УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 6 2018

ISSN 1681-7494

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ - 0,746

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ - 0,601

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: http://www.natural-sciences.ru

Правила для авторов: http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» - 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор
ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор
Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.
Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.с.-х.н., проф. Алабушев А.В. (Зерноград); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., проф. Андреев С.С. (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, Андреева Е.С.(Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.т.н., проф. Бейсембаев К.М. (Караганда); д.т.н., проф. Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи); д.с.-х.н., проф. Барикий Новгород); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.с.-х.н., Горбачева А.Г. (Пятигорск); д.с.-х.н., Горянин О.И. (Самара); д.г.-м.н., проф. Гусев А.И. (Бийск); д.с.-х.н., проф. Данилин И.М. (Красноярск); д.б.н., доцент Долгов А.В. (Мурманск); д.э.н., проф. Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвяников 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. Зволинский В.П. (Волгоград); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.б.н., доцент Кавиевич 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. Костицьн В.И. (Пермь); д.г.-х.н., проф. Костылев П.И. (Зерноград); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.с.-х.н., коцарева Н.В. (Белгород); д.т.н., доцент Кузяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); д.б.-и., проф. Мусаев В.К. (Москва); 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. Кознова А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.г.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., обр. Петров В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тороф. Проф. Проф. Проф. Проф. Проф. Проф. Проф. П

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

Свидетельство – ПИ № ФС 77-63398.

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,746.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,601.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция: ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 29.06.2018 Дата выхода номера – 29.07.2018

Формат 60х90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

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

Способ печати – оперативный. Распространение по свободной цене. Усл. п.л. 17,13 Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/6-2018 Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ КОАГУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИОКСИХЛОРИДА АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА Мальцева Е.Ю., Скрыпник Л.Н.	7
ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ ГОРОДА БИРСКА И БИРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	/
И БИРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОР ГОСТАН Онина С.А., Козлова Г.Г., Минина Н.Н., Панчихина Е.В., Усманов С.М	13
Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)	
ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИХ НЕУПРАВЛЯЕМОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	
Вомперский С.Э., Глухова Т.В., Гульбе А.Я., Сиземская М.Л., Стороженко В.Г	19
СКОРОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА ПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА ЗАБРОШЕННЫХ ПАШЕН В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ Десяткин А.Р., Филиппов Н.В., Федоров П.П., Ивасаки Ш.	26
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРИОДА ВСХОДЫ – ЦВЕТЕНИЕ ПОЧАТКА У РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Логинова А.М., Ильин В.С., Гетц Г.В.</i>	32
КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ Маштаков Д.А., Автономов А.Н., Проездов П.Н.	37
ВЗАИМОВЛИЯНИЕ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ СУБОРИ НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ Прутской А.В.	43
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОМБИНАЦИИ 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS ТРАНСЛОКАЦИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ Сибикеев С.Н., Дружин А.Е., Андреева Л.В.	49
Науки о Земле (25.00.00)	
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА И НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В АСПЕКТЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ Арефьева С.В., Волкова А.В., Петрова Е.Н.	5.
Арефьева С.В., Волкова А.В., Петрова Е.Н. ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДА БЕЛГОРОДА	34
Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А., Петина В.И., Фурманова Т.Н.	60
СЕЗОННАЯ И ПОГОДИЧНАЯ ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ЗЕЛЕНОЙ МАССЫ КОЙБАЛЬСКОЙ СТЕПИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	
Дубынина С.С	65
ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЧВЫ КУЛАРСКОГО ЗОЛОТОНОСНОГО РАЙОНА	71
Иванова А.З., Десяткин Р.В. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАТИОННО-АНИОННОГО СОСТАВА И КИСЛОТНОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА С ТЕРРИТОРИИ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ НИЖНЕГО НОВГОРОДА	/ 1
Козлов А.В., Миронова Ю.И., Воронцова А.А., Акафьева Д.В., Береснев А.А., Быков А.С., Давыдов В.А., Зыков Я.В., Калиничева З.С., Орехова А.А.	78
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В КОМБИНИРОВАННЫХ СХЕМАХ ОСНОВНОГО ОБОГАЩЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД	
Коростовенко В.В., Стрекалова Т.А., Коростовенко Л.П., Капличенко Н.М.	84

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПИГМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ АЗОВСКОГО МОРЯ ПРИ РАЗНЫХ КИСЛОРОДНЫХ РЕЖИМАХ Косенко Ю.В., Шевцова Е.А., Баскакова Т.Е.	.90
КИНЕТИКА БАКТЕРИАЛЬНО-ХИМИЧЕСКОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ НА УКРУПНЕННОЙ БИОРЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКЕ ПРОТОЧНОГО ТИПА ПРИ ТРЕХ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ПРОТОКА Левенец О.О., Хайнасова Т.С., Балыков А.А.	.96
ВИДЫ СЕМЕЙСТВА ORCHIDACEAE ТЕХНОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ Мишагина Д.А	102
ВЛИЯНИЕ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПАРАТУНСКОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ИЛОВОЙ СУЛЬФИДНОЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ Мурадов С.В	107
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН) Фаронова Ю.В., Сафиуллина Р.М.	113
ОБОСНОВАНИЕ НОВОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ПОДГАЗОВЫХ ЗОН МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ Фахртдинова Г.М., Евдокимова А.С., Урванцев Р.В., Линцер С.А., Синцов И.А	119
ПРЕДПОСЫЛКИ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТОЙ Au-Mo-(±Cu)-ПОРФИРОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПОКРОВСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ (ГОНЖИНСКИЙ РАЙОН, ВЕРХНЕЕ ПРИАМУРЬЕ) Хомич В.Г., Борискина Н.Г	125
Научный обзор	
Науки о Земле	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ САМОВОЗГОРАНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ Громыка Д.С., Кремчеев Э.А	131

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)	
EFFICIENCY OF VARIOUS ALUMINUM POLYOXYLORIDE BASED COAGULANTS AT THE PREPARATION OF DRINKING WATER IN VARIOUS SEASONS OF THE YEAR Maltseva E. Yu., Skrypnik L.N.	7
STUDY OF SOIL ANALYTICAL INDICATORS OF BIRSK CITY AND BIRSK DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN	
Onina S.A., Kozlova G.G., Minina N.N., Panchikhina E.V., Usmanov S.M.	13
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)	
FEATURES OF THE FOREST ECOSYSTEMS STATUS IN DIFFERENT NATURAL ZONES OF EUROPEAN RUSSIA IN CONDITIONS OF THEIR UNREGULATED USAGE	10
Vomperskiy S.E., Glukhova T.V., Gulbe A.Ya., Sizemskaya M.L., Storozhenko V.G. CARBON ACCUMULATION RATE IN TOP SOIL HORIZON OF ABANDONED ARABLE	19
LANDS UNDER CENTRAL YAKUTIA CONDITIONS	
Desyatkin A.R., Filippov N.V., Fedorov P.P., Iwasaki Sh.	26
INFLUENCE OF TEMPERATURE CONDITIONS AND WATER SUPPLY ON THE DURATION OF THE PERIOD GERMINATION – FLOWERING OF CORN EAR IN THE EARLY MATURING CORN HYBRIDES UNDER WESTERN SIBERIA CONDITIONS Loginova A.M., Ilin V.S., Getts G.V.	32
THE CONCEPT ON CREATION OF PROTECTIVE ANTI-EROSION FOREST PLANTS IN THE FOREST-STEPPE OF THE VOLGA RIVER UPLAND Mashtakov D.A., Avtonomov A.N., Proezdov P.N.	37
THE MUTUAL INFLUENCE OF ROOT SYSTEMS OF PINE AND OAK IN COMPLEX SUBARI ON GRAY FOREST SOIL Prutskoy A.V.	43
INFLUENCE ANALYSIS OF COMBINATION 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS TRANSLOCATIONS ON SPRING WHEAT YIELD AND GRAIN QUALITY Sibikeev S.N., Druzhin A.E., Andreeva L.V.	49
Earth sciences (25.00.00)	
STUDY OF POPULATION LIFE QUALITY IN THE VOLGA RIVER FEDERAL DISTRICT AND THE NIZHNY NOVGOROD REGION IN THE ASPECT OF THE LAST YEARS ECONOMIC CRISES Arefeva S.V., Volkova A.V., Petrova E.N.	54
EVALUATION OF ECOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS OF BELGOROD Belousova L.I., Kireeva-Genenko I.A., Petina V.I., Furmanova T.N.	
SEASONAL AND ANNUAL DYNAMICS OF THE GREEN MASS STOCKS IN KOIBELSKAYA STEPPE UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS Dubynina S.S.	65
TECHNOGENIC SOILS OF THE KULAR GOLD-BEARING REGION Ivanova A.Z., Desyatkin R.V.	71
ENVIRONMENTAL ESTIMATION OF CATION-ANION STRUCTURE AND ACIDITY OF SNOW COVER AT THE TERRITORY OF THE NIZHNY NOVGOROD HIGHWAYS	
Kozlov A.V., Mironova Yu.I., Vorontsova A.A., Akafeva D.V., Beresnev A.A., Bykov A.S., Davydov V.A., Zykov Ya.V., Kalinicheva Z.S., Orekhova A.A.	78
THE MAIN SULPHIDE ORE BENEFICIATION WITH HYBRIDS ELECTROPHYSICAL METHODS	
Korostovenko V.V., Strekalova T.A., Korostovenko L.P., Kaplichenko N.M.	84

CHARACTERISTICS OF SEASONAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYTOPIGMENTS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE AZOV SEA UNDER DIFFERENT OXYGEN REGIMES	0.0
Kosenko Yu.V., Shevtsova E.A., Baskakova T.E.	90
THE KINETICS OF BACTERIAL-CHEMICAL LEACHING OF SULFIDE ORE IN THE PILOT CONTINUOUS BIOREACTOR SYSTEM AT THREE DIFFERENT FLOW RATES Levenets O.O., Khaynasova T.S., Balykov A.A.	96
TYPES OF THE TECHNOGENICALLY-MODIFIED ORCHIDACEAE FAMILY ECOSYSTEMS IN THE IVANOVO REGION Mishagina D.A.	102
INFLUENCE OF THERMOMINERAL WATERS OF THE PARATUN HYDROTHERMAL DEPOSIT ON THE ENVIRONMENTAL STATE OF THE OOZE PELOID Muradov S.V.	107
RESEARCH TECHNIQUE OF CITY COMPETITIVENESS (EXAMPLE OF CITIES OF BASHKORTOSTAN REPUBLIC) Faronova Yu.V., Safiullina R.M.	113
JUSTIFICATION OF NEW METHOD FOR UNDER-GAS-CAP ZONE DEVELOPMENT OF EASTERN SIBERIA FIELDS Fakhrtdinova G.M., Evdokimova A.S., Urvantsev R.V., Lintser S.A., Sintsov I.A.	119
PREREQUISITES TO FINDING OF A CONCEALED Au-Mo-(±Cu)-PORPHYRY MINERALIZATION IN THE POKROVKSKOE ORE FIELD (GONZHA ORE AREA, UPPER AMUR REGION)	
Khomich V.G., Boriskina N.G.	125
Scientific review	
Earth sciences	
THE APPLICABILITY OF LIGNITE SPONTANEOUS COMBUSTION PROCESS IDENTIFICATION METHODS REVIEW Gromyka D.S., Kremcheev E.A.	131

УДК 628.16:628.345.9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ КОАГУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИОКСИХЛОРИДА АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

Мальцева Е.Ю., Скрыпник Л.Н.

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Калининград, e-mail: LSkrypnik@kantiana.ru

Природные воды представляют собой сложную многокомпонентную динамическую систему. Воду поверхностных источников перед подачей ее потребителю очищают от механических примесей, обычно с предварительной обработкой воды реагентами - коагулированием, флокулированием и фильтрованием, а также обеззараживанием. Для ускорения процессов осаждения и фильтрования и для повышения эффекта осветления и обесцвечивания применяют химическую обработку воды. В связи с этим технология осветления и обесцвечивания дополняется рядом вспомогательных технологических процессов, которые в совокупности называются коагулированием воды. В данной работе проводилось исследование эффективности различных коагулянтов при подготовке питьевой воды. В качестве объекта исследования использовалась вода из р. Старая Преголя и питьевого водохранилища. В работе использовались стандартные методы исследования мутности, цветности, перманганатной окисляемости и концентрации алюминия. Для выбора наиболее эффективных реагентов были проведены исследования с применением таких коагулянтов на основе полиоксихлорида алюминия различных марок: «ЭПОХА», Al,O, = 22,3 %; «ЭПОХА», Al,O, = 23,8 %; «ЭПО-XA», Al,O $_3$ = 24,1 %; «ЭПОХА», Al,O $_3$ = 24,6 %; и гидроксохлорида алюминия марки Б (ГХА), Al,O $_3$ = 44,1 % с разным химическим составом и содержанием действующего вещества. В ходе изучения сезонных изменений качества воды из р. Старая Преголя и питьевого водохранилища установлено, что наиболее проблемным периодом для обработки воды являются октябрь и ноябрь. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективным коагулянтом является «ЭПОХА» (Al,O₃ = 24,1%). Результаты проведенных исследований могут носить рекомендательный характер для выбора реагента и определения оптимальной дозы на водоочистных станциях, работающих на речной воде со схожими показателями качества.

Ключевые слова: питьевая вода, водоподготовка, коагуляция, алюминия полиоксихлорид

EFFICIENCY OF VARIOUS ALUMINUM POLYOXYLORIDE BASED COAGULANTS AT THE PREPARATION OF DRINKING WATER IN VARIOUS SEASONS OF THE YEAR

Maltseva E.Yu., Skrypnik L.N.

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, e-mail: LSkrypnik@kantiana.ru

Natural water is a complex multi-component dynamic system. The water of surface sources prior to feeding it to the consumer is purified of mechanical additives, usually with pre-treatment of water with reagents during coagulation, flocculation, and filtration, as well as disinfection. To enhance the efficiency of processes of precipitation and filtration and to increase the effect of clarification and discoloration chemical treatment of water is used. In this regard, the technology of clarification and discoloration is supplemented by a number of auxiliary technological processes, which collectively are called coagulation. In this paper, a study of the effectiveness of various coagulants in the preparation of drinking water was carried out. The object of the study was water from the river Staraya Pregolya and the drinking reservoir. Standard methods for determination of turbidity, chromaticity, permanganate index, and aluminum concentration were used. To select the most effective coagulant the following reagents based on aluminum polyoxychloride of various grades were studied: «EPOCHA» (Al $_2$ O $_3$ = 22.3%); «EPOCHA» (Al $_2$ O $_3$ = 23.8%); «EPOCHA» (Al $_2$ O $_3$ = 24.1%); «EPOCHA» (Al $_2$ O $_3$ = 24.6%); and aluminum hydroxochloride grade B (HCA), Al,O₃ = 44.1% with different chemical composition and content of the active substance. During the study of the seasonal changes of water quality from the Staraya Pregolya River and the drinking reservoir, it was found that the most problematic period for water treatment is October-November. The studies have shown that the most effective coagulant is «EPOCHA» with concentration of Al,O, 24.1%. The results of this study can be used by choosing a reagent and determining the optimum dose at water treatment plants working with river water characterized by similar quality parameters.

