16%), выпас скота (12%), прогулка (3%) и охота (1%). Занятие тем или иным видом природопользования среди респондентов отражено на рис. 2, где видно, что наибольшей популярностью среди населения пользуется такой вид природопользования, как сбор грибов, купание в водоеме и приусадебное хозяйство.

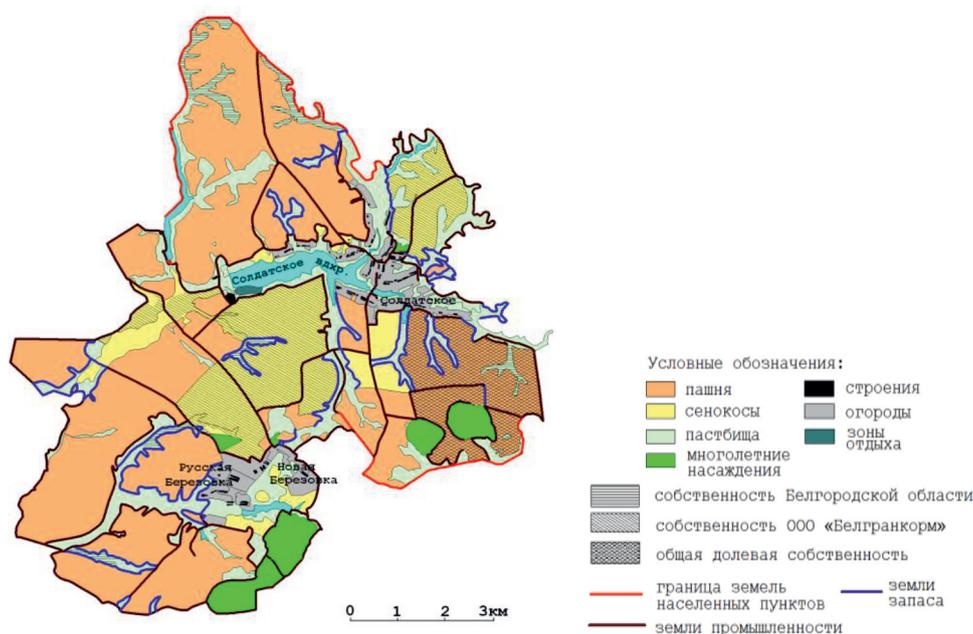


Рис. 1. Распределение земель по видам пользования Солдатского сельского поселения

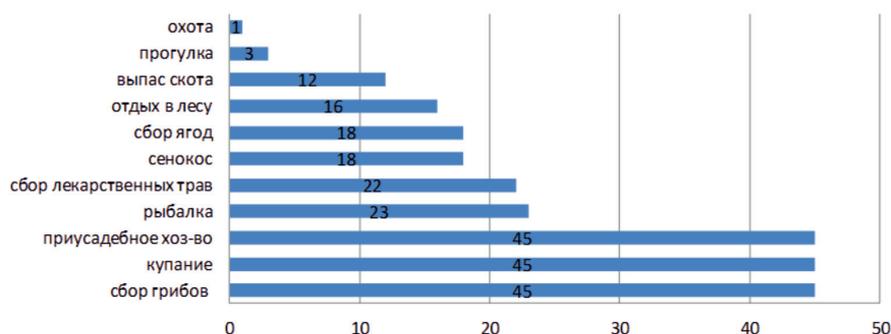


Рис. 2. Распределение видов общественного природопользования среди респондентов Солдатского сельского поселения, %

Для сбора грибов жители поселения используют урочище Березовский лес, который в осенний период богат грибами. На территории расположено большое количество логов, усаженных соснами, именно здесь жители собирают летом грибы маслята, рыжики. По оврагам и балкам собирают ягоды (лесную клубнику, землянику), лекарственные травы (чабрец, зверобой, мать-и-мачеха и др.) Для купания и отдыха жители сел используют в основном два пруда: Березовский пруд и Солдатское водохранилище. Но все-таки традиционным видом природопользования для селян является приусадебное хозяйство, поскольку большую часть времени, начиная с ранней весны и заканчивая поздней осенью, они проводят на своих участках, занимаясь овощеводством, садоводством. Рыбалкой занимается в основном мужская часть населения (23%), которые предпочитают ловить рыбу в Бере-

зовском пруду, который богат карасем, окунем, карпом и привлекает к себе не только любителей рыболовов. В последнее время прослеживается тенденция сокращения поголовья скота по подворьям, что повлияло на такой вид природопользования, как сенокос (18%) и выпас скота (12%). Охоту предпочитает всего лишь 1% населения. На территории сельского поселения в урочище Дегтярное и Чинское разводят диких кабанов и оленей, и, поскольку данная территория находится в аренде и охраняется, для занятия охотой на данной территории необходимо приобретать лицензию, а учитывая низкий материальный уровень селян, этот вид природопользования пользуется меньшей популярностью. Таким образом, отмечено многообразие видов природопользования, но вместе с тем наблюдается сокращение всех видов природопользования, кроме рекреационных.

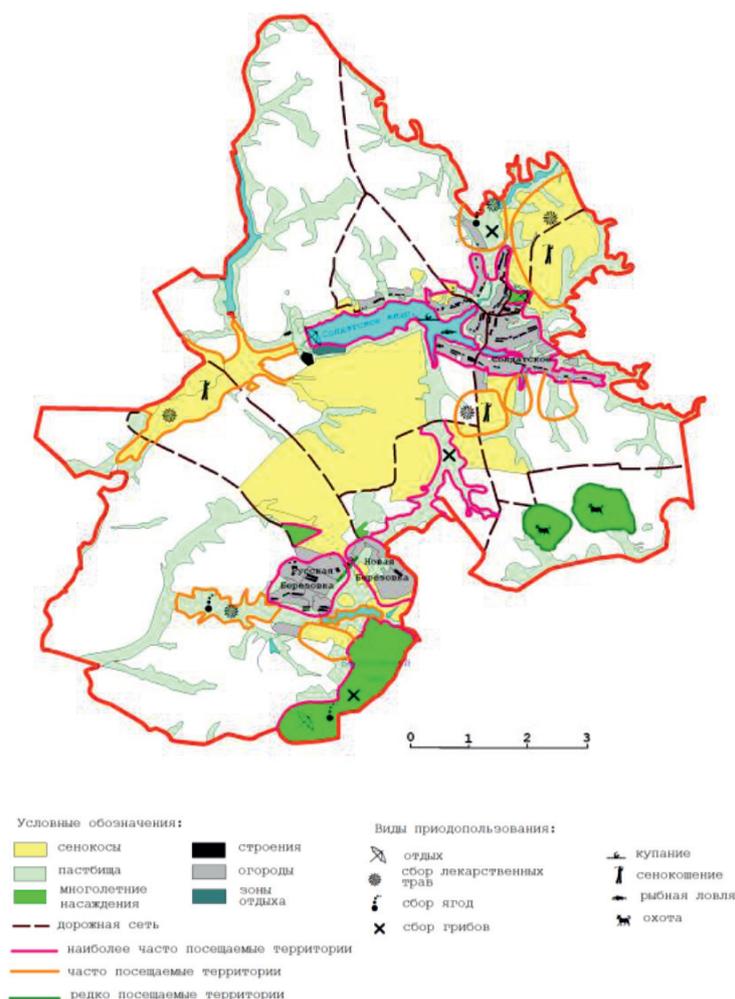


Рис. 3. Ареалы и виды природопользования жителей Солдатского сельского поселения

Анализ пространственно-временных характеристик ареалов показал, что средний радиус ареалов (3,5 км) посещаемых территорий находится примерно на одинаковом удалении от места проживания сельчан, это связано с большой протяженностью поселения, особенностями труда и быта жителей, а также расположением природных объектов, привлекающих внимание жителей. На основе полученных результатов была составлена картосхема «Ареалы и виды природопользования жителей Солдатского сельского поселения» (рис. 3).

Заключение

В последние годы заметно возрастает роль несельскохозяйственных видов природопользования в сельской местности: различные формы рекреационного природопользования, сельский туризм и промысловые занятия. В ходе исследования была апробирована авторская методика и проведено выборочное социологическое исследование среди жителей Солдатской сельской территории. Установлены доминирующие виды природопользования среди опрошенных нами респондентов: наиболее часто посещаемые природные объекты: Солдатское водохранилище (купание 26,2%, рыбалка 9,3%), Березовский лес (сбор грибов 8,4%, сбор ягод 2,4%), территория населенных пунктов (приусадебное хозяйство 27,2%); к часто посещаемым объектам по результатам анкетирования мы отнесли: сенокосы (сенокос 4,3%, сбор лекарственных трав 2,6%), пашни (сбор лекарственных трав 2,6%, сбор ягод 2,4%); к редко посещаемым территориям жители отнесли: ур. Чинское и ур. Дегтярное (занятие охотой 0,5%).

Живописная природа, богатые лесные и водные ресурсы, которые сохранились в сельской глубинке, благоприятная экологическая обстановка, отсутствие крупных промышленных и агропромышленных предприятий на территории Солдатского сельского поселения создают благоприятные условия для развития рекреационных зон.

Результаты, полученные в ходе исследования, могут представлять интерес для органов местного самоуправления и экологических служб района, при проектировании рекреационной и иной хозяйственной деятельности, а также при планировании природоохранных мероприятий. Материалы исследования, могут быть использованы, как краеведческий материал.

Список литературы / References

1. Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 24.04.2020) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <https://http://www.consultant.ru/document/cons> (дата обращения: 29.04.2020).

Federal law of 06.10.2003 № 131-FZ (ed. from 24.04.2020) «On General principles of the organization of local self-government in the Russian Federation». [Electronic resource]. URL: <https://http://www.consultant.ru/document/cons> (date of access: 29.04.2020) (in Russian).

2. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Чендев Ю.Г., Петина В.И. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. Белгород: КОНСТАНТА, 2018. 200 с.

Kornilov A.G., Petin A.N., Chendev Yu.G., Petina V.I. Geographical Atlas of the Belgorod region: nature, society, economy. Belgorod: CONSTANTA, 2018. 200 p. (in Russian).

3. Демиденко Г.А. Ландшафтоведение: учеб. пособие. Красноярск, 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kgau.ru/new/student/43/content/11.pdf> (дата обращения: 29.04.2020).

Demidenko G.A. landscape Studies: textbook. Manual. Krasnoyarsk, 2018. [Electronic resource]. URL: <http://www.kgau.ru/new/student/43/content/11.pdf> (date of access: 29.04.2020) (in Russian).

4. Николаев В.А. Эстетическое восприятие ландшафта // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 1999. № 6. С. 10–15.

Nikolaev V.A. Esthetic perception of the landscape // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. 1999. № 6. P. 10–15 (in Russian).

5. Бутенко И.А. Анкетный опрос как общение социолога с респондентами. М.: Высшая школа, 1989. 322 с.

Butenko I.A. Questionnaire survey as a sociologist's communication with respondents. M.: Vysshaya shkola, 1989. 322 p. (in Russian).

6. Добренков В.И., Кравченко А.И. Методы социологического исследования: учебник. М.: ИНФРА-М, 2013. 768 с.

Dobrenkov V.I., Kravchenko A.I. Methods of sociological research: textbook. M.: INFRA-M, 2013. 768 p. (in Russian).

7. Архивный отдел Администрации муниципального района «Ракитянский район». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rusarchives.ru/state/belgorodskaya-oblast/rakityanskiy-rayon> (дата обращения: 29.04.2020).

Archive Department Of the administration of the municipal district «Rakityansky district». [Electronic resource]. URL: <http://www.rusarchives.ru/state/belgorodskaya-oblast/rakityanskiy-rayon> (date of access: 29.04.2020) (in Russian).

8. Официальный сайт органов местного самоуправления муниципального района «Ракитянский район» Белгородской области [Электронный ресурс]. URL: <http://rakitnoeadm.ru/o-poselenii/poseleniya/soldatskoe-selskoe-poselenie/> (дата обращения: 29.04.2020).

Official site of local self-government bodies of the municipal district «rakityansky district» of the Belgorod region [Electronic resource]. URL: <http://rakitnoeadm.ru/o-poselenii/poseleniya/soldatskoe-selskoe-poselenie/> (date of access: 29.04.2020) (in Russian).

9. Солдатское сельское поселение. [Электронный ресурс]. URL: <https://http://rakitinfo.ru/s-soldatskoe> (дата обращения: 29.04.2020).

Soldatskoe rural settlement. [Electronic resource]. URL: <https://http://rakitinfo.ru/s-soldatskoe> (date of access: 29.04.2020) (in Russian).

10. Гененко И.А., Корнилов А.Г., Зинькова Е.В. Изучение общественного природопользования жителей села Кураковка Ивнянского района Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2010. № 15 (86). С. 145–150.

Genenko I.A., Kornilov A.G., Zinkova E.V. Study of public environmental management of residents of the village of

Kurasovka of the Ivnyansky district of the Belgorod region // Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2010. № 15 (86). P. 145–150 (in Russian).

11. Киреева-Гененко И.А., Сенькина А.А. Промежуточные результаты изучения общественного природопользования на примере Корочанского района Белгородской области // Научный взгляд на современное общество: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2015. С. 131–132.

Kireeva-Genenko I.A., Senkina A.A. Interim results of the study of public nature management on the example of the Korochansky district of the Belgorod region // Nauchnyy vzglyad na sovremennoye obshchestvo: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa: OMEGA SCIENCE, 2015. P. 131–132 (in Russian).

12. Киреева-Гененко И.А., Лопина Е.М., Белоусова Л.И., Бочковская А.Г., Петина В.И. Социально-географические аспекты изучения общественного природопользования сельских населенных пунктов Белгородской области (на примере Центрального сельского поселения Ракитянского района) // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/111-10462> (дата обращения: 29.04.2020).

Kireeva-Genenko I.A., Lopina E.M., Belousova L.I., Bochkovskaya A.G., Petina V.I. Socio-geographical aspects of studying the public nature management of rural localities in the Belgorod region (on the example of the Central rural settlement of the Rakityansky district) // Modern problems of science and education. 2013. № 5. [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/111-10462> (date of access: 29.04.2020) (in Russian).

УДК 504.455:504.062:574.63

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА В ЗОНЕ ОТДЫХА «МУХИНСКОЕ ОЗЕРО» ГОРОДА БОРА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Козлов А.В., Вершинина И.В.

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

В статье рассмотрены результаты эколого-химического анализа проб воды, отобранных весной 2020 г. из природно-техногенного водного объекта природного комплекса «Мухинское озеро» Борского района Нижегородской области. Данный водоем, поначалу имеющий естественное происхождение, в силу чрезмерных антропогенных факторов (перепланировка, иссушение, гидроизоляция, искусственная водная подпитка, механические и химические обработки) претерпел существенные изменения и подвергся эвтрофикации. В настоящее время планируются дополнительные берегоукрепительные и иные планировочные мероприятия в рамках проекта «Формирование комфортной городской среды», направленные на благоустройство его акватории и местной территории. Однако вследствие указанного выше техногенного вмешательства биохимический режим водоема был нарушен, степень которого рассматривается в настоящей работе. Так, на фоне достаточно высокого содержания полифосфатов в водах озера (от 31 % до 45 % ПДК), в них были установлены завышенные концентрации аммонийного азота (от 0,36 до 2,50 ПДК) и существенное превышение допустимой концентрации в отношении содержания нитратного азота – от 26 до 86 ПДК. Кроме того, в водах Мухинского озера были установлены достаточно высокие концентрации хлоридов, сульфатов и общего железа, по последнему из которых было установлено превышение ПДК на 20-80 %. На фоне высокого содержания в водах растворенного кислорода процессы окисляемости были очень сильно выражены – завышение уровня показателя ХПК составляло от 9,8 до 12,8 ПДК. Очевидно, что на момент отбора проб воды озера характеризовались избыточным накоплением легкоразлагаемого азотсодержащего органического вещества, которые подвергались частичной минерализации. Единственным положительным моментом остается удовлетворительное содержание растворенного кислорода в водах (от 0,85 до 2,10 ДК), что отчасти может гарантировать постепенную нейтрализацию в них органических экотоксикантов. Для реализации комплексного подхода к решению инженерно-технических и экологических задач рассматриваемого водного объекта необходимо активно внедрять реабилитационные мероприятия по самовосстановлению озера.

Ключевые слова: природно-техногенный водоем, антропогенное нарушение акватории, пресные озерные воды, экологическое состояние воды, эвтрофикация, самоочищение и благоустройство территории водоема

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF MAN-MADE CONDITIONS TRANSFORMED WATER OBJECT IN RECREATION AREA «MUKHINSKY LAKE» OF THE BOR CITY OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Kozlov A.V., Vershinina I.V.

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

The article considers the results of ecology-chemical analysis of water samples, taken in spring 2020 from the natural-man-made water object of the natural complex «Mukhinsky Lake» of the Borsky district of the Nizhny Novgorod region. This body, initially of natural origin, has undergone significant changes and eutrophication due to excessive anthropogenic factors (redevelopment, desiccation, waterproofing, artificial water feed, mechanical and chemical treatments). At present, additional coastal strengthening and other planning measures are planned within the framework of the project «Formation of a comfortable urban environment», aimed at improving its water area and local territory. However, due to the above-mentioned man-made intervention, the biochemical regime of the body of water has been disrupted, the extent of which is considered in the present work. Thus, against the background of a sufficiently high content of polyphosphates in the lake waters (from 31 % to 45 % of TLV), they were found to have excessive concentrations of ammonium nitrogen (from 0,36 to 2,50 TLV) and a significant excess of the permissible concentration with respect to nitrate nitrogen content – from 26 to 86 TLV. In addition, quite high concentrations of chlorides, sulphates and total iron were found in the waters of Mukhinsky Lake, the latter of which was found to exceed TLV by 20-80 %. Against the background of the high content of dissolved oxygen in the waters, the oxidability processes were very pronounced – the overestimation of the CCO value was from 9,8 to 12,8 TLV. It is obvious that at the time of sampling the water, the lakes were characterized by excessive accumulation of easily decomposable nitrogen-containing organic matter, which were subject to partial mineralization. The only positive point remains the satisfactory dissolved oxygen content in the waters (0,85 to 2,10 LV), which in part can guarantee the gradual neutralization of organic ecotoxicants in them. In order to implement an integrated approach to solving the engineering and environmental problems of the water body under consideration, it is necessary to actively introduce rehabilitation measures for the self-rehabilitation of the lake.

Keywords: natural and man-made water body, anthropogenic disturbance of water area, fresh lake waters, ecological state of water, eutrophication, self-cleaning and improvement of water body territory

Городская среда включает в себя ряд природно-антропогенных и антропогенных объектов, которые целенаправленно создаются человеком на ограниченной территории для удовлетворения социальных, культурных, бытовых и иных потребно-

стей. Кроме этого, в структуру городских территорий входят компоненты экологической инфраструктуры, такие как зеленые насаждения и водоемы, которые обеспечивают экологически устойчивое состояние городской среды, зачастую имея при этом и рекреационное значение [1; 2].

Однако стремительное развитие и увеличение площадей урбанизированных территорий, как правило, оказывает отрицательное влияние на экологическое состояние природных компонентов современных мегаполисов. Наличие среднего и высокого уровня концентраций экотоксикантов в водах рек и иных водных объектов, расположенных на урбанизированных территориях, связано с их высокой антропогенной нагрузкой хронического характера. В частности, в подобных условиях водоемы зачастую используют для сброса сточных вод, берега рек очень часто подлежат трансформации и застройке, русла рек искусственно изменяют и заключают в специальные коллекторы, что негативным образом сказывается на естественном экологическом фоне водных экосистем [3; 4].

Любой городской водный объект в условиях нерациональной эксплуатации и при отсутствии природоохранных мероприятий со временем утрачивает свой экологический статус и ландшафтно-рекреационное назначение, вследствие чего теряет устойчивость в результате ухудшения и деградации основных компонентов и характеристик водной экосистемы [5–7].

В настоящее время многие реки, пруды и озера, расположенные в городской черте, находятся в экологически неустойчивом и кризисном состоянии, ввиду чего применение только природоохранных мероприятий с целью стабилизации водных экосистем, как правило, уже недостаточно. Основным направлением в сфере поддержания качества водных бассейнов подобных городских экосистем является применение специальных современных инженерно-технических решений. В условиях города, при высоком уровне загрязняющих потоков в водные экосистемы, самовосстановительной способности водоемов зачастую недостаточно для переработки всего количества загрязняющих веществ, привносимых в водоемы с водосборной площади, из атмосферы и с грунтовыми водами. Поэтому при решении данных проблем необходим комплексный подход к решению инженерно-технических и экологических задач с целью реабилитации природных водных

экосистем, включающий предварительную экологическую оценку комплекса гидрохимических и гидробиологических свойств нарушенного объекта [8–10].

Цель настоящей работы состояла в оценке экологического состояния озера Мухинское как техногенно преобразованного водного объекта по данным гидрологических, биохимических и экотоксикологических показателей его вод вследствие осуществления работ по благоустройству городской зоны отдыха «Мухинское озеро».

Материалы и методы исследования

Исследования осуществлялись на техногенно преобразованном водном объекте – озере Мухинском, расположенном в центральной части г.о.г. Бор Нижегородской области. До начала работ по благоустройству территории (до мая 2018 г.) Мухинское озеро представляло собой естественный природный водоем, который являлся историческим памятником и достопримечательностью города. В связи с современной плотной застройкой центральной части г. Бор озеро Мухинское оказалось ограниченным с одной стороны монолитным железобетонным забором, а с противоположной стороны располагалась тропиноподобная сеть, соединяющая улицу Фрунзе и рыночную площадь. Берег озера плотно зарос ивой и кленом ясенелистным, дно водоема сильно заилено, а водная гладь озера замусорена преимущественно бытовыми отходами.

В 2018 г. в связи с началом реализации проекта «Формирование комфортной городской среды» в мае было начато благоустройство общественного пространства около Мухинского озера. В рамках осуществления 1-го этапа благоустройства были проведены следующие виды работ: формирование линии берега озера, углубление дна до проектной отметки – 73,5 см, и расчистка озера, а также организация ливневой канализации и обустройство пешеходной зоны из террасной пластиковой доски и брусчатки. В ходе выполненных работ чаша озера была расширена, углублена и перемещена на 10 метров в сторону дорожно-тропиноподобной сети, ближе к зданию рынка. Береговая линия озера в ходе реконструкции была изолирована с помощью шпунтового ограждения. Исходное природное ложе водоема вместе с ключами, питавшими озеро, были засыпаны щебнем, песком и привозным почвогрунтом. Вокруг вновь сформированного озера обустроено 5 железобетонных колодцев для приема сточных и дождевых

вод. Реконструированное озеро расположено ниже уровня проезжей части и колодцев ливневой канализации, ввиду чего все поверхностные воды с близлежащих территорий и колодцев (при их переполнении) стекают непосредственно в водоем.

В апреле 2019 г. Мухинское озеро обмелело, впоследствии проводилась неоднократная искусственная подпитка водоема с помощью водопроводной воды, которую закачивали в озеро посредством пожарного гидранта из водозаборного колодца, расположенного на территории местного рынка. В конце июля 2019 г. на дно водоема уложили гидроизоляцию, сверху разместили слой песка и вновь заполнили чашу водой из артезианской скважины, которую пробурили для систематической подпитки искусственного водного объекта.

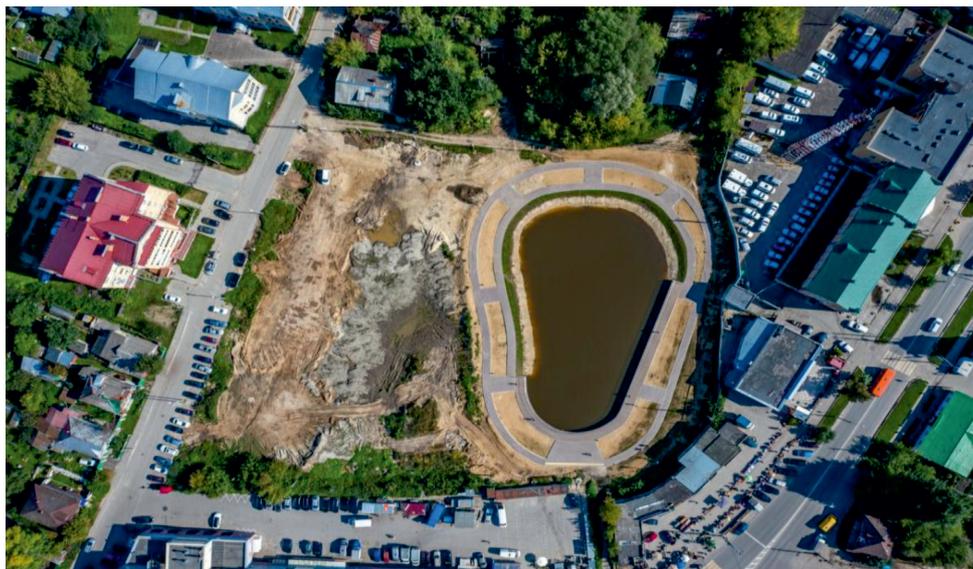
Через 7 дней после осуществления последних работ по благоустройству (начало августа 2019 г.), в озере начался интенсивный процесс эвтрофикации. Обильно цветущие водоросли удаляли с поверхности водоема механическим путем, затем в сентябре была осуществлена химическая обработка Мухинского озера. В весенне-летний период 2020 г. предполагается 2-я очередь благоустройства озера и территории вокруг него.

Для проведения оценки качественных и количественных показателей вод исследуемого водного объекта было выделено 4 точки, равномерно расположенные по периметру озера. Отбор проб воды был осуществлен однократно (14.03.2020 г.) в со-

ответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» при помощи батометра гидрологического БГ-1,0; пробы воды отбирали в пластиковые бутылки (2 л). Внешний вид и природно-территориальный комплекс Мухинского озера представлены на рисунке.

Лабораторный экологический анализ проб воды из озера проводился в течение первой недели после отбора проб на базе оборудования Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды НГПУ им. К. Минина.

В пробах воды определяли: общие гидрологические показатели (цветность – по Сг/Со шкале, запах при +60 °С, прозрачность – по шкале цилиндра Снеллена и мутность пересчетным способом); гидрохимические свойства (кислотность воды – потенциометрическим способом, общая жесткость – трилонометрическим титрованием, содержание аммонийной и нитратной формы азота – ионселективной ионометрией, содержание хлоридов и сульфатов – соответственно аргентометрией и йодометрией, содержание полифосфатов и общего железа – спектрофотометрией; гидробиологические свойства (содержание растворенного кислорода – йодометрия по Винклеру, ХПК – по перманганатной окисляемости воды, БПК – семисуточное). Аналитическая повторяемость – трехкратная. Статистическую обработку данных проводили методом вариационного анализа данных [11].



Внешний вид и природно-территориальный комплекс озера Мухинское города Бора Нижегородской области

**Результаты исследования
и их обсуждение**

В результате выполненных аналитических исследований показателей качества Мухинского озера было выявлено, что его воды характеризовались удовлетворительными свойствами (табл. 1).

Запах воды, определенный при повышенной температуре (+60 °С), характеризовался явным присутствием процессов гниения – по всем пробам имелись «Гнилостный», «Лекарственный» и «Химический» обонятельные признаки. Интенсивность запаха в среднем по всем пробам была на допустимом уровне. Аналогичным образом характеризовалась цветность воды озера – с явным наличием бурого и зелено-го оттенков проб, цветность которых также оказалась на уровне допустимых значений.

Прозрачность воды характеризовалась ниже оптимального (60 см столба Снеллена), что, очевидно, было обусловлено как

уровнем цветности, так и заметной мутностью. Последняя имела значительную степень вариабельности по точкам отбора проб (64%), что свидетельствовало о неравномерности толщи воды озера по процессам перемешивания и оседания иловых частиц.

Кислотность воды варьировала в пределах нейтральной реакции и была незначительной, а общая жесткость была повышена, заметно вариабельна и характеризовала воды озера как жесткие. В целом относительно общих свойств воды нужно сказать, что Мухинское озеро не обладало избыточной кислотностью, однако его условно непроточный характер явился результатом неравномерной взмученности и жесткости.

Общие гидрохимические свойства воды рассматриваемого водоема показаны в табл. 2. Отличительной выявленной особенностью явились значительные концентрации биогенных элементов – растворимых форм азота и фосфора.

Таблица 1

Органолептические и обобщенные показатели качества воды природно-техногенного водоема «Мухинское озеро» (Нижегородская область, 2020 г.)

Показатель	Значения по точкам отбора				M ± m	V, %	ПДК
	I	II	III	IV			
Запах, балл	2	3	2	1	2	–	2
Цветность, °	10	20	20	30	20	–	20
Прозрачность, см	55	50	51	48	51 ± 1	6	>60
Мутность, мг/л	0,4	1,7	0,8	2,2	1,3 ± 0,4	64	1,5
pH, ед. pH	6,89	7,03	7,41	7,14	7,12 ± 0,11	3	6,5-8,5
Жесткость, мг-экв./л	4,02	7,73	6,19	8,59	6,63 ± 1,0	30	7,0

Примечание: M ± m (здесь и далее) – среднее арифметическое ± ошибка среднего значения; V, % – коэффициент вариации; ПДК (здесь и далее) – согласно ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», ГН 2.1.5.2280-07 Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Таблица 2

Базовый катионно-анионный состав воды природно-техногенного водоема «Мухинское озеро» (Нижегородская область, 2020 г.)

Показатель	Значения по точкам отбора				M ± m	V, %	ПДК
	I	II	III	IV			
Аммонийный азот (NH ₄ ⁺)	4,76	2,17	0,68	1,88	2,37 ± 0,86	72	1,9
Нитратный азот (NO ₃ ⁻)	3870	2560	1198	1796	2356 ± 577	49	45
Полифосфаты (PO ₄ ³⁻ , общее)	1,57	1,44	1,20	1,09	1,33 ± 0,11	17	3,5
Сульфаты (SO ₄ ²⁻ , общее)	120	100	88	92	100 ± 7	14	500
Хлориды (Cl ⁻ , общее)	9,0	8,8	7,5	7,3	8,2 ± 0,4	11	350
Железо (Fe, общее)	0,54	0,36	0,15	0,29	0,34 ± 0,08	48	0,3

Таблица 3

Показатели биохимического состояния воды природно-техногенного водоема
«Мухинское озеро» (Нижегородская область, 2020 г.)

Показатель	Значения по точкам отбора				M ± m	V, %	ПДК
	I	II	III	IV			
Содержание растворенного O ₂ , мг/л	9,76	12,83	16,32	8,99	11,98 ± 1,67	28	>4
ХПК (по перманг. окисляемости), мг/л	57,6	49,2	64,0	60,7	57,9 ± 3,2	11	5,0
БПК (семисуточное), мг/л	5,12	7,16	12,62	10,25	8,79 ± 1,66	38	6,0

Так, на фоне достаточно высокого, но вместе с тем не выходящего за пределы ПДК уровня содержания полифосфатов в водах, в них были установлены завышенные концентрации аммонийного азота (от 0,36 до 2,5 ПДК) с очень высокой вариабельностью по точкам отбора (72 %). Кроме того, в водах Мухинского озера было выявлено существенное превышение допустимой концентрации в отношении содержания нитрат-анионов: здесь уровень превышения варьировал от 26 до 86 ПДК. Очевидно, что в водоеме активно шли процессы эвтрофикации, что, по-видимому, было связано с несанкционированным сбросом в водоем неочищенных сточных вод [7; 12].

Процессам гипертрофизации сопутствует активное цветение водоемов и, как следствие, избыточное накопление органических веществ, что приводит к заболачиванию толщи воды. Данные явления крайне неблагоприятны с точки зрения санитарного состояния территории, поскольку они приводят к накоплению в воде токсических веществ и чрезмерно замедляют процессы самоочищения водного объекта [8; 9]. Также здесь необходимо отметить, что наиболее высокие концентрации биогенных элементов были выявлены в точке 1, в непосредственной близости от которой расположен один из колодцев приема сточных и ливневых вод.

В водах озера были установлены достаточно высокие концентрации хлоридов, сульфатов и общего железа, уровень которых нетипичен для природных водных объектов таежно-лесной территории [11; 13; 14]. При этом содержание хлорид- и сульфат-анионов не имело существенной вариабельности и не выходило за пределы установленных санитарно-экологических норм, а содержание железа – превышало ПДК на 20–80 %.

Данные табл. 3, характеризующие уровень биохимической активности воды Мухинского озера, подтверждают наличие активной стадии процессов эвтрофикации, идущей в водоеме.

На фоне достаточно высокого содержания в водах растворенного кислорода процессы окисляемости, оцениваемые по показателю ХПК_{ПЕРМАНГ.}, были очень сильно выражены. Здесь превышение уровня допустимой концентрации составляло от 9,8 до 12,8 ПДК. Очевидно, что на момент отбора проб воды озера характеризовались избыточным накоплением легкоразлагаемого азотсодержащего органического вещества, которое подвергалось частичной минерализации. Однако, поскольку уровень показателя БПК, был достаточно высок (от 0,85 до 2,10 ПДК), следует, что самоочищающая способность водоема оказалась на удовлетворительном уровне, а сам водоем классифицировался как «грязный». По-видимому, естественная биологическая активность водоема в отношении деструкции органических экотоксикантов не могла обеспечить своей полноценной самоочистки.

Заключение

В результате проведенной оценки экологического состояния природно-техногенного озера «Мухинское» было установлено, что водный объект характеризовался неудовлетворительным санитарно-гидрохимическим состоянием по содержанию биогенных элементов, железу и уровню показателей самоочищения от органических примесей. Относительно последних показано, что уровень накопления в водах озера легкоразлагаемых органических веществ значительно превышал скорость процессов биохимического очищения. Единственным положительным моментом остается удовлетворительное содержание растворенного кислорода в водах, что отчасти может гарантировать постепенную биологическую нейтрализацию в них органических экотоксикантов. Для реализации комплексного подхода к решению инженерно-технических и экологических задач рассматриваемого водного объекта необходимо активно внедрять реабилитационные мероприятия по самовосстановлению озера.

Список литературы / References

1. Шабанов В.А., Шабанова А.В. Управление качеством городской среды: два подхода к реабилитации водных объектов // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 7–2. С. 51–57. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.096.
- Shabanov V.A., Shabanova A.V. Quality management of urban environment: two approaches to water objects rehabilitation // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2017. № 7–2. P. 51–57 (in Russian).
2. Khamitova S.M., Glinushkin A.P., Avdeev Yu.M., Naliukhin A.N., Kostin A.E., Kozlov A.V., Uromova I.P., Rudakov V.O., Tesalovskiy A.A., Protopopova E.V., Pigorev I.Y., Polukhin A.A., Sycheva I.I. Condition assessment of tree plantations and phytosanitary properties of soils in cedar groves. *International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences*. 2017. V. 6. № 4. P. 1–7.
3. Маркелова С.А., Тихонова И.О. Значимость экосистемных услуг в устойчивом развитии мегаполисов на примере водных объектов // Успехи в химии и в химической технологии. 2017. Т. 31. № 9 (190). С. 68–70.
- Markelova S.A., Tihonova I.O. Importance of ecosystem services in the sustainable development of megacities on the example of water bodies // *Uspekhii v himii i v himicheskoi tekhnologii*. 2017. V. 31. № 9 (190). P. 68–70 (in Russian).
4. Усманова Л.И. Характеристика химического состава речных вод на территории и в окрестностях города Читы // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 200–208. DOI: 10.17513/use.36826.
- Usmanova L.I. Characteristic of the chemical composition of river waters in the territory and in the neighborhood of the city of Chita // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 7. P. 200–208 (in Russian).
5. Золкин А.Г., Климова В.О., Мартянова Н.А., Моро П.Н. Критерии эффективности реабилитации реки Яузы в городском округе Мытищи // Проблемы региональной экологии. 2019. № 6. С. 134–139. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-18134.
- Zolkin A.G., Klimova V.O., Mart'yanova N.A., Moro P.N. The criteria for effective rehabilitation of the river Yauza within the urban area of Mytishchi // *Problemy regional'noj ekologii*. 2019. № 6. P. 134–139 (in Russian).
6. Маркова С.М., Наркозиев А.К. Методика исследования содержания профессионального образования // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 1 (26). [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/923> (дата обращения: 10.04.2020). DOI: 10.26795/2307-1281-2019-7-1-2.
- Markova S.M., Narkoziev A.K. Research technique of the content of professional education // *Vestnik of Minin University*. 2019. V. 7. № 1 (26). [Electronic resource]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/923> (date of access: 10.04.2020) (in Russian).
7. Суплес Н.А. Влияние хозяйственной деятельности на экологическое состояние водоемов города Ишима // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 98–103.
- Suppes N.A. Impact of economic activity on ecological condition of water bodies of the city of Ishima // *Samarskij nauchnyj vestnik*. 2018. V. 7. № 3 (24). P. 98–103 (in Russian).
8. Власов В.А., Сметанин В.И. Эколого-мелиоративные подходы к восстановлению малых водных объектов в условиях городской застройки // Природообустройство. 2009. № 5. С. 17–24.
- Vlasov V.A., Smetanin V.I. Ecological and reclamation approaches to the restoration of small water bodies in urban development // *Prirodoobustrojstvo*. 2009. № 5. P. 17–24 (in Russian).
9. Дмитриев В.В., Боброва О.Н., Грачева И.В., Колодкин П.А., Примак Е.А., Седова С.А., Четвергова А.А. Мониторинг и моделирование продукционно-деструкционных отношений в водных экосистемах // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 82–87. DOI: 10.17513/use.37041.
- Dmitriev V.V., Bobrova O.N., Gracheva I.V., Kolodkin P.A., Primak E.A., Sedova S.A., Chetvergova A.A. Monitoring and modeling production and destruction relations in water ecosystems // *Advances in current natural sciences*. 2019. № 1. P. 82–87 (in Russian).
10. Мялкина Е.В. Диагностика качества образования в вузе // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 3 (28). [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/1006> (дата обращения: 10.04.2020). DOI: 10.26795/2307-1281-2019-7-3-4.
- Myalkina E.V. Diagnosis of the quality of education in the university // *Vestnik of Minin University*. 2019. T. 7. № 3 (28). [Electronic resource]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/1006> (date of access: 10.04.2020) (in Russian).
11. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов: учебно-методическое пособие. Н. Новгород: Мининский университет, 2016. 146 с.
- Kozlov A.V. Environmental assessment of soil cover and water objects: study guide. N.Novgorod: Mininskiy universitet, 2016. 146 p. (in Russian).
12. Козлов А.В., Тарасов И.А., Дедык В.Е. Эколого-гидрохимическая характеристика акватории озера «Ключик» Павловского района Нижегородской области // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25909> (дата обращения: 10.04.2020).
- Kozlov A.V., Tarasov I.A., Dedyk V.E. Ecology-hydrochemical characteristic of the water area of the lake «Key» of the Pavlovsk district of the Nizhny Novgorod Region // *Modern problems of science and education*. 2017. № 1. [Electronic resource]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25909> (date of access: 10.04.2020) (in Russian).
13. Козлов А.В., Маркова Д.С., Соколюк С.А., Тогузov В.И. Экспертиза эколого-гидрохимического состояния памятника природы – озера «Светлояр» Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2019. № 6. С. 74–81.
- Kozlov A.V., Markova D.S., Sokolyuk S.A., Toguzov V.I. Examination of the ecological and hydrochemical state of the nature monument – Lake «Svetloyar» of the Nizhny Novgorod region // *Advances in current natural sciences*. 2019. № 6. P. 74–81 (in Russian).
14. Горюнова С.И. Влияние антропогенного воздействия на экологическое состояние малой городской реки // Вестник Московского университета. Серия 3 «Естественные науки». 2010. № 2. С. 57–64.
- Goryunova S.I. Influence of the Anthropogenic Impact on the Ecological Condition of a Small City River // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 3 «Estestvennye nauki»*. 2010. № 2. P. 57–64 (in Russian).

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Лукашов С.В., Иванченкова О.А.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск,
e-mail: sergelukashov@yandex.ru

Целью настоящей работы являлось описание принципов и методологии физико-химического, микробиологического и радиологического исследования почвогрунтов при проведении инженерно-экологических изысканий. На конкретном примере рассмотрен комплексный анализ состояния почвогрунтов в пределах участка предполагаемой застройки, включающий полный микробиологический анализ, определение содержания нефтепродуктов, тяжелых металлов, бенз(а)пирена и радиологическое обследование почвогрунтов (гамма-спектрометрия проб почвогрунтов). Обоснованы принципы выбора физико-химических и микробиологических методов комплексного анализа почвогрунтов. Усовершенствованы методики пробоподготовки для определения содержания в почвогрунтах бенз(а)пирена и подвижных форм тяжелых металлов, а также методика определения концентраций тяжелых металлов, выходящих за верхние аналитические пределы, для образцов почвогрунтов с высоким содержанием элементов. Проведены экспериментальные исследования по определению состава микробиологического сообщества почвогрунтов обследуемой территории. В исследуемых образцах почвогрунтов определены концентрации бенз(а)пирена, нефтепродуктов, тяжелых металлов. Выполнено радиологическое обследование проб почвогрунта. На основании полученных экспериментальных данных проведена оценка состояния почвогрунтов урбанизированной территории предполагаемой застройки. Показано, что микробиологические показатели не превышают допустимых значений, также не было выявлено превышений ПДК по бенз(а)пирену. В исследуемых образцах почвогрунта установлено превышение содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов: цинка и меди. Не выявлено превышений по суммарному содержанию естественных радионуклидов, а содержание радия-226, являющегося родоначальником радона – 222, соответствует средним значениям радия в песках различных месторождений. Описанный подход к комплексному анализу почвогрунтов может быть использован при проведении инженерно-экологических изысканий для определения возможности последующей застройки урбанизированной территории.

Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, нефтепродукты, почвогрунт, тяжелые металлы, бенз(а)пирен, радионуклиды, нефтепродукты

ANALYSIS OF THE STATE OF SOILS IN URBANIZED TERRITORIES AS AN ELEMENT OF ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEYS

Lukashov S.V., Ivanchenkova O.A.

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, e-mail: sergelukashov@yandex.ru

The purpose of this work was describe principles and methodology physical, chemical, microbiological and radiological research soils during engineering and environmental surveys. On a concrete example, comprehensive analysis state soils within proposed development site is considered, including complete microbiological analysis, determination content petroleum products, heavy metals, benz(a)pyrene and radiological examination soils (gamma-spectrometry soil samples). The principles choosing physical, chemical and microbiological methods complex analysis soil are substantiated. Improved methods of sample preparation for determining the content of Benz(a) pyrene and mobile forms of heavy metals in soils, as well as methods for determining the concentrations of heavy metals beyond the upper analytical limits for soil samples with a high content of elements. Experimental studies were conducted determine composition microbiological community soils in surveyed territory. Concentrations benz(a) pyrene, petroleum products, and heavy metals were determined in studied soil samples. Radiological examination soil samples was performed. Based on experimental data obtained, assessment soil condition urbanized territory proposed development was carried out. It was shown that microbiological indicators do not exceed permissible values, and no excess for benz(a)pyrene was detected. The studied soil samples showed an excess content petroleum products and heavy metals: zinc and copper. No excess in total content natural radionuclides was detected, and content radium-226, which is the parent radon – 222, corresponds to average values radium in sands various deposits. The described approach complex analysis soils can be used when conducting engineering and environmental surveys to determine possibility further development urbanized territory.

Keywords: engineering and environmental surveys, petroleum products, soil, heavy metals, Benz (a) pyrene, radionuclides, petroleum products

В настоящее время в нашей стране, как и во всем мире, промышленность характеризуется высокими темпами индустриализации, что является причиной появления большого количества участков урбанизи-

рованной территории, нарушенной вследствие антропогенной деятельности. В связи с этим возникает проблема оценки степени нарушения данной территории при составлении прогнозов возможности ее

дальнейшего использования или восстановления. Поэтому организация и проведение инженерно-экологических изысканий является актуальной практической задачей на стадиях разработки предпроектной и проектной документации в соответствии с действующим экологическим законодательством [1; 2].

Одним из элементов инженерно-экологических изысканий является анализ почвогрунтов обследуемой территории. Это обусловлено необходимостью получения сведений о состоянии почвы и грунтов с целью определения пригодности территории для планируемых видов деятельности, так как почвогрунты являются важной составляющей окружающей среды, выполняя глобальные и биогеоценотические (экосистемные) функции [3].

По мнению большинства авторов, работы по проведению почвенно-грунтовых исследований должны отвечать следующим основным принципам: системности, объективности и достоверности полученных данных, научности, практической значимости [4; 5].

В соответствии с изложенными принципами комплекс работ по исследованию почвогрунтов должен включать: анализ запланированных проектной документацией решений для постановки целей и задач исследования; подбор методов исследования, обеспечивающих всестороннее изучение объекта и воспроизводимость результатов; оценку полученных результатов исследования; разработку практических рекомендаций для корректировки проектных решений [4; 6]. Следует отметить, что состав комплекса работ по проведению исследования почвогрунтов может меняться в зависимости от вида намечаемой деятельности, географического положения обследуемой территории, степени антропогенной нарушенности ландшафта и др. [4].

В настоящей работе мы попытаемся рассмотреть подходы к организации и проведению исследований, связанных с анализом почвогрунтов урбанизированной территории в рамках проведения инженерно-экологических изысканий.

Урбанизированная территория характеризуется высокой степенью техногенного изменения пространства, загрязнения химическими соединениями (солями тяжелых металлов, нефтепродуктами, бенз-а-пиреном), наличием патогенной микрофлоры, а иногда и содержанием радиоактивных изотопов. Все перечис-

ленное предопределяет программу инженерно-экологических изысканий в целом и почвенно-грунтовых исследований в частности [4; 5].

По нашему мнению, в состав работ, связанных с анализом почвогрунтов урбанизированной территории, должны в обязательном порядке включаться: общая характеристика, полный микробиологический анализ, определение содержания нефтепродуктов, тяжелых металлов, бенз(а)пирена и радиологическое обследование (гамма-спектрометрия), так как данный комплекс исследований позволит наиболее объективно оценить степень нарушенности исследуемого объекта.

Целью настоящей работы являлось описание на конкретном примере принципов и методологии физико-химического, микробиологического и радиологического исследования почвогрунтов при проведении инженерно-экологических изысканий на урбанизированной территории.

Материалы и методы исследования

Исследования почвогрунтов проводились в рамках инженерно-экологических изысканий при обследовании участка в пределах г. Брянска Брянской области, с целью определения возможности его дальнейшей застройки.

Отбор проб почвогрунта производили в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отбору проб и проведению химического, бактериологического, гельминтологического анализа почв, методом определения физических характеристик грунтов [7; 8].

Комплексный микробиологический анализ проводили в соответствии с методикой [9], осуществляя посев на набор питательных сред для выделения микрофлоры, характерной для исследуемого образца почвогрунта. Для анализа микробценоза применяли мясопептонный агар, содержание патогенной микрофлоры определяли на селективных средах. Микроскопические исследования проводили с помощью микроскопа «Минимед-501».

Определение содержания бенз(а)пирена в почвогрунте проводили с помощью высокоэффективного жидкостного хроматографа UltiMate 3000 с флуориметрическим детектором по известной методике [10]. Пробоподготовку выполняли по усовершенствованной нами методике, включающей очистку экстракта бенз-а-пирена на оксиде алюминия и безводном сульфате

натрия с последующим элюированием смесью хлористого метилена и гексана.

Содержание нефтепродуктов исследовали на инфракрасном фурье-спектрометре ФСМ-1201, снимая спектр экстракта нефтепродуктов относительно чистого четыреххлористого углерода. Показания переводили в значение оптической плотности и по калибровочной кривой определяли концентрацию.

Определение тяжелых металлов проводили атомно-абсорбционным методом на МГА-915. Определение концентраций тяжелых металлов, выходящих за верхние аналитические пределы для образцов почвогрунтов с высоким содержанием элементов, проводили по усовершенствованной нами методике на спектрометре универсальном рентгеновском СУР-01 Renom. Возбуждение рентгеновской флуоресценции проводилось трубкой с медным анодом при напряжении 30 кВ и силе тока 2-2.8 мА в зависимости от образца. Для детектора от характеристического излучения меди использовался ванадиевый фильтр.

Для проведения исследований по определению содержания естественных радионуклидов в образцах почвогрунтов использовался гамма-спектрометрический метод.

Математическая обработка осуществлялась с применением программного комплекса Mathcad.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве объекта исследования были выбраны почвогрунты в пределах участка, отведенного под планируемую застройку в черте г. Брянска Брянской области. Поскольку участок расположен в пределах промышленной зоны, а его территория имела признаки техногенного изменения, требовалось провести оценку степени ее нарушенности и выдать рекомендацию о возможности использования в намечаемой хозяйственной деятельности. Так как исследование почвогрунтов являлось одним из основных элементов проводимых инженерно-экологических изысканий, в настоящей работе описан комплексный подход к их анализу.

В ходе рекогносцировочного обследования территории участка были определены точки отбора проб почвогрунта (рис. 1).

В каждой точке было отобрано по 3 образца с различной глубины: 0,2, 0,5, 1 м. Пробы маркировались последовательной нумерацией.

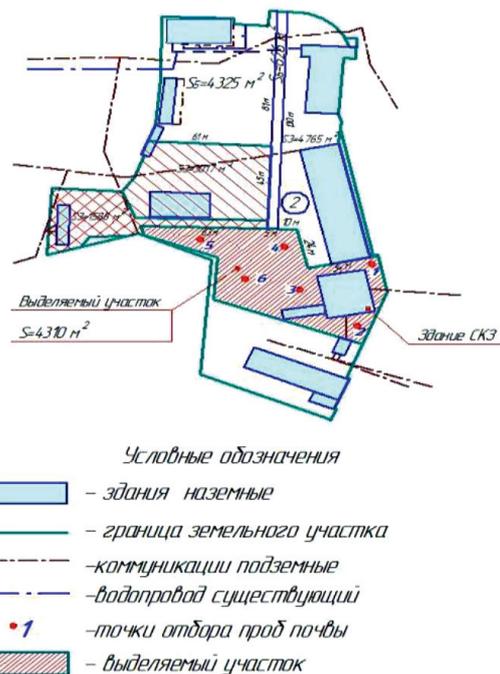


Рис. 1. Схема ситуационного плана расположения участка планируемой застройки

Для выбора методов комплексного исследования почвогрунтов необходимо было сделать общий физический анализ и провести их классификацию [2; 8]. Было установлено, что все отобранные образцы представляют собой несвязный минеральный грунт (песок), загрязненный твердыми коммунальными (ТКО) и промышленными отходами. Среди основных видов ТКО следует выделить пластик, промасленную ветошь, отходы древесины. К промышленным отходам были отнесены фрагменты отработанных масляных фильтров и элементы металлических конструкций, разрушенных коррозией, обнаруженные в точках отбора проб 1 и 5 (рис. 1). Наличие промышленных отходов на обследуемой территории очевидно, по-видимому, граничащим с ней предприятием по ремонту дизелей. На основании полученных данных было принято решение провести микробиологический анализ, исследование на содержание нефтепродуктов и бенз-а-пирена, определение тяжелых металлов в образцах отобранных проб почвогрунтов.

Результаты микробиологических исследований приведены в табл. 1. Установлено, что микробиологическое сообщество во всех пробах почвогрунтов представлено бактериями родов *Bacillus* и *Actinomyces*. Количество обнаруженных бактерий зави-

сит от глубины взятия пробы – уменьшается от поверхности к более глубоким уровням (табл. 1).

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что содержание кишечной палочки и энтерококков составляет менее 1 КОЕ/г при разных разведениях для всех проб почвогрунта, не превышая установленные значения.

В процессе гельминтологических исследований яиц гельминтов не выявлено. Полученные микробиологические показатели изученных образцов почвогрунтов позволяют рекомендовать рассматриваемую территорию для планируемой застройки.

Поскольку рекогносцировочное обследование выявило следы загрязнения территории горюче-смазочными материалами, были проведены исследования по определе-

нию нефтесодержащих веществ в отобранных образцах почвогрунта.

Нефть является сложным комплексом органических соединений, каждое из которых представляет потенциальную опасность для окружающей среды. Однако загрязнение имело незначительный локальный характер, в связи с чем был выбран метод валового определения содержания нефтепродуктов [11].

Вследствие того что бенз-а-пирен проявляет канцерогенные свойства, аккумулируется в почвогрунтах, способен накапливаться в живых организмах [11], нами была обоснована необходимость его определения.

Результаты исследований почвогрунтов на содержание нефтепродуктов и бенз-а-пирена представлены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты микробиологического исследования почвогрунтов

Нумерация пробы	Показатель	Усредненные значения КОЕ/г (различные разведения)	
		10-2	10-3
1, 4, 7, 10, 13, 16	<i>Bacillus</i>	15,4	4,6
	<i>Actinomyces</i>	9,0	2,7
2, 5, 8, 11, 14, 17	<i>Bacillus</i>	10,1	4,0
	<i>Actinomyces</i>	6,3	2,4
3, 6, 9, 12, 15, 18	<i>Bacillus</i>	8,3	2,2
	<i>Actinomyces</i>	4,1	1,4
1, 4, 7, 10, 13, 16	Индекс бактерий группы кишечной палочки	Менее 1	Менее 1
	Индекс энтерококков	Менее 1	Менее 1
2, 5, 8, 11, 14, 17	Индекс бактерий группы кишечной палочки	Менее 1	Менее 1
	Индекс энтерококков	Менее 1	Менее 1
3, 6, 9, 12, 15, 18	Индекс бактерий группы кишечной палочки	Менее 1	Менее 1
	Индекс энтерококков	Менее 1	Менее 1

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов и бенз-а-пирена в образцах почвогрунта

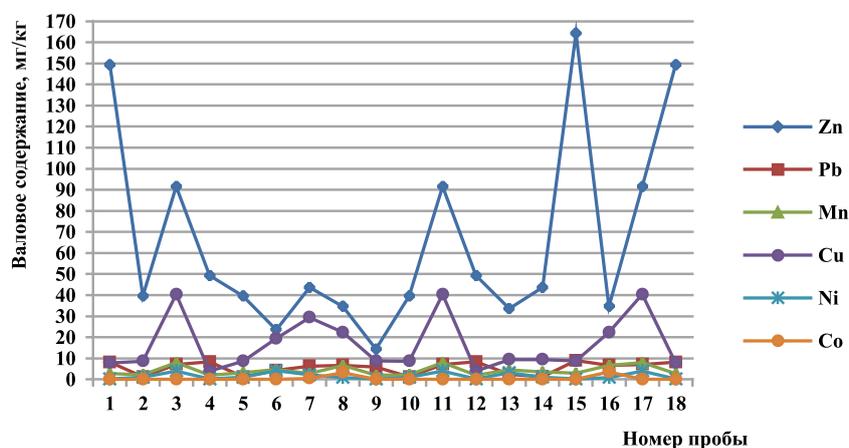
№ пробы	Содержание, мг/кг		№ пробы	Содержание, мг/кг	
	нефтепродуктов	бенз-а-пирена		нефтепродуктов	бенз-а-пирена
1	181,5	0,0095	10	15,9	0,0013
2	53,8	0,0007	11	9,2	0,0008
3	22,7	0,0003	12	1,4	0,0003
4	85,3	0,0003	13	176,3	0,0138
5	33,4	0,0001	14	21,1	0,0094
6	10,3	0,0001	15	2,3	0,0009
7	30,7	0,0009	16	65,4	0,0083
8	7,4	0,0008	17	28,8	0,0013
9	6,6	0,0003	18	3,5	0,0005

Из полученных данных видно, что в пробах № 1, 13 (соответствуют точкам отбора проб 1 и 5) превышены значения, установленные СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» по содержанию нефтепродуктов. Превышений предельно допустимых концентраций по бенз-а-пирену не установлено. По содержанию нефтепродуктов почвогрунты относятся к малозагрязненным.

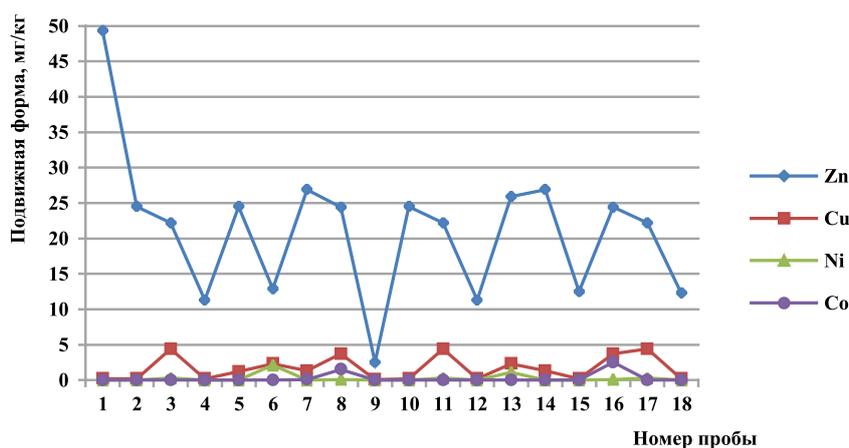
В рамках комплексного анализа почвогрунтов обследуемой территории было проведено определение содержания тяжелых металлов, так как они представляют повышенную опасность для окружающей среды [12].

Поскольку в почвогрунтах исследуемого типа ионы тяжелых металлов могут содержаться в виде солей карбонатов, галогенидов, сульфатов и сульфидов, которые предположительно имеют различную растворимость, необходимо определять как валовое их содержание, так и концентрацию подвижных форм. Результаты исследований содержания тяжелых металлов в исследуемых образцах почвогрунта представлены на рис. 2.

Из представленных данных видно, что наблюдается превышение значений ПДК по Zn и Cu в 1,2 и 1,5 раза соответственно, что позволяет отнести почвогрунт к слабозагрязненным, а обследуемый участок к пригодным для промышленной застройки.



а)



б)

Рис. 2. Результаты анализа почвогрунта обследуемой территории:
 а) валовое содержание тяжелых металлов в пробах почвогрунта;
 б) содержание тяжелых металлов в подвижной форме в пробах почвогрунта

Таблица 3

Средние значения природных радионуклидов в образцах почвы обследуемой территории

№ пробы	Содержание радионуклидов, Бк/кг, среднее			
	Ra-226	Th-232	K-40	A _{эфф} , уд. эффективная активность
2, 5, 8, 11, 14, 17 (мокрая)	11,1 ± 7,3	2,7 ± 4,3	72,2 ± 36,3	21,1 ± 9,8
2, 5, 8, 11, 14, 17 (сухая)	6,8 ± 6,7	1,9 ± 4,2	104,5 ± 39,9	18,7 ± 9,4
1, 4, 7, 10, 13, 16 (мокрая)	10,3 ± 7,7	2,2 ± 4,7	78,6 ± 40,2	20,3 ± 10,5
1, 4, 7, 10, 13, 16 (сухая)	9,2 ± 7,8	3,1 ± 4,9	100,9 ± 43,6	22,3 ± 10,8
Среднее	9,35 ± 7,3	2,48 ± 4,4	89,05 ± 40,0	20,6 ± 10,1

В связи с тем что территория Брянской области пострадала при аварии на Чернобыльской АЭС [13], нами было проведено радиологическое обследование почвогрунтов. Результаты измерения содержания удельной активности естественных радионуклидов в образцах почвы представлены в табл. 3.

Анализ данных, представленных в таблице 3, показывает, что суммарное содержание естественных радионуклидов не превышает требований СанПиН 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009). Содержание радия-226, являющегося родоначальником радона – 222, соответствует средним значениям радия в песках различных месторождений.

Таким образом, по результатам проведенного комплексного анализа почвогрунтов можно сделать вывод о возможности промышленной застройки обследуемой территории.

Выводы

На конкретном примере описаны принципы и методология физико-химического, микробиологического и радиологического исследования почвогрунтов при проведении инженерно-экологических изысканий на урбанизированной территории.

Проведен комплексный анализ почвогрунтов, по результатам которого сделана оценка возможности использования обследуемой территории для последующей застройки.

Усовершенствованы методики пробоподготовки для определения содержания в почвогрунтах бенз(а)пирена и подвижных форм тяжелых металлов, а также методика определения концентраций тяжелых металлов, выходящих за верхние аналитические пределы для образцов почвогрунтов с высоким содержанием элементов.

Описанный в работе подход к комплексному анализу почвогрунтов может быть использован при проведении инженерно-

экологических изысканий для определения возможности намечаемой хозяйственной деятельности.

Список литературы / References

1. Лонзингер А.В. Роль инженерно-экологических изысканий грунтов в комплексе исходно-разрешительных мероприятий при новом строительстве // Наука и Мир. 2014. № 2(6). С. 238–240.
2. Lonzinger A.V. Position of engineering and environmental survey of subsoils in the complex of preliminary permissions at new construction // Nauka i Mir. 2014. № 2(6). P. 238–240 (in Russian).
3. Новых Л.Л. Современные проблемы почвенных исследований при проведении инженерно-экологических изысканий // Вестник ТГУ. 2014. Т. 19. № 5. С. 1466–1449.
4. Novykh L.L. Modern problems of soil research during engineering and environmental surveys // Vestnik TGU. 2014. V. 19. № 5. P. 1466–1449 (in Russian).
5. Окопелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Стяжин В.Н., Кожевникова В.П. Полиэлементная токсикация почв: монография. Волгоград: ВолГТУ, 2015. 148 с.
6. Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Sazhin V.N., Kozhevnikova V.P. Semi-element detoxification of soils: monograph. Volgograd: VolgGTU, 2015. 148 p. (in Russian).
7. Никитин А.В., Мингазова Н.М., Гарипова Л.Ф. Методы оценки экологического состояния территорий, рекомендуемые при проведении инженерно-экологических изысканий // «Экономика в меняющемся мире» Материалы Экономического форума с международным участием. Сборник научных статей. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2017. С. 304–306.
8. Nikitin A.V., Mingazova N.M., Garipova L.F. Methods of assessing the ecological state of territories recommended for engineering and environmental surveys // «Economy in a changing world» Materials of the Economic forum with international participation. Sbornik nauchnykh statey. Kazan': Kazanskiy (Privolzhskiy) federal'nyy universitet, 2017. P. 304–306 (in Russian).
9. Ледашева Т.Н., Пинаев В.Е. Обзор зарубежных публикаций по вопросам оценки современного состояния окружающей среды и оценки воздействия на окружающую среду // Интернет-журнал «Наукovedenie». 2017. Т. 9. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/16EVN117.pdf> (дата обращения: 18.04.2020).
10. Ledashcheva T.N., Pinaev V.E. Review of foreign publications on the assessment of the current state of the environment and environmental impact assessment // Internet-zhurnal «Naukovedeniye». 2017. V. 9. № 1. [Electronic resource]. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/16EVN117.pdf> (date of access: 18.04.2020) (in Russian).
11. Меньшикова Е.А., Ждакаев В.И. Оценка экологического состояния грунтов городских территорий // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 220–223.
12. Menshikova E.A., Zhdakaev V.I. Assessment of the ecological state of soils of urban territories // Geologiya i poleznyye

iskorayemyye Zapadnogo Urala. 2017. № 17. P. 220–223 (in Russian).

7. Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В., Ветчинников А.А. Значение и нормативно-методическое обеспечение этапа пробоотбора почв в почвенно-экологических исследованиях // Проблемы агрохимии агрохимии и экологии. 2013. № 1. С. 53–55.

Titova V.I., Dabakhova E.V., Dabakhov M.V., Vetchinikov A.A. The role and the normative-methodical support of the stage of soil sampling in the soil-ecological studies // Problemy agrokhimii agrokhimii i ekologii. 2013. № 1. P. 53–55 (in Russian).

8. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Межгосударственный стандарт «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». М.: Стандартинформ, 2018. 21 с.

9. Методические рекомендации методы микробиологического контроля почвы. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200087788> (дата обращения: 18.04.2020).

Methodological recommendations methods of microbiological control of soil. Electronic Fund of legal and normative-technical documentation. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200087788> (date of access: 18.04.2020) (in Russian).

10. МУК 4.1.1274-03 Методы контроля. Химические факторы. Измерение массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, донных отложений и твердых отходов

методом ВЭЖХ с использованием флуориметрического детектора [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034302> (дата обращения: 18.04.2020).

11. Окпелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Стяжин В.Н., Кожевникова В.П. Особенности накопления и трансформации нефтепродуктов в почве: монография. Волгоград: ВолГТУ, 2015. 104 с.

Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Sazhin V.N., Kozhevnikova V.P. Features of accumulation and transformation of petroleum products in the soil: monograph. Volgograd: VolgGTU, 2015. 104 p. (in Russian).

12. Капралова О.А., Колесников С.И., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Налета Е.В. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на биологические свойства почв г. Ростова-на-Дону: монография. Ростов-на-Дону: Изд. ЮФУ, 2014. 148 с.

Kapralova O.A., Kolesnikov S.I., Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Naleta E.V. Influence of heavy metal pollution on the biological properties of soils in Rostov-on-don: monograph. Rostov-na-Donu: Izd. YuFU, 2014. 148 p. (in Russian).

13. Лукашов С.В., Пархоменко В.И., Гамазин В.П., Хохлова М.В. Защита окружающей среды и человека от различных факторов природного и техногенного происхождения на территории Брянской области: монография / Под общ. ред. Цубловой Е.Г. Брянск: ФГБОУ ВО БГИТУ, 2019. 382 с.

Lukashov S.V., Parkhomenko V.I., Gamazin V.P., Khokhlova M.V. Protection of the environment and human from various factors of natural and technogenic origin in the territory of the Bryansk region: monograph / Pod obshch. red. Tsubloyoy Ye.G. Bryansk: FGBOU VO BGITU, 2019. 382 p. (in Russian).

УДК 911.3:502.7

ОЦЕНКА ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВКИ И ДЕРЕВООБРАБОТКИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Макаренко Е.Л.

Институт географии СО РАН им. В.Б. Сочавы, Иркутск, e-mail: elmakarenko@bk.ru

Цель исследования – оценка количества отходов, образующихся в процессе лесозаготовки и лесопиления в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории, включающей части Иркутской области и Республики Бурятия, и выработка основных направлений по их использованию и переработке в условиях регламентированного природопользования. Результаты оценки могут явиться основой для расчета экономических затрат на сбор, размещение, утилизацию древесных отходов, создание производственных мощностей для их переработки с целью получения необходимой продукции. Расчеты сделаны на примере 2015 г. При расчете количества отходов использовался нормативный подход и действующие методики. В разрезе основных лесобразующих пород определены усредненные значения таких показателей, как диаметр, высота, масса хвои (листья), сучьев, пней и корней, приходящиеся на единицу объема ствола в коре. На их основе определены объемы отходов, полученные в соответствии с объемами заготовки древесины на землях лесного фонда. По отходам лесопиления (горбыль, опилки) приведены как фактические данные действующих в границах зоны предприятий (Республика Бурятия), так и расчетные (Иркутская область). Выбор направлений использования и переработки древесных отходов произведен с учетом природоохранного значения зоны и требований экологической безопасности при ведении хозяйственной деятельности, актуальных проблем, связанных с восстановлением леса и обеспечением муниципальных районов топливными ресурсами. Наиболее целесообразными и экологически безопасными направлениями для развития, как в пределах зоны, так и вблизи от нее, признаются производство биоудобрений на базе лесопитомников и производство топливных древесных гранул.

Ключевые слова: лесозаготовка, деревообработка, лесопиление, утилизация древесных отходов, топливные древесные гранулы

ASSESSMENT OF FORESTRY AND WOODWORKING WASTE FORMATION IN CENTRAL ECOLOGICAL AREA OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORIES

Makarenko E.L.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: elmakarenko@bk.ru

The purpose of the study is to assess the amount of waste generated during logging and sawmilling in the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory, including parts of the Irkutsk Region and the Republic of Buryatia, and to develop the main directions for their use and processing in the conditions of regulated nature use. The results of the assessment can be the basis for calculating the economic costs of collecting, disposing, disposing of wood waste, creating industrial waste for processing in order to obtain the necessary products. The calculations are made on the example of 2015. When calculating the amount of waste, a normative approach and existing methods were used. In the context of the main forest-forming species, the average values of indicators such as diameter, height, and mass of needles (foliage), twigs, stumps, and roots per unit volume of the trunk in the bark are determined. Based on them, the volumes of waste obtained in accordance with the volumes of wood harvesting on the lands of the forest fund are determined. For sawmill waste (croaker, sawdust), both actual data of enterprises operating within the boundaries of the zone (Republic of Buryatia) and calculated (Irkutsk region) are presented. The selection of directions for the use and processing of wood waste was made taking into account the environmental significance of the zone and the requirements of environmental safety in conducting business activities, urgent problems related to forest restoration and providing municipal areas with fuel resources. The most appropriate and environmentally friendly areas for development, both within the zone and near it, are recognized as the production of biofertilizers based on forest nurseries, as well as fuel wood pellets.

Keywords: logging, woodworking, sawmilling, wood waste utilization, wood pellets

На лесосеках и в пунктах деревообработки, особенно лесопиления, ежегодно скапливаются огромные объемы отходов. Отходы, образующиеся при вырубке и вывозке древесины, представлены: древесной зеленью; сучьями; пнями и корнями; вершинками; незначительно опилками и корой; отходами раскряжевки (откомлевки и козырьки при разделении по сортаментам и сортировке бревен), малоценной древесиной (хворост, валежник, обломки стволов).

Отходы деревообработки состоят из горбыля и рейки; кусковых обрезков, вырезки брака; опилок и всех видов стружки; коры, полученной в результате окорки круглого леса, и пр. Перечисленные отходы являются как крупно-древесными, еще пригодными для механической переработки, так и теми, которые для использования требуют создания особых производств.

Отходы лесозаготовки, как и отходы, получаемые при распиловке чистой древеси-

ны хвойных и лиственных пород, за исключением коры и древесной пыли (IV класс опасности), относятся к V классу опасности, т.е. являются почти безопасными для окружающей среды и здоровья человека [1]. Несмотря на относительную безопасность, накопление таких отходов ведет к разным рискам, прежде всего к возникновению пожароопасных ситуаций. На лесосеках они, кроме того, затрудняют лесовозобновление и проходимость лесных участков.

При решении проблемы утилизации отходов, прежде всего, путем создания производственных мощностей по их переработке, одновременно решается проблема обеспечения ряда отраслей и населения необходимой продукцией. В целом направления использования отходов зависят от их размерно-качественных характеристик и экономических факторов. Наиболее ценные – кусковые отходы (горбыль, рейки и т.д.) – применяются при производстве мелкой пилопродукции и клееных заготовок, целлюлозно-бумажной и лесохимической продукции (спирта, кормовых дрожжей и т.д.). Менее ценные – мягкие отходы (опилки, стружка, кора и др.) используются для хозяйственных целей (в качестве удобрения после компостирования, подстилки для животных и пр.), как технологическое сырьё (для производства топливных гранул (пеллет), плит, продукции лесохимии, арболита, ксилолита и др.) [2, 3].

Цель исследования – формирование представления об объемах отходов, образующихся в процессе рубки древостоев и лесопиления в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории (ЦЭЗ БПТ), включающей части Иркутской области и Республики Бурятия, и выработка основных направлений по их использованию и переработке в условиях строго регламентированного природопользования [4]. Для достижения цели были решены следующие задачи: сделан анализ таксационных характеристик (породный состав, бонитет, полнота) лесов зоны; определены в разрезе основных лесобразующих пород усредненные значения показателей, необходимых для расчета лесосечных отходов; в соответствии с фактическими объемами заготовки древесины в разрезе муниципальных районов зоны рассчитаны объемы лесосечных отходов; определены и проанализированы как фактические (в разрезе предприятий, находящихся в ЦЭЗ Республики Бурятия), так и теоретически возможные (относительно объемов рубки в ЦЭЗ Иркутской

области) значения отходов лесопиления (горбыль, опилки); с учетом современного состояния лесопереработки, особого природоохранного значения ЦЭЗ БПТ и требований экологической безопасности при ведении хозяйственной деятельности, актуальных проблем, связанных с лесовосстановлением и обеспечением муниципальных районов зоны топливно-энергетическими ресурсами, определены основные направления по использованию и переработке отходов лесозаготовки и лесопиления.

Результаты оценки могут служить основой для расчета экономических затрат на сбор, размещение, способы утилизации отходов лесозаготовки и лесопиления, создание производственных мощностей для переработки отходов с целью получения необходимой продукции.

Материалы и методы исследования

Использованы статистические данные по объемам лесозаготовок на землях лесного фонда и отходам лесопиления в разрезе предприятий муниципальных районов зоны, предоставленные Министерством лесного комплекса Иркутской области и Агентством лесного хозяйства Республики Бурятия. Расчеты выполнены на примере 2015 г.

Оценка количества образованных отходов основана на действующих методиках [5, 6], использующих нормативный подход, предполагающий расчет количества отходов на единицу используемого ресурса или полученной продукции, в зависимости от различных факторов и условий. Для определения объемов лесосечных отходов первоначально были рассчитаны средние диаметр, высота, объем ствола, удельные значения массы хвои (листвы), сучьев, пней и корней, приходящиеся на единицу объема ствола древесной породы в коре. Масса хвои (листвы) и сучьев образуют общую массу кроны. Для расчета были использованы справочные материалы и методики [5, 6]. Расчет производился относительно преобладающих древесных пород с разрядами высот IV, V. Разряд высоты – классификационная единица, характеризующая распределение древостоев по группам в зависимости от их среднего диаметра (на высоте груди) и высоты. В целом он отражает возможности древостоя достигать определенной высоты в определенном возрасте. Из таблиц разряда высот следует, что при одном и том же диаметре ствола его высота при увеличении значения разряда снижает-

ся. Выбор указанных разрядов обусловлен преобладанием на территории древостоев III классов бонитета, имеющих относительно хорошие качественные характеристики с соответствующими значениями высот и диаметров стволов. Так как мы не имели сведений о диаметрах стволов вырубленной древесины, было вычислено их усредненное значение для каждой древесной породы. В соответствии с этими значениями вычислены усредненные значения объема сучьев (в м³), массы древесной зелени (хвои, листвы) (в кг), приходящиеся на 1 м³ ствола в коре. Объемы сучьев затем были переведены в весовые единицы в соответствии со значениями плотности древесины [7]. Далее, исходя из фактических объемов заготовленной хвойной и мягколиственной древесины по всем видам рубок, определены объемы основных отходов.

Отходы лесопиления в зоне представлены опилками, горбылем, другими кусковыми отходами и незначительно стружкой (при производстве столярных изделий). При распиловке используются ленточные пилорамы, древесная пыль (IV класс опас-

ности) от которых не образуется. Для зоны в пределах Республики Бурятия отходы лесопиления приведены согласно отчетным данным предприятий. Так как на территории иркутской части зоны предприятия по обработке древесины не зарегистрированы, объемы отходов лесопиления вычислены как теоретически возможные исходя из объемов заготовленной в зоне древесины согласно [6]. Расчет произведен при условии получения 1 м³ пиломатериалов из 1,4 м³ сырья (пиловочника). Объем сырья условно принят равным объему заготовленной древесины.

Результаты исследования и их обсуждение

Площадь ЦЭЗ БПТ – 89 165 км² (в том числе акватория Байкала с островами – 31 500 км²). Почти вся суша – 57461 км² (5746,4 тыс. га) занята землями лесного фонда и особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Лесами покрыто 79,3% от этой площади, причем в ЦЭЗ Иркутской области – 89,1%, а в ЦЭЗ Республики Бурятия – 74,3% (рис. 1).

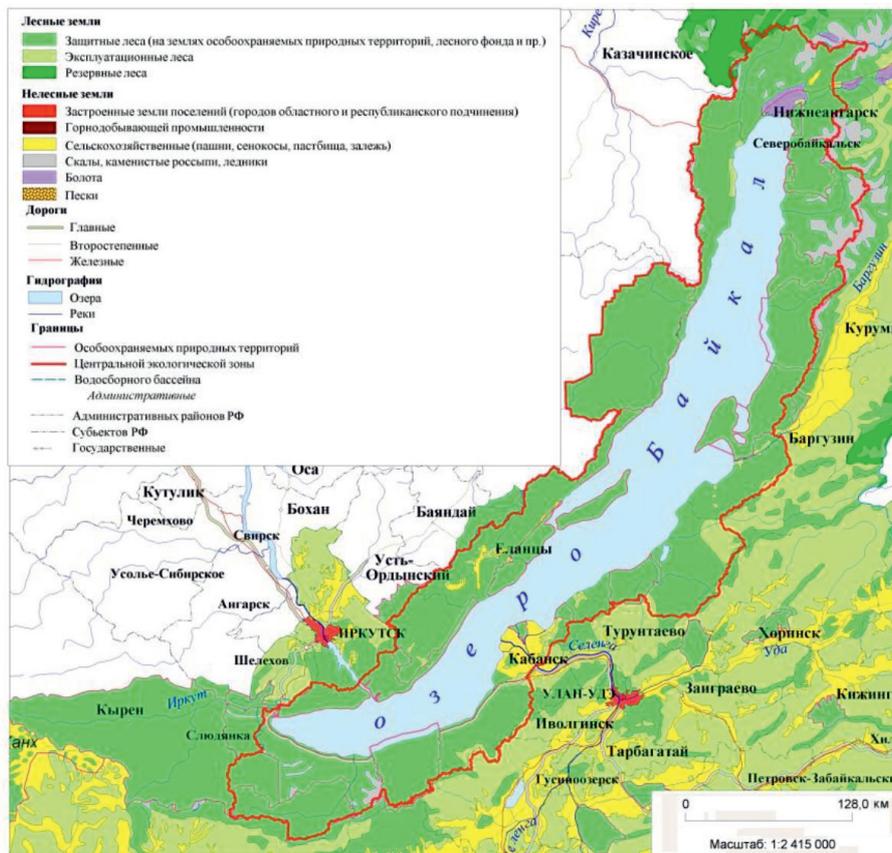


Рис. 1. Земельные угодья Байкальской природной территории (фрагмент карты)

Все леса зоны относятся к защитным и сосредоточены на землях лесного фонда и 23 особо охраняемых природных территорий, в том числе трех заповедников, трех национальных парков, двух рекреационных местностей и заказников. Леса представлены преимущественно хвойными породами (более 80%) с преобладанием сосновых древостоев.

ЦЭЗ БПТ – территория, где строгое регламентирование хозяйственной деятельности призвано сохранить уникальную природную экосистему озера Байкал. Одними из таких видов деятельности являются лесозаготовительная и деревообрабатывающая. Древесина заготавливается в порядке разрешенных [4] выборочных рубок, преимущественно рубок ухода и санитарных. В рубки поступают преимущественно разновозрастные древостои, поврежденные насекомыми-вредителями, пожарами, а также молодняки мелколиственных, реже – хвойных пород. Рубки древостоев спелых и перестойных, а также при создании и эксплуатации объектов лесной инфраструктуры незначительны.

На территории зоны, входящей в Иркутскую область, заготовка древесины и лесопиление осуществляются Ангарским филиалом ОГАУ «Южное лесопожарное объединение» (пос. Мал. Голоустное). За пределами зоны, в пос. Бол. Речка расположено лесопильное оборудование Ангарского филиала ОГАУ «Южное лесопожарное объединение», ФГБУ «Объединённая дирекция государственного природного заповедника «Байкало-Ленский» и Прибайкальского национального парка, ЗАО «Большереченское». Деятельность индивидуальных предпринимателей по заготовке и обработке древесины не зарегистрирована.

На территории зоны, входящей в Республику Бурятия, в сфере лесозаготовки и деревообработки работают более 80 предприятий. Большая часть их ориентирована на лесозаготовку. Самые крупные арендаторы лесных участков – 8 предприятий с объемами заготовки более 10 тыс. м³ древесины, в том числе самое крупное в Бурятии – ЗАО «Байкальская лесная компания», остальные – мелкие и средние. От общего объема заготовленной древесины более 40% поступает на лесопильные предприятия. Остальная часть в виде круглого леса и дров вывозится за пределы зоны. Деревообработка представлена малыми предприятиями лесопиления (до 5 тыс. м³ пиломатериалов в год) и столярных изделий. Большая часть продукции лесопиления – бруски размером 3,8 на 6,8 см и длиной 3 и 6 м, полученные

в результате обработки тонкомерной древесины. Другая продукция – брус, доска различных размеров. Производство столярных изделий (ООО «Байкаллес», Баргузинский район, и ООО «БАС», Прибайкальский район) имеет незначительную долю в общем объеме продукции деревообработки.

Для расчета и оценки объемов лесосечных отходов в разрезе основных лесобразующих пород первоначально были определены усредненные значения показателей (табл. 1).

Далее на их основе рассчитаны объемы основных лесосечных отходов, за исключением коры и малоценной древесины вследствие их незначительных объемов (табл. 2). В частности, определено, что удельный показатель отходов кроны на 1 тыс. м³ заготовленной древесины составляет 149–154 т в год, что согласуется с нормативами [8]. По объемам образования лесосечных отходов в зоне лидируют Прибайкальский и Баргузинский районы.

На лесосеках неизбежны потери отходов в процессе лесозаготовок. Например, объем отпада лесосечных отходов кроны при валке и трелевке для Бурятии и Иркутской области при нормативе 9,1% от объема вывезенной древесины [6] мог достигать в 2015 г. 50,7 тыс. м³. Если масса влажной древесной зелени составляет 42,2 тыс. т (табл. 2), то ее объем, рассчитанный на примере сосновой хвои при динамическом уплотнении [5], мог составить от 136,1 до 186,7 тыс. м³ (в среднем 161,4 тыс. м³), а вместе с отходами сучьев (при плотности древесины сосны 0,51 т/м³) – в среднем 244,3 тыс. м³. Учитывая вычисленный объем отпада (50,7 тыс. м³), эта величина уменьшается до 193,6 тыс. м³. В пересчете на сухую массу древесной зелени (18,8 тыс. м³ или 2,8 тыс. т) общие объемы отходов кроны и раскряжевки могли составить в 2015 г. 113,4 тыс. м³.

Рассматривая 2015 г. как базовый, можно рассчитать примерные объемы лесосечных отходов за иные годовые периоды, полагая, что объемы их образования пропорциональны объемам лесозаготовок. На примере ЦЭЗ Иркутской области (рис. 2) определено, что за 10-летний период (2009–2018 гг.) отклонение среднегодового объема лесозаготовок от 2015 г. – 8,4%, что может соответствовать отходам кроны – 7,1 тыс. т, раскряжевки древесины – 0,9 тыс. м³, прочим – 3,4 тыс. т. Отсюда среднегодовой объем их образования, без учета неизбежных потерь на лесосеках, может достигать 91,6 тыс. т, 12,6 тыс. м³, 66,6 тыс. т.

Таблица 1

Данные для расчета объема лесосечных отходов

Порода	Средний диаметр ствола, м	Средняя высота ствола, м	Средний объем ствола, м ³	Масса влажной хвой (листвен), кг на 1 м ³ ствола в коре	Объем сучьев, м ³ на 1 м ³ ствола в коре	Средняя плотность древесины* т/м ³	Масса сучьев, кг на 1 м ³ ствола в коре	Общая масса кроны, кг на 1 м ³ ствола в коре	Масса пней, корней, кг на 1 м ³ ствола в коре
Сосна	0,24	14,48	0,63	56,79	0,12	0,51	61,11	117,90	116,15
Ель	0,24	15,02	0,66	134,20	0,18	0,45	78,32	212,52	102,35
Лиственница	0,28	18,60	1,15	29,40	0,16	0,67	103,74	133,14	152,95
Пихта	0,27	16,71	0,99	47,87	0,16	0,37	59,25	107,12	86,25
Кедр	0,28	14,06	0,86	124,00	0,17	0,44	73,95	197,95	100,05
Хвойные	0,26	15,77	0,86	78,45	0,16	0,49	75,76	154,21	111,55
Береза	0,23	13,06	0,55	68,82	0,14	0,65	90,88	159,70	147,2
Осина	0,23	15,88	0,67	37,33	0,13	0,5	65,84	103,17	113,85
Мягколиственные	0,23	14,47	0,61	53,08	0,14	0,57	77,96	131,04	130,41

Примечание: * Предельная плотность древесины при влажности 15%, по [7].

Таблица 2

Лесосечные отходы от всех видов рубки на землях лесного фонда в ЦЭЗ БПТ (2015 г.)

Муниципальные районы*	Заготовлено древесины***, тыс. м ³		Масса древесной зелени, тыс. т	Масса сучьев, тыс. т	Масса кроны, тыс. т	Удельная масса кроны, т на 1 тыс. м ³ заг. древ.	Отходы раскряжевки**, тыс. м ³	Прочие отходы (пни, корни), тыс. т
	всего	в том числе						
Кабанский	123,6	99,8	23,8	9,4	18,5	149,7	2,6	14,2
Прибайкальский	170,7	160,6	10,1	13,0	26,1	152,8	3,6	19,2
Северо-Байкальский	12,2	10,9	1,3	0,9	1,9	151,7	0,2	1,4
Баргузинский	175,0	157,0	18,0	13,3	26,6	151,8	3,7	19,9
Итого	481,5	428,3	53,2	36,6	73,0	151,6	10,1	54,7
Иркутский	9,8	9,8	0,0	0,7	1,5	154,2	0,2	1,1
Ольхонский	55,6	52,4	3,2	4,2	8,5	152,9	1,2	6,3
Слюдянский	10,0	8,2	1,7	0,8	1,5	150,1	0,2	1,1
Итого	75,4	70,5	4,9	5,7	11,5	152,7	1,6	8,5
Всего в ЦЭЗ БПТ	556,9	498,8	58,1	42,3	84,5	151,7	11,7	63,2

Примечание: *Муниципальные районы включают лесничества или их части. Республика Бурятия: Кабанский район – Бабушкинское, Кабанское лесничества; Прибайкальский – Байкальское, Кикинское; Северо-Байкальский – Северо-Байкальское; Баргузинский – Усть-Баргузинское. Иркутская область: Иркутский – Голоустненское; Ольхонский – Ольхонское; Слюдянский – Слюдянский. **Объемы отходов от раскряжевки рассчитаны при нормативе образования 2,1% от объема раскряжевки [6]. За объем раскряжевки условно принят объем заготовленной древесины. ***Объемы заготовленной древесины даны с поправками, учитывающими лесозаготовки только в частях лесничеств, находящихся в пределах ЦЭЗ БПТ.