Keywords: drinking water, water treatment, coagulation, aluminum polyoxychloride

Водоснабжение является одной из важнейших отраслей техники, направленной на повышение уровня жизни людей, благо-устройство населенных пунктов, развитие промышленности и сельского хозяйства. Качество воды природных источников, так же как и требования, предъявляемые к качеству воды, используемой различными потребителями, весьма разнообразны. Вода

может быть использована для хозяйственно-бытовых целей, нужд пищевой промышленности, охлаждения, нужд паросилового хозяйства, технологических нужд промышленности, сельского хозяйства. Качество питьевой воды в коммунальных водопроводах нормируется Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиениче-

ские требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества» [1].

Природные воды представляют собой сложную многокомпонентную динамическую систему, в состав которой входят: соли, органические вещества, газы, диспергированные примеси, гидробионты, бактерии и вирусы [2]. Все используемые для целей водоснабжения природные источники воды могут быть отнесены к двум основным группам:

- а) поверхностные источники реки и озера; б) подземные источники грунтовые
- и артезианские воды и родники [3].

Характерными качествами речной воды являются ее относительно большая мутность, высокое содержание органических веществ, бактерий, значительная цветность воды. Вода озер обычно обладает весьма малым содержанием взвешенных веществ, кроме прибрежной зоны, где мутность воды возникает в результате волнения. Поверхностные источники характеризуются большими колебаниями качества воды и количества загрязнений в отдельные периоды года [3].

Воду поверхностных источников перед подачей ее потребителю очищают от механических примесей, обычно с предварительной обработкой воды реагентами - коагулированием и флокулированием и фильтрованием, а также обеззараживанием. Для осветления и обесцвечивания воды используют два основных технологических процесса: осаждение и фильтрование. Для ускорения процессов осаждения и фильтрования и для повышения эффекта осветления и обесцвечивания применяют химическую обработку воды [4]. В связи с этим технология осветления и обесцвечивания дополняется рядом вспомогательных технологических процессов, которые в совокупности называются коагулированием воды.

Процесс коагуляции взвешенных и коллоидных примесей может быть осуществлен как самостоятельная ступень в технологической обработке воды, а может сочетаться с процессом осаждения или с процессом фильтрования.

Целью данной работы явилось исследование эффективности различных коагулянтов при подготовке питьевой воды. Для реализации этой цели поставлены следующие задачи:

1) исследовать исходную воду из р. Старая Преголя и питьевого водохранилища по показателям: мутность, цветность, перман-

ганатная окисляемость в различные сезоны года;

2) изучить эффективность водоподготовки при использовании различных коагулянтов.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на пилотном испытательном комплексе, который представляет собой модель стандартной водопроводной станции.

Для оценки сезонных изменений показателей цветности, мутности, перманганатной окисляемости проводились исследования на воде различных источников. В качестве объекта исследования использовалась вода из р. Старая Преголя и питьевого водохранилища в течение 2016 г. Водохранилище—искусственный резервуар, пополняемый из р. Старая Преголя. Исследования по выбору наиболее эффективных реагентов проводились на воде из питьевого водохранилища, имеющей температуру 1° С, цветность — 90 ± 5 град., мутность — 3.76 ± 1.50 мг/л, перманганатную окисляемость — 13.8 ± 0.7 мгО/л.

Для выбора наиболее эффективных реагентов и их оптимальных доз были проведены исследования с применением таких коагулянтов на основе полиоксихлорида алюминия различных марок: «ЭПОХА», $Al_2O_3 = 22.3\%$; «ЭПОХА», $Al_2O_3 = 23.8\%$; «ΘΠΟΧΑ», $Al_2O_2 = 24.1\%$; «ЭПОХА», $Al_{3}O_{3} = 24,6\%$; й гидроксохлорид алюминия марки Б (ГХА), $\hat{A}l_2O_3 = 4\hat{4}, 1\%$. с разным химическим составом и содержанием основного действующего вещества. При проведении пробной коагуляции во все пробы добавлялся в равных количествах полиоксихлорид алюминия марки АКВА-АУРАТ 18 с концентрацией действующего вещества (Al₂O₃) 9 мг/л, гипохлорит натрия марки А на стадии первичного хлорирования в количестве 6 мг/л, флокулянт анионного типа Суперфлок по 0,30 мг/л.

В процессе эксперимента определялось количество образующегося осадка, условия его уплотнения в режиме седиментации, также проводились анализы по определению показателей: остаточный алюминий с использованием алюминона (метод Б) согласно ГОСТ 18165-2014 [5], цветность согласно ГОСТ 31868-2012 [6], перманганатная окисляемость по ПНД Ф 14.1:2:4.154-99 [7]. Содержание остаточного алюминия после использования коагулянтов рассчитывали по градуировочному графику.

Каждый эксперимент проводился в пяти повторностях. На графиках и в таблице

представлены средние значения с указанием стандартного отклонения. Для выявления статистически достоверных различий между вариантами эксперимента данные обрабатывались с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). В качестве критерия достоверности различий использовался тест Тьюки (Tukey's HSD test) при уровне значимости р < 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенных исследований изучалось сезонное изменение цветности, мутности и перманганатной окисляемости в р. Старая Преголя и питьевом водохранилище. Результаты исследований сезонных изменений мутности представлены на рис. 1.

На представленном графике четко прослеживаются относительно незначительные изменения мутности в питьевом водохранилище в разные сезоны года в отличие от реки. Мутность воды, забираемой для водоснабжения из реки, значительно больше мутности воды, забираемой из водохранилища, особенно в паводочный период. Так мутность в р. старая Преголя в паводочный период может достигать 11,9 мг/л, при этом в водохранилище она не превышает 4,2 мг/л. В период паводков (весной и при сильных дождях) мутность воды в реках и водохранилищах повышается, что вызывает затруднения в водоснабжении и заиление водохранилища [8]. При этом, помимо уменьшения объема водохранилища вследствие отложения на дне его осадка, заиление вызывает также омертвление значительной части объема воды в водохранилище вследствие загрязнения ее придонного слоя, находящегося в непосредственном контакте с илом [9].

Цветность, как в р. Старая Преголя, так и в питьевом водохранилище, связана с сезонными изменениями и имеет схожую динамику (рис. 2). Цветность, так же как и мутность, в паводковый период повышается. В водохранилище эта тенденция более плавная. Из графиков видно, при относительно невысокой мутности цветность повышается от 44 град. в июне до 96 град. в ноябре. В реке летом в воде увеличивается содержание органических веществ, а в водохранилище в этот период наблюдается цветение воды; соответственно изменяется и цветность воды. Цветение воды обусловливается массовым развитием растительных и животных организмов - планктона. Причинами, обусловливающими изменение цветности воды, могут быть и коллоидные соединения железа, гуминовые вещества, взвешенные вещества [8].

Окисляемость воды измеряется количеством кислорода, которое необходимо для окисления содержащихся в воде органических веществ. На рис. 3 приведено сезонное изменение перманганатной окисляемости исходной воды из р. Старая Преголя и питьевого водохранилища. Из представленных на рисунке данных видно, что перманганатная окисляемость повышается в октябре ноябре до 15,85 мгО/л, при этом наименьший уровень отмечается в июле – сентябре. Окисляемость природных вод колеблется в весьма широких пределах; наименьшая она в грунтовых водах, в речных водах величина окисляемости может колебаться от 1 до 60 мгО/л [3].



Рис. 1. Сезонные изменения мутности в р. Старая Преголя и питьевом водохранилище



Рис. 2. Сезонные изменения цветности в р. Старая Преголя и питьевом водохранилище



Рис. 3. Сезонные изменения перманганатной окисляемости в р. Старая Преголя и питьевом водохранилище

Природная вода, мутная и цветная, сама по себе содержит вещества различной природы: коллоидный гумус и минеральные вещества. Но, кроме того, при химической обработке воды, ее состав обогащается еще одним коллоидным веществом — оксид алюминия. Все эти вещества различной природы одновременно участвуют в процессе коагуляции [10]. В период паводков и нагонных ветров исходная вода характеризуется вялым протеканием процесса коагуляции, что связано с низкой температурой воды, малой мутностью и высокой цветностью [11].

Для того чтобы подобрать наиболее эффективные реагенты для очистки воды, а также для определения их оптимальных доз, использовался метод пробного коагулирования [12]. Исследование проводилось

на различных коагулянтах на основе полиоксихлорида алюминия различных марок: «АКВА-АУРАТ 18», $Al_2O_3=16,7\%$; «ЭПОХА», $Al_2O_3=22,3\%$; «ЭПОХА», $Al_2O_3=23,8\%$; «ЭПОХА», $Al_2O_3=24,1\%$; «ЭПОХА», $Al_2O_3=24,1\%$; «ЭПОХА», $Al_2O_3=44,1\%$; с разным химическим составом и содержанием основного действующего вещества.

На основании эксперимента установлено, что наибольший эффект очистки по всем показателям достигается при использовании ГХА ($Al_2O_3 = 44,1\%$) и «ЭПОХА» ($Al_2O_3 = 24,1\%$). Результаты представлены на рис. 4–5. Важным показателем при проведении пробного коагулирования является цветность. В пробах с применением коагулянта «ЭПОХА» (24,1%) и ГХА (44,1%) она

самая низкая и составила 7 и 9 градусов соответственно. Перманганатная окисляемость была в норме 4,5 мгО/л и 4,72 мгО/л с применением «ЭПОХА» (24,1%) и ГХА (44,1%).

По результатам содержания остаточного алюминия в воде можно говорить о качестве процесса коагуляции, как видно из диаграммы (рис. 5), наименьшая концентрация алюминия

была в пробах водах, обработанных коагулянтами «ЭПОХА» (24,1%) и ГХА (44,1%) и составляла 0,04 мг/л и 0,06 мг/л соответственно.

В таблице представлены обобщённые данные по показателям цветности, перманганатной окисляемости и содержанию остаточного алюминия в воде при использовании различных коагулянтов.

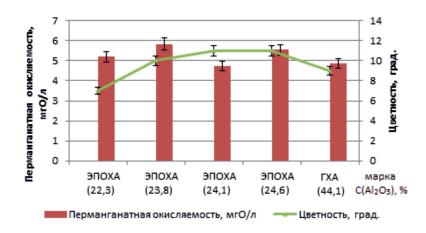


Рис. 4. Зависимость перманганатной окисляемости и цветности от вида коагулянта

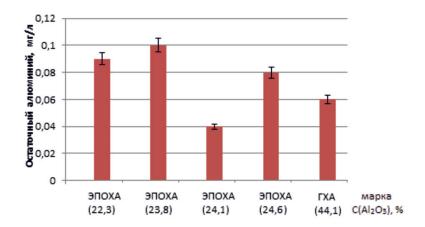


Рис. 5. Зависимость содержания остаточного алюминия от вида коагулянта

Эффективность различных коагулянтов на основе полиоксихлорида алюминия при подготовке питьевой воды

Марка коагулянта $C(Al_2O_3)$,%	Цветность, град.	Перманганатная окисляемость, мгО/л	Остаточный алюминий, мг/л
«ЭΠΟΧΑ» ($Al_2O_3 = 22,3\%$)	$7,2 \pm 0,4^{c*}$	$5,21 \pm 0,27$ ^{bc}	0.09 ± 0.005^{b}
«ЭПОХА» ($Al_2O_3 = 23.8\%$)	$10,3 \pm 0,5^{ab}$	$5,84 \pm 0,30^{a}$	$0,10 \pm 0,005^{a}$
«ЭПОХА» ($Al_2O_3 = 24,1 \%$)	$11,0 \pm 0,6^{a}$	$4,72 \pm 0,25^{d}$	0.04 ± 0.002^{e}
«ЭΠΟΧΑ» ($Al_2O_3 = 24,6\%$)	$11,2 \pm 0,4^{a}$	$5,54 \pm 0,29^{ab}$	$0.08 \pm 0.004^{\circ}$
$\Gamma XA (Al_2O_3 = 44,1\%)$	$9,3 \pm 0,5^{b}$	$4,88 \pm 0,25^{cd}$	0.06 ± 0.003 ^d

 Π р и м е ч а н и е . * различными латинскими буквами обозначены достоверно различимые средние значения согласно тесту Тьюки при р < 0,05.

Заключение

В ходе изучения сезонных изменений р. Старая Преголя и питьевого водохранилища установлено, что наиболее проблемным периодом для обработки воды являются октябрь — ноябрь. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективным коагулянтом является «ЭПОХА» $(Al,O_2=24,1\%)$.

Результаты проведенных исследований могут носить рекомендательный характер для выбора реагента и определения оптимальной дозы на водоочистных станциях, работающих на речной воде со схожими показателями качества.

Список литературы

- 1. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 2001. 40 с.
- 2. О проблеме безопасности реагентов, применяемых для водоподготовки и водоочистки / А.В. Иванов и [др.] // Гигиена и санитария. 2014. Ne 5. C. 58–61.
- 3. Хохрякова Е.А., Резник Я.Е. Водоподготовка / Под ред. д.т.н. С.Е. Беликова. М.: Издательский Дом «АкваТерм», 2007.-240 с.
- 4. Миркина Е.Н. Проблемы очистки воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения / Е.Н. Миркина, М.П. Горбачева // Современные тенденции в образовании и науке. Тамбов: Бизнес Наука Общество, 2013. С. 43–45.
- 5. ГОСТ 18165-2014 Вода. Методы определения содержания алюминия. М.: Стандартинформ, 2015. 49 с.
- 6. ГОСТ 31868-2012. Вода. Методы определения цветности. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
- 7. ПНД Ф 14.1:2:4.154-99 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод. М.: 3AO «POCA», 2012. 14 с.
- 8. Любимова О.Е. Оценка риска штормовых наводнений и их геоэкологических последствий в устьевой области реки Преголи (Калининградская область): дис.... канд. геогр. наук. Калининград, 2012. 166 с.
- 9. Алексеева Л.П. Основные методы интенсификации процессов очистки воды на водопроводных станциях / Л.П. Алексеева, Г.В. Дружинина // Водоснабжение и канализация. -2009. -№ 3. C. 62–70.
- 10. Войтов Е.Л. Очистка маломутных высокоцветных природных вод в реакторе-осветлителе / Е.Л. Войтов,

- Ю.Л. Сколубович, А.Ю. Сколубович // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 6. С. 126—130.
- 11. Великанов Н.Л. Изменчивость качества воды реки Преголя / Н.Л. Великанов, В.А. Наумов, Л.В. Маркова // Вода: химия и экология. − 2016. № 8. С. 82–88.
- 12. ГОСТ Р 51642-2000. Коагулянты для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общие требования и метод определения эффективности. М.: Госстандарт России, 2000. 15 с.