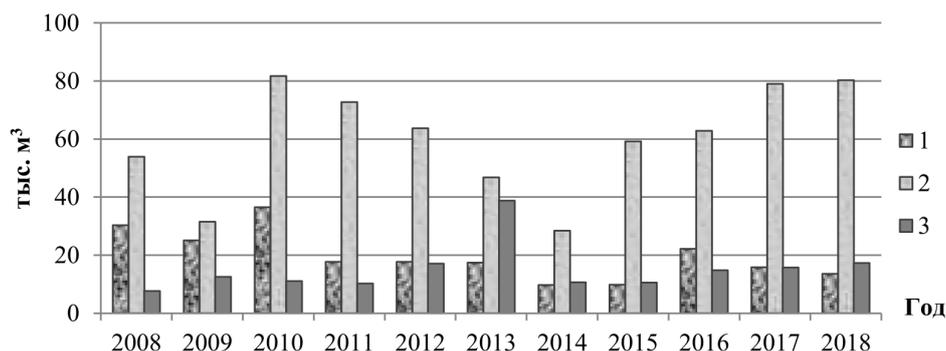


Рис. 2. Динамика объемов лесозаготовок в ЦЭЗ БПТ Иркутской области на землях лесного фонда в Голоустненском (1), Ольхонском (2), Слюдянском (3) лесничествах

Таблица 3

Производство деловой древесины и основных отходов лесопиления в ЦЭЗ БПТ в 2015 г., м³

Муниципальное районное образование	Деловая древесина	Пиломатериалы	Дрова	Отходы		Всего отходов
				Горбыль	Опилки	
Кабанский	33954,3	12967,0	2212,8	1917,8	527,7	2445,5
Прибайкальский	145053	48674,0	1380,1	5572,9	1407,9	6980,8
Северо-Байкальский	12525	1782,4	422,9	397,6	140,1	537,7
Баргузинский	165025	90260,6	5882,0	11278	4857,1	16135,1
г. Северобайкальск	1160,2	184,0	27,0	18,7	19,4	38,1
Республика Бурятия, всего	357717,8	154052	9924,8	19185,0	6952,2	26137,2
Иркутская область, всего	–	–	–	6155,8	8196,4	14352,2

Примечание: «–» – нет данных.

По фактическим данным предприятий лесопиления, расположенных в ЦЭЗ в составе Республики Бурятия, объемы отходов превышают 26,1 тыс. м³. Наибольший объем их образуется в Баргузинском районе, что связано с наличием здесь большего числа предприятий. При использовании в лесопилении древесины, заготовленной на территории зоны в составе Иркутской области, теоретически можно получить более 14 тыс. т отходов (табл. 3).

Для территории ЦЭЗ в настоящее время одной из острых проблем является снабжение муниципальных районов топливно-энергетическими ресурсами. Активное использование традиционного вида топлива (угля) ведет к загрязнению воздуха и переполнению полигонов золошлаковыми отходами, что противоречит основным требованиям экологической безопасности на территории зоны. Перспективным решением проблемы утилизации древесных отходов, низкокачественной древесины при учете требований экологической безопасности производства продукции и одновременного решения проблемы топливного снабжения районов зоны является производ-

ство древесного биотоплива. Только из горбыля и опилок ежегодно можно производить более 8 тыс. т данной продукции. Если учитывать в качестве сырья некоторые лесосечные отходы (например, отходы кроны и раскряжевки), то объем производимых древесных гранул может увеличиться еще примерно на 22,7 тыс. т. Расчет сделан исходя из того, что на производство одной тонны биотоплива требуется 5–8 м³ опила насыпной плотности в зависимости от породы древесины [9].

В последние годы опилки и различные кусковые отходы лесопиления (горбыль, рейки и др.) находят применение при производстве древесных гранул на единственном предприятии в зоне мощностью до 10 тыс. т пеллет в год в пос. Усть-Баргузин (Республика Бурятия). Однако с недавних пор завод сталкивается с проблемой нехватки сырья, связанной с более жесткой регламентацией лесозаготовок и деревообработки в зоне [10]. Развитие этого направления в бурятской части зоны может опираться также на заводы, ближайшие к ее южной части – в г. Улан-Удэ и Гусиноозерске. В Иркутской области при учете потребительского спроса

и сокращения дальности транспортировки отходов до пунктов их переработки, производство биотоплива возможно организовать в пос. Большая Речка, Малое Голоустное, Култук. Переработка отходов на крупных предприятиях по производству биотоплива в северо-восточной части области (г. Усть-Кут, пос. Новая Игирма и др.) из-за значительной удаленности от ЦЭЗ представляется нерентабельной.

В настоящее время в регионах остро стоит задача лесовосстановления на лесных участках, пострадавших в результате пожаров, болезней и насекомых-вредителей. В этой связи малозатратным и экологически безопасным направлением для развития, как в пределах, так и вблизи от зоны, является, по нашему мнению, компостирование мягких древесных отходов для производства биоудобрения на базе существующих лесопитомников.

Важной проблемой, сдерживающей переработку отходов, является отсутствие в регионах специальных полигонов по их приемке, высокие затраты на сбор, обработку и транспортировку отходов из удаленных участков, часто превышающие стоимость готовой продукции [4]. Поэтому очень часто утилизация отходов предпринимателями происходит путем сжигания или незаконного вывоза на близлежащие участки.

Закключение

На территории ЦЭЗ БПТ, несмотря на строгие требования, регламентирующие лесозаготовительную и деревообрабатывающую деятельности, ежегодно образуются значительные объемы отходов лесосечных работ и лесопиления. Их значения могут быть еще больше, если учитывать также лесосечные отходы, полученные при рубках на территориях ООПТ, Снежинского заказника в пределах Закамского лесничества (Закаменский район).

С учетом требований экологической безопасности производств, а также решения проблем топливно-энергетического обеспечения и лесовосстановления в муниципальных районах зоны наиболее перспективными направлениями по использованию и переработке отходов являются на сегодняшний день производство древесного биотоплива и компостирование мягких древесных отходов для производства биоудобрения. Однако следует учесть, что успешное развитие данных направлений невозможно без создания в регионах полигонов сбора и хранения древесных отходов, применения стимулирующих мер, способствующих заинтересованности предпри-

нимателей в сборе и доставке их в пункты приема и переработки.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А17-117041910167-0) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-29-05043/17.

Список литературы / Reverences

1. Приказ Росприроднадзора от 03.06.2016 № 311 «Об внесении изменений в Федеральный классификационный каталог отходов». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.formy-i-blanki.ru/fkko> (дата обращения: 25.04.2020).

The Order of Rosprirodnadzor 06.06.2016 № 311 «On Amendments to the Federal Classification Catalog of Wastes». [Electronic resource]. URL: <http://www.formy-i-blanki.ru/fkko> (date of access: 25.04.2020).

2. Карпачев В.П., Андрияс А.А., Пережилин А.М. Оценка объема отходов лесозаготовок в Красноярском крае // Вестник КрасИГУ. 2010. № 7. С. 7–10.

Karpachev V.P., Andriyas A.A., Perezhilin A.M. Estimation of the volume of logging waste in the Krasnoyarsk Territory // Vestnik KrasIGU. 2010. № 7. P. 7–10 (in Russian).

3. Медведев С.О., Соболев С.В., Степень Р.А. Возможности рационального использования древесных отходов в Лесосибирском лесопромышленном комплексе. Красноярск: Сиб. госуд. технич. ун-т, 2010. 85 с.

Medvedev S.O. Sobolev S.V., Stepen R.A. Possibilities of rational use of wood waste in the Lesosibirsky timber industry complex. Krasnoyarsk: Sib. gosud. tekhnich. un-t, 2010. 85 p. (in Russian).

4. Постановление Правительства РФ от 30.08.2001 г. № 643 «Об утверждении перечня видов деятельности, запрещенных в центральной экологической зоне Байкальской природной территории». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/2158203> (дата обращения 25.04.2020).

Resolution of the Government of the Russian Federation 30.08.2001 № 643 «On approval of the list of activities prohibited in the central ecological zone of the Baikal natural territory». [Electronic resource]. URL: <https://base.garant.ru/2158203> (date of access: 25.04.2020) (in Russian).

5. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности (образование и использование): справочник. М.: Экономика, 1983. 223 с.

Secondary material resources of the forest and woodworking industry: (Education and use): reference book. M.: Ekonomika, 1983. 223 p. (in Russian).

6. Методические указания по определению объемов вторичных древесных ресурсов. М.: Минлесбумпром, 1988. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.waste.ru/modules/documents/item.php?itemid=231> (дата обращения 25.04.2020).

7. Сборник методик по расчету объемов образования отходов. СПб., 2004. [Электронный ресурс]. URL: https://standartgost.ru/g/%D0%9C%D0%A0%D0%9E_5-99 (дата обращения 25.04.2020).

8. Общесоюзные нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий: 02-85. [Электронный ресурс]. URL: http://snipov.net/c_4685_snip_99291.html (дата обращения 25.04.2020).

9. Грубер А. Лесозаготовка есть – переработки отходов нет. [Электронный ресурс]. URL: <https://lpk-sibiri.ru/forest-industry/bioenergetics/lesozagotovka-est-pererabotki-othodov-net> (дата обращения: 25.04.2020).

Gruber A. Logging is – there is no recycling. [Electronic resource]. URL: <https://lpk-sibiri.ru/forest-industry/bioenergetics/lesozagotovka-est-pererabotki-othodov-net/> (date of access: 25.04.2020) (in Russian).

10. Ирдыеев Содном. В Бурятии заводу по производству топливных гранул не хватает сырья. Сайт «Новости Улан-Удэ». [Электронный ресурс]. URL: <http://baikal-news.net/society/2019/12/06/31910.html> <http://baikal-news.net/society/2019/12/06/31910.html> (дата обращения: 25.04.2020).

Irdyeev Sodnom. In Buryatia the plant for the production of pellets is not enough raw materials. Website «News of Ulan-Ude». [Electronic resource]. URL: <http://baikal-news.net/society/2019/12/06/31910.html> <http://baikal-news.net/society/2019/12/06/31910.html> (date of access: 25.04.2020) (in Russian).

УДК 556.166.4

ЛАНДШАФТЫ НАВОДНЕНИЙ: КОНЦЕПЦИЯ И СПОСОБЫ РАСЧЁТОВ**Напрасников А.Т.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: r.kodar@mail.ru*

Обосновывается новый взгляд на истоки проявления наводнений не как случайное кратковременное затопление водами территории, а как ландшафты, формирующие данный процесс. Доказываются двойственные свойства этих геосистем – усиливающее и нейтрализующее динамику водной стихии, соответственно, формирующее и ликвидирующее наводнения. Подобные преобразования характерны для метастабильных ландшафтов. Обладая критической массой, прямыми и обратными связями, они транспортируют и поглощают воды, уменьшают или увеличивают элементы водного баланса. В связи с этим решались следующие задачи: обоснование ландшафтов наводнений, установление структуры их водного баланса и нейтрализация критических величин влаги и тепла, т.е. установление естественного режима ландшафтов наводнений, безопасного для окружающей среды. По информации июньских и июльских катастрофических наводнений 2019 г. в Иркутской области осуществлен географический анализ водно-энергетического баланса ландшафтов – взаимодействие их естественных ресурсов влаги, тепла с внешними критическими притоками и оттоками. Это соответствует понятию ландшафтной иерархии – природные системы и их среды едины. Подобная взаимообусловленность и обеспечила познание ландшафтов наводнений с кратковременными критическими свойствами, определила необходимость создания геосистемного метода расчетов водного и энергетических балансов природных систем с напряжёнными компонентами. Решение задачи осуществлялось совместным анализом климатических, ландшафтных, почвенных и антропогенных факторов. Информационной базой послужили данные уже произошедших наводнений, соответствующие климатические справочники и метод гидролого-климатических расчетов. На этой основе был аргументирован водный баланс ландшафтов наводнений в условиях Восточной Сибири. Таким образом, в работе раскрыта двойственная природа ландшафтов наводнений. Показана необходимость совершенствования региональной концепции водного баланса данных ландшафтов.

Ключевые слова: Иркутская область, ландшафты, наводнение, водный баланс, геоинформационное обеспечение, критические компоненты, влага и тепло

LANDSCAPES OF FLOODS: THE CONCEPT AND METHODS OF CALCULATIONS**Naprasnikov A.T.***V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: r.kodar@mail.ru*

We substantiate a new view of the origins of floods not as an accidental short-lasting water flooding of a territory but as landscapes forming this process. We demonstrate the dual properties of these geosystems: the property enhancing or neutralizing the dynamics of water-related emergencies, respectively, and the property forming or eliminating floods. Such transformations are characteristic for metastable landscapes. Having a critical mass and forward and backward linkages, they transport and absorb the waters, and decrease or increase the elements of water balance. In this connection, the following problems were dealt with: substantiating the landscapes of floods, determining the structure of their water balance and neutralizing critical values of moisture and heat, i. e. ascertaining the environmentally safe natural regime of landscapes of floods. According to information regarding the June and July 2019 disastrous floods in Irkutsk oblast, a geographical analysis has been made of the water-energy balance of landscapes: the interaction of their natural resources of moisture and heat with external critical inputs and outputs. This corresponds to the notion of the landscape hierarchy – natural systems and their environments are unified. Such an interconditionality provided a more penetrating insight into the landscapes of floods with short-lasting critical properties and dictated a need to develop the geosystem method of calculating the water and energy balances of natural systems with strained components. The problem was solved by making a combined analysis of the climatic, landscape, soil and anthropogenic factors. The information base was represented by data on the floods that had occurred already, corresponding the climatic reference books, and by the method of hydrological-climatic calculations. On this basis, we determined and demonstrated the water balance of the landscapes of floods in conditions of Eastern Siberia. Thus this study has revealed a dual origin of the landscapes of floods. It is shown that there is a need to improve the regional concept of the water balance of these landscapes.

Keywords: Irkutsk oblast, landscapes, flood, water balance, geoinformation support, critical components, moisture and heat

На грани второго и третьего тысячелетий Российскую Азию потрясли многочисленные разрушения гидротехнических сооружений: Саяно-Шушенская и Бурейская ГЭС, катастрофические наводнение на р. Зея в 2013 г. в Амурской области [1], Тулунское наводнение 2019 г. на р. Ия в Иркутской области. Они сформировались при современном глобальном потеплении климата и переходе России на рыночный путь

развития [2]. В данных условиях разрушились прежние приоритеты к щадящему устройству природы и обществу. Капиталистический путь в России его не воспринял, но и не создал альтернативного подхода. В данных условиях имеющийся научный потенциал отечества не смог реализоваться. Опасные наводнения оказались не контролируемы. При этом свойства наводнений обосновывались прежними статистически-

ми методами, хотя очевидными стали в их происхождении ландшафтные и антропогенные факторы.

Назрела необходимость учёта, обоснования концепции формирования наводнений и способов их расчета на обширных географических пространствах. Современные знания позволили выстроить иерархическую организацию геосистем, сформулировать статистические связи между их компонентами и режимами. Стало возможным обосновывать системную организацию наводнений в пространственных и временных масштабах.

В связи с этим основной целью работы явилось геосистемное обоснование ландшафтов наводнений как метастабильных состояний с неуравновешенными прямыми и обратными связями.

Результаты исследования и их обсуждение

Природа ландшафтов наводнения. Природу наводнений увязывают с известными положениями, которые к настоящему времени частично устарели, не всегда соответствуют современным знаниям о природе территории, ее функциях, законах общности её элементов.

Обычно наводнения связывают с климатом. Но это не совсем так, хотя его приоритеты очевидны. Климат приносит влагу и тепло, ландшафт их аккумулирует и распределяет. Между ними устанавливается «трансформатор» – геосистемный преобразователь климатической информации в географическую. У каждого из них свои, но взаимно обусловленные функции.

Всем известно крылатое выражение А.И. Воейкова «реки продукт климата». В этом высказывании просматривается неопределенность. Ведь свойства любых природных систем формирует множество иных, часто не изученных и не предсказуемых явлений. К ним относится и ландшафт. В ландшафте концентрируются все геологические, географические и антропогенные проявления. Они не однозначные, с разными приоритетами, но совместно формирующие ландшафты.

В Иркутской области в конце июня 1919 г. произошла система катастрофических наводнений. Они охватили Тулунский, Нижнеудинский, Тайшетский, Чунский, Зиминский и Куйтунский районы области. В большей степени пострадал г. Тулун. К бедствию такого масштаба никто не был подготовлен.

Современный пространственный и временной анализ наводнений Байкальского ре-

гиона и смежных территорий осуществлен Н.В. Кичигиной [3]. Весьма убедительно выявлены причины и следствия их проявлений. Был также осуществлен оперативный научный отклик на наводнения в Иркутской области А.В. Шаликовским с соавторами [4] Ценность данных работ заключается в анализе наводнений системой современных и международных стандартов. Паводок в Иркутской области отмечен в работе [5]. Данные работы содержат ряд практических рекомендаций по предотвращению наводнений, где использовалась климатическая и гидрологическая информация, а географический фактор учитывался, но недостаточно.

Несмотря на отлично выполненные обоснования наводнений в Иркутской области и рекомендации по их предотвращению, остается нерешенным главный вопрос – какая причина сформировавшегося катастрофического наводнения: природа равнины с горным обрамлением или непосредственно ее ландшафты, или антропогенный фактор.

Обычно утверждают, что основной причиной катастрофических наводнений на Иркутско-Черемховской равнине были обильные ливни 25–27 июня. У основания Восточных Саян на станциях Икей и Аршан бассейна реки Ия выпало 218 и 250 мм осадков – более трех месячных норм [5], в г. Тулуне – 85 мм; на станции Хадама бассейна р. Уда выпало 112 мм, в Нижнеудинске – 91 мм. Здесь осадки у подножья Восточного Саян формируют наветренные, а городов – теневые склоны северных среднегорий.

Данное явление, несколько в иной форме, отмечали А.В. Шаликовский с соавторами: «подъем уровня воды у г. Тулун начался через сутки после начала дождя», «на заполнение очень широких пойм было израсходовано огромное количество воды», «на первую волну паводка, сформированного с водосборной площади вблизи Тулуна, наложилась вторая волна с верховий реки» [4]. Здесь в формирование наводнений вмешался третий важнейший фактор – ландшафт, сконцентрировавший в низинах рельефа критическую массу воды, которая, придя в движение, создала катастрофическое наводнение. Основу данного положения подтверждают следующие природные факторы.

Ландшафты равнины и их горное обрамление обладают общими и разными уникальными свойствами. В геологические времена были заложены единые разломы земной коры Восточных Саян и северных среднегорий – Бирюсинского плато, Ангарского кряжа, Лено-Ангарского плоскогорья.

Они обеспечили формирование русел современных рек: Бирюсы, Уды, Ия и Оки. Вместе с этим разный рост горных систем сформировал между ними геолого-геоморфологический прогиб, современную Иркутско-Черемховскую равнину. Она не имеет собственной реки, как обычно межгорные долины и котловины, и, соответственно, единого речного стока. На западе ограничена водоразделом между Бирюсой и Удой, на востоке водоразделом между Восточными Саянами и Приморским хребтом. На равнине разгрузка вод происходит исключительно раздельно в пределах бассейновых русел рек, врезанных в северные плоскогорья, нагорья. Равнина замкнута с обеих сторон, что является основной причиной формирования ее климата и наводнений. Этими же причинами определена динамическая инвариантность атмосферных осадков и температур. Все метеорологические станции расположены в пределах 480–550 м абс. высот. В пределах станций средние многолетние месячные атмосферные осадки и температуры разные, но незначительно отличаются друг от друга. Их стандартные отклонения также не значительные. На станциях Тайшет, Алзамай, Ук, Нижнеудинск, Худоеланская, Тулун, Шерагул, Зима, Залари, Черемхово, Усолье и Ангарск существует единое стандартное отклонение осадков и температур, с нормированным пределом изменчивости – 5–10% относительной погрешности. Имеется и единая связь сумм месячных осадков (X) с месячными температурами (T):

$$X = 0,09T^2 + 2T + 24; R^2 = 0,97. \quad (1)$$

Высотные различия станций равнины незначительные. Данный факт позволяет информацию каждой в отдельности метеорологической станции соответствующего бассейна распространять на всю его равнинную площадь.

Показательной является средняя месячная влажность почв в долях наименьшей влагоемкости (V) и ее стандартные отклонения (S).

Средняя влажность почв в июне минимальная. Ее максимум сравнивается с НВ в июле и особенно в августе. Если в июле это обусловлено максимальными осадками, порождающими большое число наводнений, то в августе еще при большей влажности их количество меньше. Юг региона относится к областям криолитозоны с прерывистой мерзлотой. В долинах рек в конце июля и начале августа мерзлая прослойка полностью протаивает, а весь деятельный слой почв с гидрогеологическим горизонтом поглощает избыточную воду, нейтрализуя формирование наводнений. Но может быть и обратный эффект: мощное излияние вод подмерзлотных таликов в русла рек создаст условия для формирования наводнений. Если мерзлый слой не протаял, то он превращается в водоупор, формирующий наводнения. Двойственные функции почв и глубинных вод являются следствием не уравновешенных в них прямых и обратных связей. Кроме данного явления, климатическую и геолого-геоморфологическую гармонию нарушают сами ландшафты. С увалов атмосферные осадки скатываются в низины, переувлажняют почвы, накапливают воду на земной поверхности, формируют подпрудные озера и болота. В пониженных участках рельефа в пределах 500–560 м абс. высот формируется множество временных и локальных водоемов со слоем воды 50–100 см. Этот водный «аккумулятор» является мощным потенциалом начального проявления наводнений, при котором объединяются все локальные подпрудные водоемы и создают единую движущую силу водных масс. Их не могут освободить суженные русла рек у подножий северных нагорий. Начинают формироваться наводнения. Поэтому при определении составляющих водного баланса в пределах равнины следует иметь в виду наличие двух их видов – баланс вод увалов и низин. На Иркутско-Черемховской равнине заболоченные земли составляют около 25% площади местных бассейнов.

Таблица 1

Средняя месячная влажность почв (V) в долях наименьшей влагоемкости (НВ) и стандартные отклонения (S), определенные за все годы наблюдений на станциях равнины

Станция	Июнь		Июль		Август	
	V	S	V	S	V	S
Тулун	0,78	0,18	0,9	0,22	0,93	0,21
Нижнеудинск	0,73	0,17	0,91	0,22	0,93	0,18
Зима	0,68	0,21	0,82	0,21	0,81	0,2
Иркутск	0,82	0,25	0,91	0,25	0,90	0,22

Общий потенциал ландшафтной влаги низин увеличивается в разы и превращается в опасное ландшафтное наводнение.

Водный баланс ландшафтов наводнений. Баланс влаги и тепла природных систем – сложнейший процесс. Кроме известных климатических и гидрологических явлений, следует учитывать множество иных факторов: физических, географических, антропогенных и особенно стихийных. Надежными индикаторами наводнений являются атмосферные осадки и сток рек. Но, как уже отмечалось, этого недостаточно.

Прежде всего, следует решить проблему водного баланса кратковременных наводнений. Предлагается эту форму рассматривать в инвариантных системах, в ограниченных пространствах и временных масштабах с надежной информацией. Такой информацией являются месячные значения с конкретным местоположением метеорологической станции. Содержание кратковременной информации о ливнях должно быть тождественно нормированным атмосферным осадкам. Наглядным примером являются максимальные 2% обеспеченности месячной суммы осадков, пропорциональные суточному максимуму ливней. На равнине их трехмесячная суточная норма равна 2% месячного максимума осадков:

$$X \text{ 2\% мес.} = 2,7 X \text{ 2\% сут.} + 1,33; R^2 = 0,99. (2)$$

Факт высокой корреляции позволяет водный баланс кратковременных ливней, формирующих наводнения, определять посредством максимально возможного месячного нормированного количества осадков. Это аффинные (родственные) преобразования, что указывает на их природную однородность и единый источник начального формирования.

В дальнейшем водные балансы территории до и после наводнений обосновывались раздельно, а впоследствии объединялись. Месячные максимумы естественных энергетических ресурсов ландшафтов (Е е.л.) рассчитывались по корреляции автора [6].

$$E \text{ е.л.} = -0,00001 * t^4 + 0,0009 * t^3 + 0,1085 * t^2 + 3,0124 * t + 27,847, (3)$$

где Е е.л. – месячный водный эквивалент радиационного баланса ($R/L = R/0,06$ мм); t – средняя месячная температура воздуха.

Определение энергетических параметров переувлажненных ландшафтов наводнения (Е л.н.), т.е. испарение с достаточно увлажненной почвы или близкой к ней с водной поверхности осуществлялось по кор-

реляциям автора с использованием данных Л.И. Зубенок [7]. Выражены они связями месячного испарения с увлажненной поверхности ($E \text{ л.н.} = Ro/L$ мм) с суммой температур (T) выше $10^\circ C$: $Ro/L(\text{май}) = 0,14T + 94$; $Ro/L(\text{июнь}) = 0,21T + 51$; $Ro/L(\text{июль}) = 0,22T + 20$; $Ro/L(\text{август}) = 0,27T - 19$; $Ro/L(\text{сентябрь}) = 0,15T + 35$. Можно использовать единую, обобщающую корреляцию за любые месячные интервалы:

$$Ro/L \text{ мм} = 0,21T + 31; R^2 = 0,78. (4)$$

Однако этими связями не определяется испаряемость с месячной суммой температур менее $400-500^\circ C$. В данных условиях линейные связи (Ro/L) с температурами нарушаются. К северу, в связи с увеличением продолжительности дня, радиационный баланс убывает медленней по сравнению с температурами воздуха.

Факторы, объединяющие водные балансы естественных и ландшафтов наводнений, отражают общность климатических и почвенных составляющих. Особую значимость приобретают почвенные свойства: влажность завядания, наименьшая и полная влагоёмкость. Они отражают граничные и критические условия накопления влаги как в почвенных горизонтах, так и в слоях воды на ландшафтной поверхности – предвестниках наводнений. Подобные явления были отмечены и в других критических состояниях ландшафтов Прибайкалья [8; 9], но с несколько иными характеристиками.

Влажность почв в долях наименьшей влагоёмкости (V) определялась по данным месячных сумм осадков (X) и через средние месячные температуры (t) по связи (3) – характеризующие месячные энергетические ресурсы естественных ландшафтов (Е е.л.):

$$V^r = X / E_{\text{е.л.}} \text{ или } V = \sqrt[r]{X / E \text{ е.л.}} (5)$$

Параметр r зависит от структуры почв: для легких он равен: 1,1–1,4; для средних – 1,4–2,0; для тяжелых 2,0–3,0 и более.

В мелиоративной практике известно, что любые гидротехнические воздействия преобладающе охватывают метровый слой почвогрунтов. Поэтому все последующие расчеты элементов природных систем ландшафтов осуществлялись для его метрового слоя. Прежде всего, была принята скважность для суглинистых почв, равная 0,45. Метровый слой почвогрунтов вмещает 450 мм воды, что соответствует его полной влагоёмкости $W_{п.в.}$, в два раза большей $W_{н.в.}$ (наименьшей влагоёмкости), равной 220 мм.

Таблица 2

Критерии формирования наводнений на Иркутско-Черемховской равнине

Станция	Июнь			Июль			Август		
	X2%	V н.в.	ΔXс.в.	X2%	V н.в.	ΔXс.в.	X2%	V н.в.	ΔXс.в.
Тулун	124	1,14	523	205	1,32	1063	180	1,40	1181
Нижнеудинск	125	1,06	409	187	1,27	843	156	1,11	563
Зима	124	1,50	224	218	1,41	1278	152	1,17	708

Таким образом, определяется вся исходная информация, обеспечивающая формирование геосистем с естественной и экстремальной информацией. Прежде всего рассчитывалась влажность почв за месячные периоды до наступления наводнения и вычислялась в долях наименьшей влагоёмкости – $V = (X/E \text{ е.л.})^{0.5}$. Ее количество (W мм) в метровом слое почв определялось: $W = V * 220$ мм. Последующие расчеты выполнялись уже для условий переувлажненной почвы, характерной наводнениям, с увлажненной и со слоем воды на ее поверхности. К запасам влаги в почве (W) прибавлялась месячная сумма осадков (X) и вычиталась испаряемость (Ro/L). Этот баланс влаги считался равным всей площади бассейна в условиях наводнения. Но этот слой воды концентрируется только в четвертой части площади бассейна. Поэтому его увеличивали в четыре раза и затем вычитали всю влагу почв, предполагая, что она равна 450 мм. Именно эта остаточная влага или ее слой на ландшафтной поверхности является фактором формирования наводнений. Данный момент расчетов считается самым слабым звеном в определении водного баланса ландшафтов наводнения. Однако, несмотря на эти допущения, результаты расчетов не противоречат реальным размерам водных потоков наводнений (табл. 2).

В таблицах естественного ($V_{н.в.}$) и слоя воды ($\Delta X_{с.в.}$) формирования наводнений прослеживается единый признак – влажность почвогрунтов за внутригодовые периоды близка к переувлажнению или к формированию слоя воды на ландшафтной поверхности. Его разгрузка ограничивается суженными руслами рек. Их недостаточная пропускная способность увеличивает слой воды на обширных пространствах бассейна, создаёт повышенный водный напор на смежные комплексы и формирует наводнения.

Заключение

Определения характеристик ландшафтных наводнений включают статистические

приёмы, необходимые для расчета устойчивости инженерных сооружений. Но необходимы и знания иных природных параметров: рельеф ландшафта, скважность, влажность, влагоёмкость почв, гидрологические горизонты, сезонные мерзлые прослойки и многолетние мерзлые породы. Это составляющие физико-географического процесса, на основах которого разработан ландшафтный метод гидролого-климатических расчетов наводнений.

Вырываясь из жестких ландшафтных ограничений, водная стихия становится опасной для существования смежных природных комплексов, элементов окружающей среды, деятельности человека и его жизни. Это инвариантные свойства самой Иркутско-Черемховской равнины, приобретенные за геолого-геоморфологический период ее формирования.

Эти природные опасные явления и породившие их ландшафты следует нейтрализовать. Необходимо построить единую сеть современных мелиоративных систем, которые сохраняли бы в почвогрунтах постоянный недостаток влаги, ниже НВ, как поглотитель поступающей извне избыточной влаги. Для этого необходим мониторинг увлажнения почв, предупреждающий наступающее наводнение. Также необходимо совершенствовать региональную концепцию водного баланса ландшафтов наводнения.

Список литературы / References

1. Махинов А.Н. Основные факторы формирования катастрофических наводнений в бассейне реки Амура в 2013 году // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 435–442.

Mahinov A.N. The main factors in the formation of catastrophic floods in the Amur River basin in 2013 // Readings in memory of Vladimir Yakovlevich Levanidov. Vladivostok: Dalnauka, 2014. P. 435–442 (in Russian).

2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Раздел I: Наблюдаемые изменения климата. М.: Росгидромет, 2014. С. 18–235.

Roshydromet's second assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. Section 1: Observed climate changes. M.: Roshydromet, 2014. P. 18–235 (in Russian).

3. Кичигина Н.В. Опасность наводнений на реках Байкальского региона // География и природные ресурсы. 2018. № 2. С. 41–51. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-2(41-51).
Kichigina N.V. Flood Hazard on the Rivers of the Baikal Region. Geography and Natural Resources. 2018. V. 39. № 2. С. 120–129. DOI: 10.1134/S187537281802004X.
4. Шаликовский А.В., Лепихин А.П., Тиунов А.А., Курганович К.А., Морозов М.Г. Наводнения в Иркутской области 2019 года // Водное хозяйство России. 2019. № 6. С. 48–65. DOI: 10.35567/1999-4508-2019-6-4.
Shalikovskiy A.V., Lepikhin A.P., Tiunov A.A., Kurganovich K.A., Morozov M.G. Floods in the Irkutsk region in 2019 // Vodnoye khozyaystvo Rossii. 2019. № 6. P. 48–65 (in Russian).
5. Паводок в Иркутской области побил рекорды за весь период наблюдений // РИА Новости. 08.07.2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/20190708/1556299303.html> (дата обращения: 10.05.2020).
The flood in the Irkutsk region broke records for the entire observation period // RIA News. 07/08/2019. [Electronic resource]. URL: <https://ria.ru/20190708/1556299303.html> (date of access: 10.05.2020) (in Russian).
6. Напрасников А.Т. Геоинформационная и цифровая мелиорация. Иркутск: Изд. ИГУ, 2018. 288 с.
Naprashnikov A.T. Geoinformation and digital land reclamation. Irkutsk: Izd. IGU, 2018. 288 p. (in Russian).
7. Зубенок Л.И. Испарение на континентах. Л.: Изд. Гидрометеоздат, 1976. 264 с.
Zubenok L.I. Evaporation on the continents. L.: Izd. Gidrometeoizdat, 1976. 264 p. (in Russian).
8. Лапердин В.К., Рыбченко А.А. Оценочные параметры селеформирующих компонентов природной среды юга озера Байкал // Устойчивое развитие горных территорий. 2016. Т. 8. № 1. С. 52–58.
Laperdin V.K., Rybchenko A.A. Estimated parameters of seleforming components of the natural environment in the South of lake Baikal // Ustoychivoye razvitiye gornykh territoriy. 2016. V. 8. № 1. P. 52–58 (in Russian).
9. Макаров С.К. Сели Прибайкалья. Иркутск: Изд. Института географии СО РАН, 2012. 111 с.
Makarov S.K. Mudflows in the Baikal region. Irkutsk: Irkutsk: Izd. Instituta geografii SO RAN, 2012. 111 p. (in Russian).

УДК 622.7:622.791:66.011:544.461:519.233.5:519.233.32

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ
ПО КИНЕТИКЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ****Пушкин А.А., Римкевич В.С.***Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, e-mail: pushkin@ascnet.ru*

В статье описывается статистическая обработка результатов экспериментальных исследований по кинетике твердофазных химических реакций, которые являются звеньями процесса фторидной переработки алюмосиликатного сырья. В процессе математической обработки рассчитываются кинетические параметры топохимических реакций с определением уравнения реакции и его статистической проверкой. При обработке используется программа на языке Visual Basic, созданная в интегрированной среде разработки программного обеспечения Visual Studio Community 2017. Рассчитываются следующие кинетические параметры: константы скоростей, коэффициенты формы кинетических кривых, энергии активации, их погрешности, зоны реакций при каждой из исследуемых температур. В качестве метода расчета используются регрессионный и корреляционный анализы с тремя параметрическими функциями. В качестве параметрических функций используются популярные для топохимических реакций степенной и экспоненциальный законы и уравнение Ерофеева-Авраама. На их основе строятся нелинейные регрессионные модели, и впоследствии после замены переменных создается общая линейная модель. Уравнение реакции выбирается по минимуму погрешностей аппроксимаций для трех испытуемых функций. Статистическая проверка найденной регрессионной линейной модели выполняется с использованием ряда гипотез регрессионного и корреляционного анализов, среди которых гипотезы об однородности дисперсии воспроизводимости и об адекватности регрессионной модели по Снедекору-Фишеру, о значимости коэффициентов регрессии с использованием t-критерия Стьюдента, проводится оценка точности предсказанного отклика с использованием коэффициента корреляции и проверка его значимости с использованием показателя согласованности Стьюдента. В качестве объекта исследования выбраны каолиновые концентраты марок КН-73 и КМ-1 Чалганского месторождения Верхнего Приамурья Российской Федерации и реакция их спекания с фторидами аммония.

Ключевые слова: константа скорости, коэффициент формы кривой, энергия активации, зона реакции, уравнение реакции, линейная регрессия, процедура

**STATISTICAL PROCESSING OF EXPERIMENTS ON THE KINETICS
OF CHEMICAL REACTIONS****Pushkin A.A., Rimkevich V.S.***Institute of geology and nature management of FEB RAS, Blagoveshchensk, e-mail: pushkin@ascnet.ru*

Statistical processing of experiments results on the kinetics of solid phase chemical reactions those are aluminosilicate raw fluoride treatment stages described in this paper. During processing, the topochemical reactions kinetic parameters are computed with the defining reaction equation and its statistical verification. Visual Basic program is created in integrated development medium of Visual Studio Community 2017 is used at the processing. Following kinetics parameters are calculated: rate constants, coefficients of kinetic curves shape, activation energies and their errors, zones of reactions at each studied temperatures. The calculation method uses regression and correlation analysis with three parametric functions. The power and exponential laws and the Yerofeyev-Avraami equation those are popular for topochemical reactions are used. Nonlinear regression models are built on their basis and, subsequently, after replacing the variables, a General linear model is created. The reaction equation is based on the minimum approximation errors for every tested function. Statistical verification of fitting regression linear model is performed by using a series of regression and correlation analyses hypotheses, among which the hypotheses of reproducibility variance homogeneity and of the regression model adequacy for Snedecor-Fisher, about the regression coefficients significance using student's t-test. It is performed the evaluation of the accuracy of the predicted response using the correlation coefficient and its significance test using the Student cooperation index. Kaolin concentrates of kN-73 and KM-1 grades of the Chalgany Deposit of the Russian Federation Upper Amur region and its sintering reaction with ammonium fluoride were selected as the object of research.

Keywords: rate constant, coefficient of curve form, activation energy, reaction zone, reaction equation, linear regression, procedure

В Институте геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук разрабатываются фторидные технологии переработки силикатного и алюмосиликатного сырья с извлечением алюминия, кремния, глинозема, кремнезема и других ценных продуктов [1; 2]. Изучаются как термодинамические вероятности, так и кинетика химических реакций [2]. Данная статья посвящена разрабатываемой нами методике математической

обработки экспериментальных результатов по кинетике топохимических реакций.

Одним из основных результатов экспериментов по кинетике твердофазных химических реакций являются массивы последовательных отсчетов времени и степеней превращения исследуемого вещества при каждой из изучаемых температур. Результатами обработки являются кинетические параметры химических реакций: константы скоростей, коэффициенты формы кинети-

ческих кривых, энергии активации, а также зоны протекания и уравнения реакций. Знание этих характеристик позволяет сравнивать различные реакции, понимать условия их протекания и позволяет управлять ходом реакции.

Материалы и методы исследования

Методами исследования являются параметрический регрессионный и корреляционный анализы [3]. В качестве параметрических функций выбираем три наиболее часто используемых уравнения:

$$\alpha_i = kt_i^m, \tag{1}$$

$$\alpha_i = 1 - \exp(-kt_i^m), \tag{2}$$

$$\alpha_i = 1 - \exp(-kt_i), \tag{3}$$

где α_i – степень превращения вещества в моменты отсчетов времени t_i k – константа скорости, m – коэффициент формы кривой.

Степенной закон (1) применяется для описания топохимических реакций на участке нарастания реакции. Экспоненциальный закон (3) описывает процессы в диффузионной зоне, а также описывает реакции первого порядка [4]. Топохимическое уравнение Ерофеева-Авраами описывает реакции как в диффузионной, так и в кинетической зоне, также используется в переходной зоне при равенстве скоростей реакции и диффузии [5].

Зона реакции определяется по значению энергии активации E . При $E < 20$ кДж/моль реакция протекает в диффузионной зоне, при $E > 50$ кДж/моль – в кинетической зоне. Реакцию, для которой $20 < E < 50$ кДж/моль, рассматриваем протекающей в переходной зоне [2].

Выбор между параметрическими функциями при каждой температуре осуществляем по минимуму погрешностей аппроксимаций соответствующих им моделей регрессии [2]. Поскольку используемые параметрические функции нелинейны, получаемые регрессионные модели также нелинейны.

$$\ln \alpha_i = \ln k + m \cdot \ln t_i, \tag{4}$$

$$\ln(-\ln(1 - \alpha_i)) = \ln k + m \cdot \ln t_i, \tag{5}$$

$$\ln(1 - \alpha_i) = -kt_i. \tag{6}$$

Проводя замены

$$\{x = \ln t, y = \ln \alpha, y_0 = \ln k, \tag{7}$$

$$\{x = \ln t, y = \ln(-\ln(1 - \alpha)), y_0 = \ln k, \tag{8}$$

$$\{x = -t, y = \ln(1 - \alpha), \tag{9}$$

для степенного закона (7), для Ерофеева-Авраами (8) и для экспоненциального закона (9), получаем линейные уравнения со свободным членом и без свободного члена

$$y_i = y_0 + m \cdot x_i \tag{10}$$

и

$$y_i = k \cdot x_i, \tag{11}$$

соответственно, (10) для степенного и Ерофеева-Авраами и (11) для экспоненциального закона. Значения угловых коэффициентов и свободных членов этих уравнений рассчитываются методом наименьших квадратов. Исходя из расчётных значений коэффициентов по формулам (7)–(9) рассчитываем значения параметров k, m .

Энергии активации для каждого из законов рассчитываются по уравнению Аррениуса для констант скоростей [4]

$$k = k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right). \tag{12}$$

После преобразований уравнения (12) и проведения замены получим уравнение (11)

$$\left\{x = \frac{1}{T}, y = \ln k, k = \frac{E_A}{R}\right. \tag{13}$$

Погрешности аппроксимаций рассчитываются в соответствии с (13) по формуле

$$\epsilon_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{|\alpha_{ik}(t_{ik}) - f_j(t)|_{t=t_{ik}}}{\alpha_{ik}(t_{ik})}}, \tag{14}$$

где $\alpha_{ik}(t_{ik})$ – экспериментальные значения степени превращения вещества в момент времени t_i при температуре T_k , $f_j(t)|_{t=t_{ik}}$ – расчетные значения функции отклика $f_j(t)$ в момент времени t_i при температуре T_k .

Расчеты погрешностей констант скоростей и коэффициентов формы кривых выполнялись в соответствии с [3]. Формулы для расчета погрешностей констант скоростей имеют вид (для (4) и (5))

$$\left[k^* \cdot \exp\left(-k_{p,\beta} \cdot \frac{\sigma_y}{\sqrt{n}}\right); k^* \cdot \exp\left(k_{p,\beta} \cdot \frac{\sigma_y}{\sqrt{n}}\right) \right], \tag{15}$$

где k^* – точечная оценка константы скорости, $k_{p,\beta}$ – коэффициент Стьюдента для p степеней свободы при уровне значимости

β , σ_y – среднее квадратическое отклонение переменной y от линии регрессии, n – количество отсчетов времени.

Формулы для расчета погрешностей констант скоростей для (6) имеет вид

$$\left[k^* - k_{p,\alpha} \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}; k^* + k_{p,\alpha} \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \right], \quad (16)$$

где σ_x – среднеквадратическое отклонение переменной x от среднего значения.

Расчеты погрешностей коэффициентов формы кривых проводятся для (4) и (5)

$$\left[m^* - k_{p,\alpha} \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}; m^* + k_{p,\alpha} \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \right], \quad (17)$$

где m^* – точечная оценка коэффициента формы кривой.

Погрешности расчета энергии активации вычисляются по формуле

$$\left[E^* - 8,31 \cdot k_p \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}; E^* + 8,31 \cdot k_p \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \right], \quad (18)$$

где E^* – точечная оценка энергии активации. Энергии активаций, как и их погрешности, рассчитываются для каждой испытуемой функции.

Как видно, погрешности всех параметров имеют интервальные оценки. Для удобства работы с ними в программе и таблицах статьи приводятся полуинтервалы, как в случае симметричных интервалов (16)–(18), так и несимметричных (15).

В работе, кроме расчетов кинетических параметров и их погрешностей, проводится проверка ряда гипотез регрессионного и корреляционного анализов. Кратко скажем об этих гипотезах.

Статистическая проверка гипотезы об однородности дисперсии выполняется методом Снедекора-Фишера. Рассчитывается дисперсия воспроизводимости в каждой точке факторного пространства и строится F-отношение максимальной и минимальной дисперсии по всему факторному пространству $f^* = \frac{\sigma_{\max}^{*2}}{\sigma_{\min}^{*2}}$. Критическое значение

f_β выбирается по таблице F-распределения на уровне значимости β и числах степеней свободы h_1 и h_2 для σ_{\max}^{*2} и σ_{\min}^{*2} соответственно. Если $f^* < f_\beta$, тогда гипотеза об однородности принимается.

Для проверки гипотезы об адекватности регрессионной модели по методу Снедекора-Фишера сравнивают остаточную дисперсию σ_R^2 , которая вычисляется по формуле $\sigma_R^2 = \frac{\sum (y_i - y_i^*)^2}{n}$ (где y_i – экспериментальные значения выходной переменной, y_i^* – значения выходной переменной, полученные по уравнению регрессии, n – число степеней свободы), с общей дисперсией воспроизводимости σ_y^2 , рассчитанной по всему факторному пространству.

Для сравнения используется F-отношение Снедекора-Фишера $f^*(k_1, k_2) = \frac{\sigma_R^2}{\sigma_y^2}$, где

k_1 – число степеней свободы для остаточной дисперсии, k_2 – число степеней свободы для дисперсии воспроизводимости. Гипотеза об адекватности не отклоняется, если $f^*(k_1, k_2) < f_\beta(k_1, k_2)$, где $f_\beta(k_1, k_2)$ – значение в таблице F-распределения для уровня значимости β с числами степеней свободы k_1 и k_2 для остаточной дисперсии и для дисперсии воспроизводимости соответственно.

Статистическая проверка гипотезы о значимости коэффициентов регрессии выполняется по t-критерию Стьюдента. Выдвигается нулевая гипотеза о равенстве 0 коэффициента регрессии и рассчитывается статистика $t^* = \frac{b_i^*}{\sigma^*[b_i^*]}$, где b_i^* – точечная

оценка i -го коэффициента линейной регрессии, $\sigma^*[b_i^*]$ – точечная оценка стандартной ошибки для i -го коэффициента. Расчетное значение t^* сравнивается с табличным значением t_β на уровне значимости β . Если $t^* \geq t_\beta$, нулевая гипотеза отклоняется и коэффициент признается значимым.

Практическая ценность полученной модели проверяется по значению коэффициента корреляции

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n y_i)^2 \right]}}$$

где x_i и y_i – координаты экспериментальных точек. Если $r_{xy} > 0,7$, то модель представ-

ляет практическую ценность. Значимость коэффициента корреляции оценивается

по значению показателя согласованности Стьюдента $t_r = r_{xy} \cdot \sqrt{\frac{N-2}{1-r_{xy}^2}}$, если $t_r > t_{\beta}$, то коэффициент корреляции значим.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты расчета кинетических характеристик реакции фторирования гидрофторидом аммония каолинового концентрата месторождения Верхнего Приамурья в Чалганах и их погрешностей приведены в табл. 1. Расчеты погрешностей приведены для уровня значимости $\beta = 0,05$. Значения коэффициентов Стьюдента принимаются в соответствии с [6].

Выбор уравнения, которое описывает реакцию при каждой температуре, осуществляется по минимуму погрешностей аппроксимации каждой из параметрических функций экспериментальных данных. Реакция при

разных температурах может описываться разными уравнениями. В нашем случае реакция описывается уравнением Ерофеева-Авраама при всех температурах. По значению энергии активации определяем зону реакции при данной температуре: в нашем случае энергия активации равна 17 кДж/моль, она меньше 20 кДж/моль, а, следовательно, зона реакции диффузионная. Уравнением реакции определяются также константа скорости и коэффициент формы кинетической кривой, рассчитанные для данной функции при данной температуре. В нашем случае значения констант скоростей принимаются значения (0,0022 ± 0,0001; 0,0029 ± 0,0001; 0,0039 ± 0,0001; 0,0204 ± 0,0014) мин⁻¹, коэффициенты формы кривых при трех нижних температурах близки к нулю (0,17; 0,16; 0,14), а при верхней температуре коэффициент формы кривой близок к 1 (0,93). Значения коэффициентов формы кривой можно оценить по рисунку, а.

Таблица 1

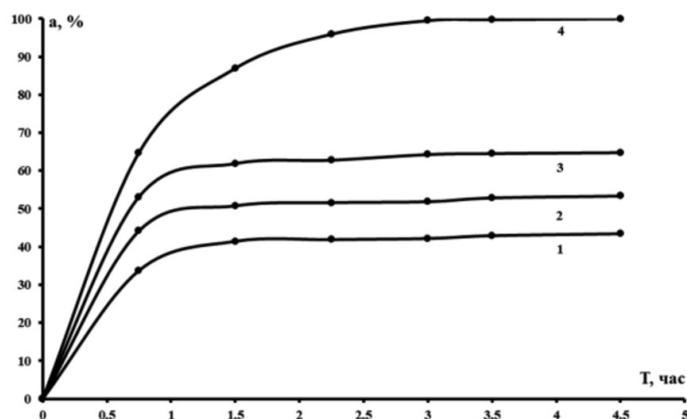
Результаты расчета кинетических характеристик и их погрешностей для реакции фторирования каолина Чалганского месторождения гидрофторидом аммония

Температура, °С		50	100	150	200	Энергия активации, кДж/моль	Погрешность энергии активации, %
Вид параметрической функции	Параметры						
Степенной закон	Константа скорости, мин ⁻¹	0,001648	0,002008	0,002419	0,003903	7	33
	Погрешность константы скорости, %	4	1	1	5		
	Коэффициент формы кривой	0,13	0,11	0,08	0,24		
	Погрешность коэффициента формы кривой, %	50	17	29	38		
	Погрешность аппроксимации, %	5	5	5	5		
Уравнение Ерофеева-Авраама	Константа скорости, мин ⁻¹	0,002174	0,002886	0,00391	0,020449	17	56
	Погрешность константы скорости, %	5	2	2	7		
	Коэффициент формы кривой	0,17	0,16	0,14	0,93		
	Погрешность коэффициента формы кривой, %	50	16	28	12		
	Погрешность аппроксимации, %	3	1	1	1		
Экспоненциальный закон	Константа скорости, мин ⁻¹	0,000562	0,000811	0,000906	0,019188	25	72
	Погрешность константы скорости, %	81	38	56	23		
	Погрешность аппроксимации, %	80	77	79	3		

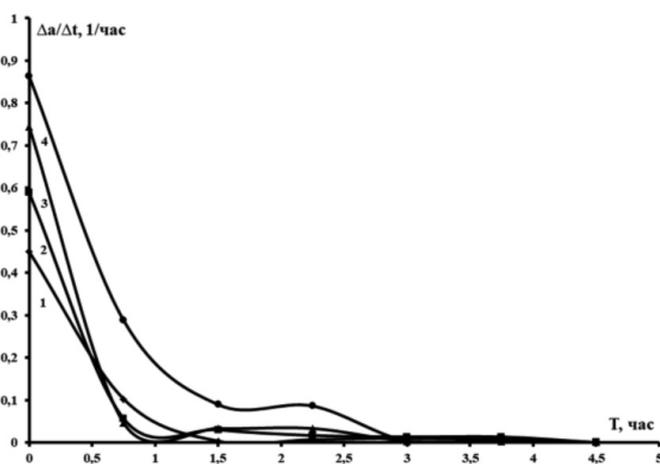
Из рисунка, *а* видно, что три нижних кривых выходят на плато в течение полутора часов: кривая 1 при 1,5 часа, что согласуется с точкой, в которой обращается в 0 кривая 1 на рисунке, *б*; кривые 2 и 3 выходят на плато уже к 1 часу, что также согласуется с поведением кривых 2 и 3 на рисунке, *б*; кривая 4 выходит на плато к 3 часам (рисунк, *а*) и обращается в 0 в этой точке (рисунка, *б*). Коэффициент формы кривой определяет различия в формах кривых при разных температурах, которые мы сейчас отметили. Различия констант скоростей (константа скорости для верхней температуры больше в 9, 7 и 5 раз, соответственно, константы скорости для 1, 2 и 3-й температур) определяют высоту кривой, т.е. достигнутые мак-

симальные степени превращения: верхняя кривая лежит значительно выше, чем три нижние.

Мы обсудили значения кинетических характеристик, а также их влияние на графики кинетических кривых, но мы пока не обсуждали достоверность полученных результатов. Проведем с этой целью проверку ряда статистических гипотез. Результаты проверки статистических гипотез для уравнения Ерофеева-Авраами сведены в табл. 2. Однородность дисперсии воспроизводимости следует из того, что статистики Фишера из 3-й строки меньше, чем коэффициент Фишера из 2-й строки. Адекватность линейной регрессионной модели следует из того, что статистики из 5-й строки меньше, чем коэффициент Фишера из 4-й строки.



а)



б)

Экспериментальные кинетические кривые: а) интегральная кривая $\alpha(t)$;
б) дифференциальная кинетическая кривая $\Delta\alpha(t)/\Delta t$ для реакции спекания каолинового концентрата с гидродифторидом аммония: 1 – 50 °С, 2 – 100 °С, 3 – 150 °С, 4 – 200 °С

Таблица 2

Результаты статистической проверки гипотез для уравнения Ерофеева-Авраами.
Коэффициенты Фишера приводятся в соответствии с [7]

Температура, °С	50	100	150	200
Коэффициент Фишера	19			
Статистика Фишера для однородности дисперсии	4	7	3,57	2,33
Коэффициент Фишера	6,39			
Статистика Фишера для адекватности регрессии	1,35	3,02	4,45	5,01
Коэффициент Стьюдента	2,78			
Статистика для свободного члена	29,78	45,15	6,61	69,63
Статистика для углового коэффициента	5,68	17,68	10,08	22,81
Коэффициент корреляции	0,92	0,99	0,97	0,99
Показатель согласованности Стьюдента	4,63	14,44	8,23	18,62

Значимость коэффициентов регрессии вытекает из того, что статистики как для свободного члена из 7-й строки, так и для углового коэффициента из 8-й строки больше, чем коэффициент Стьюдента в 6-й строке. Значения коэффициента корреляции в 9-й строке $> 0,7$ обуславливают высокую степень связи между входными и выходными данными и, соответственно, точность предсказанного отклика. Статистическую значимость коэффициента корреляции подтверждают значения показателя согласованности Стьюдента из 10-й строки, большие коэффициента Стьюдента из 6-й строки.

Заключение

Таким образом, в данной работе апробируется методика расчета кинетических параметров: констант скоростей, коэффициентов формы кинетической кривой, энергии активации и их погрешностей, а также зоны и уравнения реакции при каждой температуре, включая статистическую проверку описанных выше гипотез регрессионного и корреляционного анализов, разрабатываемая в ИГиП ДВО РАН с целью математической обработки экспериментов по фторированию алюмосиликатов фторидами аммония.

Список литературы / References

1. Римкевич В.С., Пушкин А.А., Миловицкий Ю.Н., Еранская Т.Ю., Гиренко И.В. Физико-химические процессы фторидной переработки алюминиевых руд // Теоретические основы химической технологии. 2010. Т. 44. № 6. С. 626–634.
Rimkevich V.S., Pushkin A.A., Malovitskii Yu.N., Eran-skaya T.Yu., Girenko I.V. Physical-chemical processes of fluo-

ride processing of aluminium ores. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2010. V. 44. № 6. P. 844–852. DOI: 10.1134/S0040579510060035.

2. Пушкин А.А., Римкевич В.С. Установление зон гетерофазных реакций // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 3–3 (57). С. 35–38. DOI: 10.23670/IRJ.2017.57.143.

Pushkin A.A., Rimkevich V.S. The determination of heterophase reaction zones // Mezhdunarodny nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2017. № 3–3 (57). P. 35–38 (in Russian).

3. Балдин К.В., Башлыков В.Н., Рукосуев А.В. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник. 2-е издание. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2014. 473 с.

Baldin K.V., Bashlykov V.N., Rukosuev A.V. The theory of probability and mathematical statistics. Tutorial. 2-d edition. M.: Izdatel'sko-torgovaya korporatsiya «Dashkov I K^o», 2014. 473 p. (in Russian).

4. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики: Учебник для университетов и химико-технологических институтов. 2-е издание, доп. М.: Высшая Школа, 1976. 376 с.

Eremin E.N. The foundations of chemical kinetics: The tutorial for universities and chemical engineering institutes. 2-d edition. M.: Vysshaya shkola, 1976. 376 p. (in Russian).

5. Бочкарев В.В. Теория химико-технологических процессов органического синтеза. Гетерофазные и гетерогенно-каталитические реакции. Учебник. Томск: Изд. ТПУ, 2005. 118 с.

Bochkarev V.V. The theory of chemically-technological processes of organic synthesis. Heterophase and heterogenic-catalytical reactions. Tutorial. Tomsk: Izd. TPU, 2005. 118 p. (in Russian).

6. Таблица критических точек t-распределения Стьюдента. [Электронный ресурс]. URL: <https://100task.ru/sample/120.aspx> (дата обращения: 10.04.2020).

The table of critical points of Student t-distribution. [Electronic resource]. URL: <https://100task.ru/sample/120.aspx> (date of access: 10.04.2020) (in Russian).

7. Распределение Фишера (F-распределение). [Электронный ресурс]. URL: <https://math.semestr.ru/corel/table-fisher.php> (дата обращения: 10.04.2020).

The Fisher distribution (F-distribution). [Electronic resource]. URL: <https://math.semestr.ru/corel/table-fisher.php> (date of access: 10.04.2020) (in Russian).

УДК 551.582:57.045

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ РАЙОНОВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

Соколов С.В.

*БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», Сургут,
e-mail: ccv121@rambler.ru*

Климатический комфорт и дискомфорт на территории ХМАО – Югры определяются значительными суточными, межсуточными и межсезонными колебаниями биоклиматических показателей. Проведен комплексный анализ климатической комфортности по индексу суровости метеорежима, индексу патогенности погоды суток и внутрисуточной и межсуточной изменчивости температуры атмосферного воздуха, атмосферного давления и весового содержания кислорода в атмосферном воздухе на территории ХМАО – Югры. В качестве исходных данных использовали базы срочных данных климатических данных ВНИИГМИ МЦД за период 1999–2019 гг. с последующим определением перечисленных биоклиматических показателей. При анализе уровня комфортности климатических условий на территории округа применяли метод оценки уровня комфортности территории по биоклиматическим показателям. В работе изложена методология территориальной оценки уровня климатической комфортности по районам округа и приведен алгоритм оценки уровня климатической комфортности. Определена сезонность уровня климатической комфортности по районам округа. По результатам комплексной статистической обработки временных рядов анализируемых индексов и биоклиматических показателей для каждого района округа с применением ГИС-технологий построены карты климатической комфортности по населенным пунктам и районам округа. Используемая в настоящей работе методология комплексной оценки погодно-климатических условий территории позволила провести ее районирование по уровню климатической комфортности с учетом сезона. Применение данного подхода позволяет: оценить биоклиматический ресурс территории по уровню климатической комфортности, выделить районы и периоды для проведения рекреационных мероприятий на территории округа, проводить мероприятия, направленные на снижение отрицательного воздействия погодно-климатических факторов на организм проживающего на территории округа населения.

Ключевые слова: климатический комфорт, индекс суровости метеорежима, биоклиматические показатели, территориальный анализ, биотропность

TERRITORIAL ANALYSIS OF THE LEVEL OF CLIMATE COMFORT REGION OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS – UGRA

Sokolov S.V.

Surgut State University, Surgut, e-mail: ccv121@rambler.ru

Climate comfort and discomfort in the territory of HMAO-Ugra, is determined by significant daily, day-to-day and off-season fluctuations in bioclimatic indicators. A comprehensive analysis of climate comfort on the index of the severity of the weather regime, the index of pathogenicity of the weather of the day and within the daily and day-to-day variability of atmospheric temperature, atmospheric pressure and weight content of oxygen in the atmosphere in the territory of HMAO-Ugra. The baseline data used the databases of urgent data of the climate data of the FSBI «RIHMI – WDC» for the period 1999–2019, followed by the identification of the listed bioclimatic indicators. In the analysis of the level of comfort of climatic conditions in the district used a method of assessing the level of comfort of the territory by bioclimatic indicators. The paper outlines a methodology for territorial assessment of the level of climate comfort by district and an algorithm for assessing the level of climate comfort. The seasonality of the level of climate comfort in the districts has been determined. Based on the results of a comprehensive statistical processing of the time series of analyzed indices and bioclimatic indicators for each district of the district, using GIS technologies built a map of climate comfort on settlements and districts of the district. The methodology used in this work of a comprehensive assessment of the weather and climatic conditions of the territory allowed its zoning on the level of climate comfort taking into account the season. The application of this approach allows: to assess the bioclimatic resource of the territory by the level of climate comfort, to allocate areas and periods for recreational activities in the district, to carry out measures aimed at reducing the negative impact of weather and climatic factors on the organism of the population living in the district.

Keywords: climatic comfort, weather-mode severity index, bioclimate indicators, territorial analysis, biotropics

Особенности расположения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – Югры) определяют уровень комфортности проживания населения на этой территории, а учет региональных климатических изменений важен для рационального использования природных ресурсов, оптимального размещения производственных

мощностей, эффективного развития экономики региона.

Территория ХМАО – Югры расположена в центральной части Западно-Сибирской равнины – одной из крупнейших равнин – и подвергается одновременному влиянию океана и континента, что является одним из наиболее важных факторов формирования

ния климата. Существенное влияние оказывает защищенность территории с запада Уральским хребтом. Отсутствие защищенности территории с севера способствует глубокому проникновению в течение всего года холодного арктического воздуха на континент. В то же время открытость с юга способствует свободному выносу прогретого континентального воздуха умеренных широт.

Неблагоприятное воздействие комплекса биоклиматических условий ХМАО – Югры на организм человека оказывает стрессовое воздействие на адаптационные механизмы [1, 2]. Это главный природный ресурс, определяющий комфортность нахождения и самочувствие населения, проживающего на данной территории. Оценка биоклиматического потенциала некоторых регионов России была осуществлена рядом исследователей [3, 4]. Была показана актуальность комплексной характеристики биоклиматического потенциала региона и проведен анализ пространственно-временных изменений.

Ранее проведенные медико-метеорологические исследования [1, 5] позволили выявить группы биотропных климатических факторов, определяющих комфортность территории. Применяя физиолого-гигиенический подход в оценке биоклиматических факторов, можно оценить степени биоклиматической комфортности окружающей среды, провести оценку их патогенности для здоровья [6].

Биоклиматический комфорт и дискомфорт на территории ХМАО – Югры определяются значительными суточными, межсуточными и межсезонными колебаниями биоклиматических показателей. Проведение биоклиматической оценки территории обуславливает установление положительных и отрицательных воздействий различных климатических факторов и их комплексов на организм, определяющих условия комфорта. Она является одной из составляющих комплексного мониторинга территории [7]. Определяя уровень комфортности территории проживания населения ХМАО – Югры, можно решить проблему сохранения здоровья человека в суровых северных условиях, определить расположение рекреационных зон.

В статье представлены результаты районирования по уровню биоклиматической комфортности территории ХМАО – Югры.

Цель данной работы – обработка методологии проведения территориального

анализа комфортности погодноклиматических условий по индексам патогенности и изменчивости погоды и климата, а также по величине внутрисуточной и межсуточной изменчивости температуры и давления атмосферного воздуха, весового содержания кислорода в атмосферном воздухе. Основная задача – апробация существующего методологического подхода по оценке биоклиматической комфортности для проживания населения и ее территориальной дифференциации применительно к территории ХМАО – Югры.

Материалы и методы исследования

Основной методологии настоящего исследования является использование основных принципов и методов, применяемых в прикладной климатологии, биометеорологии, медико-метеорологических исследованиях, для выявления наиболее биотропных факторов погоды и критериев оценки их патогенности для здоровья [7, 8].

В основу исследований положены результаты обработки срочных метеорологических данных многолетних наблюдений (1999–2019 гг.) для сети станций, расположенных на территории ХМАО – Югры, с использованием баз данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации Мирового центра данных г. Обнинска [9], дополненных сведениями из архива ООО «Расписание Погоды», Санкт-Петербург [10]. Срочные метеорологические данные в полном объеме для этих территорий ранее 1999 г. отсутствуют.

В настоящем исследовании впервые был проведен территориальный анализ биоклиматической комфортности населенных пунктов и районов ХМАО – Югры по группам биоклиматических индексов.

Для оценки биоклиматической комфортности были проанализированы следующие группы показателей: индексы патогенности и изменчивости погоды и климата, а также величины внутрисуточной (ВСИ) и межсуточной изменчивости (МСИ) температуры (Тав) и давления атмосферного воздуха (АДав), весового содержания кислорода в атмосферном воздухе (ВСКав).

Индексы патогенности и изменчивости погоды и климата [8]:

– индекс суровости метеорежима – биологический индекс смены метеоусловий (БИСМ, усл. ед.) по В.Ш. Белкину. Это интегральный показатель эмпирической меры комфорта, отражающий суровость клима-

тического влияния на организм человека с учетом температуры атмосферного воздуха, барометрического давления, скорости ветра, относительной влажности и солнечной радиации;

– индекс патогенности погоды суток (I) представлен сведениями о продолжительности и комфортности погоды суток для рассматриваемой территории. Интегральный показатель определялся по формуле:

$$I = I_t + I_f + I_v + I_n + I_{\Delta p} + I_{\Delta t}, \text{ (бал)}$$

где I_t , I_f , I_v , I_n – характеризуют соответственно среднесуточную изменчивость температуры атмосферного воздуха, относительную влажность, скорость ветра, облачность; $I_{\Delta p}$, $I_{\Delta t}$ – характеризуют соответственно межсуточную изменчивость атмосферного давления и температуры атмосферного воздуха;

– весовое содержание кислорода в атмосферном воздухе ($V_{СКав}$, г/м³) – определялось по методике В.Ф. Овчаровой [11].

Для оценки биоклиматической комфортности по перечисленным индексам использовали критерии физиолого-гигиенического подхода оценки степени комфортности окружающей среды [3], приведенные в табл. 1.

В соответствии с поставленными задачами были выбраны следующие методы оценки и этапы анализа.

1. С использованием базы срочных климатических данных проведен расчет БИСМ, индекса патогенности погоды суток, определены амплитуды внутрисуточ-

ной и межсуточной изменчивости температуры атмосферного воздуха, атмосферного давления, весового содержания кислорода в атмосферном воздухе.

2. Оценка степени комфортности предусматривала определение средневзвешенных величин повторяемости групп критериев для каждого биоклиматического показателя по месяцам (среднемесячное значение) и за весь период (среднегодовое значение) по каждому населенному пункту и районам ХМАО – Югры. Дополнительно проведено вычисление соотношения комфортных и дискомфортных погод для рассматриваемых биоклиматических показателей по месяцам и среднегодового значения для районов ХМАО – Югры.

Статистическая обработка данных проведена методами описательной статистики с использованием пакета программ Statistica 6.0. Статистически значимыми считали результаты при $p < 0,05$.

Районирование территории ХМАО – Югра по перечисленным биоклиматическим показателям проводилось с использованием картографической основы ХМАО – Югра и ГИС-технологий на базе MAPINFO.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ уровня комфортности погодных условий позволил определить закономерность распределения ее среднегодовых значений по населенным пунктам и районам ХМАО – Югры.

Таблица 1

Сводные показатели критериев оценки степени комфортности погоды

Биоклиматический показатель	Критерии оценки комфортности биоклиматических показателей				
	Комфорт	Относительный комфорт	Относительный дискомфорт	Компенсированный дискомфорт	Некомпенсированный дискомфорт
БИСМ, усл. ед.	10,0–8,0	7,9–7,0	6,9–6,0	5,9–4,0	менее 4,0
Индекс патогенности (I), бал.	Оптимальные / комфорт		Раздражающие / относительный дискомфорт	Острые / некомпенсированный дискомфорт	
	0–9				
Показатель амплитуды изменчивости	Индифферентная / комфорт	Слабая / относительный комфорт	Умеренная / относительный дискомфорт	Резкая / компенсированный дискомфорт	Чрезмерно резкая / некомпенсированный дискомфорт
ВСИ Т.ав, град	0–4,0	4,1–8,0	8,1–12,0	12,1–16,0	более 16,1
ВСИ А.Дав, гПа	0–2,5	2,6–5,0	5,1–10,0	10,1–20,0	более 20,1
ВСИ ВСКав, г/м ³	0–2,5	2,6–5,0	5,1–10,0	10,1–40,0	более 40,0
МСИ Т.ав, град	0–2,0	2,1–4,0	4,1–6,0	6,1–8,0	более 8,0
МСИ А.Дав, гПа	0–2,0	2,1–4,0	4,1–8,0	8,1–12,0	более 12,0
МСИ ВСКав, г/м ³	0–2,5	2,6–5,0	5,1–10,0	10,1–40,0	более 40,0

Среднегодовое значение индекса су- ровости метеорежима на территории ХМАО – Югры имеет следующие харак- теристики комфортности метеоусловий: для Октябрьского, Советского и Ханты- Мансийского районов – комфорт, для Бе- лоярского, Березовского и Кондинского районов – относительный дискомфорт,

для Нефтеюганского, Нижневартовского и Сургутского районов – компенсируемый дискомфорт (табл. 2, рис. 1, 2). Отмеча- ется сезонная динамика комфортности погоды: снижение комфортности погоды в марте – июне и увеличение доли ком- фортных погод в июле – сентябре и ноя- бре – январе (табл. 2).

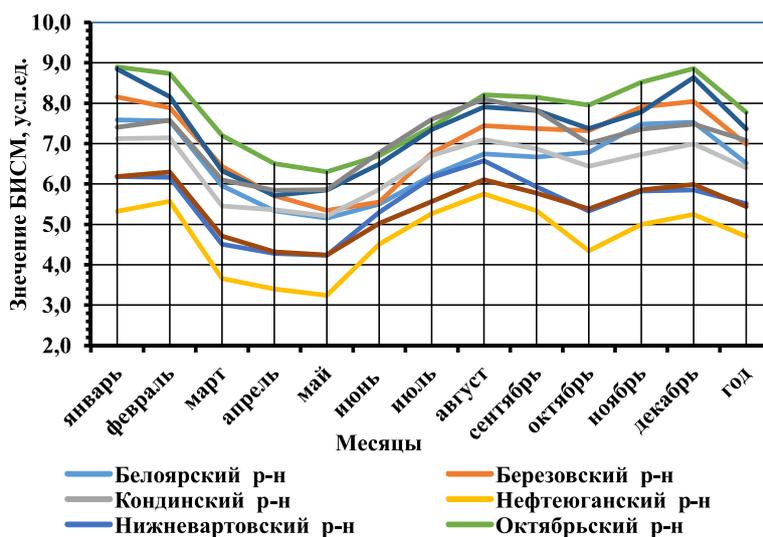


Рис. 1. Характеристика распределения комфортности погоды суток (по среднемноголетним годовым значениям БИСМ) на территории ХМАО – Югры (по районам)

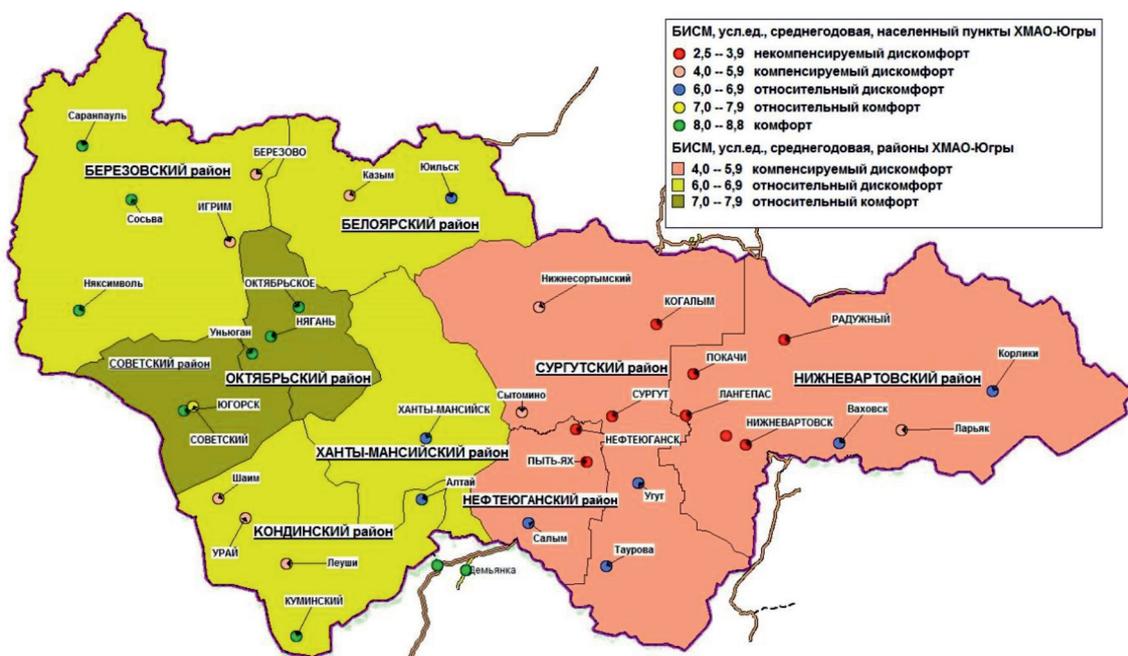


Рис. 2. Характеристика распределения комфортности погоды (по среднемноголетним годовым значениям) на территории ХМАО – Югры (по населенным пунктам и районам)

Таблица 2

Среднемесячные значения величины БИСМ и ИП на территории ХМАО – Югры
(по среднемноголетним данным)

Месяц	Показатель	Районы ХМАО – Югры								
		Белоярский район	Березовский район	Кондинский район	Нефтеюганский район	Нижневартовский район	Октябрьский район	Советский район	Сургутский район	Ханты-Мансийский район
Январь	БИСМ	7,587	8,156	7,125	5,325	6,188	8,900	8,847	6,182	7,405
	ИП, бал.	59,644	57,836	50,750	55,473	60,387	53,133	53,082	58,348	55,240
Февраль	БИСМ	7,563	7,889	7,145	5,569	6,164	8,737	8,163	6,295	7,583
	ИП, бал.	52,313	49,924	43,096	47,309	51,798	44,451	43,320	50,348	47,078
Март	БИСМ	5,958	6,437	5,457	3,661	4,508	7,203	6,328	4,709	6,101
	ИП, бал.	38,232	36,335	30,637	35,923	38,980	32,588	30,288	36,965	34,242
Апрель	БИСМ	5,335	5,710	5,366	3,399	4,281	6,502	5,717	4,319	5,849
	ИП, бал.	28,102	25,963	22,862	26,747	28,428	25,396	23,609	27,501	24,802
Май	БИСМ	5,151	5,345	5,204	3,246	4,234	6,301	5,852	4,244	5,858
	ИП, бал.	20,971	20,088	18,743	22,915	22,662	20,559	20,647	21,654	20,622
Июнь	БИСМ	5,497	5,550	5,868	4,510	5,301	6,703	6,492	5,021	6,773
	ИП, бал.	17,232	16,356	13,869	15,961	15,993	17,695	15,550	16,045	14,389
Июль	БИСМ	6,202	6,768	6,705	5,266	6,160	7,409	7,348	5,568	7,599
	ИП, бал.	13,742	12,619	11,365	12,743	12,860	12,713	12,021	13,048	11,539
Август	БИСМ, °С	6,745	7,447	7,098	5,755	6,579	8,209	7,909	6,104	8,101
	ИП	13,558	13,572	12,568	13,769	14,600	13,548	13,574	13,987	13,098
Сентябрь	БИСМ	6,666	7,375	6,871	5,337	5,928	8,151	7,823	5,775	7,821
	ИП, бал.	18,219	18,323	16,561	18,271	18,586	17,705	17,535	18,838	17,441
Октябрь	БИСМ	6,788	7,321	6,438	4,347	5,333	7,951	7,369	5,386	7,007
	ИП, бал.	27,325	26,212	22,613	25,598	28,036	25,570	24,221	27,362	25,215
Ноябрь	БИСМ	7,484	7,904	6,732	4,996	5,828	8,520	7,782	5,855	7,359
	ИП, бал.	47,040	43,838	37,467	44,886	48,116	40,533	40,279	45,975	41,507
Декабрь	БИСМ	7,527	8,045	6,996	5,247	5,849	8,862	8,640	5,992	7,480
	ИП, бал.	55,182	53,983	47,365	52,293	56,468	49,964	49,732	54,853	51,356
Год	БИСМ	6,517	6,986	6,403	4,701	5,515	7,773	7,364	5,442	7,076
	ИП, бал.	32,521	31,115	27,068	30,985	32,842	29,329	28,424	31,870	29,637

При анализе динамики распределения комфортных погод в зимний период на территории ХМАО – Югры выделяются две группы районов по уровню комфортности (табл. 2): дискомфорт – Сургутский, Нижневартовский, Нефтеюганский, Белоярский, Ханты-Мансийский и Кондинский районы (восточная и центральная часть округа), комфорт – Березовский, Октябрьский и Советский районы (западная часть округа), что связано с особенностью перемещения воздушных масс и циклональной деятельностью в этот период.

В весенний период уровень комфортности погод на территории ХМАО – Югры ха-

рактеризуется как дискомфорт (табл. 2), что связано с нестабильностью погодно-климатических условий в этот период.

Комфортность погоды определяется изменчивостью погодно-климатических факторов; для более полного представления причин этой изменчивости была проанализирована группа биотропных климатических показателей, характеризующих их внутрисуточную и межсуточную изменчивость. Установлено, что среднегодовое значение ВСИ и МСИ Тав по всем районам ХМАО – Югры характеризуется как относительный комфорт, ВСИ и МСИ АДав и ВСКав – как относительный дискомфорт (табл. 3).

Таблица 3

Среднегодовое значения величины амплитуды внутри- и межсуточной изменчивости некоторых биоклиматических показателей на территории ХМАО – Югры

Биоклиматический показатель	Величина амплитуды изменчивости по районам									
	Временной период	Белоярский район	Березовский район	Кондинский район	Нефтегоганский район	Нижневартовский район	Октябрьский район	Советский район	Сургутский район	Ханты-Мансийский район
Т _{ав} , °С	ВСИ	8,077	8,487	7,675	7,707	7,723	7,554	8,978	7,589	7,079
	МСИ	3,304	3,106	2,944	3,100	3,273	2,930	2,856	3,181	3,028
АДав, гПа	ВСИ	5,961	5,891	5,405	5,890	6,013	5,832	5,484	5,969	6,075
	МСИ	5,166	5,044	4,900	5,164	5,276	4,952	4,743	5,204	5,092
ВСКав, г/м ³	ВСИ	10,039	10,313	9,008	9,110	9,587	9,114	10,578	9,390	8,718
	МСИ	4,926	4,650	4,286	4,597	4,863	4,124	4,290	4,741	4,531

Сезонная динамика изменчивости этих биоклиматических показателей совпадает с сезонной динамикой комфортных погод по индексу суровости метеорежима: в зимний период для всех районов – умеренный дискомфорт, в летний период – относительный комфорт.

Среднегодовое значение уровня комфортности погод на территории ХМАО – Югры по индексу патогенности погоды суток характеризуется как некомпенсируемый дискомфорт. Сезонная динамика этого показателя коррелирует с таковой индекса суровости метеорежима: в зимний период для всех районов – некомпенсируемый дискомфорт, в летний период – относительный дискомфорт (табл. 2).

Сравнительный анализ уровня климатической комфортности и географических особенностей территории ХМАО – Югры позволил установить тот факт, что зимой наибольшее влияние на распределение уровня климатической комфортности оказывает общая пониженность рельефа. В результате этого в условиях антициклональной погоды отмечаются стекание и застаивание холодного воздуха в области прогиба и еще большее его выхолаживание путем излучения с градиентом, направленным с юго-запада на северо-восток, который определяется характером циркуляции атмосферы [6]. Распределение уровня комфортности в весенний период обуславливается усиленной антициклоничностью. Уровень комфортности летних месяцев в значительной степени определяется процессом трансформации (прогрева-

ния и насыщения влагой) воздушных масс, притекающих с севера, и формирования своеобразного местного континентального воздуха.

При анализе различий уровня климатической комфортности по районам ХМАО – Югры установлена их достоверность для районов, расположенных на западе и востоке округа.

Полученные результаты исследований дополняют и расширяют возможности биоклиматической оценки территории с точки зрения ее климатической комфортности и не только позволяют получать максимально объективные результаты, характеризующие уровень благоприятности окружающей среды для жизнедеятельности человека, но и дают возможность более качественно нормировать климатическую нагрузку [7].

Выводы

Таким образом, использованная в настоящей работе методология комплексной оценки погодно-климатических условий территории позволила провести ее районирование по уровню климатической комфортности с учетом сезона. Применение данного подхода позволяет: оценить биоклиматический ресурс территории по уровню климатической комфортности, выделить районы и периоды для проведения рекреационных мероприятий на территории округа, проводить мероприятия, направленные на снижение отрицательного воздействия погодно-климатических факторов на организм проживающего на территории округа населения.

Список литературы / References

1. Ревич Б.А., Малеев В.В. Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуаций и прогнозные оценки. М.: ЛЕНАНД, 2011. 208 с.
- Revich B.A., Maleev V.V. Climate change and health in Russia: situation analysis and forecast estimates. M.: LENAND, 2011. 208 p. (in Russian).
2. Меркулов П.И., Меркулова С.В., Сергейчева С.В. Биоклиматическая комфортность территории проживания финно-угорских народов (на примере Приволжского федерального округа) // Финно-Угорский мир. 2014. № 3(20). С. 94–102.
- Merkulov P.I., Merkulova S.V., Sergeicheva S.V. Bioclimatic comfort of the territory of the Finn-Ugric peoples (on the example of the Volga Federal District) // Finno-ugorskiy mir. 2014. № 3 (20). P. 94–102 (in Russian).
3. Невидимова О.Г., Янкович Е.П., Янкович К.С. Оценка биоклиматических ресурсов центральной и южной частей западной Сибири // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 109. [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/40.pdf> (дата обращения: 30.04.2020).
- Nevidimova O.G., Jankovic E.P., Jankovic K.S. Assessment of bioclimatic resources in central and southern parts of western Siberia // Nauchnyy zhurnal KubGAU. 2015. № 109. [Electronic resource]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/40.pdf> (date of access: 30.04.2020) (in Russian).
4. Исаева М.В. Оценка биоклиматических ресурсов Казани и ее окрестностей в период 2004–2007 гг. // Ученые записки Казанского государственного университета. Естественные науки. 2008. Т. 150. № 4. С. 34–38.
- Isayeva M.V. Assessment of the bioclimatic resources of Kazan and its surroundings between 2004 and 2007 // Uchenyye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Yestestvennyye nauki. 2008. V. 150. № 4. P. 34–38 (in Russian).
5. Трубина М.А., Хассо Л.А., Дячко Ж.К. Методы биоклиматической оценки Северо-Западного региона России // Ученые записки Российского гидрометеорологического университета. 2010. № 13. С. 121–137.
- Trubina M.A., Hasso L.A., Dyachko J.K. Methods of the Bioclimatic Estimation of the Northwest Region of Russia // Uchenyye zapiski Rossiyskogo gidrometeorologicheskogo universiteta. 2010. № 13. P. 121–137 (in Russian).
6. Соколов С.В. Оценка биотропности внутри суточных градиентов весового содержания кислорода в атмосферном воздухе, атмосферного давления и температуры на территории ХМАО-Югры // Успехи современного естествознания. 2019. № 6. С. 111–117.
- Sokolov S.V. Assessment of biotropics within daily gradients of atmospheric oxygen, atmospheric pressure and temperature in HMAO-Ugra // Advances in current natural sciences. 2019. № 6. P. 111–117 (in Russian).
7. МР 2.1.10.0057-12.2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска. Методические рекомендации (утв. Роспотребнадзором 17.01.2012).
- Andreev S.S. Integrated assessment of climate comfort on the example of the Southern Federal District of Russia: monograph. SPb.: Izd. RGGMU, 2011. 304 p. (in Russian).
8. Андреев С.С. Интегральная оценка климатической комфортности на примере территории Южного Федерального округа России: монография. СПб.: Изд. РГГМУ, 2011. 304 с.
- Andreev S.S. Integrated assessment of climate comfort on the example of the Southern Federal District of Russia: monograph. SPb.: Izd. RGGMU, 2011. 304 p. (in Russian).
9. Данные из архива погодных условий. [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.infospace.ru> (дата обращения: 10.04.2020).
- Data from the archives of weather conditions. [Electronic resource]. URL: <http://meteo.infospace.ru> (date of access: 10.04.2020) (in Russian).
10. Данные из архива погодных условий. [Электронный ресурс]. URL: <http://rp5.ru/archive.php.wmo> (дата обращения: 10.04.2020).
- Data from the archives of weather conditions. [Electronic resource]. URL: <http://rp5.ru/archive.php.wmo> (date of access: 10.04.2020) (in Russian).
11. Петров В.Н. Особенности влияния парциально-го градиента плотности кислорода в атмосферном воздухе на состояние здоровья населения, проживающего в арктической зоне РФ // Вестник Кольского научного центра РАН. 2015. № 3 (22). С. 82–92.
- Petrov V.N. Features of Influence of Oxygen's Partial Density Gradient in the Air on the Health Status of Populations Living in the Arctic Zone of the Russian Federation // Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. 2015. № 3 (22). P. 82–92 (in Russian).

УДК 551.86

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ НАДУГОЛЬНОЙ ТОЛЩИ ВАСЮГАНСКОЙ СВИТЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАЛЧАГСКОГО МЕЗОВЫСТУПА

^{1,2}Староселец Д.А., ¹Смирнов П.В.