References

- 1. SanPiN 2.1.4.1074-01 Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody` centralizovanny`x sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol` kachestva. M., 2001. 40 p.
- 2. O probleme bezopasnosti reagentov, primenyaemy`x dlya vodopodgotovki i vodoochistki / A.V. Ivanov i [dr.] // Gigiena i sanitariya. -2014. N = 5. P. 58-61.
- 3. Xoxryakova E.A., Reznik Ya.E. Vodopodgotovka / Pod red. d.t.n. S.E. Belikova. M.: Izdatel`skij Dom «Akva-Term», 2007. 240 p.
- 4. Mirkina E.N. Problemy' ochistki vody' v sistemax xozyajstvenno-pit'evogo vodosnabzheniya / E.N. Mirkina, M.P. Gorbacheva // Sovremenny'e tendencii v obrazovanii i nauke. Tambov: Biznes-Nauka-Obshhestvo, 2013. P. 43–45.
- 5. GOST 18165-2014 Voda. Metody` opredeleniya soderzhaniya alyuminiya. M.: Standartinform, 2015. 49 p.
- 6. GOST 31868-2012. Voda. Metody` opredeleniya czvetnosti. M.: Standartinform, 2014. 12 p.
- 7. PND F 14.1:2:4.154-99 Kolichestvenny'j ximicheskij analiz vod. Metodika vy'polneniya izmerenij permanganatnoj okislyaemosti v probax pit'evy'x, prirodny'x i stochny'x vod. M.: ZAO «ROSA», 2012. 14 p.
- 8. Lyubimova O.E. Ocenka riska shtormovy`x navodnenij i ix geoe`kologicheskix posledstvij v ust`evoj oblasti reki Pregoli (Kaliningradskaya oblast`): dis.... kand. geogr. nauk. Kaliningrad, 2012. 166 p.
- 9. Alekseeva L.P. Osnovny`e metody` intensifikacii processov ochistki vody` na vodoprovodny`x stanciyax / L.P. Alekseeva, G.V. Druzhinina // Vodosnabzhenie i kanalizaciya. − 2009. № 3. P. 62–70.
- 10. Vojtov E.L. Ochistka malomutny`x vy`sokoczvetny`x prirodny`x vod v reaktore-osvetlitele / E.L. Vojtov, Yu.L. Skolubovich, A.Yu. Skolubovich // Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Stroitel`stvo. − 2008. − № 6. − P. 126–130.
- 11. Velikanov N.L. Izmenchivost` kachestva vody` reki Pregolya / N.L. Velikanov, V.A. Naumov, L.V. Markova // Voda: ximiya i c`kologiya. 2016. № 8. P. 82–88.
- 12. GOST R 51642-2000. Koagulyanty` dlya xozyajstvenno-pit`evogo vodosnabzheniya. Obshhie trebovaniya i metod opredeleniya e`ffektivnosti. M.: Gosstandart Rossii, 2000. 15 p.

УДК 574.24:631.42(470.57)

ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ ГОРОДА БИРСКА И БИРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Онина С.А., Козлова Г.Г., Минина Н.Н., Панчихина Е.В., Усманов С.М.

Бирский филиал Башкирского государственного университета, Бирск, e-mail: onina svetlana@mail.ru

В настоящей статье приведены результаты исследования аналитических показателей почв г. Бирска и Бирского района Республики Башкортостан. Изучен состав почв, отобранных с различных участков. Рассмотрена проблема загрязнения почв в условиях антропогенного воздействия. Описаны основные токсиканты почв, поступающие в нее в результате деятельности человека и воздействие данных загрязнителей на живые организмы. Для изучения состава почв и содержания в них загрязнителей были отобраны образцы почв с территорий, подвергающихся значительному антропогенному воздействию и один контрольный образец, который данному воздействию не подвергается. В работе приведены результаты сравнения показателей основных загрязнителей почв с предельно допустимой концентрацией данных веществ в почве с учетом фонового содержания, характерного для данной территории. Содержание меди, марганца и цинка в исследуемых образцах связано с наличием их в почвообразующих породах и внесением в виде удобрений в качестве микроэлементов, необходимых для нормальной жизнедеятельности растений. Содержание никеля в почвах связано с использованием сельскохозяйственной техники, изготовленной из этого металла, с осадками сточных вод и использованием некоторых видов фосфорных удобрений. Наличие в образцах почвы свинца связано с использованием на протяжении многих лет тетраэтилсвинца в качестве присадки для повышения октанового числа в топливе. Концентрация токсичных элементов (ртуть, мышьяк) меньше предела обнаружения, предусмотренного соответствующей методикой. Проведенные исследования позволили отнести все образцы почв к определенным типам, связанным с различными классификациями, и показали, что на данных территориях в почвах не наблюдается повышенного содержания тяжёлых металлов, пестицидов, фенолов, нитратов. Следовательно, почвы Бирска и Бирского района Республики Башкортостан находятся в благоприятном состоянии. Полученные материалы могут служить основой для дальнейшего мониторинга данных территорий.

Ключевые слова: почва, агрокомплекс, отходы, пестициды, загрязнение, токсикант

STUDY OF SOIL ANALYTICAL INDICATORS OF BIRSK CITY AND BIRSK DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Onina S.A., Kozlova G.G., Minina N.N., Panchikhina E.V., Usmanov S.M.

Birsk Branch of Bashkir State University, Birsk, e-mail: onina svetlana@mail.ru

This article is dedicated to the study of soil's analytical indicators of Birsk and Birsk district of Republic of Bashkortostan. The composition of soils selected from different sites has been studied. The problem of soil contamination under conditions of anthropogenic impact is considered. The main toxicants of soils entering into it as a result of human activity and the impact of these pollutants on living organisms are described. To study the composition of soils and the content of pollutants in them, samples were taken from territories subject to significant anthropogenic impact and one control sample which is not exposed to this effect. The article presents the results of comparison of indicators of soil pollutants with the maximum permissible concentration of these substances in the soil, taking into account the background content characteristic for this territory. The content of Cu, Mn and Zn in the studied samples is associated with their presence in soil-forming rocks and introduction in the form of fertilizers as microelements necessary for normal plant life. Ni content in soils is associated with the use of agricultural machinery made of this metal, with sewage sludge and the use of certain types of phosphorus fertilizers. The presence of lead in soil samples is associated with the use of tetraethyl lead as an additive for increasing the octane number in the fuel for many years. The concentration of toxic elements (Hg, As) is less than the limit of detection provided by the relevant procedure. The studies carried out made it possible to classify all soil samples to certain types associated with different classifications and showed that in these territories there is no increased content of heavy metals, pesticides, phenols, nitrates in soils. Consequently, the soils of Birsk and Birsk District of Republic of Bashkortostan are in a favorable state. The research materials can serve as a basis for further monitoring of these territories.

Keywords: soil, agrocomplex, waste, pesticides, pollution, toxicant

В настоящее время проблемы экологии и отношения человека к природе становятся все более актуальными. С ростом научного прогресса и промышленного производства увеличивается и негативное антропогенное воздействие на природу. Происходит загрязнение элементов биосферы: воды, почвы и воздуха. На сегодняшний день решение проблемы сохранения окружающего мира в наиболее благоприятном состоянии для

проживания людей, сохранения и поддержания качества их жизни является приоритетной задачей. Также важна задача уменьшения негативного воздействия на природу со стороны человека для приостановления процессов ее разрушения.

Одним из основных компонентов биосферы является почва. Именно почвенная оболочка определяет многие процессы и изменения, происходящие в биосфере. Почва играет огромную роль в накоплении органического и минерального вещества, различных химических элементов, а также энергии. Почвенный покров выполняет важные функции: биогеоценотические, ноосферные и биосферные. Почва в наибольшей степени подвергается антропогенному воздействию. Она поглощает, разрушает и нейтрализует различные загрязнения. Если это звено биосферы будет разрушено, то сложившееся функционирование биосферы необратимо нарушится [1, с. 102].

С каждым годом, как отмечается многими исследователями (Е.Н. Тихоновой [2, с. 81–82], В.П. Серединой [3, с. 284–285], Д.Ю. Ступиным [4, с. 310–312]), все большую актуальность приобретает тема загрязнения почв различными токсикантами, поступающими в нее в результате промышленной, производственно-хозяйственной и экономической деятельности. Так, приоритетными загрязнителями почвы являются:

- 1. Тяжелые металлы, поступающие в почву в результате деятельности предприятий металлургической и медеплавильной, машиностроительной и химической промышленности. На поверхность земли поступают медь, цинк, свинец, никель, молибден, кобальт, ртуть, железо, марганец. Тяжелые металлы делятся по классам опасности. К І классу относят кадмий, ртуть, свинец, цинк, ртуть, бериллий; ко II – кобальт, хром, медь, молибден, никель; к III – барий, вольфрам, стронций [5, с. 213]. Тяжелые металлы вызывают у человека серьезные физиологические нарушения, токсикоз, аллергию, онкологические заболевания, отрицательно влияют на зародыш и генетическую наследственность [6, с. 231].
- 2. Нитраты. Как известно, азот необходим растениям для их нормальной жизнедеятельности, потеря его почвой особенно опасна. Это приводит к торможению роста и делению растительных клеток, поскольку азот нужен для синтеза белков, хлорофилла, при этом снижается и производство органического вещества [7, с. 103]. Но следует отметить, что азот в виде нитратов при повышенном содержании может наносить вред живым организмам (тканевая гипоксия, анемия).
- 3. Органические вещества (фенолы, пестициды). Пестициды применяются в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками, насекомыми, различными болезнями. Накапливаясь в почвах, пестициды отрицательно действуют на растения, а попадая в живые организмы, в основном по пищевым цепям, являются причиной многих заболеваний [8, с. 43].

Цель работы: изучение аналитических показателей проб почвы Бирска и Бирского района республики Башкортостан, подвергающихся разным антропогенным воздействиям

Материалы и методы исследования

В работе приведены результаты аналитических показателей проб почвы Бирска и Бирского района республики Башкортостан, подвергающихся различным антропогенным воздействиям.

Объектами исследования стали образцы почвы:

- № 1 Полигон твердых бытовых отходов г. Бирска.
- № 2 Агрокомплекс с. Бурново Бирского района.
- № 3 Автозаправочная станция (АЗС) «Башнефть» г. Бирска.
- № 4 Участок окрестности с. Калинники Бирского района.

Объекты № 1–3 являются участками, подвергающимися значительному воздействию со стороны человека, объект № 4 не подвержен антропогенному воздействию. Участки, с которых были отобраны пробы почв, отмечены на картах (рис. 1, 2).

В ходе исследования были заложены пробные площади, на которых проводился отбор образцов почв по общепринятым методикам по ГОСТ 17.4.4.02-84 [9] для химического анализа методом конверта с вышеуказанных территорий.

Результаты исследования и их обсуждение

Подготовка проб почв к анализу проводилась по ГОСТ 26483-85 [10]. По данному стандарту была приготовлена водная и солевая вытяжка и с помощью рН-метра (настроенный по трем буферным растворам: 4.01, 6.86, 9.18) измерен их водородный показатель. Данные измерений приведены в табл. 1.

Для всех почв было определено количество органического вещества (гумуса), влажности. Полученные данные измерений приведены в табл. 2.

По содержанию гумуса (1,5–3,0%), водородному показателю и влажности (до 26%) все исследуемые пробы почв можно отнести к дерново-подзолистым.

На практике по показателям влажности почву делят на сухую (влажность 10–15%), свежую (влажность 20–30%), сырую (влажность 31–50%) и мокрую (влажность более 50%), когда вода выпускает влагу без давления. Все исследуемые образцы почвы мож-

но отнести к сухой почве, так как показатели влажности варьируются от 10 до 15%.

По значениям обменной кислотности образец с полигона ТБО можно отнести к сильнокислому виду почв (pH < 4,0); образец с агрокомплекса с. Бурново – к близкому к нейтральному виду (pH = 5,5-6,0); почву участка с окрестности с. Калинники - к нейтральным почвам (pH = 6.0 - 7.0); с территорий $A3C - \kappa$ щелочным почвам (pH > $\overline{7}$).

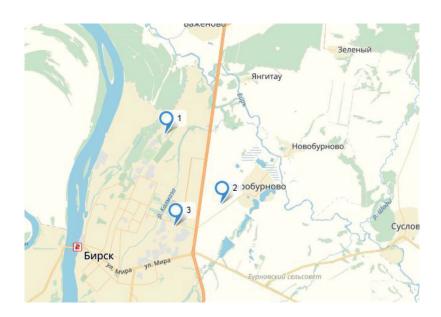


Рис. 1. Участки отбора проб № 1–3

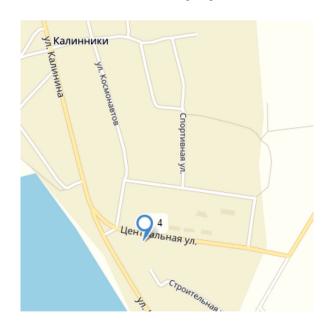


Рис. 2. Участок отбора пробы № 4

Таблица 1 рН водной и солевых вытяжек почв

	ПДК		Полигон ТБО Агрокомплекс		Участок окрестности
		г. Бирск	с. Бурново	г. Бирск	с. Калинники
рН водной вытяжки	5–8	6,8	6,9	6,9	6,8
рН солевой вытяжки	5–8	6,3	5,6	6,7	5,9

Нитраты необходимы растениям для роста и развития, но при повышенном содержании они могут наносить вред живым организмам, следовательно, для них установлена ПДК. Значения показателей нитратов в исследуемых образцах находятся в пределах значений ПДК. Азот, находящийся в нитритной форме, при достаточном увлажнении почвы и при активной деятельности микроорганизмов очень быстро окисляется до нитратного азота, поэтому содержание его в исследуемых образцах незначительное. Аммонийный азот необходим растениям для их жизнедеятельности. Он не приносит вред живым организмам, поэтому его предельное значение не установлено. Содержание ионов аммония во всех исследуемых образцах менее 10. Данные значения относятся к очень низкому содержанию.

Повышенное содержание хлорид-ионов в исследуемых образцах свидетельствует о засолении почв данных участков, что, вероятно, связано с содержанием данного вида анионов в подземных водах, которые протекают по данным территориям.

Определение тяжелых металлов и мышьяка проводили атомно-абсорционным методом по М-МВИ-80-2008 [11]. Результаты измерений занесены в табл. 3. Данные приведены в сравнении с ПДК данных веществ в почве с учетом фона (кларка) по ГН 2041-06 [12].