¹Тюменский государственный университет, Тюмень, *d_star1997@mail.ru, geolog.08@mail.ru;*

²АО «Тандем», Тюмень, *d_star1997@mail.ru*

Выполнены комплексные седиментологические исследования продуктивных отложений надугольной толщи васюганской свиты северо-западной части Калчагского мезовыступа. Основой определения фациальных условий формирования пластов Ю₁² и Ю₁¹ васюганской свиты послужил анализ ядерного материала – литолого-петрографические исследования и результаты макропалеонтологических и микрофаунистических анализов. В полной мере описан и интерпретирован керн из 24 скважин и проведена фациальная интерпретация ГИС более 300 скважин. Идентифицированы следующие обстановки осадконакопления: для пласта Ю₁² приливно-отливная обстановка, связанная с фациями приливно-отливных отмелей, приливных протоков (каналов), для пласта Ю₁¹ пляжевая обстановка ассоциирует с фациями верхнего и нижнего пляжа, приливных каналов. Установлены закономерности строения, указывающие на то, что пласт Ю₁² формировался в регрессивную стадию, с характерным увеличением зернистости пород вверх по разрезу. А пласт Ю₁¹ образовался в условиях регрессивно-трансгрессивного цикла с общей направленностью к затоплению территории. Сделаны выводы об изменении гидродинамического режима в процессе накопления отложений надугольной толщи васюганской свиты с приливной на волновую деятельность. Представлена принципиальная схема осадконакопления отложений пластов Ю₁¹ и Ю₁² надугольной толщи васюганской свиты. Предложена концептуальная седиментологическая модель надугольной толщи васюганской свиты, применение которой в последующем возможно для корректировки разведочного и эксплуатационного бурения, построения кубов литологии и фильтрационно-емкостных свойств и создания эффективной системы разработки месторождения. Выявлены зоны улучшенных коллекторов, которые связаны такими фациями, как приливно-отливные протоки, приливно-отливные песчаные отмели и приливные каналы.

Ключевые слова: васюганская свита, фация, обстановка осадконакопления, келловей, оксфорд

CONCEPTUAL MODEL FOR THE FORMATION OF THE INFLATABLE THICKNESS OF THE VASYUGAN FORMATION IN THE NORTHWESTERN PART OF THE KALCHAGA MEZOVYSTUP

^{1,2}Staroselets D.A., ¹Smirnov P.V.

¹Tyumen State University, Tyumen, *d_star1997@mail.ru, geolog.08@mail.ru;*

²АО «Тандем», Тюмень, *d_star1997@mail.ru*

Complex sedimentation studies of productive sediments of the inflatable thickness of the Vasyugan Formation in the northwestern part of the Kalchaga mezovystup. The analysis of core material – lithological and petrographic studies and the results of macropaleontological and microfaunistic analyses – served as the basis for determining the facial conditions of formation of beds J12 and J11 of the Vasyugan Formation. Core material from 24 wells was fully described and interpreted, and more than 300 wells were facialized for GIS interpretation. The following sedimentation conditions were identified: for formation J12 the tidal environment associated with the facies of tidal flats, tidal ducts (channels), for formation J11 the tidal environment associated with the facies of the upper and lower beach, tidal channels. And the formation of J11 was formed in the conditions of a regressive-transgressive cycle with a general orientation to flooding of the territory. The conclusions about the change of the hydrodynamic regime in the process of accumulation of deposits of the inflatable thickness of the Vasyugan Formation with a tidal wave activity were made. The principal scheme of sedimentation accumulation of deposits of layers J11 and J12 of the inflatable thickness of the Vasyugan Formation is presented. A conceptual sedimentation model of the inflatable thickness of the Vasyugan Formation is proposed, application of which in the future is possible for correction of exploratory and production drilling, construction of lithology cubes and filtration-capacitance properties and creation of an effective system of field development. The zones of improved reservoirs are revealed, which are connected with such facies as tidal ducts, tidal sandy shoals and tidal channels.

Keywords: Vasyuganskaya formation, facies, sedimentary situation, Callovian, Oxford

Васюганская свита келловей-оксфордского возраста является одним из основных объектов для поиска и добычи нефти и газа в Западной Сибири и формирует серию продуктивных пластов горизонта Ю₁.

Результаты первого этапа изучения основных продуктивных горизонтов верхней юры в Западной Сибири и фундаменталь-

ные закономерности их формирования рассмотрены в цикле исследований «классиков» нефтегазовой геологии Западной Сибири. В последнее время наблюдается устойчивый рост числа научных исследований, посвященных изучению васюганской свиты в различных аспектах. В.П. Алексеев и др. [1] анализировали вариативность со-

става и строения Ю₁ в Широтном Приобье и его ближнем окружении, установив общие закономерности формирования верхнеюрских отложений. В.Б. Белозёров [2] выполнил палеогеографические реконструкции верхнеюрского времени на основе проявления волнового процесса тектогенеза. Г.Г. Кравченко [3] в своей работе установил цикличность строения васюганской свиты, В.В. Шиманский и др. [4] проводили исследования нефтегазоносных отложений васюганской свиты в северо-восточной части Широтного Приобья. Детальная характеристика васюганского горизонта для многих районов южной части Западно-Сибирского осадочного мегабассейна приведена в ряде последних работ сибирских литологов [5, 6].

В строении васюганской свиты выделяют следующие литолого-фациальные пачки (снизу вверх): *подугольную* (пласт Ю₁³⁻⁴), *междуугольную* (пласт Ю₁^м) и *надугольную* (пласты Ю₁¹, Ю₁²) [3]. В остальном можно утверждать, что пласты васюганской свиты характеризуются сложным распределением как литологических, так и фильтрационных свойств, что связано с многообразием фациальных обстановок и характером вторичных изменений. Высокая неоднородность коллекторов создаёт трудности при разработке и доразведке месторождений и, очевидно, требует создания более надёжной геологической и палеогеографической основы. Концептуальная модель формирования отложений, которая будет последовательно дополняться и детализироваться, позволила бы обеспечить эффективное выполнение поисково-оценочных работ путем выявления зон распространения песчаных тел различного генезиса.

Основной целью настоящего исследования является создание концептуальной модели формирования продуктивных пластов Ю₁¹ и Ю₁² васюганской свиты на месторождениях, относящихся к северо-западной части Калчагского мезовыступа, и последующее прогнозирование наиболее перспективных участков разработки и доразведки этих месторождений. В крайних частях локализации отложений, к числу которых относится исследуемый авторами участок юго-востока Западной Сибири, эта задача приобретает еще большее значение по причине высокой вариативности существовавших обстановок осадконакопления.

Исследуемый участок расположен на юго-востоке Западно-Сибирской нефтегазонасыщенной провинции в пределах Пудинского

нефтегазоносного района Васюганской нефтегазовой области.

Материалы и методы исследования

Материалами для исследования послужили:

1. Керновые данные по 24 скважинам, включающие фотографии керна, его описание, результаты гранулометрических исследований, фотографии шлифов, результаты макропалеонтологических и микрофаунистических анализов.

2. Данные каротажных диаграмм ГИС, не менее 300 скважин.

Первичной основой для построения фациальных схем послужили данные о генетических признаках, выявленных при изучении керна. Детальное седиментологическое описание и фотографии керна использованы для уточнения особенностей осадконакопления на исследуемой территории. На их основе проанализированы структурно-текстурные параметры пород и произведена интерпретация физико-географических условий формирования отложений. Полученные параметры были экстраполированы на скважины без кернового материала по методике электрометрических моделей фаций В.С. Муромцева. За основу анализа взяты эталонные диаграммы для различных фаций, взятые из методики В.С. Муромцева с адаптацией к особенностям гамма-каротажа. При анализе формы графиков обращалось внимание на характер боковой линии, а также верхние и нижние границы. Анализ фаций выполнен в двух системах – пространственной (изучение закономерностей распределения фаций по площади для ограниченного стратиграфического интервала) и временной (изучение смены фаций по разрезу). За основу классификации фаций принимался ведущий тип динамики среды, резко доминирующий на фоне полидинамического ландшафта.

Согласно схеме литофациального районирования келловейского, оксфордского, киммериджского и волжского ярусов Западной Сибири, исследуемая территория относится к переходной области Пурпейско-Васюганского и Сильгинского структурно-фациальных районов [7], которая характеризуется транзитом преимущественно морских отложений васюганской свиты (J₂₋₃vs) в разновозрастные континентальные породы наунакской свиты (J₂₋₃nuk). Переходность зоны обуславливает высокую неоднородность и резкость смены фациальных обстановок в разрезе исследуемого участка.

На примере скважины 613 (рис. 1), как наиболее репрезентативной и характеризующей закономерность строения надугольной толщи, выполнена дифференциация пластов и установлена цикличность их формирования, определенная на основе изучения керновых данных.

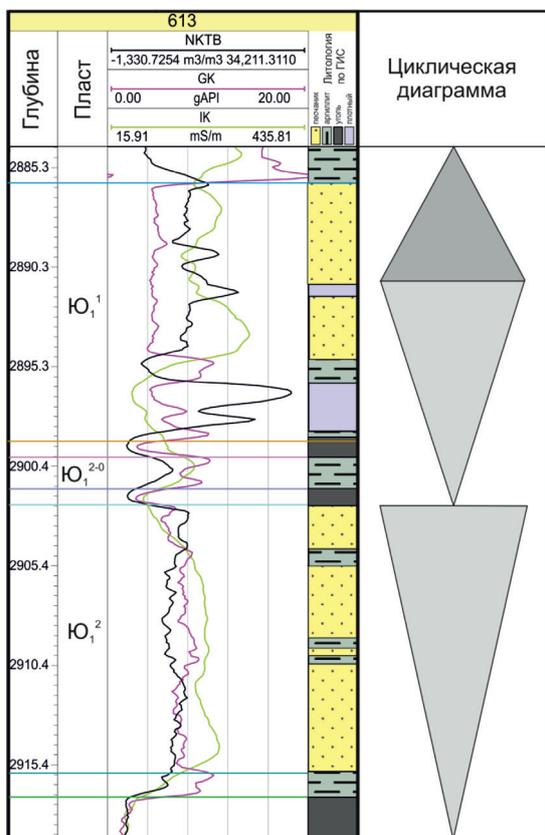


Рис. 1. Литологическая колонка по скв. 613 с трансгрессивно-регрессивными циклами

Результаты определения фациальных обстановок по керновым данным

Пласт Ю₁²: представлен песчаником светло-серым, мелкозернистым, неравномерно алевритистым, с глинистым цементом, с текстурой активной мелкой ряби волнений, подчеркнута глинистым материалом. Отмечаются волны с пологими пиками, субгоризонтальные. Нередко текстуры пород подчеркнуты углефицированным растительным детритом. Прослеживаются серии тонкой прерывистой косо-волнистой (флазерной) слоистости, подчеркнута глинистым материалом. Присутствует биотурбация (ихнофагия *Cruziana*, *Skolithos*); ходы частично замещены пиритом и сидеритом.

Так же часто наблюдается горизонтальная слоистость с ярко выраженными слоевыми швами, сформированными тонким переслаиванием илесто-песчаных наносов (рис. 2).

В скважинах, расположенных на юге изучаемой территории, в основании пласта присутствует неравномерное переслаивание аргиллита темно-серого с песчаником светло-серым. Аргиллит с примесью алевритового материала, массивный, с включениями углефицированных остатков растительного детрита, слюдистый. По поверхностям напластования развит пирит. Отмечается углефицированная органика.

Совокупность признаков позволила идентифицировать обстановку осадконакопления как приливно-отливную (связанную с фациями приливно-отливных отмелей, приливных протоков (каналов) [8]), а также заключить, что пласт Ю₁² формировался в условиях преобладающей приливной деятельности.

Пласт Ю₁¹: в нижней части пласт сложен битым известняком ракушняковым с небольшими прослоями аргиллита и известняком скрытокристаллическим с единичными остатками битых и целых раковин двустворок, размером в первые миллиметры. Совокупность этих признаков указывает на принадлежность отложения к фации верхнего пляжа (волноприбойного вала) (рис. 2).

Выше по разрезу пласт сложен песчаником мелкозернистым с косой слоистостью, местами клиновидной, подчеркнута намывами слюдисто-углистого материала. Биотурбация отсутствует.

В целом при интерпретации керновых данных выделены фации верхнего и нижнего пляжей, приливных каналов, а также макрофагия бухт и заливов, связанная с глинистой перемычкой, разделяющей пласт Ю₁¹ на две пачки. В сравнении с нижележащими отложениями пласт формировался в условиях преобладающей приливной деятельности, что выражается в смене текстурных особенностей пород.

Результаты фациальной интерпретации каротажных диаграмм

При корреляции керновых данных с данными каротажных диаграмм устанавливается их высокая сходимость (рис. 3, 4). Это делает релевантным использование данных ГИС в скважинах, пробуренных без извлечения кернового материала, и тем самым расширяет количество данных, применение которых возможно при создании концептуальной модели.

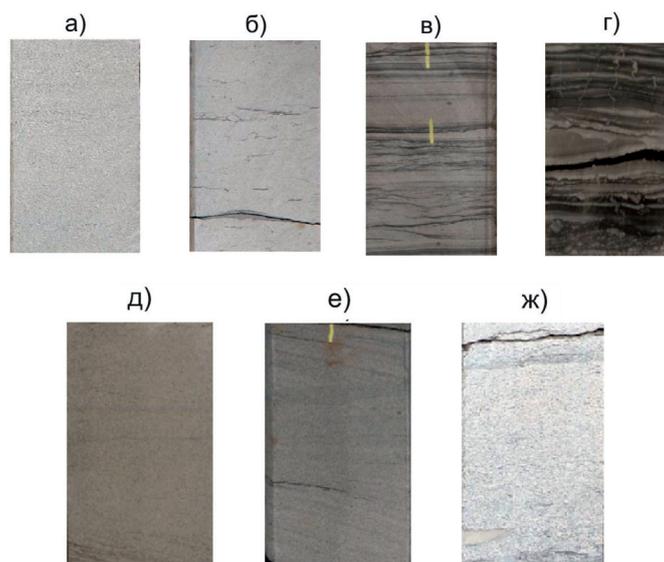


Рис. 2. Литолого-генетические типы пластов $Ю_1^2$ и $Ю_1^1$ (а – песчаник мелкозернистый, массивный. Фация приливного канала; б – песчаник мелкозернистый со специфической мелкомасштабной слоистостью. Фация приливо-отливных песчанистых отмелей; в – песчаник мелкозернистый с горизонтальной и линзовидно-волнистой слоистостью. Фация приливо-отливных смешанных отмелей; г – переслаивание аргиллита, алевролита и песчаник с пологоволнистой, субгоризонтальной слоистостью; д – песчаник мелкозернистый с массивной и субгоризонтальной слоистостью. Фация приливной протоки; е – песчаник мелкозернистый с косослоистой, клиновидной сходящейся слоистостью. Фация нижнего пляжа; ж – известняк-ракушняк органогенный, сцементированный кальцитом. Фация верхнего пляжа (волноприбойного вала))

Результаты исследования и их обсуждение

На основе фациальной интерпретации отложений пластов $Ю_1^2$ и $Ю_1^1$ и определения распространения фаций в пространственном и временном интервалах, удалось восстановить их условия осадконакопления (рис. 5). Для создания фациальных схем в дополнение к керновым данным и данным ГИС по материалам АО «Тандем» использовались карты общих и эффективных толщин, карты песчаности и палеорельефа.

На всей территории исследуемого участка во время формирования пласта $Ю_1^2$ наблюдалась приливо-отливная обстановка с линией берега на юге и постепенным увеличением глубины на север. Это была приливо-отливная равнина, на которой формировались отмели песчаного и смешанного состава.

Ко времени формирования пласта $Ю_1^1$ происходит смена преобладающего режима с приливной деятельности на волновую, в результате чего на побережье с терригенной седиментацией начинают преобладать отложения пляжевых фаций.

На большей части территории доминировали отложения верхнего пляжа, распро-

странённые на юге, западе и северо-западе и постепенно переходившие в нижний пляж на северо-востоке. Также в пляжевой обстановке существовали приливные каналы, которые обеспечивали локальный принос большого количества песчаного материала.

Комплексное применение данных позволило повысить детальность и точность прогноза фациальных схем, что в будущем позволит использовать их в качестве трендов для построения кубов литологии и фильтрационно-емкостных свойств.

Наилучшими коллекторскими свойствами для пласта $Ю_1^2$ обладают алевро-песчаные отложения, связанные с приливо-отливными протоками и приливо-отливными песчанистыми отмелями (Кпр от 100 до 250 мД, Кп от 0,18 до 0,20), распространёнными на северо-востоке территории общей толщиной до 15 м. Южная часть исследуемого участка заглинизирована илистыми отложениями приливо-отливной зоны. Для пласта $Ю_1^1$, толщина которого составляет в среднем 10 м, наилучшие коллекторские свойства связаны с приливными каналами (Кпр от 100 до 180 мД, Кп от 0,19 до 0,20).

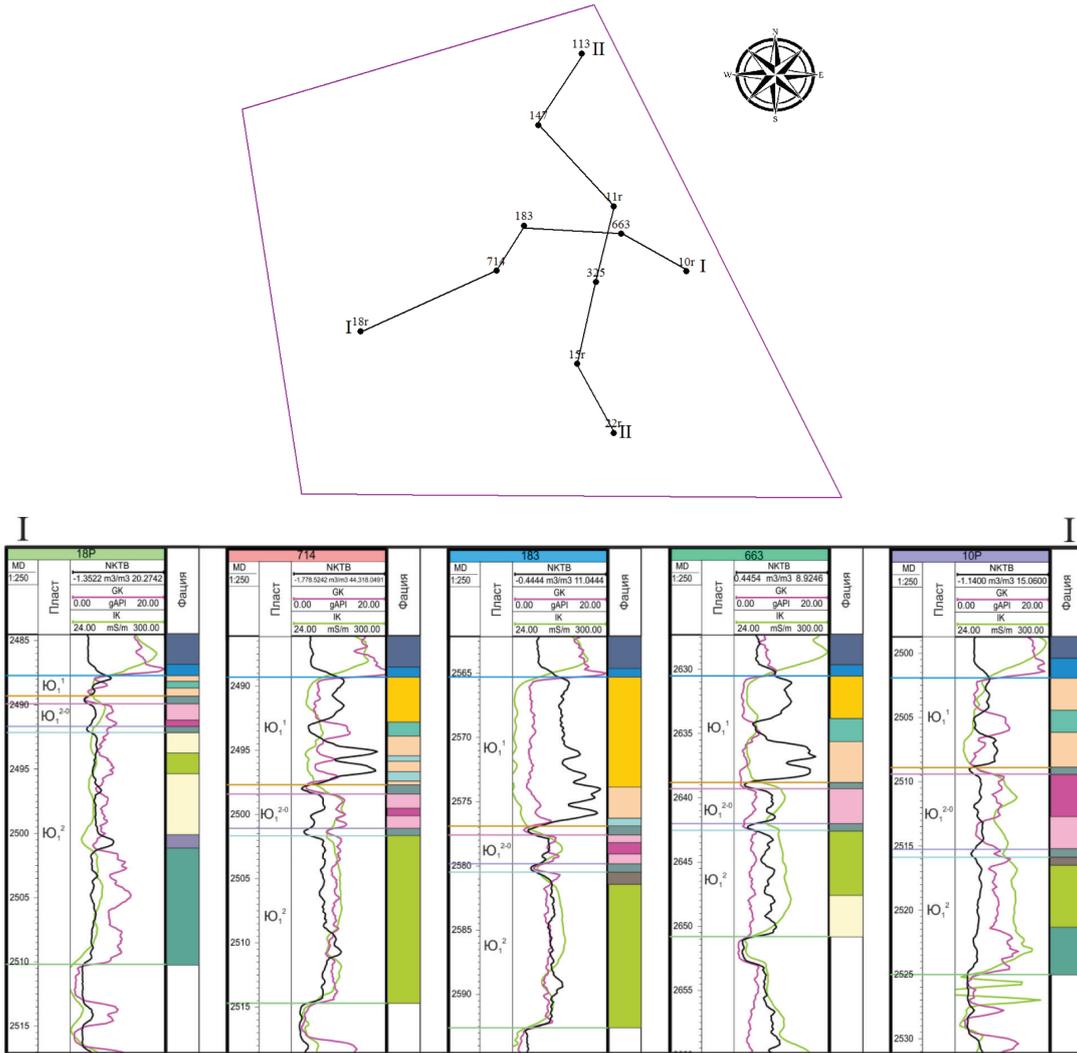
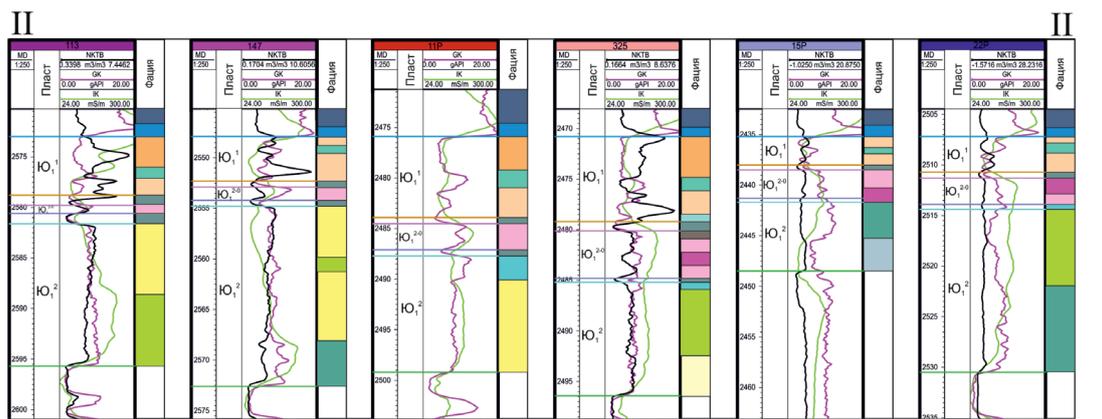


Рис. 3. Детальная схема корреляции с фациальной интерпретацией (разрез с запада на восток)



Условные обозначения:

- | | | | |
|--|----------------------------|--|---------------------------------------|
| ■ Макрофашия относительного глубоководья | ■ Нижний пляж | ■ Приморское озеро | ■ Песчанистая приливо-отливная отмель |
| ■ Морские шельфовые песчаные гряды | ■ Приливные каналы | ■ Приморское болото | ■ Смешанная приливо-отливная отмель |
| ■ Макрофашия заливов и бухт | ■ Краевая часть лагуны | ■ Подпочвенный слой приморского болота | ■ Приливные протоки |
| ■ Верхний пляж | ■ Центральная часть лагуны | ■ Шеньеры | ■ Марши |

Рис. 4. Детальная схема корреляции с фациальной интерпретацией (разрез с севера на юг)

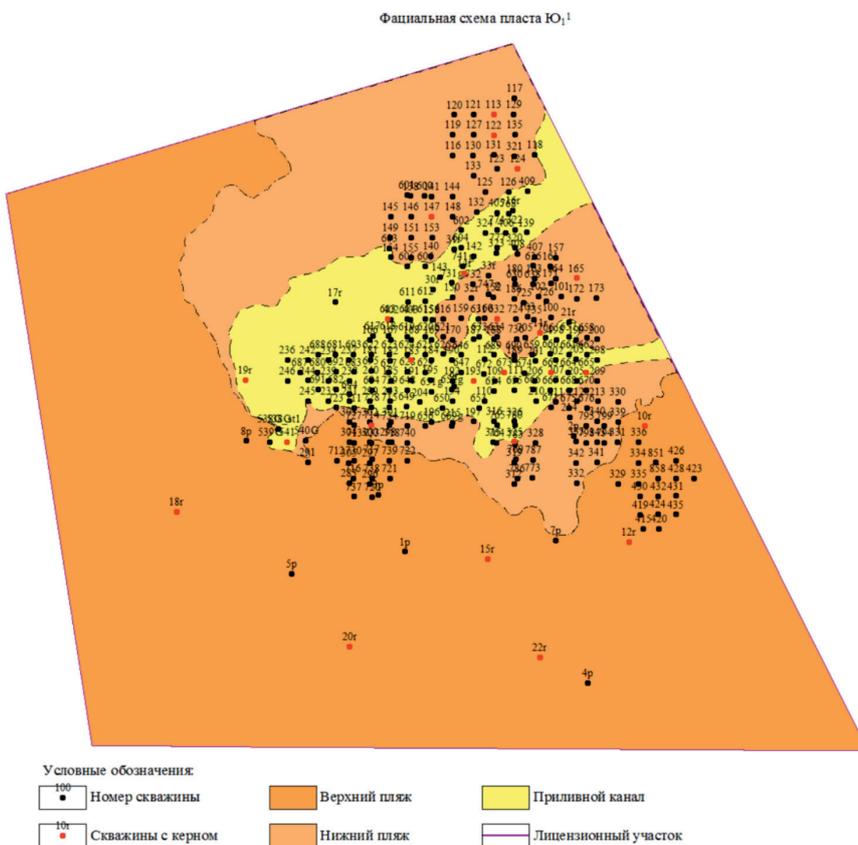
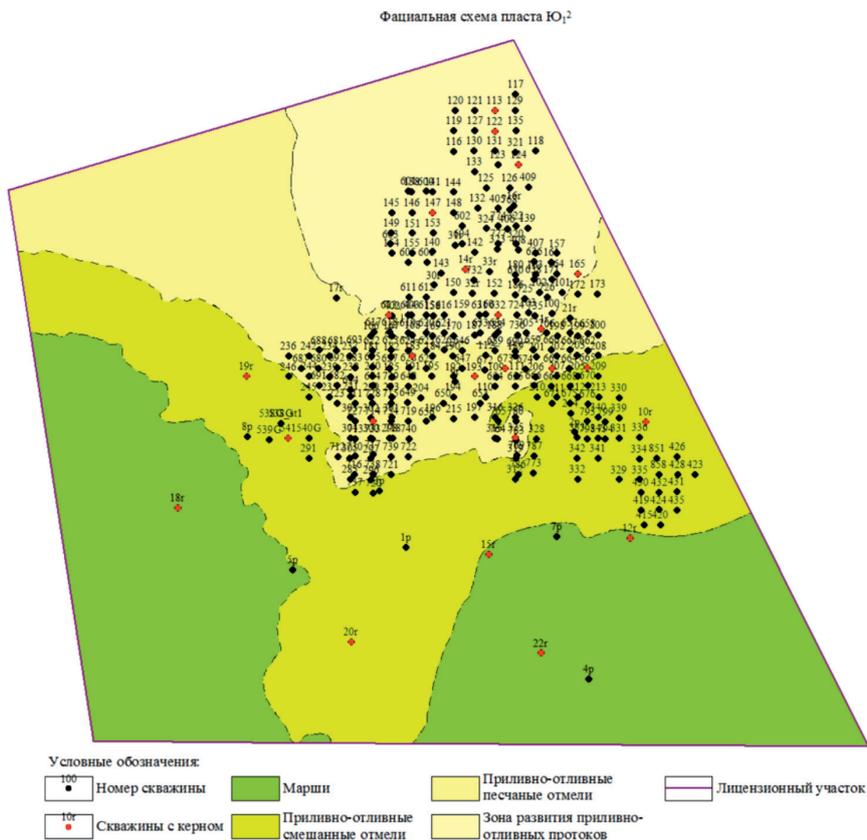


Рис. 5. Фациальная схема формирования пластов Ю₁² и Ю₁¹

В дальнейшем рекомендуется учитывать данные исследований для более рационального размещения разведочных и добывающих скважин, также применять при последующем построении геологических и флюидодинамических моделей, с целью повышения их качества.

Выделение фациальных обстановок по керновому материалу позволило выявить закономерности их распределения и цикличность осадконакопления на исследуемом участке. Пласт Ю₁² формировался в регрессивную стадию, что характеризуется постепенным увеличением зернистости вверх по разрезу. В свою очередь пласт Ю₁¹ образовался в условиях трансгрессивно-регрессивного цикла.

Таким образом, в целом для пласта Ю₁² обстановка осадконакопления определена как приливно-отливная, а для пласта Ю₁¹ – пляжевая.

Заключение

1. На основе изучения керна определены фациальные условия формирования пластов Ю₁² и Ю₁¹ васюганской свиты. Обстановка осадконакопления пласта Ю₁² интерпретирована как приливно-отливная и связана с фациями приливно-отливных смешанных и песчаных отмелей и с фациями приливных протоков. Формирование пласта Ю₁¹ ассоциировано с пляжевой обстановкой. Установлены фации: верхнего и нижнего пляжа, приливных каналов.

2. Установленные закономерности строения указывают, что пласт Ю₁² формировался в регрессивную стадию, в литологии характеризующуюся увеличением зернистости пород вверх по разрезу. А пласт Ю₁¹ образовался в условиях регрессивно-трансгрессивного цикла с общей тенденцией к затоплению территории.

3. Предложена концептуальная модель формирования надугольной толщи. В дальнейшем, она может послужить для создания более точных двумерных и трёхмерных геологических моделей пластов надугольной толщи васюганской свиты.

4. Зоны с лучшими ФЕС (Кпр от 80 до 250 мД, Кп от 0,18 до 0,20) алевроитопесчаных пород-коллекторов связаны с деятельностью приливных каналов и протоков на северо-востоке изучаемой территории.

Список литературы / References

1. Алексеев А.В., Чернова О.С., Амон Э.О., Валеев Р.А., Лац С.А., Щергина Е.А. Закономерности изменения состава и строения коллектора Ю1 в Широном Приобье

и его ближнем окружении (Западная Сибирь) // Литосфера. 2014. № 3. С. 51–69.

Alekseev A.V., Chernova O.S., Amon E.O., Valeev R.A., Lats S.A., Schergina E.A. Regularities of changes in the composition and structure of the J1 collector in the Shirotnoye Priobye and its close surroundings (Western Siberia) // Lithosphere. 2014. № 3. P. 51–69 (in Russian).

2. Белозеров В.Б. Палеогеографические особенности формирования нефтеносных пластов васюганской свиты Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. 2007. № 1. С. 67–72.

Belozеров V.B. Paleogeographic features of oil-bearing strata formation in Vasyuganskaya formation in Western Siberia // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2007. № 1. P. 67–72 (in Russian).

3. Кравченко Г.Г. Цикличность строения васюганского горизонта по данным исследований керна (на примере юго-востока Западной Сибири) // VII Всероссийское литологическое совещание (Новосибирск, 28–31 октября 2013 г.). Новосибирск: ИНГТ СО РАН, 2013. С. 92–97.

Kravchenko G.G. Cyclical structure of Vasyuganskiy horizon according to the data of core researches (on the example of the south-east of Western Siberia) // VII All-Russian lithological meeting (Novosibirsk, October 28–31, 2013). Novosibirsk: INGG SO RAN, 2013. P. 92–97 (in Russian).

4. Шиманский В.В., Низяева И.С., Танинская Н.В., Колпенская Н.Н., Васильева Н.Я., Мясникова М.А., Зельцер В.Н. Седиментационная модель нефтегазоносных отложений васюганской свиты северо-восточной части Широного Приобья // Перспективы нефтегазоносности и результаты ГРП. 2017. № 5. С. 21–30.

Shimanskiy V.V., Nizyaeva I.S., Taninskaya N.V., Kolpenskaya N.N., Vasileva N.Ya., Myasnikova M.A., Selzer V.N. Oil and Gas Deposits Sedimentation Model of Vasyuganskaya Suite of Latitude Priob North-Eastern Region // Perspektivy neftegazoznosnosti i rezul'taty GRR. 2017. № 5. P. 21–30 (in Russian).

5. Вакуленко Л.Г., Дульцева О.В., Бурлева О.В. Строение и обстановки формирования васюганского горизонта (верхи бата – оксфорд) на территории Александровского свода (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 10. С. 1538–1556.

Vakulenko L.G., Dultseva O.V., Burleva O.V. Structure and depositional environment of the Vasyugan Horizon (Upper Bathonian-Oxfordian) in the Aleksandrovskoe arch area (West Siberia). Russian Geology and Geophysics. 2011. V. 52. № 10. P. 1212–1227. DOI: 10.1016/j.rgg.2011.09.012.

6. Ян П.А. Обстановки формирования бат-верхнеюрских отложений и причины эволюции Западно-Сибирского бассейна // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Саратов: Наука, 2009. С. 268–270.

Yan P.A. Settings of the Bath-Upper Jurassic Formation and Reasons for the West Siberian Basin Evolution // Jurassic System of Russia: Problems of Stratigraphy and Paleogeography. Saratov: Nauka, 2009. P. 268–270 (in Russian).

7. Курчиков А.Р., Бородкин В.Н., Недосекин А.С. Стратиграфическая, литолого-фациальная характеристики юрских отложений Западной Сибири и перспективы их нефтегазоносности. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 178 с.

Kurchikov A.R., Borodkin V.N., Nedosekin A.S. Stratigraphic, lithologic-facial characteristics of Jurassic sediments in Western Siberia and prospects of their oil and gas bearing capacity. Tyumen: TyumGNGU, 2014. 178 p. (in Russian).

8. Чернова О.С. Научные основы построения геостатических моделей и геометризации юрско-меловых природных резервуаров Западной Сибири на базе петрофизических и седиментологических исследований керна: дис. ... докт. геол.-мин. наук. Томск, 2018. 522 с.

Chernova O.S. Scientific basis for construction of the geostatic models and geometry of the Jurassic-Cretaceous natural reservoirs in Western Siberia on the basis of the petrophysical and sedimentological studies of the core: dis. ... dokt. geol.-min. nauk. Tomsk, 2018. 522 p. (in Russian).

УДК 632.122.2:631.46:581.52

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ

Тотубаева Н.Э., Жумабаева М.Б., Кожобаев К.А.

Кыргызско-Турецкий Университет Манас, Бишкек, e-mail: nurzat.totubaeva@manas.edu.kg,
zhumabaeva.94@list.ru, kanatbek.kojobaev@manas.edu.kg

В работе представлены результаты экспериментов фиторемедиации нефтезагрязненной почвы полигона опасных отходов рудника Кумтор. Целью настоящей работы был подбор высокогорных растений, произрастающих в суровых условиях высокогорья рудника Кумтор на высоте более 3600 м над уровнем моря, для фиторемедиации грунтов, загрязненных нефтепродуктами. Были отобраны 2 вида местных растений: овсяница луговая (*Festuca pratensis*) и плевел многолетний (*Lolium perenne*). Изучались такие параметры тест-культур, как всхожесть, энергия прорастания, длина подземной и надземной частей. Отмечено, что умеренное нефтезагрязнение грунтов оказывает ростстимулирующее действие на всхожесть и токсическое действие на рост и развитие растений на более поздних сроках. К 20-м суткам произрастания отмечалось ростстимулирующее действие, а к 40-м суткам роста усиливалось токсическое воздействие. К 40-м суткам эксперимента длина корня у плевела многолетнего (*Lolium perenne*) была длиннее в 2,4 раза, а длина стебля – в 8,1 раза, чем у овсяницы луговой (*Festuca pratensis*). Рост тест-культур на фоновом образце к 40-м суткам преобладал над испытываемыми вариантами, и длина корня в фоновом образце была в 9,8 раза длиннее по сравнению с плевелом многолетним (*Lolium perenne*). Но, несмотря на эти факты, испытываемые растения были устойчивы и проявляли способность произрастать на нефтезагрязненной почве. Возможно, что они, произрастая в суровых климатических зонах высокогорья, уже выработали стрессоустойчивые способности, которые успешно могут быть использованы в фиторемедиации нефтезагрязненных почв на завершающем этапе очистных работ.

Ключевые слова: нефтезагрязненная почва, фиторемедиация, фитотоксичность, растения, высокогорье, Кумтор

POSSIBILITIES OF USING ALPINE PLANTS FOR PHYTOREMEDIATION OF OIL-CONTAMINATED SOILS

Totubaeva N.E., Zhumabaeva M.B., Kojobaev K.A.

Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, e-mail: nurzat.totubaeva@manas.edu.kg,
zhumabaeva.94@list.ru, kanatbek.kojobaev@manas.edu.kg

The paper presents the results of experiments on phytoremediation of oil-contaminated soil at the Kumtor mine hazardous waste landfill. The aim of this work was the selection of plants growing in the harsh conditions of the highlands of the Kumtor mine at an altitude of more than 3600 – 4200 m. for phytoremediation of soils contaminated with oil products. 2 species of local plants were selected: meadow fescue (*Festuca pratensis*) and perennial chaff (*Lolium perenne*). We studied such parameters of test cultures as germination, germination energy, the length of the underground and aboveground parts. It was noted that moderate oil pollution of the soil has a growth-promoting effect on germination, and a toxic effect on the growth and development of plants at a later date. By the 40th day of the experiment, the root length of the chaff perennial (*Lolium perenne*) was 2.4 times longer, and the stem length was 8.1 times that of meadow fescue (*Festuca pratensis*). By the 40th day, the growth of test cultures on the background sample prevailed over the test variants, and the root length in the background sample was 9.8 times longer compared to the perennial chaff (*Lolium perenne*). But, despite these facts, the test plants were stable and showed the ability to grow on oil-contaminated soil, it is possible that they, already growing in the harsh climatic zones of the highlands, have developed stress-resistant abilities that can be successfully used in phytoremediation of oil-contaminated soils at the final stage of treatment work.

Keywords: oil-contaminated soil, phytoremediation, phytotoxicity, plants, highlands, Kumtor

Нефть и нефтепродукты сопровождаются сильным негативным воздействием на состояние почв, они способны привести к изменениям в их структуре, составе и свойствах, что отрицательно сказывается на их плодородии [1]. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами оказывает негативное воздействие на растения, главным образом из-за изменения их физико-химических свойств и торможения интенсивности биологических процессов [2]. Естественные процессы самоочищения и восстановления почв, загрязненных нефтью, протекают достаточно медленно, особенно при

высоких уровнях загрязнения и в условиях высокогорья, где биологические процессы замедлены природными лимитирующими факторами.

Рудник Кумтор является одним из немногих по труднодоступности высокогорных рудников мира. Золоторудное месторождение Кумтор расположено на северо-западном склоне хребта Ак-Шийрак Тянь-Шаньских гор, в северо-восточной части Кыргызской Республики, примерно в 60 км к югу от озера Иссык-Куль и в 60 км к северо-западу от границы с КНР. Рудник и его вспомогательные объекты расположе-

ны на высоте от 3600 до 4400 м над уровнем моря. Район месторождения характеризуется суровыми климатическими условиями (среднегодовая температура равна $-7,8^{\circ}\text{C}$, снег круглый год, активные ледники и вечная мерзлота, простирающаяся на глубину до двух-трех сотен метров). В результате крупномасштабной деятельности предприятия Кумтор, в 2015 был введен в эксплуатацию полигон опасных отходов, где также накапливаются грунты, загрязненные нефтепродуктами. Одним из приоритетов компании «Кумтор Голд Компани» является снижение отрицательного воздействия на окружающую среду и эффективное использование земельных ресурсов усовершенствованием стратегии по управлению отходами. Имеется опыт успешной реабилитации таких грунтов с применением биологических методов [3; 4]. С целью завершения реабилитации грунтов, загрязненных нефтепродуктами, были продолжены работы по восстановлению максимально первоначальной структуры изучаемых грунтов. Одним из эффективных приемов реабилитации таких почв признаны методы фиторемедиации [5]. При высеве растений, обладающих устойчивостью к росту на грунтах, загрязненных нефтепродуктами, они используют углеводороды нефти в качестве дополнительного питания, при этом они содействуют улучшению газовой среды, обогащая ее при этом различными активными соединениями, в итоге стимулируя рост числа микроорганизмов и ускоряя разложение нефти и нефтепродуктов [6].

Существенным недостатком реабилитации загрязненных почв при помощи растений является их уязвимость при высоких концентрациях нефтепродуктов, что ограничивает их применение. Поэтому приемы фиторемедиации целесообразно применять в качестве завершающего этапа реабилитационных мероприятий. Применение метода фиторемедиации при реабилитации нефтезагрязненных грунтов в условиях высокогорья, на высоте более чем 3000 м н.у.м. также сопредельно с лимитирующими факторами природной среды, такими как тепло, свет. Однако подбор и оптимизация метода фиторемедиации грунтов, загрязненных нефтепродуктами, актуальны при завершении реабилитационных мероприятий и имеют большое практическое и экологическое значение, так как позволяют изымать из тела полигона и возвращать

загрязненные нефтепродуктами грунты для их последующего использования, тем самым внося вклад в рациональное использование природных ресурсов высокогорья. Таким образом, данный подход улучшит самоочищающую способность загрязненных грунтов, позволит использовать очищенные экологически безвредными способами грунты, которые могут быть возвращены на место выемки или использоваться в качестве изолирующего и рекультивационного материала, а также позволит уменьшить объем полигонов опасных отходов рудника Кумтор изъятием из его тела очищенных грунтов.

Целью нашей работы был подбор местных видов высокогорных растений для фиторемедиации грунтов, загрязненных нефтепродуктами, предварительно очищенных методом биоремедиации.

Материалы и методы исследования

Отбор проб был произведен из полигона опасных отходов рудника Кумтор, располагающегося на абсолютной высоте 3665 м н.у.м. Почвенные образцы отбирались из верхнего слоя (0–15 см) методом «конверта», с пробной площадки размером 1x1 м путем составления объединенной пробы массой 400–500 г. Фоновый образец почвы был взят на расстоянии 2000 м от полигона. Отбор почвенных проб проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-2017 и ГОСТ 28168-89. Определение концентрации нефтепродуктов проводилось гравиметрическим методом (методическое указание по определению НП. РД 52.18. 647 – 2003), в аккредитованной лаборатории ГАООСЛХ КР. рН почвы измеряли калибровочным Horiba portable pH meter, В-213, в соотношении почвы и дистиллированной воды 1:2,5 [4]. Для проведения фиторемедиационных работ были взяты образцы почв после биоремедиации, где содержание нефтепродуктов составляло 980 мг/кг, а в фоновом образце – 100 мг/кг. В качестве тест-культур были взяты семена двух растений, произрастающих в природно-климатических условиях рудника Кумтор: овсяница луговая (*Festucaprattensis*), плевел многолетний (*Loliumperenne*).

Семена используемых растений предварительно калибровали, выбрав семена одного размера и визуально здоровые. В качестве вегетационных сосудов использовали пластиковые емкости. С равномерным распределением по поверхности в каждый из сосудов производили посадку

семян тест-культур. В пластиковые контейнеры высевались с 3-кратной повторностью по 15 семян каждого растения. Тест-объекты выращивались при одинаковых внешних факторах воздействия: освещенность, приближенная к реальным условиям; влажность почвы, поддерживаемая на уровне 60% полной влагоемкости; температура, поддерживаемая на уровне 18–25 °С. Полив производился в одинаковое время и с одинаковым объемом.

Исследовались такие параметры тест-культур, как всхожесть (%), длина роста и корня (мм), которые выращивались на протяжении 40 суток. Тест-откликом служила всхожесть семян, изменения надземной и подземной части семян в сравнении с фоном. Всхожесть семян была рассчитана как число проросших семян, выраженное в процентах от общего количества высеянных семян.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета Microsoft Excel, рассчитывали средние арифметические значения и стандартные отклонения признаков.

Результаты исследований и их обсуждение

Первый этап исследований, проведенный нами в 2018–2019 гг., включал в себя изучение биоразнообразия аборигенных штаммов микроорганизмов, выделенных из нефтезагрязненных грунтов, и изучение их биотехнологического потенциала [3]. Содержание нефтепродуктов в полевых условиях при проведенных биоремедиационных работах снизилось с 2320 до 980 мг/кг. Применение метода биоремедиации, значительно снизившего содержание нефтепродуктов в изучаемых пробах, позволило перейти к следующему этапу реабилитации изучаемых грунтов

методом фиторемедиации. Основной задачей фиторемедиации является подбор растений, обладающих способностью давать всходы и произрастать при заданных условиях [6; 7]. Лабораторные эксперименты показали, что при высоких концентрациях нефтепродукты оказывают токсическое действие на рост и развитие растений и, наоборот, обладают легким стимулирующим рост свойством – при низких концентрациях. Анализ всхожести семян показал, что при различных концентрациях нефтепродуктов в почве они оказывают как токсическое действие, так обладают и стимулирующим свойством, что было подтверждено и другими исследователями [8; 9].

На втором этапе исследований определялись всхожесть, энергию прорастания изучаемых растений, при выращивании на образцах почв, после проведения биоремедиационных работ, с концентрацией нефтепродуктов 980 мг/кг и на фоновой, не загрязненной нефтепродуктами почве.

Результаты изучения влияния нефтепродуктов на дальнейший рост и развитие проростков приведены в таблице.

Высокая всхожесть прорастания была отмечена у плевела многолетнего (*Lolium perenne*), в исследуемой почве его всхожесть составила 86,7%, а на фоновой почве – 70%.

У овсяницы луговой (*Festuca pratensis*) всхожесть в загрязненном грунте составила 73,3%, в то время как на фоновом образце – 60%.

Таким образом, плевел многолетний (*Lolium perenne*) показал высокую способность произрастать и давать высокую всхожесть при загрязнении почв нефтепродуктами, где всхожесть составила 86,7%, при 70% всхожести в фоновом варианте.

Параметры семян овсяницы луговой и плевела многолетнего

Тест-культуры	Длина корня, см		Длина стебля, см	
	Фон	№ 2	Фон	№ 2
20-е сутки				
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i>)	1,1 ± 0,05	1,7 ± 0,05	3,0 ± 0,05	4,4 ± 0,05
Плевел многолетний (<i>Lolium perenne</i>)	3,7 ± 0,05	2,4 ± 0,1	8,9 ± 0,05	8,8 ± 0,05
30-е сутки				
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i>)	2,3 ± 0,05	2,9 ± 0,05	3,8 ± 0,05	4,3 ± 0,05
Плевел многолетний (<i>Lolium perenne</i>)	6,3 ± 0,05	3,2 ± 0,1	10,8 ± 0,1	9,6 ± 0,05
40-е сутки				
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i>)	1,9 ± 0,05	1,1 ± 0,05	4,5 ± 0,05	4,6 ± 0,05
Плевел многолетний (<i>Lolium perenne</i>)	13,3 ± 0,15	3,5 ± 0,1	13,5 ± 0,05	12,7 ± 0,1

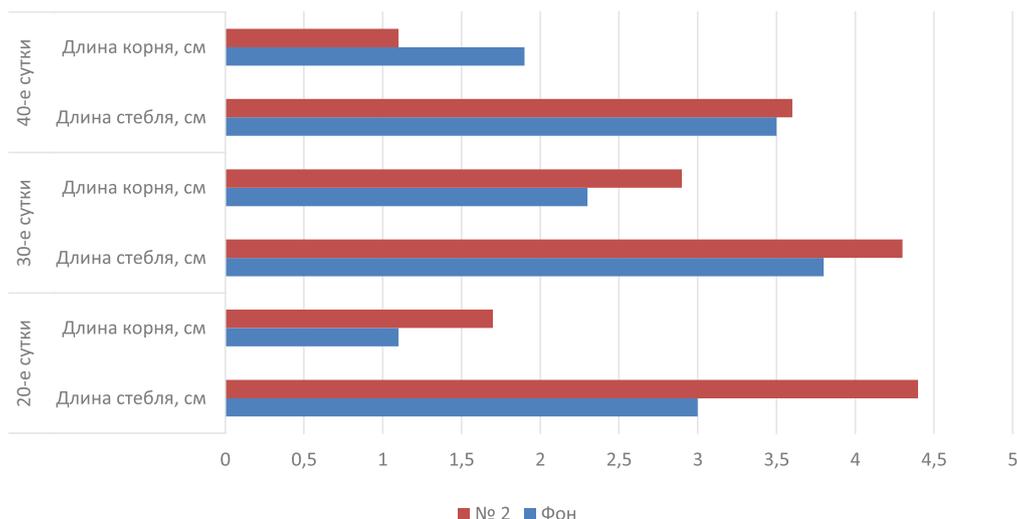


Рис. 1. Динамика роста овсяницы луговой, среднее отношение длины корня к длине побега

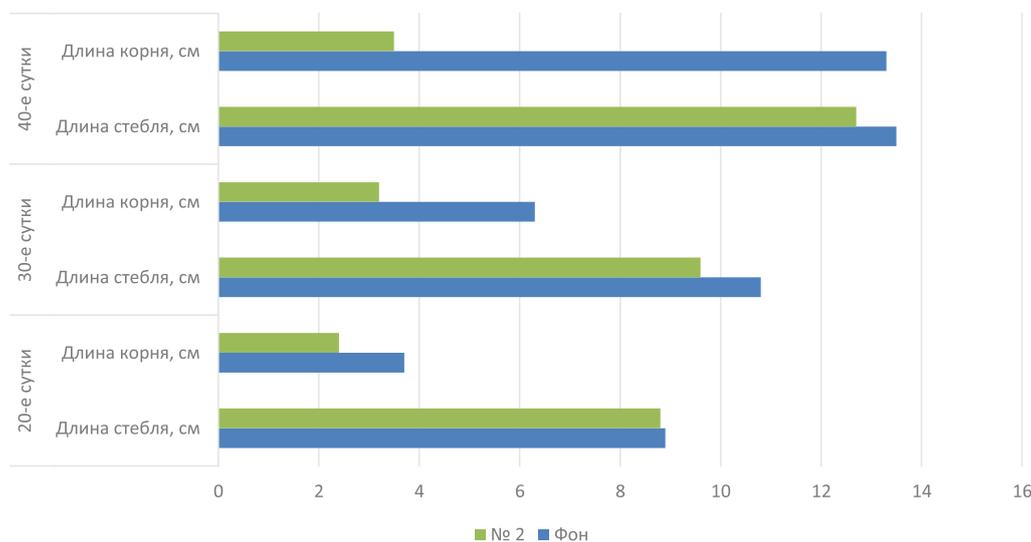


Рис. 2. Динамика роста плевела многолетнего, среднее отношение длины корня к длине побега

Проведенные исследования также показали, что при высокой всхожести семян корневая система плевела многолетнего (*Lolium perenne*) наиболее чувствительна к нефтяному загрязнению почв. В нефтезагрязненной почве длина корня плевела многолетнего (*Lolium perenne*) к 40-м суткам произрастания в нефтезагрязненной почве составила $3,5 \pm 0,1$ см, в то время как в фоновой почве его длина составила $13,3 \pm 0,15$ см, что короче в 9,8 раза по сравнению с фоновым вариантом.

Отмечен стимулирующий эффект нефтяного загрязнения почв на рост надземной части овсяницы луговой, длина кото-

рого на 20-е сутки составила $4,4 \pm 0,05$ см, однако на 40-е сутки длина фоновой образца сравнялась и составила $4,6 \pm 0,05$ см, при $4,5 \pm 0,05$ см в фоновом образце (таблица). Для визуализации данные таблицы приведены в виде диаграмм (рис. 1, 2).

Несмотря на стимулирующий эффект образцов с нефтяным загрязнением на всхожесть плевела многолетнего (*Lolium perenne*) на раннем этапе, к 40-м суткам преобладало его токсическое действие на рост корневой системы (рис. 2).

Так, на 40-е сутки эксперимента длина корня у плевела многолетнего (*Lolium perenne*) была длиннее в 2,4 раза, а длина

стебля – в 8,1 раза, чем у овсяницы луговой (*Festuca pratensis*).

Однако на 40-е сутки рост фоновых растений по всем параметрам преобладал над ростом растений в загрязненных почвах, что подтверждает фитотоксическое действие нефтепродуктов. Но, несмотря на то что длина корня в фоновом образце была в 9,8 раза длиннее по сравнению с изучаемым вариантом, испытываемые растения и на нефтезагрязненной почве были устойчивы и проявляли способность произрастать. Возможно, испытываемые растения, уже произрастая в суровых климатических зонах высокогорья, выработали стрессоустойчивые способности, которые успешно могут быть использованы в фиторемедиации нефтезагрязненных грунтов.

Выводы

Организация мероприятий по реабилитации грунтов, загрязненных нефтепродуктами в высокогорных золотодобывающих предприятиях, позволяет снизить объемы полигона опасных отходов – изъятием из него в определенной степени очищенных нефтезагрязненных грунтов, что может внести существенный вклад в устойчивое развитие высокогорного региона. Использование метода фиторемедиации на завершающем этапе очистки загрязненных нефтепродуктами грунтов в условиях высокогорья, на высотах более 3500 м н.у.м., актуально как с экологической, так и с экономической точек зрения. В целом установлено фитотоксическое действие нефтяного загрязнения почв на рост и произрастание растений. Однако к 20-м суткам произрастания отмечался стимулирующий эффект нефтяного загрязнения на рост корня и стебля растений, но на 40-е сутки оно все же оказывало угнетающее действие, в то время как фоновые образцы продолжали расти. Несмотря на выраженное фитотоксическое действие, высокогорные растения, такие как овсяница луговая (*Festuca pratensis*) и плевел многолетний (*Lolium perenne*), проявляли способность произрастать на загрязненном нефтепродуктами грунте, что важно для улучшения газовоздушного режима нефтезагрязненного грунта и улучшения его самоочищающей способности. Таким образом, метод фиторемедиации с использованием плевела многолетнего (*Lolium perenne*), типичного представителя высокогорья, способного произрастать на высоте 3000-4200 м н.у.м. и проявившего способность устойчиво произрастать при опре-

деленном уровне нефтяного загрязнения, может быть использован для реабилитации нефтезагрязненных грунтов на завершающем этапе их очистки. Эти исследования требуют продолжения – для изучения изменения физиологических свойств высокогорных растений, способных произрастать при высоких концентрациях нефтяного загрязнения грунтов высокогорья.

Список литературы / References

1. Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 365 с.
2. Talaibekova G.T., Kojobaev K.A., Tokpaeva Zh.K., Esenzhanova G.K., Totubaeva N.E. Фитотестирование нефтезагрязненных почв с помощью фитотолерантных растений // Проблемы региональной экологии. 2019. № 2. С. 20–24. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12020.
3. Totubaeva N., Tokpaeva Z., Akjigit Uulu A., Kojobaev K. Microbiological Diversity and Biotechnological Potential of the Soil Ecosystem of a High-Mountainous Landfill. Polish Journal of Environmental Studies. 2019. № 28 (6). P. 4429–4435. DOI:10.15244/pjoes/99904.
4. Tokpaeva Zh.K., Akjigit U.A., Totubaeva N.E. Микробиологическое разнообразие почвы полигона опасных отходов рудника Кумтор // Наука, новые технологии и инновации. 2018. № 1. С. 31–34.
5. Tokpaeva Zh.K., Akjigit W.A., Totubaeva N.E. Microbiological diversity of the soil of the Kumtor mine hazardous waste landfill // Nauka, novyye tekhnologii i innovatsii. 2018. № 1. P. 31–34 (in Russian).
6. Anil K. G., Yunus M., Pandey P. K. Bioremediation: ecotechnology for the present century. International Society of Environmental Botanists. 2003. V. 9. № 2. P. 2–8.
7. Назаров А. В. Использование микробно-растительных ассоциаций для очистки почвы от нефтяного загрязнения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-5. С. 1673–1675.
8. Nazarov A.V. The use of microbial-plant associations for cleaning the soil from oil pollution // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2013. V. 15. № 3-5. P. 1673–1675 (in Russian).
9. Гаврилин И.И., Шигапов А.М. Некоторые особенности биологических методов очистки почвогрунтов от загрязнения нефтепродуктами // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 3–1 (22). С. 43–46.
10. Gavrilin I.I., Shigapov A.M. Some features of biological methods of biological methods of purification of soil from oil pollution // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2014. № 3–1 (22). P. 43–46 (in Russian).
11. Гаврилин И.И., Шигапов А.М. Перспективы использования аборигенной микрофлоры для борьбы с нефтяным загрязнением // IV Информационной школы молодого ученого: сборник научных трудов. Екатеринбург: ЦНБ УрО РАН, 2014. С. 326–332.
12. Gavrilin I.I., Shigapov A.M. Prospects for the use of indigenous microflora to combat with oil pollution // IV Informatsionnoy shkoly mladogo uchenogo: sbornik nauchnykh trudov. Yekaterinburg: TSNB UrO RAN, 2014. P. 326–332 (in Russian).
13. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2007. № 5. С. 134–141.
14. Nazarov A.V. Influence of oil pollution of the soil on plants // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya. 2007. № 5. P. 134–141 (in Russian).

УДК 504.453:504.062.4(470.341)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИОРИТЕТНОГО ПРОЕКТА «ОЗДОРОВЛЕНИЕ ВОЛГИ» В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Хоботилова Е.И., Копосова Н.Н.

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет
имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru*

В работе изучены основные причины, негативно влияющие на экологическое состояние Волги (сброс неочищенных сточных вод и влияние плотин), проанализированы мероприятия проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги на территории Нижегородской области», а также рассмотрены возможные риски и проблемные моменты, которые могут возникнуть при реализации проекта. Для сохранения и улучшения экологически благоприятной обстановки на реке Волге предполагается снижение антропогенной нагрузки от сброса сточных вод ненормативного качества. В соответствии с проектом паспорта проекта данный показатель по Нижегородской области планируется снизить с 0,35 км³/год до 0,12 км³/год. На данный момент в региональный паспорт вошли 88 проектов на строительство, модернизацию и реконструкцию очистных сооружений – объектов жилищно-коммунального хозяйства на территории более чем 30 муниципальных образований. Однако ввиду отсутствия разработанного механизма государственной поддержки реализации инвестиционных проектов, правил предоставления финансовой поддержки за счет средств федерального бюджета и многих других проблемных моментов возможна задержка в реализации мероприятий по оздоровлению реки Волги. Дополнительно предлагается произвести ликвидацию (рекультивацию) объекта прошлого экологического вреда – территории Бурнаковской низины г. Нижнего Новгорода, являющейся источником диффузного загрязнения реки Волги, загрязненной в результате прошлой хозяйственной деятельности по хранению, переработке нефтепродуктов и нефтешлама. С данной территории регулярно наблюдается вынос в реку Волгу нефтепродуктов. Решение данного вопроса в план мероприятий приоритетного проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги на территории Нижегородской области» не вошло. Также в настоящее время не определен источник финансирования проведения мероприятия по ликвидации объекта накопленного вреда на территории Бурнаковской низины.

Ключевые слова: река Волга, экологическое состояние воды, оздоровление Волги, очистные сооружения, целевые показатели, финансирование мероприятий

ECOLOGICAL ANALYSIS OF IMPLEMENTATION REGIONAL ASPECTS OF THE PRIORITY PROJECT «HEALTH OF THE VOLGA» IN NIZHNY NOVGOROD REGION

Khobotilova E.I., Kopusova N.N.

*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod,
e-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru*

The main factors that negatively affect the ecological state of the Volga are studied: the discharge of untreated wastewater and the influence of dams, the measures of the project «Preservation and Prevention of Pollution of the Volga River in the Nizhny Novgorod Region» are analyzed, and the possible risks and problem points that may arise when project implementation. To preserve and improve the environmentally favorable situation on the Volga River, it is planned to reduce the anthropogenic load on them from the discharge of waste water of substandard quality. In accordance with the draft project passport, this indicator for the Nizhny Novgorod Region is planned to be reduced from 0,35 km³ / year to 0.12 km³ / year. Currently, the regional passport includes 88 projects for the construction, modernization and reconstruction of treatment facilities – housing and communal services in more than 30 municipalities. However, due to the lack of a developed mechanism of state support for the implementation of investment projects, the rules for the provision of financial support from the federal budget and many other problematic issues, a delay in the implementation of measures to improve the Volga River is possible. In addition, it is proposed to liquidate (recultivate) the object of past environmental harm – the territory of the Burnakovskaya lowland of Nizhny Novgorod, which is a source of diffuse pollution of the Volga River, contaminated as a result of past economic activities for the storage, processing of oil products and oil sludge. From this territory, oil products are regularly transported to the Volga River. The solution of this issue was not included in the action plan of the priority project «Preservation and Prevention of Volga River Pollution». Also, the source of funding for the event on the elimination of the accumulated harm object in the territory of the Burnakovskaya lowland is currently not defined.

Keywords: Volga river, ecological state of water, Volga rehabilitation, treatment facilities, targets, financing of events

Высокий уровень антропогенного воздействия является основной причиной ухудшения экологического состояния реки Волги. В бассейн Волги регулярно поступают промышленные и коммунально-бытовые сточные воды, в которых содержатся нефтепродукты, сульфаты, хлориды, цинк, медь, фенолы и т.д. Сбрасываемые вещества

ухудшают качество воды, опасны для экосистемы водоема, а также негативно влияют на водные биологические ресурсы и их местообитание. Помимо этого, река Волга является основным источником питьевого водоснабжения для Нижнего Новгорода и других городов Приволжского федерального округа, вследствие чего качество воды

оказывает влияние на значительное количество населения [1–3].

Одним из направлений исполнения Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» является национальный проект «Экология», в рамках которого разработан федеральный проект «Оздоровление Волги». Министерством экологии Нижегородской области в 2018 г. на основании предложений органов местного самоуправления был сформирован паспорт регионального проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги на территории Нижегородской области», который предусматривает реализацию мероприятий по проектированию и выполнению строительного-монтажных работ по строительству и реконструкции очистных сооружений. Главная цель запланированных мероприятий заключается в уменьшении сброса сточных вод в реку Волгу, что должно положительно сказаться на состоянии воды и повысить качество коммунальных услуг [4]. В связи с тем, что самоочищающая способность многих водотоков ниже приемлемого уровня, проведение природоохранных и оздоровительных мероприятий для водных объектов региона служит необходимым условием поддержания функционирования экосистем, а одним из актуальных вопросов современной гидроэкологии является изучение этих мероприятий с последующим анализом эффектов от их внедрения.

Цель работы заключалась в проведении анализа федерального проекта «Оздоровление Волги», внедряемого на территории Нижегородской области, и исследовании возможных экологических рисков при реализации мероприятий природоохранного проекта.

Материалы и методы исследования

В настоящее время среди множества причин снижения качества и устойчивости гидрологических объектов, в частности реки Волги, современные исследователи выделяют основные, происхождение которых так или иначе связано с антропогенным фактором:

– большая концентрация населения и размещение крупных промышленных предприятий по берегам реки, что является важнейшим аспектом экологического баланса Волги;

– содержание в сбрасываемых сточных водах множества химических соединений, обладающих токсичными свойствами и негативно влияющих на качество воды;

– недостаточная эффективность водоохранных и очистных мероприятий;

– наличие объектов накопленного экологического вреда (хронический фактор загрязнения);

– проблемы при регулировании водопользования и водоотведения;

– недостаточное внимание к вопросам диффузного и теплового загрязнения;

– проблема затонувших и брошенных водных транспортных средств (нефтеналивных, грузовых, пассажирских судов) [5].

Отдельно следует отметить влияние на экологическое состояние Волги плотин гидроэлектростанций, создание которых вызывает снижение качества речной воды и эффективности процессов самоочищения, способствует периодическому развитию синезеленых водорослей, а также ухудшению условий питьевого водоснабжения населения [6, 7].

Учитывая, что вся Нижегородская область находится в бассейне реки Волги, реализация мероприятий регионального проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги на территории Нижегородской области» планируется на территории практически всех муниципальных районов и городских округов Нижегородской области. В частности, планируется выполнение мероприятий по реконструкции и модернизации очистных сооружений на самых крупных предприятиях водоканализационного комплекса Нижегородской области, таких как «Нижегородский водоканал» и «Дзержинский водоканал», которые позволят осуществлять доочистку недостаточно очищенных сточных вод в размере 246 млн м³/год и 20 млн м³/год соответственно. Проектом предусмотрено достижение одного основного целевого показателя – снижение объема отводимых в реку Волга загрязненных сточных вод с 0,35 км³ в 2019 г. до 0,12 км³ в 2024 г., что соответствует целевым показателям федерального проекта «Оздоровление Волги» (табл. 1).

Финансирование мероприятий планируется за счет всех уровней бюджета. Общий планируемый объем финансирования на все 6 лет реализации проекта составляет 18 791,27 млн руб., в том числе:

– 96% за счет средств федерального бюджета – 18 039,62 млн руб.;

– 4% за счет средств консолидированного бюджета – 751,65 млн руб., из них:

– 80% областной бюджет – 601,31 млн руб.;

– 20% местный бюджет – 150,34 млн руб. [8].

Основным методом исследований в работе явился сравнительный экспертный анализ проектных и экономических плановых данных, полученных из нормативной документации государственных структур управления природопользованием, с последующим исследованием степени реализации рассматриваемых проектов.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ перечней мероприятий по строительству, реконструкции (модернизации) очистных сооружений позволяет разделить их реализацию на несколько этапов.

I этап – 11 мероприятий строительного-монтажных работ (далее – СМР), имеющих положительные заключения главной Государственной экспертизы со сроком реализации не старше 3 лет, заключения Министерства экономики и инвестиций Нижегородской области о максимальной (предельной) стоимости объекта, а также пакет документов, направленный на проверку в Минстрой РФ (табл. 2, рисунок). Анализ информации, предоставленной Департаментом Росприроднадзора по Приволжскому федеральному округу, показывает, что на этом этапе приоритетными были мероприятия, разработанные для объектов, оказывающих наибольшее негативное воздействие на реку Волгу.

Таблица 1

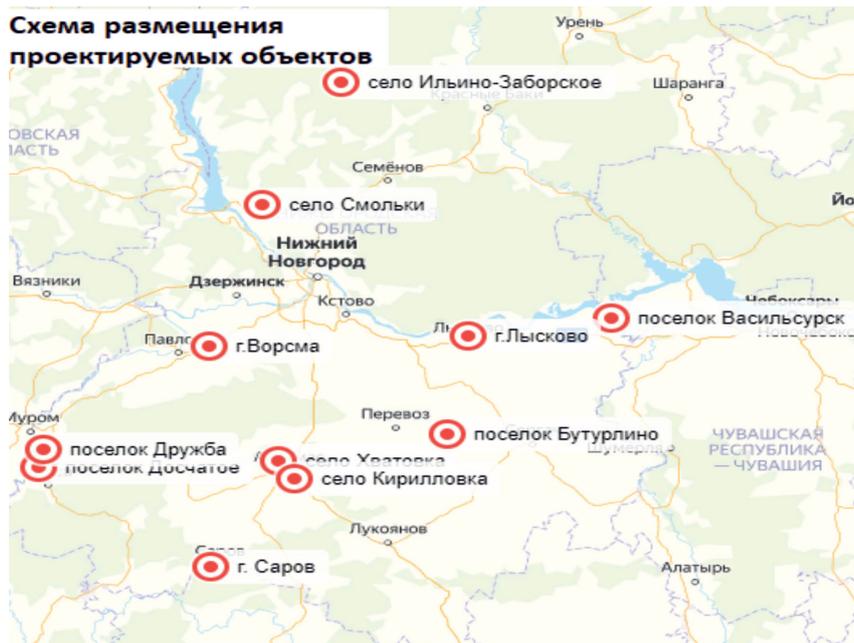
Значения показателей, планируемых к достижению для Нижегородской области [8]

Наименование показателя	Период, год					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Снижение объема отводимых в реку Волгу загрязненных сточных вод, км ³ в год	0,35	0,33	0,29	0,26	0,18	0,12
Прирост мощности очистных сооружений, обеспечивающих сокращение отведения в реку Волгу, км ³ в год	0,00	0,02	0,06	0,09	0,17	0,23

Таблица 2

Мероприятия, запланированные к реализации в рамках проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги на территории Нижегородской области» в 2019 г. [8]

№ п/п	Муниципальный район (городской округ) Нижегородской области	Наименование мероприятия
1	Арзамасский район	Строительство наружных сетей канализации для мкр. Солнечный с. Хватовка Арзамасского района Нижегородской области
2	Арзамасский район	Строительство наружных канализационных сетей для отведения стоков от многоквартирных жилых домов № 1, 2, 3, 20 по ул. Полевой в с. Кирилловка Арзамасского района Нижегородской области
3	Бутурлинский район	Реконструкция очистных сооружений производительностью 1000 м ³ /сутки в р.п. Бутурлино Бутурлинского района Нижегородской области (ООО «Бутурлинский водоканал», р.п. Бутурлино, Бутурлинский район Нижегородской области)
4	Воротынский район	Строительство очистных сооружений канализации производительностью 200 м ³ /сутки в р.п. Васильсурск (МУП «Воротынское ЖКХ», р.п. Васильсурск, Воротынский район Нижегородской области)
5	Городецкий район	Биологические очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод с. Смольки Городецкого района Нижегородской области
6	г.о.г. Выкса	Реконструкция БОС р.п. Досчатое (МУП «Стоки», р.п. Досчатое, городской округ город Выкса Нижегородской области)
7	г.о.г. Выкса	Строительство КНС и напорного канализационного коллектора от БОС р.п. Дружба до БОС р.п. Досчатое (МУП «Стоки», р.п. Досчатое, городской округ город Выкса Нижегородской области)
8	г.о.г. Саров	Реконструкция здания механического обезвоживания осадков сточных вод ОСК г. Сарова
9	г.о. Семеновский	Канализационные очистные сооружения и сети канализации в с. Ильино-Заборское г. Семенов Нижегородской области
10	Лысковский район	Реконструкция канализационных очистных сооружений глубокой биологической очистки в г. Лысково Нижегородской обл. (МУП «Биологические очистные сооружения», г. Лысково, Лысковский муниципальный район Нижегородской области)
11	Павловский район	Строительство очистных сооружений канализации г. Ворсма Павловского района Нижегородской области



Территориальное размещение объектов I этапа реализации проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги на территории Нижегородской области»

Анализ выполнения запланированных работ показывает, что большинство мероприятий реализуются в соответствии с установленными сроками, за исключением плана реконструкции канализационных очистных сооружений глубокой биологической очистки в городе Лысково, для выполнения которого не найден подрядчик и не заключен контракт на выполнение работ [9].

План по реконструкции здания механического обезжелезивания осадков сточных вод ОСК в городе Сарове также не реализован, так как аукцион на выполнение подрядных работ по объекту не состоялся [10].

II этап – 8 мероприятий находятся на стадии проверки в главной Государственной экспертизе. После получения положительного заключения данной организации в оперативном режиме планируется внесение изменений в инвестиционную программу и далее – проведение СМР.

III этап – следующие 3 мероприятия находятся в стадии разработки проектной документации. По ее итогам возможна реализация мероприятий в рамках федеральной программы при условии исполнения алгоритма действий, предусмотренных этапами I и II.

IV этап – учитывая, что действующим механизмом финансирования проектов

не предусмотрена возможность предоставления денежных средств на подготовку проектно-сметной документации, а также принимая во внимание высокую стоимость работ по разработке проектно-сметной документации на строительство, реконструкцию (модернизацию) очистных сооружений в рамках проекта «Оздоровление Волги» и ограниченность бюджетов муниципальных районов и городских округов Нижегородской области, Правительством Нижегородской области было принято решение о выделении дополнительной субсидии местным бюджетам за счет средств областного бюджета на разработку проектно-сметной документации.

План мероприятий для реализации в рамках проекта «Оздоровление Волги» был дополнен следующими мероприятиями, планируемыми к исполнению до 2021 г.:

- реконструкция цеха механического обезжелезивания осадка, включая узел смешения осадка с опилками, БОС г. Заволжье Нижегородской области;

- реконструкция сооружений биологической очистки БОС г. Заволжье Нижегородской области;

- ликвидация сброса шламовых и промышленных вод на станции обезжелезивания Тепловского водозабора г.о. г. Дзержинска Нижегородской области;

– модернизация комплекса очистных сооружений на Нижегородской станции аэрации г. Нижнего Новгорода Нижегородской области;

– строительство сооружений для ликвидации сброса промывных вод, сбора и перекачки осадка в городскую канализацию на водопроводных станциях Новосоормовской, Слудинской и «Малиновая гряда» г. Нижнего Новгорода Нижегородской области;

– реконструкция и техническое перевооружение канализационных очистных сооружений г. Сарова Нижегородской области [11].

Главным показателем по проекту является снижение объема отводимых в реку Волгу загрязненных сточных вод. Снижение объемов сточных вод по проекту запланировано с декабря 2020 г. с 0,35 км³ до 0,33 км³. Также в рамках федерального проекта уже был достигнут первый контрольный результат: проведена оценка систем очистки сточных вод, сбрасываемых в реку Волгу крупнейшими водопользователями водопроводно-канализационного хозяйства, на соответствие нормативам [12].

Тем не менее на основании анализа указанной литературы необходимо отметить возможные риски и проблемные моменты, которые могут возникнуть при реализации проекта «Оздоровление Волги»:

– дефицит местных и региональных бюджетов на подготовку проектно-сметной документации;

– недостаточно высокое качество мероприятий, выполняемых в рамках контрактов, заключенных в соответствии с законодательством Российской Федерации в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд;

– динамичное изменение федерального законодательства;

– модернизация процесса производства работ, которая может привести к необходимости осуществления повторной экологической экспертизы даже при незначительных изменениях проектной документации, что способствует увеличению сроков реализации мероприятий;

– сложность финансирования и реализации ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде;

– низкая инвестиционная активность вследствие нестабильной экономической ситуации;

– необходимость внесения корректировок в действующее законодательство, кото-

рые дадут возможность планировать наиболее экономически выгодные и эффективные проекты. В настоящее время действующее законодательство не позволяет строить линейные объекты (сети водоотведения), а при этом решение проблем многих населенных пунктов может обходиться дешевле в три раза при строительстве коллектора, чем при строительстве очистных сооружений;

– возможный риск повышения уровня платы граждан за коммунальные услуги в связи с тем, что появляются затраты не только на транспортировку сточных вод, но и на ее очистку, а также повышение затрат на эксплуатацию (зарплата персонала, оплата электричества, реагентов и т.п.);

– стихийные бедствия и техногенные катастрофы.

В рамках федерального проекта «Оздоровление Волги» дополнительно предлагалось произвести ликвидацию (рекультивацию) объекта накопленного экологического вреда – территории Бурнаковской низины г. Нижнего Новгорода, являющегося источником диффузного загрязнения реки Волги. В 2018 г. был одобрен сводный план реализации проекта, а также поддержано предложение Правительства Нижегородской области об участии Нижегородской области в пилотном проекте по снижению поступления в реку Волгу загрязненного диффузного стока. В качестве пилотной территории, на которой будут отработаны концепция и технология снижения загрязнения от диффузного стока, выбрана территория Бурнаковской низины, где грунты вследствие деятельности в прошлом нефтеперерабатывающих предприятий загрязнены на десятки метров в глубину и служат источником загрязнения реки Волги [13].

К настоящему времени Минэкологии Нижегородской области совместно с ФГБУН «Институт водных проблем РАН» проведено обоснование стоимости работ по снижению загрязненного диффузного стока с территории Бурнаковской низины и направлено предложение по включению этого объекта в приоритетный проект «Оздоровление Волги» за счет средств федерального и областного бюджетов. Поскольку данное мероприятие не включено в региональный паспорт проекта, возникла проблема неопределенности источника финансирования из бюджетов, что приводит к увеличению сроков реализации мероприятия по ликвидации объекта накопленного вреда, а в случае отказа в финансировании – к его невыполнению.

Заключение

Анализ реализации регионального проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги на территории Нижегородской области», разработанного в рамках федерального проекта «Оздоровление Волги», показал, что реализация мероприятий по строительству, модернизации и реконструкции очистных сооружений – объектов жилищно-коммунального хозяйства предусматривает четыре этапа. Реализация мероприятий, запланированных к выполнению на первом этапе, осуществляется в соответствии с установленными сроками, за исключением двух объектов.

Проект был дополнен рядом мероприятий, планируемых к выполнению в 2021 г. Помимо этого, разработано предложение по включению объекта накопленного экологического вреда на территории Бурнаковской низины, являющегося источником диффузного загрязнения реки Волги, в приоритетный проект «Оздоровление Волги».

Однако при реализации данного проекта существует множество рисков и проблемных моментов, в результате которых запланированный объем снижения сточных вод с 0,35 км³ до 0,33 км³ может быть не достигнут. Таким образом, в настоящее время необходимы постоянное проведение анализа текущей обстановки по реализации региональных проектов оздоровления крупных водотоков, а также отслеживание экологической ситуации на указанной территории.

Список литературы / References

1. Исенаилева Ж.Н., Волкова И.В. Оценка качества среды аквальных комплексов дельты р. Волги // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. № 1–1. С. 89–89.
2. Isenaileva Zh.N., Volkova I.V. Assessment of the quality of the environment of the water complexes of the Volga Delta // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2012. № 1–1. P. 89–89 (in Russian).
3. Козлов А.В., Вершинина И.В. Анализ вариабельности общих, биохимических и экотоксикологических показателей в воде реки Волга и каналах дренажной системы города Балахны Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 95–100.
4. Kozlov A.V., Vershinina I.V. Analysis of variability of general, biochemical and ecotoxicological indicators in the water of the Volga River and channels of the drainage system of the city of Balakhna of the Nizhny Novgorod region // Advances in current natural sciences. 2019. № 11. P. 95–100 (in Russian).
5. Лабунская Е.Н., Бухаридин П.И. Современное состояние фитопланктона и качество воды низовой Волги и Северного Каспия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 8. С. 136–138.
6. Labunskaya E.N., Buharicin P.I. Current state of phytoplankton and water quality of lower Volga and Northern Caspian

Sea // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2010. № 8. P. 136–138 (in Russian).

4. Минэкологии региона направило заявку на включение Бурнаковской низины в государственный реестр объектов накопленного вреда. [Электронный ресурс]. URL: <http://mineco-nn.ru> (дата обращения: 30.04.2020).

The Ministry of Ecology of the region sent an application for inclusion of the Burnakovsky lowland in the state register of objects of accumulated harm. [Electronic resource]. URL: <http://mineco-nn.ru> (date of access: 30.04.2020) (in Russian).

5. Кручинин О.В. Глобальные экологические вызовы: оздоровление Волги // Труды научного конгресса 20-го Международного научно-промышленного форума «Великие реки 2018». Н.Новгород: ННГАСУ, 2018. Т. 1. С. 54–57.

Kruchinin O.V. Global environmental challenges: improving the Volga // Trudy nauchnogo kongressa 20-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki 2018». N.Novgorod: NNGASU, 2018. V. 1. P. 54–57 (in Russian).

6. Воронков В.В. Водохранилище на равнинной реке. Потери и угрозы (на основе прогноза последствий от подъема уровня Чебоксарского водохранилища) // Труды научного конгресса 14-го Международного научно-промышленного форума «Великие реки 2012». Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. Т. 1. С. 259–263.

Voronkov V.V. Reservoir on a flat river. Losses and threats (based on the forecast of the consequences of raising the level of the Cheboksary reservoir) // Trudy nauchnogo kongressa 14-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki 2012». N. Novgorod: NNGASU, 2013. V. 1. P. 259–263 (in Russian).

7. Краснов А.Н. Проблемы Чебоксарского водохранилища – Проект «Отметка 68» // Материалы Международной научно-практической конференции «Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность». Н.Новгород: ООО Типография «Поволжье», 2013. С. 373–381.

Krasnov A.N. Problems of the Cheboksary reservoir – Project «Mark 68» // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Ekologicheskoe obrazovanie dlya ustojchivogo razvitiya: teoriya i pedagogicheskaya real'nost'». N.Novgorod: ООО Tipografiya «Povolzh'ye», 2013. P. 373–381 (in Russian).

8. Паспорт «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги на территории Нижегородской области». 2018. 19 с.

Passport «Preservation and prevention of pollution of the Volga River in the territory of the Nizhny Novgorod region». 2018. 19 p. (in Russian).

9. Реконструкция канализационных очистных сооружений глубокой биологической очистки в г. Лысково [Электронный ресурс]. URL: <https://synapsenet.ru/zakupki/fz44/0132300002019000049%231--nizhegorodskaya-obl-rekonstrukciya-kanalizacionnih> (дата обращения: 21.05.2020).

Reconstruction of sewage treatment plants of deep biological treatment in the city of Lyskovo [Electronic resource]. URL: <https://synapsenet.ru/zakupki/fz44/0132300002019000049%231--nizhegorodskaya-obl-rekonstrukciya-kanalizacionnih> (date of access: 21.05.2020) (in Russian).

10. Выполнение подрядных работ по объекту «Реконструкция здания механического обезвоживания осадков сточных вод ОСК г. Сарова в части подготовки обезвоженного осадка к процессу компостирования» [Электронный ресурс]. URL: <https://synapsenet.ru/zakupki/fz44/0132300007219000180%231--nizhegorodskaya-obl-vipolnenie-podryadnih-rabot-po> (дата обращения: 21.05.2020).

Contracting for the project «Reconstruction of the building for mechanical dewatering of sewage sludge from the OSK in Sarov regarding the preparation of dehydrated sludge for the composting process» [Electronic resource]. URL: <https://synapsenet.ru/zakupki/fz44/0132300007219000180%231--nizhegorodskaya-obl-vipolnenie-podryadnih-rabot-po>

obl-vipolnenie-podryadnih-rabot-po (date of access: 21.05.2020) (in Russian).

11. Отчет о ходе реализации регионального проекта Нижегородской области «Оздоровление Волги». Письмо Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области. 2019. 3 с.

Report on the implementation of the regional project of the Nizhny Novgorod Region «Improvement of the Volga». Letter from the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Nizhny Novgorod Region. 2019. 3 p. (in Russian).

12. Сведения о достижении результатов, контрольных точек и мероприятий. Отчет Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области. 2019. 7 с.

Information on the achievement of results, milestones and events. Report of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Nizhny Novgorod Region. 2019. 7 p. (in Russian).

13. Исследования Росприроднадзора выявили крупные превышения допустимой концентрации нефтепродуктов в почве на территории «Бурнаковской низины» в Нижнем Новгороде. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.niann.ru/?id=440150> (дата обращения: 30.04.2020) (in Russian).

Research by Rosprirodnadzor revealed large excesses of the permissible concentration of oil products in the soil on the territory of the Burnakovsky Lowland in Nizhny Novgorod. [Electronic resource]. URL: <https://www.niann.ru/?id=440150> (date of access: 30.04.2020) (in Russian).

УДК [622.281+622.283]:622.28:624.042

**РАСЧЕТ ВРЕМЕННОЙ КРЕПИ ТОННЕЛЯ,
ПРОХОДИМОГО В СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ЗОНЕ****Цыганков Д.А.***ФГБОУ ВО Новосибирский государственный технический университет НЭТИ, Новосибирск,
e-mail: tsygankov@corp.nstu.ru*

В статье приводится расчет крепи тоннеля, проходимого в сложных горно-геологических условиях, включающих сейсмичность района строительства. Проведенная работа обосновывает крепление тоннеля до момента возведения постоянной обделки. Главной целью исследования является апробация программы расчета подземных конструкций РК-6 и метода Метропроекта в отношении горных выработок глубокого заложения. Исследования выполнены расчетным методом на основе использования фактических данных о физико-механических свойствах горных пород. В соответствии с нормативными документами в расчете временной крепи принята модель с заданной нагрузкой, основанная на современных взглядах строительной механики. В качестве расчетной модели принята стержневая система, находящаяся под воздействием предварительно определенных нагрузок и упругого отпора горной породы. Проверка сечений на прочность и расчет армирования проведены по первой группе предельных состояний. Для этого был использован раздел «Железобетон» программного комплекса «Статика 2007», разработанного ООО «Технософт». Проверка прочности и подбор арматуры железобетонной крепи проведены в расчетных сечениях на суммарные усилия от горного давления и собственного веса крепи. Проверка прочности и подбор армирования проведены при коэффициентах надежности по боковой нагрузке 1,2 и 0,7 в расчетных сечениях. В обоих случаях наиболее нагруженным является первое сечение. Согласно проведенному расчету принимаются тяжелый бетон В 25 и арматурная сталь А 240. В результате расчета было определено, что для проходки тоннеля в породах с коэффициентом крепости по Протодьяконову 1,5 и невозможности образования свода обрушения необходима арочно-бетонная крепь, а 4 – набрызг-бетонная.

Ключевые слова: горное давление, нагрузки, деформации, свод обрушения, собственный вес, временная крепь, прочность конструкции, сейсмичность

**CALCULATION OF THE TEMPORARY TUNNEL SUPPORT CONSTRUCTED
IN A SEISMICALLY ACTIVE ZONE****Tsygankov D.A.***Novosibirsk State Technical University NETI, Novosibirsk, e-mail: tsygankov@corp.nstu.ru*

The article provides a calculation of the lining of the tunnel, passable in difficult geological conditions, including the seismicity of the construction area. The work carried out justifies the fastening of the tunnel until the construction of a permanent lining. The main goal of the study is to test the calculation program for underground structures of RK-6 and the Metroproject method in relation to deep mining. The studies were performed by the calculation method based on the use of actual data on the physical and mechanical properties of rocks. In accordance with regulatory documents in the calculation of the temporary lining adopted a model with a given load, based on the modern views of building mechanics. As a calculation model, a rod system is adopted, which is under the influence of predefined loads and elastic resistance of the rock. The cross sections were checked for strength and the reinforcement calculation was performed for the first group of limiting states. For this, the Reinforced Concrete section was used in the Statics 2007 software package developed by Technosoft LLC. Strength check and selection of reinforcement for reinforced concrete lining were carried out in design sections for total efforts from rock pressure and dead weight of the lining. Strength testing and selection of reinforcement were carried out with reliability factors for lateral load of 1.2 and 0.7 in the calculated sections. In both cases, the first section is the most loaded. According to the calculation, heavy concrete B 25 and reinforcing steel A 240 are accepted. As a result of the calculation, it was determined that for tunneling in rocks with a coefficient of strength of Protodyakonov 1.5 and the impossibility of creating a collapse arch, arch-concrete lining, and 4 – spray-concrete.

Keywords: mining pressure, load, deformation, arch of collapse, own weight, temporary support, structural strength, seismicity

Опыт проходки тоннелей показывает, что с ростом глубины их заложения и присутствия сейсмичности района расположения горные выработки испытывают значительную интенсивность проявления горного давления, а их крепь – опасные нагрузки и деформации. Данный расчет рассматривает крепление тоннеля на всех этапах его строительства до возведения постоянной обделки в условиях сейсмичности массива горных пород участка железной

дороги, составляющей 6 баллов. Он выполнен на основе сочетания нагрузок, учитывающих горное давление и собственный вес конструкции [1, 2].

Целью исследования является апробация программы статического расчета подземных конструкций РК-6 и метода Метропроекта в отношении тоннелей, проходимых в сложных горно-геологических условиях, включающих сейсмичность массива горных пород.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены расчетным методом на основе использования фактических данных о физико-механических характеристиках горных пород в районе проходки горной выработки. В соответствии с нормативным документом [3] в статическом расчете временной крепи принята модель с заданной нагрузкой, основанная на положениях современной строительной механики. В качестве расчетной модели принята стержневая система, находящаяся под воздействием предварительно определенных нагрузок, с учетом упругого отпора горной породы. Расчеты выполнены на основе сочетания нагрузок, учитывающих горное давление и собственный вес конструкции.