По результатам проведенных испытаний превышение ПДК тяжелых металлов и мышьяка в исследованных образцах почвы не обнаружено. Однако отмечается повышенное содержание меди и свинца в пробах почв на территориях полигона ТБО и АЗС и никеля в пробах почв, взятых с участков агрокомплекса с. Бурново и АЗС. Концентрация остальных элементов примерно одинакова во всех исследуемых объектах, что соответствует естественному содержанию в данных условиях.

Содержание меди, марганца и цинка в исследуемых образцах связано с наличием их в почвообразующих породах и внесением в виде удобрений в качестве микроэлементов, необходимых для нормальной жизнедеятельности растений.

 Таблица 2

 Состав почвы и общие показатели

Наименование вещества	Полигон ТБО г. Бирска	Агрокомплекс с. Бурново			Величина ПДК (мг/кг) с учетом фона
Гумус,%	2,5	3,2	1,3	2,8	
Влажность	10,68	14,53	11,15	13,84	
Кислотность обменная	3,6	5,9	7,6	7,0	
Нитраты (по N0 ₃ -) (мг/кг)	2,7	7,5	5,6	4,3	130,0
Нитриты (по NO ₂ -) (мг/кг)	1,5	1,5	1,4	1,8	Не установлена
Азот аммоний- ный (мг/кг)	4,9	9,0	4,4	5,5	Не установлена
Хлориды (мг/кг)	672,49	775,39	693,26	871,76	560

Таблица 3 Содержание в почвах тяжелых металлов и мышьяка

			1			
Наименование	Формула	Полигон ТБО	Агрокомплекс	A3C	Участок	Величина ПДК
вещества		г. Бирска	с. Бурново	г. Бирска	окрестности	(мг/кг) с учетом
		(мг/кг)	(мг/кг)	1	с. Ќалинники	фона
Медь	Cu	0,940	0,540	1,007	0,108	3,0
Никель	Ni	0,749	0,987	1,308	0,632	4,0
Марганец	Mn	635,61	605,47	765,2	557,95	1500
Цинк	Zn	1,932	1,623	1,974	1,342	23,0
Свинец	Pb	0,786	0,456	0,721	0,421	6,0
Ртуть	Hg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,1
Мышьяк	As	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,0

Таблица 4

Содержание в почве органических веществ

Наименование вещества	Полигон ТБО г. Бирска	Агрокомплекс с. Бурново	АЗС г. Бирска	Участок окрестности с. Калинники	Величина ПДК с учетом фона
Летучие фенолы (мг/кг)	<0,01	< 0,01	<0,01	<0,01	2,1
ГХЦГ (гексахлорциклогексан) (мг/кг)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
ДДТ и его метаболиты (мг/кг)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1

Содержание никеля в почвах связано с использованием сельскохозяйственной техники, изготовленной из этого металла, с осадками сточных вод и использованием некоторых видов фосфорных удобрений.

Наличие в образцах почвы свинца связано с использованием на протяжении многих лет тетраэтилсвинца в качестве присадки для повышения октанового числа в топливе.

Концентрация токсичных элементов (ртуть, мышьяк) меньше предела обнаружения, предусмотренного соответствующей методикой.

Определение в пробах пестицидов проводилось хроматографическим методом по методикам, регламентируемым ГОСТ Р 53217-2008 [13]. Определение фенолов — фотометрическим методом по методике ПНД Ф 16.1:2.3:3.44-05 [14]. Результаты исследований приведены в табл. 4.

По данным проведенных исследований органические вещества (фенолы, пестициды) в образцах почвы не обнаружены.

Выводы

В ходе проведения испытаний изучен состав исследуемых образцов почв, определены их аналитические показатели. По результатам испытаний можно сделать вывод о том, что в исследуемых образцах почв Бирска и Бирского района превышение содержания тяжелых металлов, токсичных элементов, нитратов, фенола и пестицидов не обнаружено, что указывает на благоприятное состояние почв Бирска и Бирского района Республики Башкортостан. Полученные материалы могут служить основой для дальнейшего мониторинга данных территорий.

Список литературы

- 1. Гасанова Е.С. Химия почв / Е.С. Гасанова, В.В. Котов, К.Е. Стекольников. Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2014. 176 с.
- 2. Тихонова Е.Н. Экология почв / Е.Н. Тихонова. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, 2015. 90 с.

- 3. Середина В.П. Загрязнение почв. / В.П. Середина Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2015. 346 с.
- 4. Ступин Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления / Д.Ю. Ступин. СПб.: Изд-во «Лань», 2009.-432 с.
- 5. Добровольский Г.В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. М.: Изд-во Московского университета, 2012.-412 с.
- 6. Чумаков А.М. Глобализация. Контуры целостного мира. 3-е издание: монография / А.М. Чумаков. М.: Российская академия наук, 2016.-525 с.
- 7. Дмитренко В.П. Экологический мониторинг техносферы: учебное пособие / В.П. Дмитренко, Е.В. Сотникова, А.В. Черняев. СПб.: Изд-во «Лань», 2014. 368 с.
- $8.\$ Мартынова Н.А. Химия почв. Органическое вещество почв / Н.А. Мартынова. Иркутск: Иркутский государственный университет, $2011.-255\$ с.
- 9. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Изд-во стандартов, 1984. 8 с.
- 10. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Издательство стандартов, 1985.-6 с.
- 11. М-МВИ-80-2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии. СПБ., 2008. 36 с.
- 12. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти № 10 2006 Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 10 с.
- 13. ГОСТ Р 53217-2008. Качество почвы. Определение содержания хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов. Газохроматографический метод с электронозахватным детектором. М.: Издательство стандартов, 2008. 23 с.
- 14. ПНД Ф 16.1:2.3:3.44-05. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли летучих фенолов в пробах почв, осадках сточных вод и отходов фотометрическим методом после отгонки с водяным паром. М.: Издательство стандартов, 2005.-17 с.

References

- 1. Gasanova E.S. Ximiya pochv / E.S. Gasanova, V.V. Kotov, K.E. Stekol`nikov. Saarbryukken: Palmarium Academic Publishing, 2014. 176 p.
- 2. Tixonova E.N. E'kologiya pochv / E.N. Tixonova. Voronezh: Voronezhskij gosudarstvenny'j lesotexnicheskij universitet imeni G.F. Morozova, 2015. 90 p.
- 3. Seredina V.P. Zagryaznenie pochv / V.P. Seredina Tomsk: Nacional'ny'j issledovatel'skij Tomskij gosudarstvenny'j universitet, 2015. 346 p.

- 4. Stupin D.Yu. Zagryaznenie pochv i novejshie texnologii ix vosstanovleniya / D.Yu. Stupin. Sankt-Peterburg: Izdatel`stvo «Lan`», 2009. 432 p.
- 5. Dobrovol`skij G.V. E`kologiya pochv. Uchenie ob e`kologicheskix funkciyax pochv/ G.V. Dobrovol`skij, E.D. Nikitin. M.: Izdatel`stvo Moskovskogo universiteta, 2012. 412 p.
- 6. Chumakov A.M. Globalizaciya. Kontury` celostnogo mira. 3-e izdanie. Monografiya / A.M. Chumakov. M.: Rossijskaya akademiya nauk, 2016. 525 p.
- 7. Dmitrenko V.P. E`kologicheskij monitoring texnosfery`: uchebnoe posobie/ V.P. Dmitrenko, E.V. Sotnikova, A.V. Chernyaev. Sankt-Peterburg: Izdatel`stvo «Lan`», 2014. 368 p.
- 8. Marty`nova N.A. Ximiya pochv. Organicheskoe veshhestvo pochv / N.A. Marty`nova. Irkutsk: Irkutskij gosudarstvenny`j universitet, 2011. 255 p.
- 9. GOST 17.4.4.02-84. Oxrana prirody`. Pochvy`. Metody` otbora i podgotovki prob dlya ximicheskogo, bakteriologicheskogo, gel`mintologicheskogo analiza. M.: Izdatel`stvo standartov, 1984. 8 p.

- 10. GOST 26483-85. Pochvy`. Prigotovlenie solevoj vy`tyazhki i opredelenie ee pH po metodu CINAO. M.: Izdatel`stvo standartov, 1985. 6 p.
- 11. M-MVI-80-2008. Metodika vy`polneniya izmerenij massovoj doli e`lementov v probax pochv, gruntov i donny`x otlozheniyax metodami atomno-e`missionnoj i atomno-absorbcionnoj spektrometrii. Sankt-Peterburg, 2008. 36 p.
- 12. GN 2.1.7.2041-06. Predel`no dopustimy`e koncentracii (PDK) ximicheskix veshhestv v pochve. Byulleten` normativny`x aktov federal`ny`x organov ispolnitel`noj vlasti № 10 2006 Federal`ny`j centr gigieny` i e`pidemiologii Rospotrebnadzora, 2006. -10 p.
- 13. GOST R 53217-2008. Kachestvo pochvy`. Opredelenie soderzhaniya xlororganicheskix pesticidov i polixlorirovanny`x bifenilov. Gazoxromatograficheskij metod s e`lektronozaxvatny`m detektorom. M.: Izdatel`stvo standartov, 2008. 23 p.
- 14. PND F 16.1:2.3:3.44-05. Kolichestvenny'j ximicheskij analiz pochv. Metodika vy'polneniya izmerenij massovoj doli letuchix fenolov v probax pochv, osadkax stochny'x vod i otxodov fotometricheskim metodom posle otgonki s vodyany'm parom. M.: Izdatel'stvo standartov, 2005. 17 p.

УДК 630*181.343:630*.431.3:630*.547

ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИХ НЕУПРАВЛЯЕМОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Вомперский С.Э., Глухова Т.В., Гульбе А.Я., Сиземская М.Л., Стороженко В.Г.

Институт лесоведения РАН, с. Успенское Московской области, e-mail: root@ilan.ras.ru

Комплексное изучение лесных экосистем в разных природных зонах европейской территории России выявило критические «болевые точки», возникающие при их неуправляемом использовании. В частности, в южной тайге при исследовании экологических последствий низовых пожаров в сосновых лесах на мелиорированных болотах дана оценка условий распространения огня по площади и в глубь торфа, уточнены представления о потенциальной опасности пожаров, связанной с осушением лесных болот. Показано, что даже несильные низовые пожары гибельны для древостоев. Потери органического вещества верхним слоем торфа в приканальных полосах составляют 3.24 ± 0.57 кг·м⁻², в середине между осушительными каналами 2.31 ± 0.85 кг м 2 . При оценке ресурсного потенциала и средообразующей роли древесно-кустарниковой растительности, формирующейся на бывших сельскохозяйственных землях при их зарастании, выявлены закономерности динамики основных показателей биологической продуктивности и оценена интенсивность накопления древостоями органического вещества в молодняках березы. Несмотря на интенсивное естественное изреживание древостоя, годичная продукция его надземной части в возрастной период 8–10 лет существенно превышает суммарную массу опада и отпада. Так, при величине годичной продукции 12,5 т га 1 год 1 суммарная масса отпада и опада составляет 53 % от годичной продукции. Доказано, что в зоне лесостепи сохранение дуба как стратегически важной с позиций экосистемного биоразнообразия и сохранения генофонда хозяйственно необходимой государству коренной породы возможно только при её искусственном воспроизводстве на площадях сплошных вырубок с применением методов, обеспечивающих непрерывный цикл уходов за создаваемыми культурами. В засушливом прикаспийском регионе России изучено современное состояние лесных экосистем и выявлены основные тренды развития землепользования под влиянием изменяющегося климата и антропогенного воздействия. Разрабатываются подходы для уменьшения рисков и последствий неуправляемого использования природных ресурсов европейской территории России.

Ключевые слова: лесные экосистемы, низовые пожары, южная тайга, отпад древостоя, биологическая продуктивность, береза, залежь, лесостепь, дуб, воспроизводство, аридные регионы, мониторинг, оптимизация

FEATURES OF THE FOREST ECOSYSTEMS STATUS IN DIFFERENT NATURAL ZONES OF EUROPEAN RUSSIA IN CONDITIONS OF THEIR UNREGULATED USAGE

Vomperskiy S.E., Glukhova T.V., Gulbe A.Ya., Sizemskaya M.L., Storozhenko V.G.

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Moscow region, e-mail: root@ilan.ras.ru

A comprehensive research of some forest ecosystem components in different natural zones of the European territory of Russia revealed critical «pain points» arising from their unregulated usage. In particular, in the South taiga in the study of ecological consequences of ground fires in pine forests on ameliorated marshlands the assessment of conditions of fire spread over the area and into the depths of the peat was given, and the ideas about the potential danger of fires associated with deforestation were determined. It was shown that even low-intensity ground fires are fatal for tree stands. The loss of organic matter in the upper layer of peat in the channel strips is $3,24 \pm 0,57$ kg m⁻², in the middle between the drainage channels $2,31 \pm 0,85$ kg m⁻² correspondingly. At estimation of the resource potential and the environmental-forming role of tree and shrub vegetation formed on former agricultural lands during their overgrowing, the regularities of the dynamics of the main indicators of biological productivity are revealed and the intensity of the accumulation of organic matter by tree-stands in birch saplings is estimated. Despite intensive natural sparsing of a forest stand, annual production of its overground part in the age period of 8-10 years significantly exceeds total weight of a litter fall and wood debris. Thus, with an annual output of 12.5 tons hard yeard, the total mortmass is 53 % of annual production. It has been proved that in the forest-steppe zone conservation of oak as strategically important from the point of view of ecosystem biodiversity and preservation of the gene pool by the economically necessary indigenous species is possible only if it is artificially reproduced in the areas of solid felling using methods that ensure a continuous cycle of care for the crops. In the arid Caspian region of Russia the current state of forest ecosystems is studied and the main trends of land use development under the influence of the changing climate and anthropogenic impact are revealed. The approaches to reduce the risks and consequences of unregulated usage of natural resources in the European territory of Russia are being developed.

Keywords: forest ecosystems, ground fires, southern taiga, forest stand decline, biological productivity, birch, fallow lands, forest-steppe zone, oak, reproduction, arid regions, monitoring, optimization

Устойчивое управление земельными ресурсами – важнейшее условие развития общества, предполагающее использование почвы, воды, животного и растительного мира для производства

товаров, отвечающих изменяющимся нуждам и требованиям людей. В то же время оно должно обеспечивать долговременное поддержание продукционного потенциала этих ресурсов и сохранение их экологиче-

ских функций. В разных регионах европейской части России при неуправляемом использовании территорий велик риск возникновения критических «болевых точек», связанных с отсутствием должного ведения хозяйства, продуманной политики рационального природопользования. Оценка лесного потенциала России в условиях вызовов XXI века возносится в ранг приоритетных национальных интересов [1]. В этой связи в подзоне южной тайги актуально исследование экологических последствий низовых пожаров в лесах на мелиорированных болотах [2]. Там же остро стоит вопрос о зарастании лесом заброшенных сельскохозяйственных земель [3]. В зоне лесостепи для лесного хозяйства России наиболее актуальна проблема усыхания дуба черешчатого (Quercus robur L.) в районах его коренного произрастания и трансформации ценных дубовых древостоев в менее ценные смешанные лиственные формации [4, 5]. В полупустынном регионе на одно из первых мест выходит ухудшение состояния естественной растительности и лесных культур в условиях антропогенного прессинга и изменения климата [6, 7].

Цель работы — оценка последствий неуправляемого использования территорий разных природных зон для поиска путей оптимизации их природообустройства и рационального природопользования.

Материалы и методы исследования

Работы выполнены на базе сети стационаров Института лесоведения РАН (ИЛАН РАН), расположенных в разных природных зонах европейской территории России.

В подзоне южной тайги на Западнодвинском лесоболотном стационаре (Тверская обл.) в подвергшихся низовому пожару болотных сосняках заложены 4 пробные площади от 0,15 до 0,24 га в местах разной интенсивности пожара и степени дренажа, а также контрольные пробные площади, не затронутые пожаром [2, 8]. На базе стационара «Городище» Северной ЛОС (Ярославская обл.) создана сеть постоянных пробных площадей, на которых в режиме долговременного мониторинга ведется изучение динамики биологической продуктивности и изменения морфоструктуры лесных фитоценозов на неиспользуемых сельскохозяйственных землях [9]. В филиале ИЛАН РАН Теллермановском опытном лесничестве (Воронежская обл.) на основе критического анализа современных методов выращивания дубовых лесов, изучения состояния, факторов деградации деревьев и древостоев дуба предложены новые оригинальные методы воспроизводства дубовых древостоев в зоне их коренного произрастания [5, 10]. На Джаныбекском стационаре (Волгоградская обл.) в полупустыне Северного Прикаспия проанализированы данные уникального, длительного (более 60 лет) мониторинга климата, почвенно-гидрологических условий, состояния травянистых и лесных экосистем и их трансформации в современных условиях хозяйствования [11]. Методика работ включала в себя стандартные подходы, используемые в лесоведении, лесной таксации, почвоведении, гидрологии, ботанике при проведении комплексных биогеоценотических мониторинговых стационарных исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Лесоэкологические последствия жаров на осушенных лесных болотах. Практически неизвестны специальные исследования последствий пожаров на осушенных лесных болотах в части специфики поражения и гибели древостоев и нижних (напочвенных) ярусов растительности, механизма распространения огня по площади, особенностей восстановления фитоценозов, потенциальной и действительной опасности пожаров и борьбы с ними. Даже несильные низовые пожары гибельны для древостоев на осушенных торфяниках по сравнению с естественно дренированными почвами, где низовой пожар не переходит в почвенный. Последствия пожара связаны, прежде всего, с гибелью более продуктивных, чем до осушения, древостоев. Во всех случаях причиной гибели деревьев были ожоги или сгорание камбиального слоя стволов и хвои тонкомера, выгорание мелких корней в поверхностном слое торфяной почвы и повреждение (отмирание) камбия толстых корней у основания стволов. Значительная часть древостоя оказалась пораженной уже на стадии собственно низового пожара до его перехода в стадию почвенноторфяного. Низовой пожар в осущенных кустарничково-сфагновых сосняках привел к отпаду 80–90% древостоя [2]. Основной отпад происходил в первые 2-3 постпирогенных года [12]. После мозаичного прогорания напочвенного покрова и верхних слоев торфа в кустарничково-сфагновых сосняках меняется соотношение фитомассы

кустарничково-травяного и мохового ярусов. Фактически исчезают сфагновые мхи, их место занимают политриховые. Усиливается рост кустарничков и трав, они становятся главными продуцентами, в 2 раза превышающими годичную продукцию допожарного уровня.

Изучение лесоэкологических последствий пожаров на осущенных лесных болотах показало, что эти болота в редких случаях предельно выгорают на эту глубину осушения (20-30 см), в отличие от естественных болот. Потери органического вещества верхнего слоя торфа в приканальных полосах сильно варьируют и составляют 3.24 ± 0.57 кг·м⁻² (n = 22), в середине между осушительными каналами 2.31 ± 0.85 кг·м⁻² (n = 17). Глубина выгорания торфа меньше в середине между осушительными каналами, чем вблизи них. Даже при прекращении стока по осушительной сети, когда вода в каналах едва проступает, они служат препятствием для распространения огня на соседние территории, что необходимо учитывать при планировании и проведении противопожарных мероприятий. Полученные результаты потерь органического вещества при пожарах на лесных болотах подтверждают важность учета таких потерь [13, 14] для понимания баланса углерода в болотных биогеоценозах и обоснования их охраны.

Продукционно-биометрическая оценка молодняков древесных пород на залежи в южной тайге центра Русской равнины. В проводимых в России лесоводственных исследованиях лесовосстановление традиционно зачастую связано с лесопользованием (рубки) и последствиями природных катастроф, преимущественно с пожарами [15, 16]. Процесс формирования древостоев на залежах в таежной зоне Центра Русской равнины, получивший широкое распространение на рубеже XX–XXI веков, изучен крайне слабо, хотя его познание имеет важное теоретическое и практическое значение [17, 18].

Для оценки ресурсного потенциала и средообразующей роли формирующихся на бывших сельскохозяйственных землях древесных фитоценозов проведен анализ и выявлены закономерности динамики основных показателей биологической продуктивности (массы, годичной продукции, нетто-продукции и прироста мортмассы по фракциям) в молодняках берёзы, играющей ведущую роль в заселении бывших сельскохозяйственных угодий.

Молодняки березы на заброшенных сельскохозяйственных землях характеризуются быстрыми темпами накопления надземной фитомассы, которое сопровождается увеличением доли стволов, некоторым снижением представительства скелета крон со значительными колебаниями и постепенным снижением доли листьев. Нетто-продукция надземной фитомассы березняков в 5-летнем возрасте и в возрастном интервале 8-10 лет составляет 5,8-5,9 т·га⁻¹·год⁻¹ с преобладанием (примерно 80%) фракции стволов [9]. Максимальных для региона значений годичной продукции (10–12 т-га-1-год-1) молодняки березы достигают уже к возрасту 10 лет. Несмотря на интенсивное естественное изреживание древостоев на стадии молодняка, годичная продукция их надземной части в этот период существенно превышает суммарную массу опада и отпада, обеспечивая ускоренное накопление фитоценозом органического вещества. В 4-летнем возрасте суммарная масса отпада и опада составляет 47% годичной продукции, в 5-летнем – 33 %. На компенсацию отпада и опада расходуется около 15% продукции древесных фракций, при этом у фракции стволов эта величина возрастет с 5 до 16%, а у скелета крон уменьшается с 75 до 10%. В возрастной период 8-10 лет суммарная масса отпада и опада составляет 53% от годичной продукции. На компенсацию отпада и опада расходуется около 42,2% продукции древесных фракций, при этом у фракции стволов эта величина составляет 34,3%, а у скелета крон -72,5% [9].

При одновременном поселении березы и ели на залежи на дерново-палевоподзолистых супесчаных почвах к 15-летнему возрасту ель вследствие своих биологических особенностей отстает в росте от березы и обособляется в виде яруса подроста. По величине надземной фитомассы и ее структуре березовый древостой близок к средним значениям этих показателей для древостоев такого же возраста в сходных условиях произрастания. Ценопопуляция ели под пологом древостоя, несмотря на значительную густоту, значительно уступает и по фитомассе, и по годичной продукции близким по возрасту еловым культурам. В возрастной период 15-23 года при величине годичной продукции древостоя березы 6,68 т·га-1-год-1, суммарная масса отпада и опада составляет 2,27 т \cdot га $^{-1}$ ·год $^{-1}$ (34% от годичной продукции). Выявлена динамика вклада

различных ярусов в надземную фитомассу и годичную продукцию насаждения. В этот возрастной период доля древостоя березы в надземной фитомассе сообщества сокращается с 92,3 до 86,3%, доля подроста ели возрастает с 7,2 до 13,6%, доля травяного покрова сокращается с 0,5 до <0,1%. Годичная продукция насаждения имеет сходную динамику: доля древостоя сокращается с 86,7 до 75,1%, доля подроста возрастает с 10,3 до 24,4%, доля травяного покрова сокращается с 3,0 до 0,4% [19].

Полученные результаты исследований восполняют недостаток информации о росте и продукционном процессе молодых древостоев березы на залежи в южной тайге. Закономерности формирования молодняков могут использоваться в качестве основы для решения ряда задач: прогноза лесообразовательного процесса на залежах; определения роли молодняков в углеродном цикле лесных экосистем; обоснования системы лесохозяйственных мероприятий, направленных на выращивание высокопродуктивных древостоев с учетом целевого назначения лесов и особенностей региональных социально-экономических условий.

Деградация, трансформация и воспроизводство дубовых лесов в лесостепи на территории Европейской России. Проблема усыхания дуба черешчатого (Quercus robur L.) в регионах его коренного произрастания в зоне лесостепи и, как следствие, трансформация дубовых древостоев в смешанные лиственные леса без его участия в составе насаждений выходит в число наиболее актуальных для лесного хозяйства России [5, 20, 21]. В последние 100 лет произошло три волны усыхания дубовых лесов на территории России: 1892-1911, 1927-1946 и 1964-1983 гг. В настоящий период развивается очередная волна усыхания дубовых лесов. К числу факторов, определяющих их усыхание, относятся: изменение климатических показателей в регионе лесостепи и ассоциированные с ними изменения водного баланса территорий, воздействие энтомогенных и микогенных факторов, а также несовершенство всего комплекса лесоводственных и лесохозяйственных приемов воспроизводства дубовых древостоев на сплошных вырубках, в том числе дубовых лесов.

Деградация дуба выражается в сокращении объемов крон деревьев в древостоях всех возрастных групп как естественного, так и искусственного происхождения. Степень деградации крон дуба в сравнении с ясенем обыкновенным, клёном остролистным и липой мелколистной варьирует от 30% у липы до 50% у клена остролистного. Таким образом, дуб в древостоях как естественного происхождения, возникших на площадях сплошных рубок спелых древостоев из поросли пней, так и в культурах разного возраста имеет самые низкие показатели состояния в составе сомкнутого древостоя по сравнению с другими лесообразующими породами, конкурирующими с ним за свет и почвенное питание.

Трансформация дубовых древостоев в лиственные без участия дуба в составе формирующихся насаждений связана с деградационными процессами как отклик на невозможность дуба конкурировать с наиболее быстро растущими и территориально агрессивными ясенем, клёном, липой и другими подлесочными породами, в первую очередь лещиной. К тому же светолюбивые всходы дуба не выдерживают конкуренции с травянистой растительностью и подлеском, тем более под сомкнутым пологом древостоя [5].

В таблице наглядно показана тенденция смены дуба на менее ценные породы за 130–140 лет (период роста насаждения до главной рубки).

Изменение формулы состава насаждения естественного происхождения за период 130–140 лет

Состав древостоев в разные периоды учёта на пробных площадях	Спелые на вырубках	Перестойные
Формула по массе коренного древостоя, 1878–1883 гг.	1 ярус 5Д3Лп2Яс+Кл 2ярус 5Лп4Кл1Ил	1 ярус 6Д2Лп2Кл+Ил 2 ярус 4Кл3Лп3Ил
Формула по количеству деревьев 1-го яруса 2014–2015 гг.	4Лп3Кло2Д1Я+Клп,Вз	4Кло3Вз1Клп1Д1Яо+Лп
Формула подроста на 2014–2015 гг.	7Клп2Кло1Вз+Лп,Яс,Д	5Клп3Кло1Яо1Вз+Д,Лп

Примечание. Обозначения: Д – дуб черешчатый, Яс – ясень обыкновенный, Кло – клен остролистный, Клп – клен полевой, Лп – липа сердцевидная, Вз – вяз гладкий.

В филиале ИЛАН РАН Теллермановском опытном лесничестве разработана и внедрена в практику система интенсивного воспроизводства дуба в формате непрерывного цикла уходов за культурами до возраста смыкания полога дубового древостоя (примерно до 15 лет), после которого дуб полностью занимает все корневое и световое пространство территории посева и никакие сопутствующие породы не могут с ним конкурировать [10]. Формируется высокополнотный дубовый древостой с 8-10 единицами дуба в составе. При этом исключаются два вида рубок ухода (прореживание и проходные рубки), что значительно удешевляет весь цикл выращивания дубового древостоя.

Таким образом, сохранение дуба в зоне лесостепи как стратегически важной с позиций экосистемного биоразнообразия и сохранения генофонда хозяйственно необходимой государству коренной породы возможно только при её искусственном воспроизводстве на площадях сплошных вырубок с применением методов, обеспечивающих непрерывный цикл уходов за создаваемыми культурами.

Состояние естественных и искусственных лесных экосистем в полупустынном регионе и перспективы их агролесомелиоративной оптимизации. В аридных регионах России на современном этапе происходит повсеместное зарастание сорной растительностью пахотных земель, усыхание, распад и гибель защитных лесных насаждений, усиление эрозионных процессов, ежегодные бесконтрольные пожары и другие нежелательные явления. К тому же развитие способов земледелия за историческое время претерпело значительные изменения. Здесь отмечается резкое уменьшение объемов производства сельскохозяйственных культур и животноводческой продукции. Существенное воздействие на состояние экосистем оказало потепление аридного климата (в среднем на 2,2°С) с середины XX века, а также подъем уровня грунтовых вод на территории Северного Прикаспия [22]. На этом фоне отмечена периодичность в увлажненности территории за счет изменения количества атмосферных осадков. Выявлено, что эти климатические изменения не нарушают динамически-равновесного состояния естественных экосистем (например, продуктивности целинных фитоценозов, поголовья диких животных), однако длительные периоды засух вызывают необратимое ухудшение состояния и гибель лесных посадок, а также многолетние неурожаи зерновых культур на зональных типах почв, нарушая стабильность сельскохозяйственного освоения территории [14]. Эти земли легко подвергаются антропогенному опустыниванию при нарушении баланса в функционировании природных экосистем при перевыпасе, выращивании монокультур, орошении засоленных почв. Реформирование сельского хозяйства (вернее, саморегуляция) происходит спонтанно и бессистемно, и сейчас, как никогда, необходима четко сформулированная программа по оптимизации природопользования в этом регионе. Основой землепользования в таких засушливых условиях должно стать бережное отношение к возобновляемым природным ресурсам – воде и плодородию почв. Применяемые технологии должны быть социально значимыми, экологически безопасными, а в рыночных условиях еще и функционально необходимыми, малозатратными и прибыльными [23]. Эти положения удовлетворяются при создании небольших рентабельных крестьянско-фермерских хозяйств, расположенных дискретно по территории и применяющих ресурсосберегающие технологии.