Результаты исследования и их обсуждение

Расчеты проведены исходя из фактических данных о массиве горных пород, представленных в табл. 1.

Расчетные формулы приняты согласно рекомендациям источников [3, 4].

Высота свода обрушения определяется по формуле:

$$h = \frac{B + 2H \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi^k}{2} \right)}{2f}. \quad (1)$$

Нормативная вертикальная нагрузка при сводообразовании определяется по формуле:

$$q_n = \gamma h. \quad (2)$$

Расчетная вертикальная нагрузка определяется по формуле:

$$q_r = k_1 q_n. \quad (3)$$

Вертикальная нагрузка от собственного веса определяется по формуле:

$$q_c = k_3 S \gamma_{жб}. \quad (3)$$

Согласно принятым принципам нагрузка от собственного веса конструкции сосредоточена в узлах расчетной схемы. В таком случае нормативная горизонтальная нагрузка определяется по формуле:

$$p_1 = q_n \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi^k}{2} \right), \quad (4)$$

$$p_2 = (q_n + \gamma H) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi^k}{2} \right). \quad (5)$$

Расчетная горизонтальная нагрузка определяется по формулам:

$$p_{1r} = p_1 k_2, \quad (6)$$

$$p_{2r} = p_2 k_2, \quad (7)$$

где k_2 – коэффициент надежности по горизонтальной нагрузке от горного давления.

Коэффициент упругого отпора определяется по формуле:

$$K = \frac{100k_0}{0,5B}. \quad (8)$$

Результаты расчета указанных в формулах (1–8) величин приведены в табл. 2.

Проведен статический расчет временной крепи от действия собственного веса и горного давления при коэффициенте надежности по боковой нагрузке 1,2. Исходные данные представлены в табл. 3 и 4.

Расчет проведен по схеме, представленной на рис. 1.

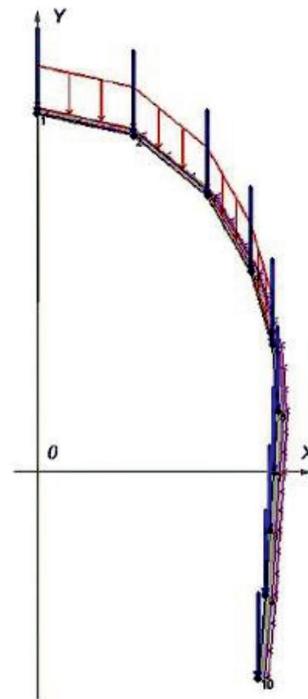


Рис. 1. Расчетная схема при коэффициенте надежности крепи по боковой нагрузке 1,2: X, Y – горизонтальные и вертикальные декартовы координаты узлов

Результаты расчета представлены в табл. 5 и 6.

Эпюры, связанные с возникающими в стержнях и узлах нагрузками, представлены на рис. 2.

Таблица 1

Данные для расчета параметров временной крепи

Коэффициент крепости по Протодьяконову, f	Объемный вес горной породы, γ , г/см ³	Кажущийся угол внутреннего трения, ϕ_k , град	Коэффициент упругого отпора, k_0 , кг/см ³	Высота выработки, H , м	Ширина выработки, B , м	Коэффициент надежности по вертикальной нагрузке, k_1	Коэффициент надежности по нагрузке от собственного веса, k_3	Объемный вес железобетона, $\gamma_{жб}$, г/см ³	Площадь поперечного сечения крепи, S , м ²
4	2,28	76	164	9,94	8	1,6	1,2	2,5	3,56

Таблица 2

Подготовка исходных данных

h , м	q_n , тс/м	q_r , тс/м	q_c , тс/м	p_1 , тс/м	p_2 , тс/м	При $k_2 = 1,2$		При $k_2 = 0,7$		K , тс/м ³
						p_{1r} , М	p_{2r} , М	p_{1r} , М	p_{2r} , М	
1,3	2,98	4,76	10,68	0,045	0,386	0,05	0,46	0,03	0,27	41000

Таблица 3

Характеристики узлов

№ узла	Декартовы координаты		Полярные координаты			Сосредоточенные нагрузки			
	X , м	Y , м	Угол			Радиус, м	Нагрузка верт., т	Нагрузка гор., т	Момент, тм
			Град	мин	сек				
1	0	6,162	0	0	0	6,162	0,53	0	0
2	1,550	5,785	15	0	0	5,989	0,53	0	0
3	2,744	4,753	30	0	0	5,488	0,53	0	0
4	3,446	3,446	45	0	0	4,873	0,53	0	0
5	3,791	2,189	60	0	0	4,378	0,53	0	0
6	3,873	1,038	75	0	0	4,010	0,53	0	0
7	3,812	0	90	0	0	3,812	0,53	0	0
8	3,748	-1,004	105	0	0	3,880	0,53	0	0
9	3,676	-2,123	120	0	0	4,245	0,53	0	0
10	3,553	-3,553	135	0	0	5,025	0,53	0	0

Таблица 4

Характеристики стержней

Номера узлов		Распределенные нагрузки		Коэффициент упругого отпора, т/м ³	Площадь поперечного сечения, м ²	Момент инерции сечения, м ⁴	Модуль деформации материала стержня, т/м ²
Начало	Конец	Нагрузка верт., т/м ²	Нагрузка гор., т/м ²				
1	2	4,76	0,08	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
2	3	4,76	0,12	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
3	4	4,76	0,17	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
4	5	4,76	0,21	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
5	6	0	0,26	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
6	7	0	0,30	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
7	8	0	0,35	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
8	9	0	0,40	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
9	10	0	0,44	41000	0,1500	0,0003	3 000 000

Таблица 5

Результаты расчета стержней

Номера начала и конца стержня	Нормальное давление на грунт, т/м ²		Момент, тм		Нормальная сила в стержне, т	Поперечная сила от момента, т
	Начало	Конец	В начале	В конце		
1–2	0	0	1,04	0,45	-14,04	-0,93
2–3	0	0	-0,45	0,15	-17,48	0,19
3–4	5,0	0,9	-0,15	-0,06	-20,62	0,14
4–5	4,7	2,3	0,06	-0,02	-23,08	-0,03
5–6	5,0	1,4	0,02	0,29	-24,26	-0,27
6–7	2,8	0	-0,29	-0,10	-24,75	0,37
7–8	0	0	0,10	-0,30	-25,30	0,20
8–9	0	0	0,30	-0,12	-25,86	-0,15
9–10	0	0	0,12	0	-26,44	-0,09

Таблица 6

Результаты расчета узлов

№ узла	Перемещения в системе X, Y		
	Угол поворота, рад	Горизонтальное смещение, м	Вертикальное смещение, м
1	0,00000	0	0,00150
2	-0,00056	-0,00015	0,00069
3	0	-0,00034	0,00037
4	0,00008	-0,00022	0,00036
5	0,00002	-0,00014	0,00031
6	0,00020	-0,00005	0,00026
7	0,00032	0,00026	0,00018
8	0,00008	0,00047	0,00011
9	-0,00020	0,00039	0,00005
10	-0,00030	0	0

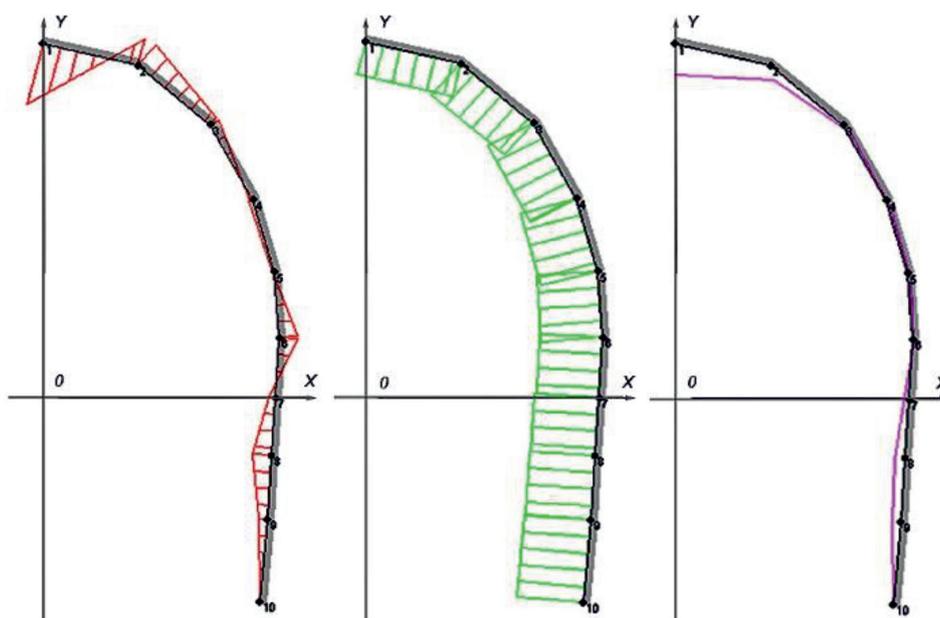


Рис. 2. Эпюры M ($M_{max} = 1,04$ тм) таблица 5, N ($N_{max} = 26,44$ тм) табл. 5, S ($S_{max} = 0,00150$ м) табл. 6. X, Y – горизонтальные и вертикальные перемещения узлов

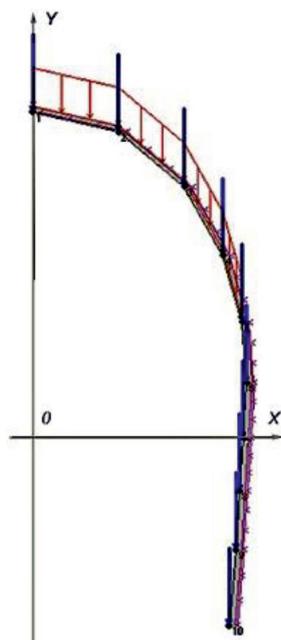


Рис. 3. Расчетная схема при коэффициенте надежности крепи по боковой нагрузке 0,7:
X, Y – горизонтальные и вертикальные декартовы координаты узлов

Проведен статический расчет временной крепи от действия собственного веса и горного давления при коэффициенте надежности по боковой нагрузке 0,7. Исходные данные представлены в табл. 7 и 8.

Результаты расчета представлены в табл. 9 и 10.

Эпюры, связанные с возникающими в стержнях и узлах нагрузками, представлены на рис. 4.

Проверка сечений временной крепи на прочность и расчет армирования проведены по первой группе предельных состояний на основное сочетание нагрузок. Для расчета был использован комплект «Железобетон» программного комплекса «Статика 2007», разработанный ООО «Технософт». Алгоритм программы основан на положениях [5].

При коэффициенте надежности по боковой нагрузке 1,2 проверка прочности и подбор армирования проведены в расчетных сечениях на суммарные усилия от горного давления и собственного веса. Значения суммарных усилий приведены в табл. 11.

Таблица 7

Характеристики узлов

№ узла	Декартовы координаты		Полярные координаты			Сосредоточенные нагрузки			
	X, м	Y, м	Угол			Радиус м	Нагрузка верт., т	Нагрузка гор., т	Момент, тм
			Град	мин	сек				
1	0	6,162	0	0	0	6,162	0,53	0	0
2	1,550	5,785	15	0	0	5,989	0,53	0	0
3	2,744	4,753	30	0	0	5,488	0,53	0	0
4	3,446	3,446	45	0	0	4,873	0,53	0	0
5	3,791	2,189	60	0	0	4,378	0,53	0	0
6	3,873	1,038	75	0	0	4,010	0,53	0	0
7	3,812	0	90	0	0	3,812	0,53	0	0
8	3,748	-1,004	105	0	0	3,880	0,53	0	0
9	3,676	-2,123	120	0	0	4,245	0,53	0	0
10	3,553	-3,553	135	0	0	5,025	0,53	0	0

Таблица 8

Характеристики стержней

Номера узлов		Распределенные нагрузки		Коэффициент упругого отпора, т/м ³	Площадь поперечного сечения, м ²	Момент инерции сечения, м ⁴	Модуль деформации материала стержня, т/м ²
Начало	Конец	Нагрузка верт., т/м ²	Нагрузка гор., т/м ²				
1	2	4,76	0,04	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
2	3	4,76	0,07	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
3	4	4,76	0,10	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
4	5	4,76	0,12	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
5	6	0	0,15	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
6	7	0	0,18	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
7	8	0	0,20	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
8	9	0	0,23	41000	0,1500	0,0003	3 000 000
9	10	0	0,26	41000	0,1500	0,0003	3 000 000

Таблица 9

Результаты расчета стержней

Номера начала и конца стержня	Нормальное давление на грунт, т/м ²		Момент, тм		Нормальная сила в стержне, т	Поперечная сила от момента, т
	Начало	Конец	В начале	В конце		
1–2	0	0	1,05	0,45	-14,01	-0,94
2–3	0	0	-0,45	0,15	-17,48	0,19
3–4	5,1	0,9	-0,15	-0,06	-20,66	0,14
4–5	4,9	2,2	0,06	0,02	-23,14	-0,06
5–6	4,9	2,0	-0,02	0,03	-24,32	-0,01
6–7	3,4	0,0	-0,03	-0,05	-24,81	0,08
7–8	0	0	0,05	-0,09	-25,36	0,04
8–9	0	0	0,09	0,06	-25,90	-0,14
9–10	0,1	0	-0,06	0	-26,46	0,04

Таблица 10

Результаты расчета узлов

№ узла	Перемещения в системе X, Y		
	Угол поворота, рад	Горизонтальное смещение, м	Вертикальное смещение, м
1	0	0	0,00153
2	-0,00057	-0,00015	0,00071
3	0	-0,00035	0,00038
4	0,00008	-0,00023	0,00037
5	0,00005	-0,00014	0,00032
6	0,00008	-0,00007	0,00027
7	0,00007	0,00002	0,00020
8	-0,00001	0,00005	0,00015
9	-0,00003	0	0,00008
10	0,00002	0	0

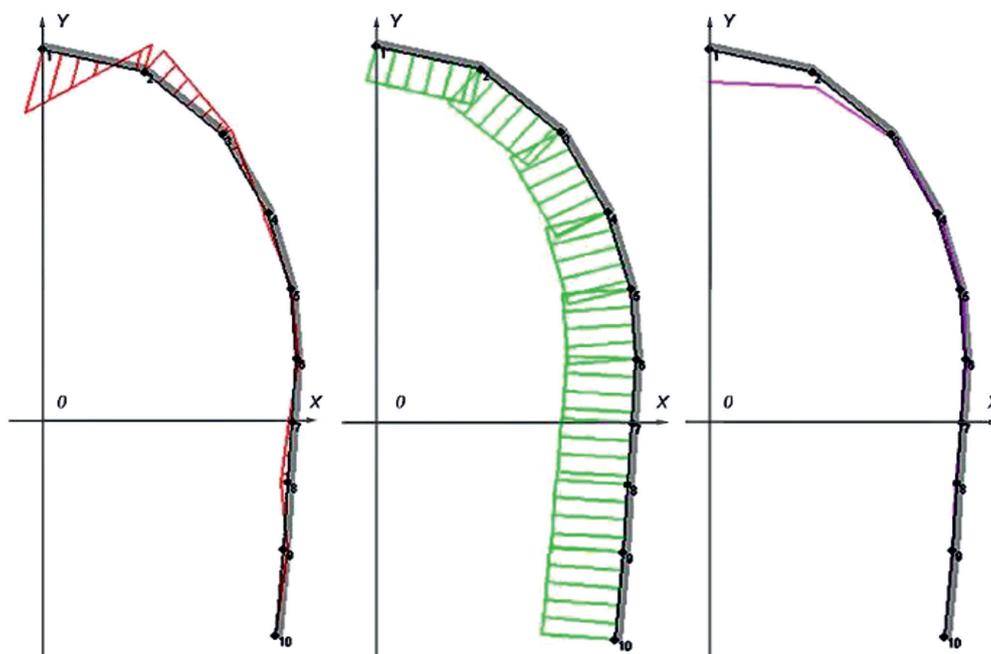


Рис. 4. Эпюры M ($M_{max} = 1,05$ тм) таблица 9, N ($N_{max} = 26,46$ тм) табл. 9, S ($S_{max} = 0,00153$ м) табл. 10. X, Y – горизонтальные и вертикальные перемещения узлов

Таблица 11

Суммарные усилия на временную крепь тоннеля от горного давления и собственного веса конструкции

№ стержня	Горное давление		Суммарные усилия	
	<i>M</i> , тм	<i>N</i> , тс	<i>M</i> , тм	<i>N</i> , тс
1	1,04	-14,04	1,04	-14,04
2	-0,45	-17,48	-0,45	-17,48
3	-0,15	-20,62	-0,15	-20,62
4	0,06	-23,08	0,06	-23,08
5	0,02	-24,26	0,02	-24,26
6	-0,29	-24,75	-0,29	-24,75
7	0,10	-25,30	0,10	-25,30
8	0,30	-25,86	0,30	-25,86
9	0,12	-26,44	0,12	-26,44

Таблица 12

Суммарные усилия на временную крепь тоннеля от горного давления и собственного веса

№ стержня	Горное давление		Суммарные усилия	
	<i>M</i> , тм	<i>N</i> , тс	<i>M</i> , тм	<i>N</i> , тс
1	1,05	-14,01	1,05	-14,01
2	-0,45	-17,48	-0,45	-17,48
3	-0,15	-20,66	-0,15	-20,66
4	0,06	-23,14	0,06	-23,14
5	-0,02	-24,32	-0,02	-24,32
6	-0,03	-24,81	-0,03	-24,81
7	0,05	-25,36	0,05	-25,36
8	0,09	-25,9	0,09	-25,9
9	-0,06	-26,46	-0,06	-26,46

В данном случае наиболее нагруженным сечением является сечение 1. Согласно [5] принимаются тяжелый бетон В 25 и арматурная сталь А 240.

При коэффициенте надежности по боковой нагрузке 0,7 проверка прочности и подбор армирования проведены в расчетных сечениях на суммарные усилия от горного давления и собственного веса. Значения суммарных усилий приведены в табл. 12.

В данном случае также наиболее нагруженным является сечение № 1. Согласно [5] принимаются тяжелый бетон В 25 и арматурная сталь А 240.

Результаты расчета временной крепи тоннеля на основное сочетание нагрузок подтверждают устойчивость принятой набрызг-бетонной крепи толщиной 150 мм с металлической сеткой 100×100×5 мм.

Выводы

В результате расчета временных крепей для обеспечения прочности конструкций необходимо обеспечить следующее крепление тоннеля:

– в грунтах с коэффициентом крепости по Протодьяконову 1,5 при невозможности образования свода обрушения – арочно-бетонная крепь (двутавр № 30 с шагом 1 м);

– в грунтах с коэффициентом крепости по Протодьяконову 4 – набрызг-бетонная крепь толщиной 150 мм с металлической сеткой 100×100×5 мм, расположенной в сжатой и растянутой зонах.

Список литературы / References

1. Paraskevopoulou C., Diederichs M. Analysis of time-dependent deformation in tunnels using the convergence-confinement method. *Tunneling and Underground Space Technology*. 2018. vol. 71. no 1. P. 62–80. DOI: 10.1016/j.tust.2017.07.001.
2. Wang J., Huo Q., Song Z., Zhang Y. Study on adaptability of primary support arch cover method for large-span embedded tunnels in the upper-soft lower-hard stratum. *Advances in Mechanical Engineering*. 2019. vol. 11. no. 1. P. 1–15. DOI: 10.1177/1687814018825375.
3. СП 122.13330.2012. Свод правил. Тоннели железнодорожные и автодорожные. Актуализированная редакция СНиП 32-04-97. М.: Минрегион России, 2016. 130 с.
4. СП 102.13330.2012. Свод правил. Тоннели гидротехнические. Актуализированная редакция СНиП 2.06.09-84. М.: Минрегион России, 2012. 156 с.
5. СП 63.13330.2012. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М.: Минрегион России, 2011. 128 с.

УДК 550.42(470.11)

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В ВЕРХОВОМ БОЛОТЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**¹Яковлев Е.Ю., ¹Дружинина А.С., ¹Дружинин С.В., ¹Бедрина Д.Д.,****¹Орлов А.С., ²Спиров Р.К., ²Мищенко Е.В., ²Жуковская Е.В.***¹ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова» Российской академии наук, Архангельск, e-mail: evgeny.yakovlev@fciarctic.ru;**²ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», Гомель, e-mail: ruslan.spirov@yandex.by*

Статья посвящена изучению физико-химических параметров и оценке накопления и распределения металлов в торфяных залежах Арктического региона (Архангельская область). Образцы торфа были отобраны как на участке с высокой антропогенной нагрузкой, так и на удаленном от промышленных воздействий болоте. Определение металлов проводилось методами рентгенофлуоресцентного анализа и атомно-адсорбционной спектроскопии. Показано, что исследуемые верховые болота можно отнести к малозольному типу (зольность до 7,8%). Зафиксированные значения pH (3,17–3,89 ед.) и минерализации (0,8–4,1 мг/г) позволяют отнести данные залежи к кислой окислительной фации олиготрофных торфяников, характерной для таежных ландшафтов. Оценка накопления металлов показала высокое содержание титана (2330 мг/кг), железа (33700 мг/кг), хрома (150 мг/кг), свинца (21,3 мг/кг), никеля (6 мг/кг), кадмия (0,261 мг/кг), ванадия (7,6 мг/кг), кобальта (2,2 мг/кг), алюминия (14200 мг/кг), кремния (33300 мг/кг) и меди (4,6 мг/кг) в торфе. Загрязнение торфа металлами вызвано главным образом сжиганием ископаемого топлива, промышленным производством, а также сжиганием городских и промышленных отходов. Исследуемые профили торфа характеризуются значительными колебаниями концентраций элементов в различных горизонтах. Данный факт свидетельствует об антропогенном загрязнении различными поллютантами, происходящими в тот или иной хронологический период. Проведена оценка степени загрязнения торфа путем сравнения содержания металлов с их естественной концентрацией в земной коре. Проведенные исследования показали необходимость проведения мониторинга содержания металлов в торфяниках Арктического региона для оценки атмосферного загрязнения промышленными выбросами.

Ключевые слова: торф, верховые болота, металлы, подвижность металлов, загрязнение окружающей среды, Архангельская область

ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS AND METAL DISTRIBUTION IN BOG OF THE ARKHANGELSK REGION**¹Yakovlev E.Yu., ¹Druzhinina A.S., ¹Druzhinin S.V., ¹Bedrina D.D., ¹Orlov A.S.,****²Spirov R.K., ²Mischenko E.V., ²Zhukovskaya E.V.***¹N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research Russian Academy of Science, Arkhangelsk, e-mail: evgeny.yakovlev@fciarctic.ru;**²Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, e-mail: ruslan.spirov@yandex.by*

The article is devoted to the study of physico-chemical parameters and the assessment of the accumulation and distribution of metals in peat deposits of the Arctic region (Arkhangelsk region). Peat samples were selected both in the area with a high anthropogenic load and in a bog remote from industrial impacts. The determination of metals was carried out by methods of x-ray fluorescence analysis and atomic absorption spectroscopy. It is shown that the studied bogs can be attributed to the low ash type (ash content up to 7.8%). The recorded pH values (3.17–3.89 units) and mineralization values (0.8–4.1 mg/g) make it possible to attribute these deposits to the acid oxidizing facies of oligotrophic peatlands, characteristic of taiga landscapes. Assessment of metal accumulation showed a high content of titanium (2330 mg/kg), iron (33700 mg/kg), chromium (150 mg/kg), lead (21.3 mg/kg), nickel (6 mg/kg), cadmium (0.261 mg/kg), vanadium (7.6 mg/kg), cobalt (2.2 mg/kg), aluminum (14200 mg/kg), silicon (33300 mg/kg) and copper (4.6 mg/kg) in peat. Peat pollution by metals is mainly caused by the burning of fossil fuels, industrial production, as well as the burning of urban and industrial waste. The studied peat profiles are characterized by significant fluctuations in the concentrations of elements in different horizons. This fact indicates anthropogenic pollution with various pollutants occurring in a particular chronological period. The degree of pollution of peat was estimated by comparing the content of metals with their natural concentration in the earth's crust. Studies have shown the need to monitor the metal content in peatlands of the Arctic region to assess atmospheric pollution from industrial emissions.

Keywords: peat, bogs, metals, metal mobility, environmental pollution, Arkhangelsk region

Основными биоценозами материковых территорий западного сегмента Арктики являются торфяно-болотные экосистемы, а именно бедные питательными вещества-

ми верховые сфагновые болота. Торфяники являются эффективным осадочным барьером для микроэлементов. Основные пути поступления металлов в торфяную массу

омбротрофных болот представляют собой атмосферные осадки, аэрозоли и воздушную пыль [1]. По этой причине залежи верхового торфа являются геохимически автономными ландшафтами [2] и лучше всего подходят для регистрации природных и антропогенных частиц в воздухе [1]. Основной вклад в изобилие тяжелых металлов в окружающей среде вносят антропогенные источники, а именно сжигание ископаемого топлива, промышленное производство, добыча и переработка руды и сжигание городских и промышленных отходов.

В настоящей работе проводилось исследование двух районов Архангельской области: Черноозерская площадь, представляющая собой удаленный от антропогенных воздействий участок, и участок у поселка Рикасиха, подверженный значительному антропогенному загрязнению как со стороны п. Рикасиха, так и приносимыми атмосферными потоками от г. Северодвинска. Цель исследования: изучение физико-химических параметров и оценка накопления и распределения металлов в торфяных залежах западного сегмента Арктики.

Материалы и методы исследования

Образцы торфа были взяты в районе Черноозерской площади (профиль 1: шифр ТВ-1, 31 глубинный горизонт, глубина до 66 см, N 64.5189°, E 40.0623°, дата отбора 24.05.2018) и в районе п. Рикасиха (профиль 2: шифр Тd-1, 30 глубинных горизонтов, глубина до 60 см, N 65.6441°, E 41.3580°, дата отбора 1.10.2018) (Архангельская обл.) (рис. 1). Колонки торфа извлекались с помощью ПВХ трубы. Торф высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

Оценку активной и обменной кислотности торфа осуществляли согласно ГОСТу [3] путем потенциометрического измерения pH суспензии на анализаторе жидкостей Эксперт 001-3 (Эконикс, Россия) с применением комбинированного стеклянного электрода.

Определение содержания водорастворимых солей проводили на анализаторе жидкостей АНИОН 4100 (Инфраспак-Аналит, Россия) с использованием кондуктометрического датчика согласно ГОСТ [4].

Определение массовой доли карбонатов проводили следующим образом. Навеску торфа (m_{sample}) помещали в тигель, доведенный до постоянной массы при 900 °С. Далее последовательно прокаливали тигель с пробой при 525 °С и 900 °С до постоянной

массы. Расчет ППП (LOI), % и ω (CO_3^{2-}), % проводили по формулам

$$LOI = \frac{m_{525} - m_{900} \cdot 100}{m_{a.d.m.}},$$

где m_{525} – масса тигля с пробой после прокаливания при 525 °С; m_{900} – масса тигля с пробой после прокаливания при 900 °С; $m_{a.d.m.}$ – масса сухой пробы, рассчитанная по формуле

$$m_{a.d.m.} = \frac{m_{sample} \cdot (100 - W)}{100},$$

$$CO_3^{2-} = LOI - 1,36.$$

Коэффициент пересчета =

$$= \frac{MW(CO_3^{2-})}{MW(CO_2)} = \frac{60,01 \text{ g/mol}}{44,01 \text{ g/mol}} = 1,36,$$

где W – влажность пробы торфа в %, LOI – потери при прокаливании в %.

Определение массовой доли металлов Na, Mg, Al, Si, Fe, Ti и Cr проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX-8000 (Shimadzu, Япония).

Определение массовой доли металлов Zn, Pb, Ni, Mn, Sr, Cu, V, Mo, Co, Cd и As проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрометре AA-7000 (Shimadzu, Япония) согласно методике [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно полученным данным (рис. 2), исследуемый торф можно отнести к малозольному типу, поскольку величина зольности в основном не превышает 5%. Тенденция снижения зольности при движении вниз по профилю объясняется атмосферным типом питания. В слое 6–18 см зафиксированы повышенные значения зольности (до 4,1% и 7,8% для профилей 1 и 2 соответственно), вероятно, обусловленные вымыванием элементов с поверхности или же временным антропогенным воздействием [6].

Величина показателя активной кислотности несущественно отличается для различных горизонтов и находится в интервале pH 3,17–3,89. Обменная кислотность находится в области пониженного значения pH (2,40–3,05 ед.). Исследуемый торф можно отнести к сильнокислой группе, поскольку значения pH ниже 4,5 единиц. Содержание водорастворимых солей в торфе находит-

ся в интервале 0,8–3,0 мг/г и 1,5–4,1 мг/г. Профиль 1 характеризуется более однородным распределением солей, но имеет максимумы содержания в поверхностном и придонном горизонтах, что, по-видимому, связано с поступлением солей из атмосферы и от минерального дна болота. Значения рН и минерализации позволяют отнести данные залежи к кислой окислительной фации олиготрофных торфяников, характерной для таежных ландшафтов [7]. Массовая доля карбонатов в торфе незначительна и находится в интервале 0,06–0,30%. Для обоих разрезов характерно снижение содержания карбонатов по профилю, обусловленное их поступлением из атмосферы.

Таким образом, динамика изменения физико-химических показателей по глубине профилей залежей имеет как общие, так и некоторые отличительные черты, связанные с особенностями формирования

и функционирования залежей (геохимическими и геохимическими параметрами) и уровнем антропогенного воздействия.

Исследование содержания металлов в торфе позволило выявить некоторые особенности их накопления. Так в верхних слоях торфа Черноозерской площади наблюдаются повышенные концентрации Са, Мn, Mg, Zn и Cr (рис. 3), вероятно, связанные с поступлением частиц кимберлита, источниками которого выступают разработки месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова и трубки В. Гриба. Для распределения металлов в торфе с района п. Рикасиха (рис. 4) можно отметить некоторые тенденции: для ряда элементов (Si, Fe, Al, Ti, Pb, Zn, V, Ni, Cu, Co, Mo, Cd) наблюдаются высокие концентрации на глубине 6–14 см, в то время как для другой группы металлов (Ca, Na, Mg, Cr) максимальное содержание выявлено на горизонтах 36–44 см.



Рис. 1. Карта отбора проб торфа

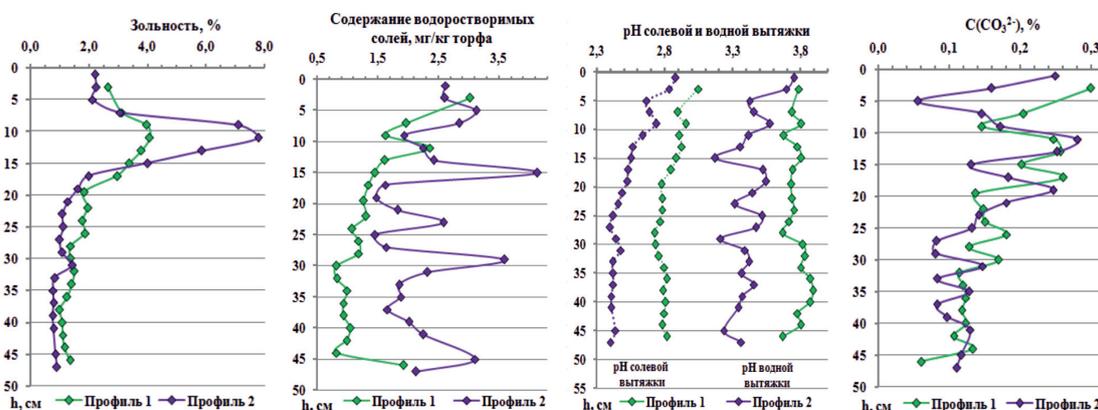


Рис. 2. Физико-химические параметры профилей торфа

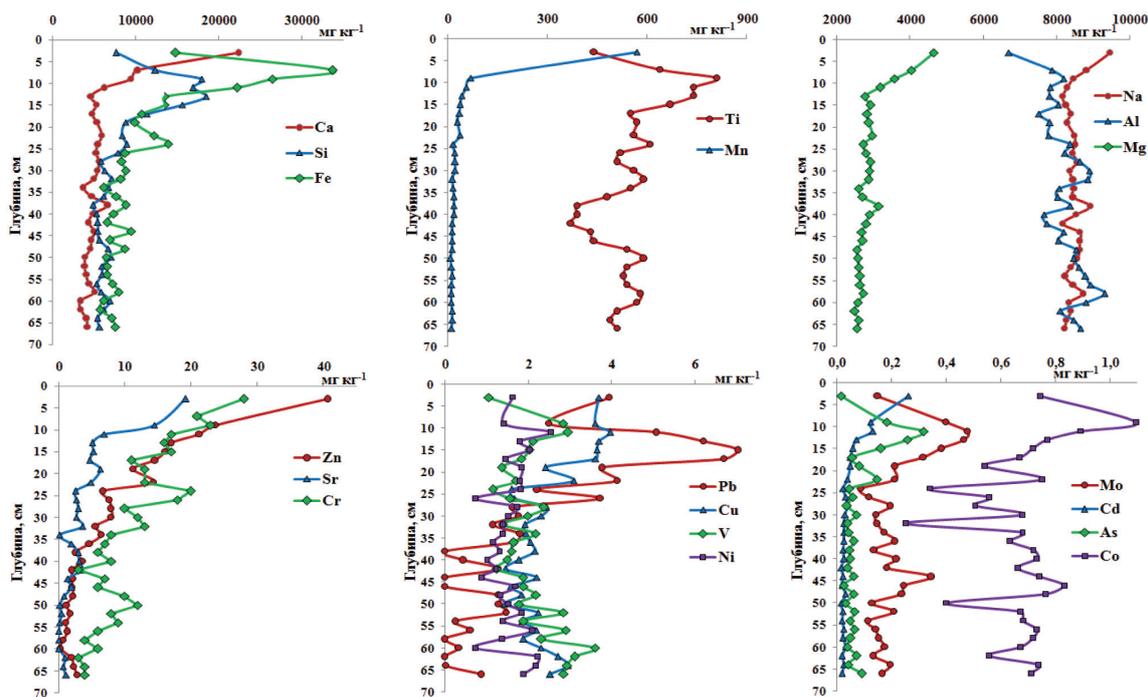


Рис. 3. Концентрация металлов (мг/кг) в профиле торфа Чернозерской площади

В исследуемых профилях торфа наблюдается повышенное содержание Na, Ca и Mg в поверхностном слое (9500 мг/кг, 26000 мг/кг, 5000 мг/кг соответственно), что может быть обусловлено их миграцией к корням растений [8]. Распределения Na, Ca и Mg аналогичны друг другу, что говорит об общем источнике поставки в виде атмосферных осадков. Для торфа, отобранного у п. Рикасиха, повышенное содержание Na и Mg объясняется близостью Белого моря к месту отбора торфа.

Источником Fe и Mn в основном является атмосферная почвенная пыль. Высокое содержание данных металлов в поверхностных слоях торфа образуется за счет обогащения оксидами и их дальнейшего выщелачивания [9]. Распределение Fe для обоих разрезов схоже (скачок концентрации при 8–18 см), но для разреза 1 содержание данного металла больше. Алюминий, титан, кремний и стронций – элементы литогенной природы, и в омбротрофных болота они поставляются из атмосферной пыли за счет эрозии почвы, но антропогенное воздействие также может быть источником [10]. Торф профиля 1 характеризуется высокой максимальной концентрацией Ti, Al, Si и Fe на глубине 8–12 см (2330 мг/кг, 14200 мг/кг, 33300 мг/кг, 33700 мг/кг соответственно). Профили данных элементов схожи друг

с другом, что позволяет сделать вывод о едином источнике загрязнения, вероятно связанном с периодом массового использования угольного топлива. Содержание Zn в торфе связано как с деятельностью человека, так и с накоплением растениями [11], что объясняет высокую концентрацию Zn в верхних слоях торфа у обоих профилей (41 мг/кг и 28 мг/кг соответственно). Повышенное содержание Cu в поверхностном слое торфа может быть связано с образованием сильных комплексов оксидов Cu с гуминовыми кислотами [12]. Также можно отметить, что в торфе, отобранном у п. Рикасиха, максимальная концентрация Ni в 2 раза выше по сравнению с торфом Чернозерской площади.

Источниками Cr, Cd, Co, As и V являются антропогенные выбросы в результате промышленного производства и сжигания ископаемого топлива [13]. Высокие значения концентраций данных металлов в верхней части торфа, отобранного у п. Рикасиха (6 мг/кг для Ni, 2,2 мг/кг для Co, 4,6 мг/кг для Cu, 0,111 мг/кг для Cd, 0,28 мг/кг для As и 7,6 мг/кг для V), говорит о недавнем загрязнении, вероятно, за счет промышленного производства в г. Северодвинске. Также необходимо отметить загрязнение разреза 2 хромом (150 мг/кг) и высокую концентрацию Cd (0,261 мг/кг) в верхнем горизонте торфа Чернозерской площади.

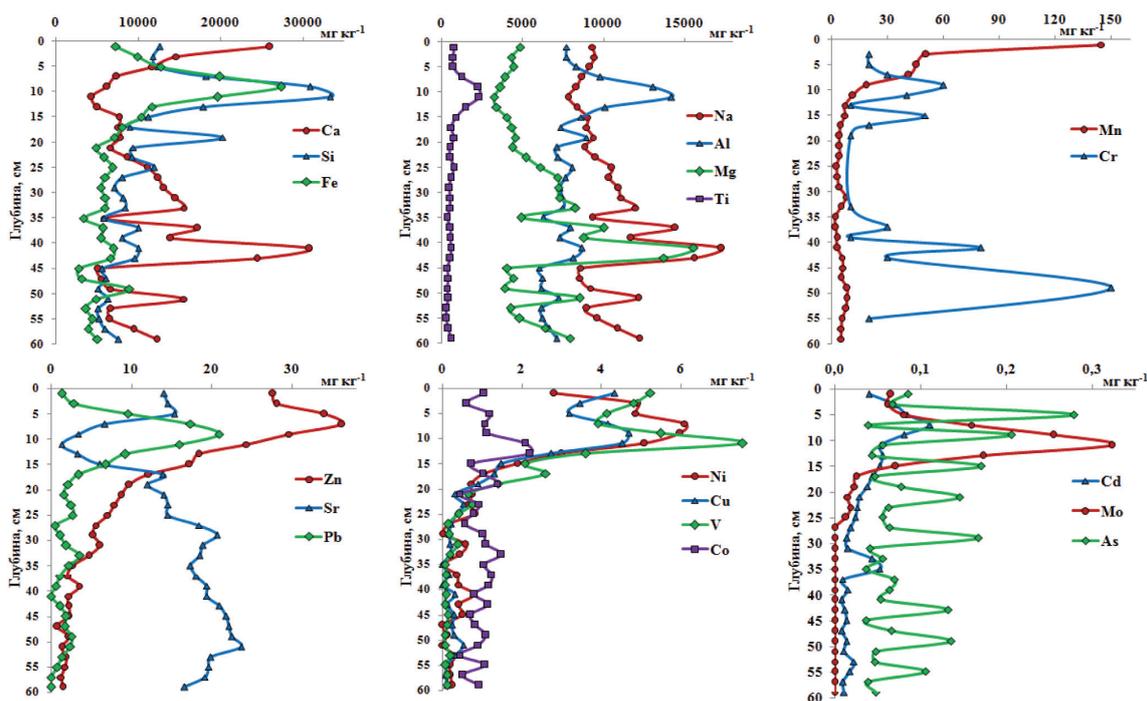


Рис. 4. Концентрация металлов (мг/кг) в профиле торфа, отобранного у п. Рикасиха

Элементы в земной коре и их максимальные концентрации в исследуемом торфе

Элемент	Земная кора [14]	Профиль 1	Профиль 2	Элемент	Земная кора [14]	Профиль 1	Профиль 2
	мг/кг				мг/кг		
Ca	41500	22430	30740	Ni	84	2,54	6,10
Na	23600	9460	17300	Mn	950	570	145
Mg	23300	4650	15570	Sr	370	19,3	23,7
Al	82300	9310	14200	Cu	60	3,97	4,70
Si	228000	18510	30840	V	120	3,61	7,56
Fe	56300	33680	27350	Mo	1,2	0,48	0,32
Ti	5650	810	2330	Co	25	1,10	2,21
Cr	102	28,1	150	Cd	0,15	0,26	0,11
Zn	70	40,7	36,2	As	1,8	0,32	0,28
Pb	14	7,05	21,0	—	—	—	—

Проведенные исследования показали схожее концентрационное распределение Pb по обоим разрезам торфа. Максимум концентрации Pb на глубине 6–16 см свидетельствует о временном антропогенном воздействии. Стоит отметить, что в торфе, отобранном у п. Рикасиха, максимальная концентрация Pb выше в 3 раза по сравнению с торфом Черноозерской площади (21,3 мг/кг и 7,1 мг/кг соответственно).

Можно предположить, что в торфе Черноозерской площади находится Mo при-

родного происхождения (концентрация до 0,48 мг/кг). Однако максимум концентрации для торфа, отобранного у п. Рикасиха, позволяет сделать вывод о временном загрязнении данного района Mo, вероятно, за счет сжигания угля (концентрация до 0,32 мг/кг).

Для оценки степени загрязнения торфа, необходимо сравнить содержание элементов с их естественной концентрацией в земной коре (индекс экологического риска RI). Согласно Lide [14] (таблица) при вели-

чине показателя RI ниже единицы можно говорить о низкой степени загрязнения, при 1–3 – умеренном и 3–6 – сильном.

В основном содержание элементов в исследуемых образцах соответствует низкой степени загрязнения. Для торфа Черноозерской площади наблюдается умеренное современное загрязнение Cd, а для торфа, отобранного у п. Рикасиха, присутствует умеренное загрязнение Cr и Pb, происшедшее в разные хронологические периоды. Однако при сравнении максимального содержания металлов и характера их распределения для двух разрезов торфа можно сделать вывод, что торф, отобранный у п. Рикасиха, значимо загрязнен Ti, Cr, Pb, Ni, V и Co, а также содержит повышенные концентрации Al, Si и Cu.

Заключение

Проведены исследования физико-химических характеристик и оценка накопления и распределения металлов в торфяных залежах западного сегмента Арктики. Согласно полученным данным исследуемые верховые болота можно отнести к малозольному типу и к кислым окислительным фациям олиготрофных торфяников. Показано, что антропогенная активность существенно влияет на накопление металлов в торфе. Обнаружены повышенные концентрации элементов, таких как Ti, Cr, Pb, Ni, V, Co, Cd, Al, Si и Cu, что свидетельствует о загрязнении атмосферы промышленными выбросами как в прошлом, так и в настоящем. Исследования показали необходимость мониторинга содержания металлов в торфяниках Архангельской области для оценки интенсивности антропогенного загрязнения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научного проекта № 19-55-04001.