Заключение

Для оптимизации рационального природопользования в разных регионах европейской части России выявлены критические «болевые точки», возникающие при неуправляемом использовании территорий. Проведено изучение экологических последствий низовых пожаров на осущенных мелиорированных болотах в лесах южной тайги; дана продукционно-биометрическая оценка молодняков древесных пород на неиспользуемых сельскохозяйственных землях; изучены факторы деградации и восстановления дубрав в лесостепной зоне; проведены мониторинг и оценка современного состояния естественной растительности и искусственных лесных насаждений в аридных регионах в современных условиях хозяйствования. Результаты исследований позволят в зональном аспекте разработать некоторые подходы к оптимизации рационального природопользования в разных регионах ЕТР.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России».

Список литературы

- 1. Макар С.В. Лесной потенциал России: вызовы XXI века и национальные приоритеты / С.В. Макар // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2010. N_0 3. C. 9—13
- 2. Условия и последствия пожаров в сосняках на осущенных болотах / С.Э. Вомперский [и др.] // Лесоведение. $2007.-N\!\!_{2}$ 6. С. 35–44.
- 3. Голубева Л.В. Зарастание древесной растительностью постагрогенных земель на карбонатных отложениях в Архангельской области / Л.В. Голубева, Е.Н. Наквасина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. № 210. С. 25–36.
- 4. Харченко Н.А. Сукцессионные процессы в дубравах Центральной лесостепи как результат их деградации / Н.А. Харченко, Н.Н. Харченко, Е.Е. Мельников // Лесной вестник. -2009. -№ 5 (68). -С. 192–195.
- 5. Стороженко В.Г. Динамика трансформации дубрав и дереворазрушающие базидиальные грибы Теллермановского леса / В.Г. Стороженко, В.М. Коткова, П.А. Чеботарев // Лесной вестник. 2014. № 4 (103). С. 77–84.
- 6. Золотокрылин А.Н. Биоклиматическая субгумидная зона на равнинах России: засухи, опустынивание/деградация / А.Н. Золотокрылин, Е.А. Черенкова, Т.Б. Титкова // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 13–19.
- 7. Sapanov M.K. Ecological issues of arid forest cultivation in works of the Dzhanybek Research Station (60-year experience) / M.K. Sapanov // Contemporary Problems of Ecology. 2012. Vol. 5. N2 7. P. 677–682.
- 8. Глухова Т.В. Влияние низового пожара на потери органического вещества торфом в осушенных сосняках верхового болота / Т.В. Глухова, С.Э. Вомперский // Болотные экосистемы Северо-Востока Европы и проблемы экологической реставрации в зоне многолетней мерзлоты: материалы международного полевого симпозиума (Инта Сыктывкар Нарьян-Мар, 22 июля 4 августа 2017 г.). Сыктывкар, 2017. С. 75–77.
- 9. Динамика биологической продуктивности молодняков березы на залежи / Я.И. Гульбе [и др.] // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2016. – Вып. 46. – С. 12–16.
- 10. Чеботарёва В.В. Формирование искусственных дубовых древостоев в регионах лесостепной зоны Европейской части России / В.В. Чеботарёва, П.А. Чеботарёв // Флора и растительность центрального Черноземья. Матер. науч. конф. Курск: Изд-во Курского гос. университета, 2014. С. 174–179.
- 11. Сиземская М.Л. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия / М.Л. Сиземская. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2013 276 с
- 12. Копотева Т.А. Влияние пожаров на функционирование фитоценозов торфяных болот Среднеамурской низменности / Т.А. Копотева, В.А. Купцова // Экология. 2016. № 1. С. 14-21.
- 14. Benscoter B.W. Variability in organic matter lost by combustion in a boreal bog during the 2001 Chisholm fire / B.W. Benscoter, R.K. Wieder // Can. J. Forest Res. 2003. Vol. 33. P. 2509–2513.
- 15. Иванов В.В. Роль рубок и пожаров в динамике лесов бассейна озера Байкал / В.В. Иванов, М.Д. Евдокименко // Лесоведение. 2017. № 4. С. 256–269.
- 16. Назаренко Е.Б. Проблемы и перспективы интенсификации лесопользования и ведения лесного хозяйства / Е.Б. Назаренко, О.В. Гамсахурдия, Н.П. Еременко // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2017. № 2. С. 31–37.
- 17. Природная и антропогенная фрагментация растительного покрова Валдайского поозерья / Е.А. Бело-

- новская [и др.] // Известия РАН. Серия географическая. 2014. N_{2} 5. С. 67—82.
- 18. Лепёхин А.А. Процесс наступления лесонасаждений на поле, его причины и способы устранения / А.А. Лепёхин, В.И. Турусов // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 1. С. 18–20.
- 19. Гульбе Я.И. Возрастная динамика биологической продуктивности березняка на залежи / Я.И. Гульбе, А.Я. Гульбе, Т.А. Гульбе, Л.С. Ермолова // Биотехнология, генетика, селекция в лесном и сельском хозяйстве, мониторинг экосистем: материалы международной научно-технической конференции. Воронеж: ООО «Издательство Ритм», 2017. С. 263—268.
- 20. Харченко Н.А. К вопросу о происхождении дубрав в Центральной лесостепи / Н.А. Харченко, Н.Н. Харченко // Лесотехнический журнал. -2013. -№ 3 (11). C. 43–50.
- 21. Царалунга В.В. Внешние признаки патологии дуба черешчатого. / В.В. Царалунга, Е.С. Фурменкова, А.А. Крюкова. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. лесотех. университета им. Г.Ф. Морозова, 2015. 228 с.
- 22. Сапанов М.К. Экологические последствия потепления климата в Северном Прикаспии / М.К. Сапанов // Аридные экосистемы. -2018. T. 24, № 1 (74). C. 18–28.
- 23. Сиземская М.Л. Современное состояние экосистем и стратегия адаптивного природопользования в полупустыне Северного Прикаспия / М.Л. Сиземская, М.К. Сапанов // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 5 (45). Спецвыпуск. С. 15—24.

References

- 1. Makar S.V. Lesnoj potencial Rossii: vy`zovy` XXI veka i nacional`ny`e prioritety` / S.V. Makar // Nacional`ny`e interesy`: prioritety` i bezopasnost`. − 2010. − № 3. − P. 9–13.
- 2. Usloviya i posledstviya pozharov v sosnyakax na osushenny`x bolotax / S.E`. Vomperskij [i dr.] // Lesovedenie. 2007. N_2 6. P. 35–44.
- 3. Golubeva L.V. Zarastanie drevesnoj rastitel`nost`yu postagrogenny`x zemel` na karbonatny`x otlozheniyax v arxangel`skoj oblasti / L.V. Golubeva, E.N. Nakvasina // Izvesti-ya Sankt-Peterburgskoj lesotexnicheskoj akademii. 2015. № 210. P. 25–36.
- 4. Xarchenko N.A. Sukcessionny`e processy` v dubravax Central`noj lesostepi kak rezul`tat ix degradacii / N.A. Xarchenko, N.N. Xarchenko, E.E. Mel`nikov // Lesnoj vestnik. 2009. № 5 (68). P. 192–195.
- 5. Storozhenko V.G. Dinamika transformacii dubrav i derevorazrushayushhie bazidial`ny`e griby` Tellermanovskogo lesa / V.G. Storozhenko, V.M. Kotkova, P.A. Chebotarev // Lesnoj vestnik. 2014. № 4 (103). P. 77–84.
- 6. Zolotokry`lin A.N. Bioklimaticheskaya subgumidnaya zona na ravninax Rossii: zasuxi, opusty`nivanie/degradaciya / A.N. Zolotokry`lin, E.A. Cherenkova, T.B. Titkova // Aridny`e e`kosistemy`. − 2018. − T. 24, № 1(74). − P. 13−19.
- 7. Sapanov M.K. Ecological issues of arid forest cultivation in works of the Dzhanybek Research Station (60-year experience) / M.K. Sapanov // Contemporary Problems of Ecology. 2012. Vol. 5. N27. P. 677–682.
- 8. Gluxova T.V. Vliyanie nizovogo pozhara na poteri organicheskogo veshhestva torfom v osushenny`x sosnyakax verxovogo bolota / T.V. Gluxova, S.E.'. Vomperskij // Bolotny`e e`kosistemy` Severo-Vostoka Evropy` i problemy` e`kologicheskoj restavracii v zone mnogoletnej merzloty`: materialy` mezhdunarodnogo polevogo simpoziuma (Inta Sy`kty`vkar Nar`yan-Mar, 22 iyulya 4 avgusta 2017 g.). Sy`kty`vkar, 2017. P. 75–77.
- 9. Dinamika biologicheskoj produktivnosti molodnyakov berezy` na zalezhi / Ya.I. Gul`be [i dr.] // Aktual`ny`e problemy` lesnogo kompleksa. 2016. Vy`p. 46. P. 12–16.
- 10. Chebotaryova V.V. Formirovanie iskusstvenny`x dubovy`x drevostoev v regionax lesostepnoj zony` Evropejskoj chasti Rossii / V.V. Chebotaryova, P.A. Chebotaryov // Flora i

- rastitel'nost' central'nogo Chernozem'ya. Mater. nauch. konf. Kursk: Izd-vo Kurskogo gos. universiteta, 2014. P. 174–179.
- 11. Sizemskaya M.L. Sovremennaya prirodno-antropogennaya transformaciya pochv polupusty`ni Severnogo Prikaspiya / M.L. Sizemskaya. M.: Tov-vo nauchny`x izdanij KMK, 2013. 276 p.
- 12. Kopoteva T.A. Vliyanie pozharov na funkcionirovanie fitocenozov torfyany`x bolot Sredneamurskoj nizmennosti / T.A. Kopoteva, V.A. Kupczova // E`kologiya. 2016. № 1. P 14–21
- 13. Efremova T.T. Stages of litter transformation in bog birch forests / T.T. Efremova [et al.] // Eurasian Soil Science. 2009. Vol. 42. $N\!\!$ 10. P. 1120–1129.
- 14. Benscoter B.W. Variability in organic matter lost by combustion in a boreal bog during the 2001 Chisholm fire/B.W. Benscoter, R.K. Wieder// Can. J. Forest Res. 2003. Vol. 33. P. 2509–2513.
- 15. Ivanov V.V. Rol`rubok i pozharov v dinamike lesov bassejna ozera Bajkal / V.V. Ivanov, M.D. Evdokimenko // Lesovedenie. 2017. № 4. P. 256–269.
- 16. Nazarenko E.B. Problemy` i perspektivy` intensifikacii lesopol`zovaniya i vedeniya lesnogo xozyajstva / E.B. Nazarenko, O.V. Gamsaxurdiya, N.P. Eremenko // Sovremennaya nauka: aktual`ny`e problemy` teorii i praktiki. Seriya: E`konomika i pravo. 2017. 201
- 17. Prirodnaya i antropogennaya fragmentaciya rastitel`nogo pokrova valdajskogo poozer`ya / E.A. Belonovs-

- kaya [i dr.] // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2014. № 5. P. 67–82.
- 18. Lepyoxin A.A. Process nastupleniya lesonasazhdenij na pole, ego prichiny` i sposoby` ustraneniya / A.A. Lepyoxin, V.I. Turusov // Dostizheniya nauki i texniki APK. 2016. T. 30, № 1. P. 18–20.
- 19. Gul`be Ya.I. Vozrastnaya dinamika biologicheskoj produktivnosti bereznyaka na zalezhi / Ya.I. Gul`be, A.Ya. Gul`be, T.A. Gul`be, L.S. Ermolova // Biotexnologiya, genetika, selekciya v lesnom i sel`skom xozyajstve, monitoring e`kosistem: materialy` mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. Voronezh: OOO «Izdatel`stvo Ritm», 2017. P. 263–268.
- 20. Xarchenko N.A. K voprosu o proisxozhdenii dubrav v Central`noj lesostepi / N.A. Xarchenko, N.N. Xarchenko // Lesotexnicheskij zhurnal. 2013. N $\!\!\!_{2}$ 3 (11). P. 43–50.
- 21. Czaralunga V.V. Vneshnie priznaki patologii duba chereshchatogo. / V.V. Czaralunga, E.S. Furmenkova, A.A. Kryukova. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo gos. lesotex. universiteta im. G.F. Morozova, 2015. 228 p.
- 22. Sapanov M.K. E`kologicheskie posledstviya potepleniya klimata v Severnom Prikaspii / M.K. Sapanov // Aridny`e e`kosistemy`. 2018. T. 24, № 1(74). P. 18–28.
- 23. Sizemskaya M.L. Sovremennoe sostoyanie e`kosistem i strategiya adaptivnogo prirodopol`zovaniya v polupusty`ne Severnogo Prikaspiya / M.L. Sizemskaya, M.K. Sapanov // Aridny`e e`kosistemy`. − 2010. − T. 16, № 5(45). Speczvy`pusk. − P. 15–24.

УДК 631.417.1:631.472.71(571.56)

СКОРОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА ПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА ЗАБРОШЕННЫХ ПАШЕН В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

^{1,2}Десяткин А.Р., ¹Филиппов Н.В., ¹Федоров П.П., ³Ивасаки Ш.

¹ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск, e-mail: desyatkinar@rambler.ru;

²ΦГБУН «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова», СО РАН, Якутск; ³Сельскохозяйственная школа, Университет Хоккайдо, Япония, e-mail: i.shinya19@gmail.com

Естественным хранилищем природного углерода является почвенный покров нашей планеты, при нарушении которого происходит активный вынос углерода в атмосферу, перестраивая глобальный баланс углерода в биосфере. Одним из основных факторов, вызывающих нарушения почвенного покрова, является деятельность человека. Центральная Якутия является одним из самых северных очагов земледелия. Путем раскорчевки тайги здесь были созданы огромные площади пашен. При этом отмечается лишь кратковременное увеличение сельскохозяйственной продуктивности новых пахотных земель. При работе пашен наблюдается значительная потеря почвенного углерода, и, наоборот, при выведении пашен из оборота сельхозугодий увеличивается содержание С в почве. Объекты изучения локализованы на Лено-Амгинском междуречье в Центральной Якутии. Климатические условия региона являются суровыми и не предполагают высокой продуктивности растительности и быстрого темпа разложения органических остатков. Зональный тип почвы – мерэлотная палевая, развитая под лиственничным лесом (Larix Gmelinii). Изучены 3 действующие, 5 заброшенных пашен. Для контроля заложены 5 точек в ненарушенных естественных экотопах, характерных для данного региона. Показано, что в Центральной Якутии при переустройстве лесного массива в пашню существенные изменения происходят в физических свойствах почв, происходит существенная потеря почвенной влаги, сопровождаемая уплотнением, возрастает рН, увеличивается засоленность почв. При изъятии культивируемых земель из сельскохозяйственного оборота происходит постепенное восстановление естественной структуры и улучшение физико-химических свойств почв бывших пахотных угодий. Содержание $C_{\text{общ}}$ в почвах заброшенных пахотных земель Центральной Якутии достигает первоначального уровня в течение 20 лет.

Ключевые слова: Центральная Якутия, углерод, пашни, почва, восстановление

CARBON ACCUMULATION RATE IN TOP SOIL HORIZON OF ABANDONED ARABLE LANDS UNDER CENTRAL YAKUTIA CONDITIONS

^{1,2}Desyatkin A.R., ¹Filippov N.V., ¹Fedorov P.P., ³Iwasaki Sh.

¹Institute for biological problems of cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: desyatkinar@rambler.ru; ²Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk;

³Graduate school of agriculture, Hokkaido University, Japan, e-mail: i.shinya19@gmail.com

Soil cover is the natural storage of carbon in our planet, under disturbance of which there is an active release of carbon into the atmosphere. It is affecting the global carbon balance in the biosphere. One of the main factor that causes disturbance of the soil cover is human activity. Central Yakutia is one of the northernmost centers of agriculture. Through the tearing up of the taiga, here were created a huge area of arable land. At the same time, only a short-term increase in the agricultural productivity of new arable land is noted. When creating an arable land, a significant loss of soil carbon is observed, and vice versa, when abandoning arable lands the content of C in the soil is restoring. The objects of the study are localized on the Leno-Amga interfluve in Central Yakutia. The climatic conditions of the region are severe and do not imply high productivity of vegetation and rapid rate of decomposition of organic matter. Zonal soil type is permafrost pale, developed under larch forest (Larix Gmelinii). Three working and five abandoned arable lands were studied. 5 plots of undisturbed natural ecotopes were chosen for characteristic of this region. It is shown that in Central Yakutia during the conversion of the forest massif into arable land, significant changes occur in the physical properties of soils, there is a significant loss of soil moisture accompanied by compaction, pH and soil salinity increase. While abandoning of cultivated lands from agricultural circulation, a gradual restoration of the natural structure and improvement of the physicochemical properties of the soils of former arable lands takes place. C content in the soils of abandoned arable land in Central Yakutia reaches its original intact level during 20 years.

Keywords: Central Yakutia, carbon, arable land, soil, restoration

Как известно, огромное количество природного углерода хранится в почвенном покрове нашей планеты, при минерализации которого происходит активный вынос углерода в атмосферу, перестраивая глобальный баланс углерода в биосфере. Основным фактором, вызывающим нарушения почвенного покрова, является деятельность

человека, один из основных — земледелие. Отмечено, что значительные изменения содержания почвенного С происходят при создании пашен и при выводе их из оборота сельхозугодий [1]. Таким образом, раскорчевка, вырубка леса и распашка целинных и залежных земель сопровождаются значительной динамикой содержания и потеря-

ми почвенного углерода и, соответственно, эмиссией С в атмосферу [2]. Показано, что выведение пашен из оборота увеличивает содержание С в почве, и заброшенные пашни становятся стоком атмосферного углерода [3; 4]. Баланс почвенного углерода определяется соотношением между количеством поступившего в нее органического материала и интенсивностью его разложения, которое зависит от многих факторов, таких как климат, свойства почвы и особенности землепользования.

Центральная Якутия является одним из самых северных очагов земледелия. Путем раскорчевки тайги здесь были созданы огромные площади пашен (113,6 тыс. га) из которых к 2000 г. функционировали всего лишь 78 тыс. га. По отчетным данным, в используемых пашнях Центральной Якутии наблюдаются процессы снижения гумуса, увеличения засоления, истощения питательных веществ, а на заброшенных - наблюдается усиление криогенных процессов, вызывающих оседание поверхности почвы. Кроме того, в Центральной Якутии отмечается лишь кратковременное увеличение сельскохозяйственной продуктивности новых обрабатываемых пахотных земель сразу после раскорчевки, за которым следует долговременное снижение, связанное не столько с истощением, сколько с уплотнением почв [5]. Также одной из основных причин исключения пашен из оборота является засоление почв, и это закономерно, при господстве выпотного водного режима почв в условиях семиаридного климата с годами усиливается аккумуляция водорастворимых веществ в поверхностных слоях почв открытых пространств, поэтому засоленные почвы более распространены в Центральной Якутии [6].

К настоящему моменту констатируется факт слабой изученности динамики изменения почвенного С при переводе естественных таежно-аласных ландшафтов на пахотные земли. В основном исследовательские работы по изучению углерода почв велись на пойменных пашнях в годы их активного использования [7; 8]. Поэтому целью нашей работы является изучение динамики запасов углерода пахотного горизонта мерзлотных палевых почв при цикле создание – функционирование – забрасывание сельскохозяйственных пахотных угодий и выявление скорости накопления почвенного С в природно-климатических условиях Центральной Якутии.

Материалы и методы исследования

Изучаемые объекты локализованы на Лено-Амгинском междуречье в Центральной Якутии. Климат региона резко континентальный, характеризующийся суровой зимой и жарким летом. Среднегодовая температура составляет – 9,65°C, с минимумом – 63 °C в январе и максимумом 38,3 °C в июле, теплый период длится с мая по сентябрь. Годовые осадки в среднем составляют 235 мм. Максимальное среднемесячное количество осадков приходится на июль и август и составляет 39 мм за оба месяца. Минимум - в феврале и марте, соответственно 8 и 6 мм. Таким образом, климатические условия региона являются суровыми и не предполагают высокой продуктивности растительности и быстрого темпа разложения органических остатков в течение короткого лета, что и должно быть главным лимитирующим фактором темпа оборота С в регионе.

Зональным типом почвы Центральной Якутии является мерзлотная палевая почва (классификация WRB, Cambic Turbic Cryosol), развитая под лиственничным лесом (Larix Gmelinii). Данная почва характеризуется тем, что максимум С сосредоточен в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте, глубже содержание С уменьшается [9].

Для изучения динамики С почв в 2014 г. были отобраны три действующие и пять заброшенных пашен разного возраста (табл. 1). Рядом, в естественных экотопах заложены 5 контрольных точек для сравнения начального состояния С в лесных почвах до создания пашен.

На момент отбора проб используемые пашни были засеяны овсом (Avena Sativa) высотой от 40 (UNA-W, TG-W) до 60 (NEM-W) см. Заброшенные пашни зарастали степной растительностью с доминированием Stipa capillata, Chenopodium album и Lappula squarossa. Высота травянистой растительности на этих участках в среднем составляла 40 см. Все пробы отбирались в тройной повторности с использованием объемного 100 мл кольца до глубины 30 см.

Анализы на содержание органического и неорганического углерода в почве, влажность почвы, объемную плотность (ОП), рН и электропроводность (ЭП) проводились в почвенной лаборатории ИБПК СО РАН с использованием общепринятых в почвоведении методов и анализаторов «B-173 conductivity meter, Horiba, Japan», «Flash 2000 NC-soil, Thermo Fisher Scientific».

Запасы органического и неорганического С (Мг С га⁻¹ 30 см⁻¹) каждого горизонта рассчитывались следующим образом:

Запас
$$C = O\Pi \times C \times H \times 10$$
,

где $O\Pi$ — объемная плотность грунта (Мг·м⁻³), C — содержание органического или неорганического углерода в почве (мг С кг⁻¹), а H — глубина горизонта грунта (см), 10 — коэффициент пересчета единиц.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенных исследований выявлено, что при переустройстве лесного массива в пашню существенные изменения происходят в содержании влаги в почве (табл. 2). Так, в ненарушенных лесных почвах влажность выше и в среднем составляет $11.9\pm3.5\%$, кг·кг-1. На рабочих пашнях же средняя влажность почв составила $9.4\pm2.0\%$, кг·кг-1, что почти сравнимо со средней влажностью заброшенных пашен $9.2\pm1.6\%$, кг·кг-1. Очевидно, что на открытых участках происходит существенная потеря почвенной влаги, которая влияет на продуктивность и активность биомассы, контролирует доступность кислорода и разложение органики [10].

На изученных площадках значительно изменяется объемная плотность почв (ОП): исходные лесные почвы имели существенный разброс от 0.99 ± 0.18 до 1.27 ± 0.10 Мг·м⁻³. На действующих пашнях плотность почв значительно увеличивается и составляет в среднем 1.35 ± 0.09 Мг·м⁻³. После вывода из хозяйственного оборота на заброшенных пашнях, в зависимости от возраста, на 36- и 20-летних залежах плотность несколько уменьшается, составляет 1.32 ± 0.11 и 1.31 ± 0.09 Мг·м⁻³, соответственно. Плотность почв молодой 5-летней залежи равна плотности действующей пашни $(1.35 \pm 0.17$ Мг·м⁻³). Средние значения всех рас-

смотренных точек показывают явные различия в плотности грунтов, которые начинаются с 1.17 ± 0.17 в лесной почве и увеличиваются до 1.36 ± 0.08 Мг·м⁻³ в функционирующей пашне. Полученные данные соответствуют результатам исследований коллектива авторов [11] которые отмечают, что при снятии агрогенного пресса в пашнях происходит самовосстановление естественных свойств почв.

Уровень pH в лесной почве составляет $6,64\pm0,65$, на рабочих пашнях он увеличивается до $8,32\pm0,44$. На заброшенных пахотных землях pH снижается до $7,92\pm0,77$ без больших изменений в зависимости от возраста забрасывания.

Увеличение электропроводности (ЭП) свидетельствует об увеличении концентрации солей в исследованных почвах. Наибольшей ЭП характеризуются рабочие пашни, а в заброшенных пашнях происходит уменьшение ЭП, что свидетельствует о снижении общего засоления после забрасывания.

Содержание почвенного органического углерода ($C_{_{ODF}}$) в лесных почвах самое высокое и составляет в среднем $47.2 \pm 13.9~{\rm Mr~C~ra^{-1}}.$ Разброс содержания С здесь значительный, от $31.6 \pm 15.2~{\rm дo}~58.2 \pm 8.4~{\rm Mr~C~ra^{-1}}.$ Концентрация С работающих пашен почти в два раза ниже запасов лесных точек, в среднем составляют 27.8 ± 8.7 Мг С га⁻¹. Что свидетельствует о потере большого количества почвенного углерода вследствие раскорчевки леса под пашни. На заброшенных пашнях четко наблюдается увеличение C_{opr} В среднем наблюдается 30% увеличение C_{opr} которое достигает $38.8 \pm 8.7 \,\mathrm{Mr} \,\mathrm{C} \,\mathrm{ra}^{-1}$. При этом возраст забрасывания пашен не имеет прямой корреляции с содержанием C_{opr} . Так, 36-летняя заброшенная пашня имеет меньшее содержание $\hat{C}_{\text{opr.}}$, чем 20-летняя (34,5 ± 3,9 и 44,9 ± 4,8 Mr \hat{C} га $^{\text{-1}}$ в среднем, соответственно). А почвы 5-летней заброшенной пашни содержат $35,3 \pm 9,1$ Mr C га⁻¹ C_{орг}.

Возраст залежей и действующих пашен

Пашни Точка Год Год вывода Время функциониро-Время восстасоздания из с/х оборота вания, лет новления, лет NEM-W 1985 29 Используемые **UNA-W** 1985 29 0 TG-W 29 0 1985 1965 1978 13 Заброшенные NEM-1-A 36 NEM-2-A 1965 1978 13 36 1965 1994 29 20 NEM-3-A UNA-A 1985 1994 9 20 24 TG-A 1985 2009 5

Таблица 1

Таблица 2

 $58,4 \pm 11,0$ 65.8 ± 17.2 60.2 ± 11.2 34.1 ± 15.5 52.3 ± 17.3 $51,9 \pm 16,3$ $30,4 \pm 10,4$ 49.9 ± 9.2 48.7 ± 7.5 41.8 ± 7.9 $C_{\rm ofm}$ 22.8 ± 1.2 $50,4 \pm 11,1$ $50,7 \pm 1,3$ 43.5 ± 3.1 24.8 ± 5.7 46.5 ± 2.7 Снеорг Mr С га⁻¹ 30 см⁻¹ 28.5 ± 13.0 $11,1 \pm 11,2$ $2,5\pm1,1$ $3,6 \pm 2,6$ $8,9 \pm 4,5$ $7,2 \pm 3,4$ $4,6 \pm 4,6$ $4,5 \pm 1,4$ $9,2 \pm 8,0$ $6,6 \pm 5,9$ $2,2 \pm 2,2$ $7,6 \pm 9,2$ $0,7 \pm 0,4$ $2,5 \pm 2,2$ $2,4 \pm 1,7$ $2,6 \pm 2,1$ 31.6 ± 15.2 $45,1 \pm 14,7$ 56.2 ± 11.6 $47,2 \pm 13,9$ 41.5 ± 13.2 $31,7 \pm 1,6$ $39,0 \pm 1,9$ $22,1 \pm 0,9$ $22,3 \pm 3,8$ $37,3 \pm 5,4$ $48,3 \pm 1,8$ Физические свойства почв (ОП – объемная плотность, ЭП – электропроводность) 58.2 ± 8.4 27.8 ± 8.7 5,1 9,1 38.8 ± 8.7 $45,1 \pm 2$ $35,3\pm$ % 13.5 ± 1.2 11.9 ± 3.5 11.8 ± 2.5 $[4,3 \pm 4,8]$ 12.6 ± 3.2 $11,5 \pm 0,6$ 0.7 ± 0.9 10.2 ± 2.0 $7,2 \pm 0,6$ $9,2 \pm 1,6$ $7,1 \pm 0,4$ $9,7 \pm 0,7$ $9,4 \pm 2,0$ $9,2\pm1,7$ 7.3 ± 0.3 $8,8 \pm 0,3$ Влаж-ть, ⁹ кг кг⁻¹ $16,90 \pm 11,40$ ЭП, м См м-1 $10,23 \pm 2,80$ $10,56 \pm 7,69$ $11,53 \pm 7,66$ $12,83 \pm 1,25$ $8,97 \pm 1,12$ $9,35 \pm 4,28$ $5,80 \pm 0,75$ $7,09 \pm 3,72$ $9,13 \pm 3,35$ $5,00 \pm 0,40$ $5,90 \pm 4,50$ $4,23 \pm 0,87$ $8,27 \pm 1,07$ $9,27 \pm 5,35$ $5,80 \pm 2,71$ $7,26 \pm 1,19$ $6,34 \pm 0,13$ 6.78 ± 0.59 $6,49 \pm 0,28$ $6,64 \pm 0,65$ $8,70 \pm 0,06$ $7,81 \pm 0,32$ $8,46 \pm 0,23$ $8,32 \pm 0,44$ $8,24 \pm 0,32$ $8,45 \pm 0,13$ $6,70 \pm 0,13$ $8,32 \pm 0,18$ 7.92 ± 0.77 $6,33 \pm 0,44$ $7,88 \pm 0,97$ pH 0.99 ± 0.18 $1,26 \pm 0,10$ $1,27 \pm 0,10$ $1,17 \pm 0,17$ $1,36 \pm 0,08$ $1,42 \pm 0,08$ $1,28 \pm 0,06$ $1,35 \pm 0,09$ $1,39 \pm 0,06$ $1,24 \pm 0,08$ $1,25 \pm 0,02$ $1,35 \pm 0,17$ $1,32 \pm 0,10$ OII, Mr м⁻³ $1,25 \pm 0,07$ $1,38 \pm 0,07$ $1,1 \pm 0,22$ зялежи 36 36 20 20 | 2 1 Возраст 15 15 П α 3 6 NEM-2-A NEM-3-A NEM-1-A UNA-W Среднее Среднее Среднее NEM-W UNA-A NEM-3 Гочка NEM-1 TG-W TG-A UNA IG S Заброшенные Рабочие пашни пашни Лес

Полученные закономерности схожи с результатами аналогичных работ, проведенных в зоне южной тайги, где содержание $C_{\rm opr}$ на рабочих пашнях на глубине 0–50 см составляет 30,6 Mr C га⁻¹ [12], что практически сопоставимо с нашими данными. В общем, тенденция накопления $C_{\rm opr}$ в почвах заброшенных пашен под воздействием травянистой растительности в зоне распространения сплошной вечной мерзлоты идет по типу накопления C во внемерзлотных областях [13–15].