Список литературы / References

1. De Vleeschouwer F., Le Roux G., Shotyk W. Peat as an archive of atmospheric pollution and environmental change: A case study of lead in Europe. *PAGES news. Science Highlights: Peatlands*. 2010. Vol. 18(1). P. 20–22. DOI: 10.22498/pages.18.1.20.
2. Ларина Г.В., Инишева Л.И., Порохина Е.В. Содержание химических элементов в болотных экосистемах Северного Алтая // *Известия Иркутского государственного университета*. Серия: Науки о Земле. 2017. Т. 21. С. 80–95.
3. Larina G.V., Inisheva L.I., Porokhina Ye.V. The Contents of Chemical Elements in Mire Ecosystems of the North Altai // *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta*. Seriya: Nauki o Zemle. 2017. Vol. 21. P. 80–95 (in Russian).
3. ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обмена и активной кислотности. М.: Издательство стандартов, 1990. 6 с.
4. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электропроводности, pH и твердого остатка водного экстракта. М.: Стандартинформ, 1985. 6 с.
5. М-02-1109-15. Методика количественного химического анализа. Определение As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn, V (кислоторастворимые формы) в почвах и донных отложениях атомно-абсорбционным методом. СПб.: Аналит, 2015. 17 с.
6. Parfenova L.N., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Bogolitsyn K.G., Orlov A.S., Volkova N.N., Ponomareva T.I., Sokolova T.V. Influence of climatic and hydrological factors on structure and composition of peat from northern wetland territories with low anthropogenic impact. *Science of the Total Environment*. 2016. Vol. 551–552. P. 108–115. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.204.
7. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Classification and detection of soils in Russia. *Smolensk: Oykumena*, 2004. 342 p. (in Russian).
8. Silamikele I., Klavins M., Nikodemus O. Major and trace element distribution in the peat from ombrotrophic bogs in Latvia. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. 2011. Vol. 46(7). P. 805–812. DOI: 10.1080/10934529.2011.572005.
9. Biester H., Hermanns Y.M., Martinez Cortizas A. The influence of organic matter decay on the distribution of major and trace elements in ombrotrophic mires—A case study from the Harz Mountains. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2012. Vol. 84. P. 126–136. DOI: 10.1016/j.gca.2012.01.003.
10. Novak M., Zemanova L., Voldrichova P., Stepanova M., Adamova M., Pacherova P., Komarek A., Krachler M., Prechova E. Experimental Evidence for Mobility/Immobilization of Metals in Peat. *Environmental Science and Technology*. 2011. Vol. 45. P. 7180–7187. DOI: 10.1021/es201086v.
11. Gallego J.L.R., Ortiz J.E., Sierra C., Torres T., Llamas J.F. Multivariate study of trace element distribution in the geological record of Roñanzas Peat Bog (Asturias, N. Spain). *Paleoenvironmental evolution and human activities over the last 8000 cal yr BP. Science of the Total Environment*. 2013. Vol. 454–455. P. 16–29. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.02.083.
12. Dūdare D., Kļaviņš M. Chemical Element Accumulation in Peat and Its Humic Substances. *Material Science and Applied Chemistry*. 2015. Vol. 32. P. 53–57. DOI: 10.1515/msac-2015-0010.
13. Rothwell J.J., Taylor K.G., Chenery S.R.N., Cundy A.B., Evans M.G., Allott T.E.H. Storage and behavior of As, Sb, Pb, and Cu in ombrotrophic peat bogs under contrasting water table conditions. *Environmental Science and Technology*. 2010. Vol. 44. P. 8497–8502. DOI: 10.1021/es101150w.
14. Lide D.R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 84th. National Institute of Standards and Technology, CRC Press/Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, 2004. 2475 p.

ОБЗОРЫ

УДК 504:502

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ
СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ (БЕЛОЕ МОРЕ)****¹Котова Е.И., ¹Коробов В.Б., ¹Шевченко В.П., ²Иглин С.М.**¹*Институт океанологии им. П.П. Ширишова РАН, Москва, e-mail: esopp@yandex.ru;*²*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск*

Устьевая область, с одной стороны, является фактором мощного воздействия на прилегающую морскую среду, с другой стороны, ее состояние формируется под воздействием всей территории водосбора реки. Таким образом, устьевая область – объект, информация о состоянии которого может применяться для характеристики морской среды и территории водосбора. Северная Двина является одной из крупнейших рек европейского Севера России. Ее сток играет существенную роль в процессах, происходящих в Белом море. В статье представлен обзор факторов, влияющих на загрязнение устьевой области Северной Двины, источников поступления поллютантов и уровня загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод. Несмотря на локальную загрязненность, ситуацию в устьевой области нельзя назвать острой. Показано, что имеется ряд нерешенных проблем, что не даёт возможности оценить характер распространения и накопления поллютантов на её акватории, таких как перераспределение стока через протоки дельты, влияние стратификации атмосферы на состав аэрозолей, пространственная и временная неоднородность загрязнения, поведение экосистемы при аварийных ситуациях, появление новых видов поллютантов. Несмотря на многочисленные исследования и множество публикаций, полная картина экологического состояния устьевой области Северной Двины ещё далеко не ясна. Лучшему пониманию происходящего препятствует существующая система экологического мониторинга и ведомственная разобщённость. К объективным обстоятельствам относятся уровень моделирования такого рода объектов, не позволяющий получить адекватную картину происходящего. Это касается всех приливных устьев арктических рек и может быть преодолено совместными усилиями научного сообщества.

Ключевые слова: устьевая область Северной Двины, экологическая ситуация, источники загрязнения

**ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE SEVERNAYA DVINA MOUTH ZONE
(THE WHITE SEA)****¹Kotova E.I., ¹Korobov V.B., ¹Shevchenko V.P., ²Iglin S.M.**¹*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow;*²*M.V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk*

The river mouth region is a factor of a powerful impact on the adjacent marine environment. It is formed under the influence of the entire river catchment area. The mouth zone is an object of information about the state of which can be used to characterize the marine environment and the catchment area. The Severnaya Dvina is one of the largest rivers in the European North of Russia. Its runoff plays a significant role in the processes taking place in the White Sea. The article provides an overview of factors affecting the pollution of the mouth zone of Severnaya Dvina, sources and the level of pollution. Despite local pollution, the situation in the mouth zone cannot be called acute. It has been shown that there are a number of unresolved problems that make it impossible to assess the nature of the distribution and accumulation of pollutants in its water area, such as redistribution of runoff through delta channels, the effect of atmospheric stratification on the composition of aerosols, spatial and temporal heterogeneity of pollution, ecosystem behavior in emergency situations, new types of pollutants. A better understanding of what is happening is hampered by the existing environmental monitoring system and departmental fragmentation. Objective circumstances include the level of modeling of such objects, which does not allow to obtain an adequate picture of what is happening. This applies to all tidal mouths of the Arctic rivers and can be overcome by the joint efforts of the scientific community.

Keywords: the mouth zone of Severnaya Dvina, ecological situation, sources of pollution

Устьевая область, с одной стороны, является фактором мощного воздействия на прилегающую морскую среду, с другой стороны, ее состояние формируется под воздействием всей территории водосбора реки. Таким образом, устьевая область – объект, информация о состоянии которого может применяться для характеристики морской среды и территории водосбора. Северная Двина является одной из крупнейших рек европейского Севера России. Площадь её водосбора составляет 357 тыс. км², а реч-

ной сток равен около 110 км³ в год [1]. Такая величина стока играет существенную роль в процессах, происходящих в Белом море: стоковое течение распространяется вдоль восточного берега вплоть до Баренцева моря, распределяя воды этих морей и перенося загрязнение, содержащееся в речных водах. При впадении в Белое море Северная Двина образует многорукавную обширную дельту (рис. 1) площадью около 1000 км² [1]. В районе дельты Северной Двины расположены 3 промышленных города (Архан-

гельск, Северодвинск, Новодвинск) и многочисленные малые населённые пункты, морской и речной порт, которые оказывают влияние на состояние окружающей среды района исследования (рис. 1).

Мониторинг состояния и загрязнения водной среды и воздуха в дельте Северной Двины проводится государственными органами (территориальные подразделения Росгидромета, Росводресурсов и др.). В данном случае устанавливается соответствие концентраций загрязняющих веществ действующим значениям предельно допустимых концентраций (ПДК). При этом не учитываются региональные особенности территории. Например, фоновое содержание железа, меди, марганца уже превышает ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения. В то же время научное сообщество проводит исследования состояния водных и наземных экосистем, которые свидетельствуют о реальном воздействии на окружающую среду. Таким образом, государственный мониторинг загрязнения и научные исследования имеют разные цели и фактические результаты. Цель работы – дать общую оценку загрязнения дельты Северной Двины по данным разных источников информации.

Факторы, влияющие на загрязнение вод устьевой области Северной Двины

Б.И. Кочуров рассматривает экологические ситуации как сочетание различных с точки зрения проживания и состояния здоровья человека условий и факторов, создающих на территории определенную обстановку разной степени благополучия [2]. В качестве основных факторов, влияющих на экологическую ситуацию рассматриваемой территории, можно назвать следующие.

Сброс сточных вод. По данным многолетних наблюдений, этот фактор можно считать наиболее важным. Несмотря на наличие очистных сооружений, не все сбрасываемые воды проходят через них. Опасность такого сброса заключается в непосредственном попадании загрязнителей в речные воды и локализации их на определенных участках.

Выбросы промышленных предприятий и частного сектора. Из атмосферы загрязняющие вещества осаждаются на водную поверхность и площадь водосбора. Существенно ускоряют попадание загрязнителей в воду атмосферные осадки, вымывающие вещества из атмосферы.



Рис. 1. Дельта Северной Двины: ▲ – створы наблюдений ФГБУ «Северное УГМС»: р. Северная Двина 1 – выше г. Новодвинск, 2 – ниже г. Новодвинск, 3 – ж.-д. мост; 4 – прот. Кузнечиха, 20 км от устья; 5 – рук. Корабельный; 6 – прот. Кузнечиха, 4 км от устья; 7 – прот. Маймакса; 8 – рук. Мурманский; 9 – рук. Никольский

Смыв загрязнителей с почв при таянии снега. Не менее полугодя территория водосбора Северной Двины покрыта снегом – мощным накопителем загрязняющих веществ. При таянии снега они частью впитываются в почвы и грунты, частью растворяются в воде и с ней попадают в реку.

Гидродинамика вод. Устьевая область Северной Двины подвержена сильным полусуточным приливным и нагонным течениям. Скорости течений, особенно при нагонах и сгонах, могут достигать 2–3 м/с, а высота уровня воды повышается на несколько метров. Такая высокая динамика вод приводит к распространению загрязнения на большие расстояния как из реки в море, так и из моря в реку. При этом течения способствуют разбавлению загрязнителей, снижая их концентрацию. В то же время переотложение наносов течениями, особенно на судоходных каналах, заносимость которых в межсезонье может достигать более 200 см, могут привести к вторичному загрязнению акватории, в том числе во время проведения дноуглубительных работ. К такому же результату могут привести и сильные шторма, способные вызвать переотложение сотен тысяч кубических метров грунта за один шторм.

Дальний перенос загрязнённых веществ воздушными массами. Загрязнения по воздуху могут переноситься на большие расстояния от источников мощных выбросов. Оседая на земную поверхность, они попадают в воды устьевой области после таяния снега и льда. В среднем за год на подстилающую поверхность рассматриваемой территории с осадками поступает 350–800 кг/

км² азота, что превышает уровень критической нагрузки для лесных и водных экосистем (300 кг/км² в год) [3]. В результате влияния морских территорий величина влажных выпадений хлорид-ионов составила 1,12–1,97 т/км², ионов натрия – 0,63–1,01 т/км², сульфатов-ионов – 1,60–3,28 т/км². При этом прослеживается тенденция снижения влажных выпадений данных веществ при удалении от береговой линии. Повышенные значения влажных выпадений сульфатов-ионов на станции Архангельск (3,28 т/км² в год) связаны с наложением на воздействие морских аэрозолей влияния промышленных выбросов [4].

Судоходство. Гребные винты морских судов взмучивают донные осадки, что приводит к повышению концентрации взвешенных веществ на судоходном канале [5] и вторичному загрязнению речных и морских вод.

Источники и уровень загрязнения

Основными источниками воздействия на окружающую среду для г. Архангельска являются Архангельская ТЭЦ, автомобильный, речной и железнодорожный транспорт; для г. Новодвинска – АО «Архангельский ЦБК» и автотранспорт. Основной вклад в загрязнение атмосферы г. Северодвинска вносят выбросы таких стационарных источников, как Северодвинская ТЭЦ-1 и Северодвинская ТЭЦ-2, наибольшее количество специфических веществ выбрасывается на АО «ПО «Севмаш» и АО «ЦС «Звездочка». В атмосферу города Архангельска значимая часть загрязняющих веществ поступает с выбросами автотранспорта (рис. 2).

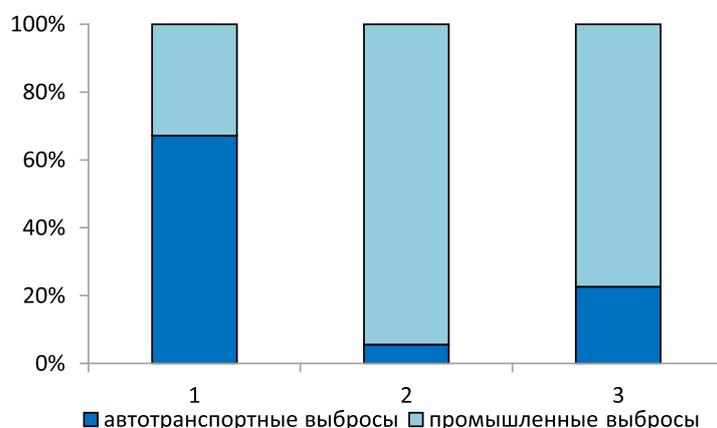


Рис. 2. Структура выбросов в городах: 1 – Архангельск, 2 – Новодвинск, 3 – Северодвинск (составлено авторами по данным ежегодных государственных докладов «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области»)

В последние годы количество выбросов загрязняющих веществ от промышленных источников на рассматриваемой территории снизилось (рис. 3). Сокращение выбросов связано с переходом Северодвинской ТЭЦ-2 и Архангельской ТЭЦ ГУ ОАО «ТГК-2» по Архангельской области на использование в качестве основного вида топлива природного газа, также с остановкой в апреле 2013 г. производства ОАО «Солонбальский ЦБК». Кроме того, закрылись такие предприятия, как ОАО «Северное лесопромышленное товарищество лесозавод № 3» и ОАО «Лесозавод № 2».

По данным наблюдений Северного УГМС, уровень загрязнения атмосферы в дельте Северной Двины до 2014 г. чаще всего оценивался как повышенный или высокий [6–8]. С 2014 г. уровень загрязнения атмосферы снизился и стал оцениваться как повышенный, а в гг. Новодвинск и Северодвинск – как низкий. Следует обратить внимание, что снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха с 2014 г. связано, прежде всего, с изменением санитарно-гигиенических нормативов концентраций формальдегида и не имеет отношения к реальному изменению уровня загрязнения воздуха этим загрязняющим веществом [6]. Уровень загрязнения городов в большинстве своем определяется повышенными концентрациями в воздухе формальдегида и бенз(а)пирена, в отдельные годы – оксидами и диоксидами азота. Высокое содержание оксидов азота в атмосферном воздухе г. Архангельск отмечается в феврале-апреле, когда средние за месяц значения

превышают предельно допустимые. Это месяцы с минимальным в годовом ходе количеством осадков и высоким содержанием в осадках форм азота [3]. Рост содержания углеводородов в атмосфере устьевого области Северной Двины и прибрежных районах Белого моря зимой (в отопительный сезон) приводит к их концентрированию в снеге и льдах [9] и дальнейшему поступлению в воду.

В загрязнении атмосферного воздуха устьевого области Северной Двины, помимо местных источников, значимую роль играет дальний атмосферный перенос [10]. Влияние Мурманской области проявляется в отношении никеля и меди, где эти элементы в большом количестве поступают в атмосферу в результате деятельности медно-никелевых комбинатов в городах Мончегорск и Никель [11]. Для севера Европейской территории России характерно более высокое содержание свинца и кадмия в воздухе в зимний период по сравнению с летом, что связано с большим временем жизни тяжелых металлов в атмосфере в холодное время и, соответственно, с более эффективным переносом загрязнений из южных районов [12]. Отметим, что дальний перенос может быть весьма значительным, как это имело место в марте 2008 г. [13], когда мощными потоками воздуха пыль была перенесена из южных регионов Европы на Русский Север и покрыла площадь на многие тысячи квадратных километров, вызвав настоящую панику у местного населения.

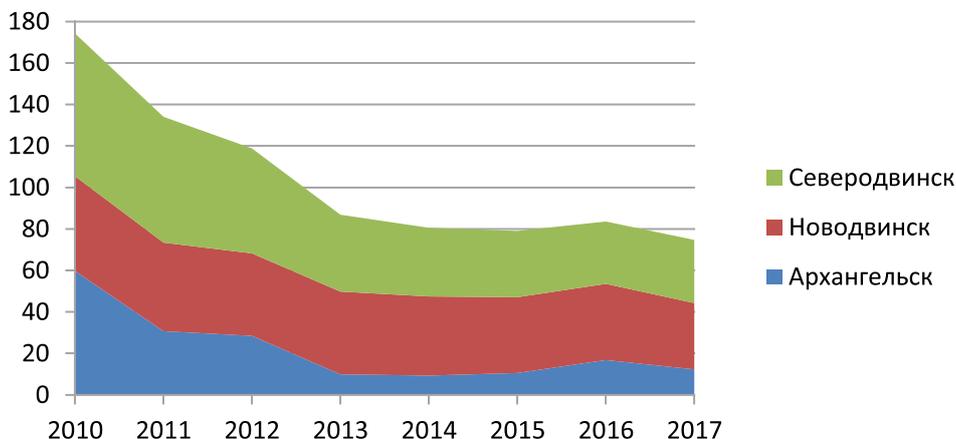


Рис. 3. Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников по городам, тыс. т (составлено авторами по данным ежегодных государственных докладов «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области»)

По данным государственного мониторинга загрязнения поверхностных вод, в большинстве пунктов наблюдений (рис. 1) в дельте р. Северной Двины, согласно [14], вода реки оценивалась как «загрязненная» и «очень загрязненная» и относилась к 3-му классу качества, разрядам «а» и «б». Наиболее высокий уровень загрязненности в дельте реки характерен для протоков Маймакса и Кузнечиха, где класс качества возрастал до 4-го, разрядов «а» и «б» и вода оценивалась как «грязная». Как показывают результаты государственного мониторинга, уровень загрязнения дельты р. Северная Двина за последние 10 лет существенно не изменился. Изменения качества воды в основном связаны с колебаниями концентрации металлов, обусловленными природными факторами [15–17]. Характерными загрязняющими веществами р. Северная Двина являются трудноокисляемые органические вещества и соединения металлов: железа, меди, цинка, марганца и алюминия. В некоторых пунктах контроля также фенолы и лигносульфонаты. Среднее содержание соединений металлов (железо, медь, цинк, алюминий, марганец) в воде реки превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 1,5–4,7 раза (рис. 4).

В то же время максимальные концентрации достигают очень высоких значений. Например, максимальные концентрации соединений железа и марганца, зарегистриро-

ванные в воде рукава Никольский в районе с. Рикасиха в периоды весеннего половодья 2011 и 2014 г., превышали установленные нормативы почти в 30 раз и были связаны с увеличившимся стоком в реки обогатённых этими элементами болотных вод [16; 17]. Наибольшее содержание соединений меди за рассматриваемый период было определено в 2014 г. в р. Северная Двина в районе ж.-д. моста, где превысило предельно допустимое значение в 15 раз. Наибольшее превышение установленного стандарта для соединений цинка (в 7 раз) определено в воде рукава Мурманский (с. Красное) в 2007 г. Следует учитывать, что повышенное содержание соединений металлов в воде р. Северной Двины обусловлено в том числе грунтовым и болотным питанием.

На фоне низкой водности в период зимней и летней межени в протоке Кузнечиха (4 км выше устья) и протоке Маймакса ежегодно наблюдаются случаи нагонных явлений, сопровождающиеся проникновением морских вод в дельту реки. В этот период значительно повышается минерализация воды. Кислородный режим описываемого участка реки в основном оценивается как удовлетворительный. Периодические снижения концентрации растворенного в воде кислорода обусловлены сложившимися гидрометеороусловиями и отмечаются главным образом в меженные периоды (февраль, март, август).

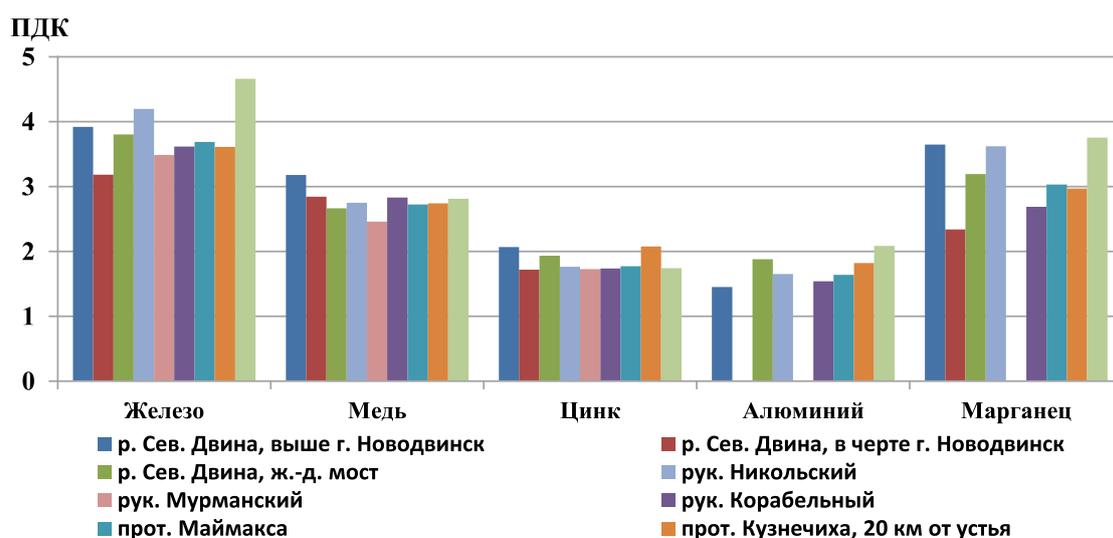


Рис. 4. Средние за 2008-2018 гг. значения содержания металлов в дельте и устьевой области р. Северная Двина, в долях ПДК (составлено авторами по данным [6–8])

Устьевая область Северной Двины длительное время подвергалась воздействию сбросов предприятий целлюлозно-бумажного производства (ЦБП), в технологический цикл которых входила ртуть. Максимальные содержания валовой ртути в донных отложениях устьевой области фиксируются в районе Архангельска, Новодвинска и импактного воздействия ЦБП [18]. Доминирующими формами нахождения являются органокомплексы ртути. Увеличение содержания ртути в пробах наблюдается с ростом концентрации природного и антропогенного органического вещества, пелитового материала, метана и общего сероводорода, миграционная активность ртути в природных условиях региона повышена.

В донных осадках протоки Кузнечиха обнаружены также хлорорганические соединения, попадающие сюда в результате смыва из почв лесозаводов, выбросов и сбросов от промышленно-хозяйственных объектов, расположенных в ее прибрежной зоне [19].

Согласно результатам изучения распределения и состава углеводородов (УВ) [20] в донных осадках рукавов дельты Северной Двины во время половодья, несмотря на довольно постоянный их литологический состав (преобладала песчано-алевритовая фракция), наблюдается высокая дисперсность данных как для алифатических углеводородов (АУВ), так и для органического углерода ($C_{\text{орг}}$). Обусловлено это множественностью источников поступления органических соединений. Для всего массива данных гранулометрический фактор при распределении ОС оказывает основное влияние, так как в целом наблюдалась зависимость между распределением изучаемых соединений и влажностью осадков $C_{\text{орг}}$ и АУВ: $r(C_{\text{орг}} - \text{АУВ}) = 0,81$. Это может свидетельствовать как об одинаковых путях поступления природных и антропогенных соединений в донные осадки, так и о быстрой трансформации нефтяных УВ. При этом значительная их часть осажается на геохимическом барьере, образующемся в зоне смешения речных и морских вод, который является природным фильтром, препятствующим проникновению в Белое море нефтяных, а также пирогенных углеводородов [21].

Нерешённые проблемы

Несмотря на более чем столетнюю историю исследования устьевой области Се-

верной Двины, ряд процессов ещё далеко не изучены, что не даёт возможности оценить характер распространения и накопления загрязняющих веществ на её акватории. Укажем на наиболее важные из них.

Перераспределение стока через протоки дельты. До сих пор неизвестен даже приближённо объём вод, перетекающих по многочисленным протокам, образующимся островами дельты, из рукава в рукав, без чего невозможно точно оценить загрязнение вод, особенно при аварийных сбросах и разливах. Математические модели пока дают возможность решать только некоторые, пусть и достаточно важные, частные задачи, в том числе и прогнозирования распространения химических соединений [22–24].

Влияние стратификации атмосферы на состав аэрозолей. В экспедиционных исследованиях распространения аэрозолей над Белым морем, среди которых, как показано выше, могут быть многие загрязнители, установлен факт влияния на их распространение состояния нижних слоёв атмосферы [25]. Краткосрочные последствия для экосистемы и здоровья населения ситуаций, особенно при аномальных инверсиях, ещё не изучены.

Пространственная и временная неоднородность загрязнения. Экспедиционные исследования [26–28] показали, что концентрации веществ, содержащихся в воде и донных отложениях, обладают достаточно большой временной и пространственной изменчивостью. В этом смысле можно выделить три зоны: «речная» – от Усть-Пинеги до дельты, дельта и устьевое взморье. Установление строго обоснованных различий в потоках вещества в этих трёх зонах – одна из самых востребованных задач. Сильно изменятся поток взвешенных веществ в период половодья [17; 29; 30]. Такая же проблема характерна для всех приливных устьевых областей арктических морей, даже таких крупных, как Обь, несмотря на то что в них границы между разными типами вод несколько другие [31; 32].

Поведение экосистемы при аварийных ситуациях. Известно, что аварийные сбросы и выбросы на предприятиях и в водном транспорте могут приводить к очень тяжёлым последствиям. И хотя это происходит редко [33], тем не менее существует большая вероятность угрозы функционированию экосистемы и здоровью населения. С нашей точки зрения, наибольшую опасность представляет угроза нефтяного

загрязнения от расположенной в устьевой области нефтебазы и её транспортировки танкерами, дедвейтом более 20000 т. Мировой опыт и результаты моделирования [34] показывают, что зона поражения акватории и берегов может быть огромной, а ущерб исчисляться сотнями, а то и миллиардами долларов. Районирование акватории Белого моря относительно экологической угрозы, которую создают танкерные перевозки, показало, что устьевая часть Северной Двины и восточная часть Двинского залива являются одними из наиболее уязвимых участков независимо от сезона [35]. Необходимо отметить, что аварийные ситуации на предприятиях не всегда приводят к сильному загрязнению речных вод. Так, 2 марта 2005 г. на тепловой электростанции Архангельского целлюлозно-бумажного комбината произошел прорыв дамбы золошлакоотвала. В результате некоторая часть загрязняющих веществ из тела дамбы была смыта в Северную Двину. Сразу после аварии были отобраны пробы воды, снега и льда в дельте Северной Двины и на устьевом взморье Белого моря. На основании выполненных анализов зафиксировано только локальное загрязнение речных и морских вод взвешенными веществами, обусловленное смывом твердых веществ, составляющих тело дамбы. Также было отмечено превышение некоторых других ингредиентов и показателей качества вод, однако не все из них могут быть однозначно квалифицированы как результат аварии [33].

«Новые загрязнители». Постоянно появляются выпускаемые промышленностью новые загрязняющие вещества, например, средства бытовой химии для мытья посуды, влияние которых на природную среду требует своего изучения [36]. Глобальные процессы распространения этих веществ и миграция их в природных средах ещё только по-настоящему начинается, хотя и приобрела международный размах (например, проблема загрязнения окружающей среды черным углеродом [37]). В последние годы все большую озабоченность в отношении окружающей среды вызывает микропластик [38; 39].

Заключение

В рамках одной публикации невозможно отразить все аспекты экологического состояния такого сложного объекта, как устьевая область Северной Двины. В целом можно констатировать, что, несмотря на загрязнённость некоторых участков акватории и дон-

ных отложений, ситуацию в её устьевой области нельзя назвать острой. Тем не менее, несмотря на многочисленные исследования и множество публикаций, полная картина природных условий этого природного объекта ещё далеко не ясна. Лучшему пониманию происходящего препятствует существующая система экологического мониторинга и ведомственная разобщённость. К объективным обстоятельствам следует отнести уровень моделирования такого рода объектов, не позволяющий получить адекватную картину происходящего. Но это касается всех приливных устьев арктических рек и может быть преодолено совместными усилиями научного сообщества.

Список литературы / References

1. Гидрология устьевой области Северной Двины / Под ред. Зотина М.И., Михайлова В.Н. М.: Гидрометеоздат, 1965. 376 с.
- Hydrology of the estuarine region of the Northern Dvina / Pod red. Zotina M.I., Mikhaylova V.N. M.: Gidrometeoizdat, 1965. 376 p. (in Russian).
2. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.–Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
- Kochurov B.I. Ecodiagnostics and balanced development. M.–Smolensk: Magenta, 2003. 384 p. (in Russian).
3. Котова Е.И. Оценка влияния местных источников загрязнения и дальнего переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора Арктики: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2013. 23 с.
- Kotova E.I. Assessment of the influence of pollution local sources and long-range transport on the formation the of precipitation and snow cover ionic composition of the coastal zone of the western sector of the Arctic: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Rostov-na-Donu, 2013. 23 p. (in Russian).
4. Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П. Особенности формирования ионного состава снежного покрова в прибрежной зоне западного сектора Арктических морей России // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7843> (дата обращения: 28.03.2020).
- Kotova E.I., Korobov V.B., Shevchenko V.P. Peculiarities of the formation of the ion composition of the snow cover in the coastal zone of the western sector of Russian Arctic // Modern problems of science and education. 2012. № 6. [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7843> (date of access: 28.03.2020) (in Russian).
5. Лещёв А.В. Влияние судоходного канала порта Архангельск на перенос взвешенных веществ в зоне смешения «река-море» устья реки Северной Двины // Проблемы региональной экологии. 2018. № 1. С. 17–21. DOI: 10.24411/1728-323X-2018-12017.
- Leshchev A.V. The influence of the shipping channel of the port of Arkhangelsk on the transport of suspended solids in the river-sea mixing zone of the mouth of the Northern Dvina River // Problemy regional'noy ekologii. 2018. № 1. P. 17–21 (in Russian).
6. Обзор загрязнения окружающей среды на территории деятельности ФГБУ «Северное УГМС». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sevmeteo.ru/monitoring/reviews> (дата обращения: 02.04.2020).
- Overviews of environmental pollution in the territory of the FSBI «Northern AHEM». URL: <http://www.sevmeteo.ru/monitoring/reviews> (date of access: 02.04.2020) (in Russian).

7. Обзор загрязнения окружающей среды на территории деятельности Северного УГМС за 2008 г. Архангельск: Северное УГМС, 2009. 121 с.
- Overviews of environmental pollution in the territory of the FSBI «Northern ANEM» in 2008. Arkhangel'sk: Severnoye UGMS, 2009. 121 p. (in Russian).
8. Обзор загрязнения окружающей среды на территории деятельности Северного УГМС за 2009 г. Архангельск: Северное УГМС, 2010. 139 с.
- Overviews of environmental pollution in the territory of the FSBI «Northern ANEM» in 2009. Arkhangel'sk: Severnoye UGMS, 2010. 139 p. (in Russian).
9. Немировская И.А. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). М.: Научный мир, 2013. 432 с.
- Nemirovskaya I.A. Oil in the ocean (pollution and natural flows). M.: Nauchnyy mir, 2013. 432 p. (in Russian).
10. 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.
- Kotova E.I., Shevchenko V.P. Influence of long-range atmospheric transport on formation of ionic composition of atmospheric precipitation and snow cover in coastal zone of Western Russian Arctic // Fundamental research. 2014. № 12–11. P. 2378–2382 (in Russian).
11. Vinogradova A.A., Ponomareva T.Y. Atmospheric transport of anthropogenic impurities to the Russian arctic (1986–2010). Atmospheric and Oceanic Optics. 2012. T. 25. № 6. С. 414–422. DOI: 10.1134/S1024856012060127.
12. Виноградова А.А., Котова Е.И. Вклады источников Европы в загрязнение свинцом и кадмием северных районов Европейской России // Живые и биокосные системы. 2018. № 23. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-23/article-2> (дата обращения: 02.04.2020).
- Vinogradova A.A., Kotova E.I. Contributions of European sources to lead and cadmium pollution in the northern regions of European Russia // Zhivyye i biokosnyye sistemy. 2018. № 23. [Electronic resource]. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-23/article-2> (date of access: 02.04.2020) (in Russian).
13. Shevchenko V.P., Korobov V.B., Lisitzin A.P., Aleshinskaya A.S., Bogdanova O.Yu., Goryunova N.V., Grishchenko I.V., Dara O.M., Zavermina N.N., Kurteeva E.I., Novichkova E.A., Pokrovsky O.S., Sapozhnikov F.V. First data on the composition of atmospheric dust responsible for yellow snow in Northern European Russia in March 2008. Doklady Earth Sciences. 2010. V. 431. № 2. P. 497–501. DOI: 10.1134/S1028334X10040185.
14. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов н/Д., 2002. 49 с.
15. Nikanorov A.M., Bryzgalov V.A., Reshetnyak O.S., Kondakova M.Yu. Pollutant transport in large rivers of the European North and Siberia. Water Resources. 2015. V. 42. P. 322–330. DOI: 10.1134/S0097807815010091.
16. Shirokova L.S., Chupakova A.A., Chupakov A.V., Pokrovsky O.S. Transformation of dissolved organic matter and related trace elements in the mouth zone of the largest European Arctic river: experimental modeling. Inland Waters. 2017. V. 7. № 3. P. 272–282. DOI: 10.1080/20442041.2017.1329907.
17. Gordeev V.V., Lisitzin A.P. Geochemical interaction between the freshwater and marine hydrospheres. Russian Geology and Geophysics. 2014. V. 55. № 5–6. P. 562–581. DOI: 10.1016/j.rgg.2014.05.004.
18. Ovsepyan A.E., Fedorov Yu.A., Zimovets A.A., Savitsky V.A. Estimation of mercury accumulation in the objects of animate and inanimate nature in The North of European Russia. In the World of Scientific Discoveries, Series B. 2016. V. 4. № 1–2. С. 4–16.
19. Троянская А.Ф., Никитина И.А., Вахрамеева Е.А. Хлороорганические соединения в донных осадках дельтовой протоки Северной Двины // Водные ресурсы. 2013. Т. 40. № 3. С. 287–294. DOI: 10.7868/S0321059613030085.
- Troyanskaya A.F., Nikitina I.A., Vakhrameeva E.A. Organochlorine compounds in bottom sediments of a delta Branch of the Northern Dvina. Water Resources. 2013. № 3. С. 297–304. DOI: 10.1134/S0097807813030081.
20. Реджепова З.Ю., Немировская И.А. Углеводороды в поверхностных водах и осадках арктических морей // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. № 3. С. 72–80.
- Rejepova Z.Yu., Nemirovskaya I.A. Hydrocarbons in surface waters and sediments of the Arctic seas // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon morya. 2016. № 3. P. 72–80 (in Russian).
21. Nemirovskaya I.A. Oil compounds in the bottom sediments of the White Sea // Sedimentation Processes in the White Sea: The White Sea Environment. Part II / A.P. Lisitsyn and L.L. Demina (eds.). Hdb. Env. Chem. Springer Nature, 2018. P. 271–294.
22. Лебедева С.В. Динамика потока в приливном много-рукавном устье крупной реки (на примере р. Северная Двина): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 2016. 26 с.
- Lebedeva S.V. Flow dynamics in the tidal multi-arm estuary of a large river (on the example of the Severnaya Dvina river): avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Moscow, 2016. 26 p. (in Russian).
23. Мискевич И.В. Гидрохимия приливных устьев рек: методы расчёта и прогнозирования: дис. ... докт. геогр. наук. Архангельск, 2004. 290 с.
- Miskevich I.V. Hydrochemistry of tidal estuaries: methods of calculation and forecasting: dis. ... dokt. geogr. nauk. Arkhangel'sk, 2004. 290 p. (in Russian).
24. Shirokova L.S., Chupakova A.A., Chupakov A.V., Pokrovsky O.S. Transformation of dissolved organic matter and related trace elements in the mouth zone of the largest European Arctic river: experimental modeling. Inland Waters. 2017. V. 7. P. 272–282. DOI: 10.1080/20442041.2017.1329907.
25. Polkin V.V., Panchenko M.V., Grishchenko I.V., Korobov V.B., Lisitsyn A.P., Shevchenko V.P. Study of the disperse composition of the near-water aerosol over The White sea in the end of Summer, 2007. Atmospheric and Oceanic Optics. 2008. V. 21. № 10. P. 725–729.
26. Коченкова А.И., Новигатский А.Н., Гордеев В.В. Распределение взвеси в маргинальном фильтре Северной Двины в конце лета // Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 106–112. DOI: 10.17513/use.36680.
- Kochenkova A.I., Novigatskiy A.N., Gordeev V.V. Distribution of suspended matter in the marginal filter of the Northern Dvina at the end of summer // Advances in Current Natural Sciences, 2018. № 2. P. 106–112 (in Russian).
27. Chupakova A.A., Chupakov A.V., Neverova N.V., Shirokova L.S., Pokrovsky O.S. Photodegradation of river dissolved organic matter and trace metals in the largest European Arctic estuary. Science of the Total Environment. 2018. V. 622–623. P. 1343–1352. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.030.
28. Griffin C.G., McClelland J.W., Frey K.E., Holmes R.M. Quantifying CDOM and DOC in major Arctic rivers during ice-free conditions using Landsat TM and ETM+ data. Remote Sens. Environ. 2018. V. 209. P. 395–409. DOI: 10.1016/j.rse.2018.02.060.
29. Kravchishina M.D., Shevchenko V.P., Filippov A.S., Novigatskiy A.N., Dara O.M., Alekseeva T.N., Bobrov V.A. Composition of the suspended particulate matter at the Severnaya Dvina river mouth (White Sea) during the spring flood period. Oceanology. 2010. V. 50. № 3. P. 365–385. DOI: 10.1134/S0001437010030070.
30. Коченкова А.И., Новигатский А.Н., Гордеев В.В., Коробов В.Б., Белоруков С.К., Лохов А.С., Яковлев А.Е. Особенности сезонного распределения взвеси и органического углерода по данным обсерватории «Маргинальный фильтр реки Северная Двина» // Океанологические исследования. 2018. Т. 46. № 2. С. 96–111. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).9.
- Kochenkova A.I., Novigatskiy A.N., Gordeev V.V., Korobov V.B., Belorukov S.K., Lohov A.S., Yakovlev A.E. Pe-

- cularities of the seasonal distribution of suspended matter and organic carbon according to the observatory Marginal Filter of the Northern Dvina River // *Okeanologicheskiye issledovaniya*. 2018. V. 46. № 2. P. 96–111 (in Russian).
31. Gordeev V.V., Beeskow B., Rachold V. Geochemistry of the Ob and Yenisey estuaries: A Comparative Study. *Berichte zur Polar- und Meeresforschung*. 2007. V. 565. 235 p.
32. Artamonova K.V., Lapin S.A., Luk'yanova O.N., Makaveev P.N., Polukhin A.A. The features of the hydrochemical regime in Ob inlet during the open water time. *Oceanology*. 2013. Vol. 53. № 3. P. 317–326. DOI: 10.1134/S0001437013030028.
33. Шевченко В.П., Алиев Р.А., Бобров В.А., Гордеев В.В., Горюнова Н.В., Демина Л.Л., Замбер Н.С., Коробов В.Б., Котова Е.И., Кузнецов О.Л., Макаров В.И., Новигатский А.Н., Покровский О.С., Попова С.А., Романенко Ф.А., Стародымова Д.П., Субетто Д.А., Филиппов А.С. Эоловый материал в природных архивах // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера / Отв. ред. Лисицын А.П., ред. Немировская И.А. М.: Научный мир, 2012. С. 70–107.
- Shevchenko V.P., Aliev R.A., Bobrov V.A., Gordeev V.V., Goryunova N.V., Demina L.L., Zamber N.S., Korobov V.B., Kotova E.I., Kuznetsov O.L., Makarov V.I., Novigatskii A.N., Pokrovskii O.S., Popova S.A., Romanenko F.A., Starodymova D.P., Subetto D.A., Filippov A.S. Eolian matter in natural archives // *Sistema Belogo moraya*. Part II / A.P. Lisitsyn and I.A. Nemirovskaya (eds.). M.: Nauchnyi mir, 2012. P. 70–107 (in Russian).
34. Губайдуллин М.Г., Ёстбёл Н., Золотухин А.Б., Коробов В.Б., Мискевич И.В., Муангу Ж.Р., Немировская И.А., Ренниген П., Рид М., Сёрхейм К., Синсгаас И., Сунгуров А.В., Шевченко В.П. Моделирование разливов нефти в западном секторе Российской Арктики. Архангельск: САФУ, 2016. 219 с.
- Gubaidullin M.G., Yostbyol N., Zolotukhin A.B., Korobov V.B., Miskevich I.V., Muangu J.R., Nemirovskaya I.A., Rennigen P., Reed M., Serheim K., Sinsgaas I., Sungurov A.V., Shevchenko V.P. Oil spill modeling in western sector of the Russian Arctic. Архангельск: САФУ, 2016. 219 p. (in Russian).
35. Ружникова Н.Н. Геоэкологическое районирование акватории Белого моря при транспортировке нефтяных углеводородов // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*. 2012. № 6. С. 94–98.
- Ruzhnikova N.N. Geocological Zoning of the White Sea in the Transport of Oil Products // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Yestestvennyye nauki*. 2012. № 6. P. 94–98 (in Russian).
36. Волков В.А., Миташова Н.И., Агеев А.А. Определение показателей качества сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества // *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*. 2014. Т. 3. № 1(19). С. 68–76.
- Volkov V.A., Mitashova N.I., Ageev A.A. Determination of quality of wastewater containing surfactants // *Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI*. 2014. V. 3. № 1(19). P. 68–76 (in Russian).
37. Evangelidou N., Shevchenko V.P., Yttri K.E., Eckhardt S., Sollum E., Pokrovsky O.S., Kobelev V.O., Korobov V.B., Lobanov A.A., Starodymova D.P., Vorobiev S.N., Thompson R.L., Stohl A. Origin of elemental carbon in snow from western Siberia and northwestern European Russia during winter–spring 2014, 2015 and 2016. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2018. V. 18. № 2. P. 963–977. DOI: 10.5194/acp-18-963-2018.
38. Chubarenko I., Esiukova E., Bagaev A., Isachenko I., Demchenko N., Zobkov M., Efimova I., Bagaeva M., Khatmulina L. Behavior of microplastics in coastal zones // *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* / E.Y. Zeng (ed.). Elsevier, 2018. P. 175–223.
39. Zhao S., Zhu L., Li D. Microplastic in three urban estuaries, China. *Environmental Pollution*. 2015. V. 206. P. 597–604. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.08.027.