Содержание карбонатного углерода $(C_{\mbox{\tiny Heopr}})$ в почвах работающих и заброшенных пашен имеет значительные отличия. По сравнению с лесными почвами (4,6 ± \pm 1,1 Мг С га-1) среднее содержание С _{неорг} на работающих пашнях резко уменьшается и составляет 2.6 ± 2.1 Mr C га⁻¹. Наибольшее содержание карбонатного углерода наблюдается на заброшенных пашнях, в среднем составляя $11,1 \pm 11,2$ Мг С га⁻¹. Объединив C_{opr} и C_{heopr} , мы получаем общее содержание углерода (Собш) в измеренных почвах, которое показывает резкое уменьшение содержания почвенного С на рабочих пашнях по сравнению с почвами под лесами и на заброшенных пашнях. Почвы на заброшенных пахотных землях демонстрируют стабильное увеличение $C_{\text{обш}}$ в зависимости от возраста. Анализ ANOVA показывает значительную разницу $C_{\text{общ}}$ между рабочими и заброшенными пашнями.

Как показывают полученные результаты, скорость накопления $C_{\text{общ}}$ в заброшенных пахотных землях в течение первых 5 лет равняется $2,29 \pm 1,31$ Мг С га⁻¹ год⁻¹. Последующие 20 и 36 лет восстанавливающиеся пахотные земли имеют тенденцию снижения скорости накопления ${
m C}_{_{
m o 6 m}}$ со средними $1{,}01\pm0{,}76$ и $0{,}64\pm$ \pm 0,43 Мг С га⁻¹ год⁻¹ соответственно. Полученные данные выше, чем сообщалось Кургановой и др. [14], где средняя скорость накопления С (по всей России) в верхних 20 см минеральной почвы составляла 0,96 Mг C га⁻¹ год-1 в течение первых 20 лет после забрасывания, и $0.19 \,\mathrm{Mr}\,\mathrm{C}\,\mathrm{ra}^{-1}\,\mathrm{год}^{-1}$ в течение последующих 30 лет постагрогенной эволюции и восстановления естественной растительности.

Определенный интерес представляет то, что заброшенные в одно и то же время пахотные земли зарастают или луговыми сообществами, или подростом лесной растительности. Этот вопрос требует дальнейшего изучения, поскольку основные параметры почв на луговых и лесных растительных участках не всегда одинаковы. Как

правило, они имеют некоторые различия в ОП, рH, влажности почвы и $C_{\text{обш}}$.

Заключение

Таким образом, полученные результаты показывают, что в Центральной Якутии при изъятии культивируемых земель из сельскохозяйственного оборота происходит постепенное восстановление естественной структуры и улучшение физико-химических свойств почв бывших пахотных угодий.

При этом, благодаря развитию дернового процесса, накоплению подземной и надземной фитомассы регенеративной сукцессией и соответственно, дополнительному поступлению разлагаемого органического остатка, содержание $\mathbf{C}_{\text{общ}}$ в почвах заброшенных пахотных земель Центральной Якутии достигает первоначального уровня в течение 20 лет.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту «Выявление обратимых и необратимых изменений почв и почвенного покрова мерзлотной области, характера естественных и антропогенных экологических процессов и разработка фундаментальных основ охраны почв и почвенного покрова криолитозоны в условиях возрастающего антропогенного пресса и глобальных изменений». Регистрационный номер: АААА-А17-117020110057-7. Направление 54 «Почвы как компонент биосферы (формирование, эволюция, экологические функции)» программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг.

Список литературы

- 1. Houghton R.A., Goodale C.L. Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems. Ecosystems and Land Use Change, 2004, vol.153, pp. 85–98.
- 2. Don A., Schumacher J., Freibauer A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. Global Change Biol., 2011, no. 17, pp.1658–1670.
- 3. Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stocks and land use change: ameta analysis. Global Change Biol., 2002, no. 8, pp. 345–360.
- 4. Kalinina O., Barmin A.N., Chertov O., Dolgikh A.V., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Gianni L. Self-restoration of post-agrogenic soils of Calcisol–Solonetz complex: Soil development, carbon stock dynamics of carbon pools. Geoderma, 2015, vol. 237–238, pp. 117–128.
- 5. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) за 2000 год / Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия). Якутск: Сахаполиграфиздат, 2015. 164 с.
- 6. Десяткин Р.В. Почвообразование в термокарстовых котловинах аласах криолитозоны / Р.В. Десяткин. Новосибирск: Наука, 2008.-324 с.
- 7. Еловская Л.Г. Почвы земледельческих районов Якутии и пути повышения их плодородия / Л.Г. Еловская. Якутск: Якуткнигоиздат, 1964. 76 с.

- 8. Коноровский А.К. Режимы мерзлотных пойменных почв долины Лены / А.К. Коноровский, отв. ред. Л.Г. Еловская. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974.-168 с.
- 9. Десяткин Р.В. Почвы Якутии / Р.В. Десяткин, М.В. Оконешникова, А.Р. Десяткин. Якутск: Бичик, 2009. 64 с.
- 10. Влияние влажности на стабильность органического вещества почв и растительных остатков / А.С. Тулина // Почвоведение. -2009. -№ 11. -С. 1333-1344.
- 11. Сравнительная оценка содержания углерода в постагрогенных почвах различных природно-климатических зон / Ю.И. Баева и [др.] // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2014. Т. 28, № 2. С. 27–39.
- 12. Ryzhova I.M., Erokhova A.A., Podvezennaya M.A. Dynamics and Structure of Carbon Storage in the Postagrogenic Ecosystems of the Southern Taiga. Eurasian Soil Science, 2014, vol. 47, no. 12, pp. 1207–1215.
- 13. Deng L., Wang K.B., Chen M.L., Shangguan Z.P., Sweeney S. Soil organic carbon storage capacity positively related to forest succession on the Loess Plateau, China. Catena, 2013, vol. 110, pp. 1–7.
- 14. Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia. Global Change Biology, 2014, vol. 20, pp. 938–947.
- 15. Morris S., Bohm S., Haile-Mariam S., Paul E. Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils. Global Change Biology, 2007, vol. 13, pp. 1145–1156.

References

- 1. Houghton R.A., Goodale C.L. Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems. Ecosystems and Land Use Change, 2004, vol.153, pp. 85–98.
- 2. Don A., Schumacher J., Freibauer A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks–a meta-analysis. Global Change Biol., 2011, no. 17, pp.1658–1670.
- $3.\,Guo$ L.B., Gifford R.M. Soil carbon stocks and land use change: ameta analysis. Global Change Biol., 2002, no. 8, pp. 345–360.
- Kalinina O., Barmin A.N., Chertov O., Dolgikh A.V., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Gianni L. Self-restoration of post-

- agrogenic soils of Calcisol-Solonetz complex: Soil development, carbon stock dynamics of carbon pools. Geoderma, 2015, vol. 237–238, pp. 117–128.
- 5. Gosudarstvenny'j doklad o sostoyanii i oxrane okruzhayushhej sredy' Respubliki Saxa (Yakutiya) za 2000 god/Ministerstvo oxrany' prirody' Respubliki Saxa (Yakutiya). Yakutsk: Saxapoligrafizdat, 2015. 164 p.
- 6. Desyatkin R.V. Pochvoobrazovanie v termokarstovy`x kotlovinax alasax kriolitozony` / R.V. Desyatkin. Novosibirsk: Nauka, 2008. 324 p.
- 7. Elovskaya L.G. Pochvy` zemledel`cheskix rajonov Yakutii i puti povy`sheniya ix plodorodiya / L.G. Elovskaya. Yakutsk: Yakutknigoizdat, 1964. 76 p.
- 8. Konorovskij A.K. Rezhimy` merzlotny`x pojmenny`x pochv doliny` Leny'/ A.K. Konorovskij, otv. red. L.G. Elovskaya. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1974. 168 p.
- 9. Desyatkin R.V. Pochvy` Yakutii / R.V. Desyatkin, M.V. Okoneshnikova, A.R. Desyatkin. Yakutsk: Bichik, 2009. 64 p.
- 10. Vliyanie vlazhnosti na stabil`nost` organicheskogo veshhestva pochv i rastitel`ny`x ostatkov. / A.S. Tulina // Pochvovedenie. 2009. № 11. P. 1333–1344.
- 11. Sravnitel`naya ocenka soderzhaniya ugleroda v postagrogenny`x pochvax razlichny`x prirodno-klimaticheskix zon / Yu.I. Baeva i [dr.] // Problemy` e`kologicheskogo monitoringa i modelirovaniya e`kosistem. 2014. T. 28, № 2. P. 27–39.
- 12. Ryzhova I.M., Erokhova A.A., Podvezennaya M.A. Dynamics and Structure of Carbon Storage in the Postagrogenic Ecosystems of the Southern Taiga. Eurasian Soil Science, 2014, vol. 47, no. 12, pp. 1207–1215.
- 13. Deng L., Wang K.B., Chen M.L., Shangguan Z.P., Sweeney S. Soil organic carbon storage capacity positively related to forest succession on the Loess Plateau, China. Catena, 2013, vol. 110, pp. 1–7.
- 14. Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia. Global Change Biology, 2014, vol. 20, pp. 938–947.
- 15. Morris S., Bohm S., Haile-Mariam S., Paul E. Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils. Global Change Biology, 2007, vol.13, pp. 1145–1156.

УДК 633.15:631.522/.524(571.1)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРИОДА ВСХОДЫ – ЦВЕТЕНИЕ ПОЧАТКА У РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Логинова А.М., Ильин В.С., Гетц Г.В.

Сибирский филиал ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы, Омск, e-mail: sibmais@rambler.ru

В современном производстве кукурузы на зерно главное требование к гибридам - это высокая продуктивность, низкая уборочная влажность зерна и высокая адаптация к определенным агроклиматическим условиям. В зоне неустойчивого климата одно из главных требований к кукурузе зернового использования – короткая продолжительность вегетационного периода. Западная Сибирь отличается многообразными природно-климатическими условиями, характеризуется суровой продолжительной зимой и сравнительно коротким, но жарким летом с поздними весенними и ранними осенними заморозками. В таких сложных условиях важнейшими биологическими свойствами возделываемых сортов и гибридов должно быть сочетание скороспелости, высокой продуктивности и способности активного начального роста и развития при пониженных температурах. Влияние факторов среды на рост и развитие гибридов кукурузы не вполне адаптированных к условиям Западной Сибири, зачастую является стрессовым. В 2012-2016 гг. в Сибирском филиале ВНИИ кукурузы было проведено сравнительное изучение раннеспелых гибридов кукурузы $\hat{\Phi}$ AO 150-170 по длине межфазного периода «всходы – цветение початка» в зависимости от условий каждого года. В данной статье проанализировано влияние температурного режима и количества осадков на продолжительность периода всходы – цветение початка у шести раннеспелых гибридов кукурузы. Установлено, что продолжительность данного периода в условиях Западной Сибири зависит больше от температуры, чем от количества осадков. Проведена математическая обработка полученных данных с определением НСР и критерия Дункана по урожаю зерна и уборочной влажности гибридов, в зависимости от сроков цветения. Выделены гибриды кукурузы, наиболее пригодные для возделывания на фуражное зерно в условиях Западной Сибири.

Ключевые слова: скороспелость, гибрид, вегетационный период, всходы, цветение, урожайность, уборочная влажность

INFLUENCE OF TEMPERATURE CONDITIONS AND WATER SUPPLY ON THE DURATION OF THE PERIOD GERMINATION – FLOWERING OF CORN EAR IN THE EARLY MATURING CORN HYBRIDES UNDER WESTERN SIBERIA CONDITIONS

Loginova A.M., Ilin V.S., Getts G.V.

Siberian Branch of All-Russian Research Institute of Maize, Omsk, e-mail: sibmais@rambler.ru

In the modern corn production for grain, the main requirement for hybrids is high productivity, low harvesting moisture of the grain and high adaptation to a certain agroclimatic conditions. In the zone of unstable climate, one of the main requirements for corn grain use is the short duration of the growing season. Western Siberia differs by the diverse natural and climatic conditions, is characterized by a severe long winter and a relatively short but hot summer with late spring and early autumn frosts. In such difficult conditions, the most important biological properties of cultivated varieties and hybrids should be a combination of precocity, high productivity and the ability of active initial growth and development at low temperatures. The influence of environmental factors on the growth and development of corn hybrids not fully adapted to the conditions of Western Siberia, are often stressful. A comparative study of early maturing corn hybrids of FAO 150-170 over the length of the interphase period «germination – flowering of corn ear» depending on the conditions of each year was conducted in 2012-2016 in the Siberian branch of the ARRSI of Maize. This article analyzes the influence of the temperature regime and the amount of precipitation on the duration of the period «germination - flowering of corn ear» of six early-maturing maize hybrids. It was established that the duration of this period under conditions of Western Siberia depends more on temperature than on the amount of precipitation. Mathematical treatment of the obtained data with the LSD determination and Duncan test on the grain yield and harvesting moisture of the hybrids was carried out, considering the flowering period. Most suitable corn hybrids were selected for forage grain cultivation in Western Siberia

Keywords: early ripeness, hybrid, growing season, sprouts, flowering, yielding capacity, harvesting moisture

Продвижение кукурузы на зерно в северные регионы потребовало создания и внедрения в аграрное производство новых раннеспелых и среднеранних гибридов зернового направления. Такие гибриды должны хорошо адаптироваться к определенным агроклиматическим условиям выращивания, обладать высокой продуктивностью,

хорошей влагоотдачей в период созревания Урожайность кукурузы во многом зависит от правильного подбора лучших сортов или гибридов для конкретных условий выращивания. Известно, что генетический потенциал продуктивности выше у гибридов с более продолжительным периодом вегетации, однако раннеспелые и средне-

ранние генотипы более эффективно используют биоклиматические условия регионов с ограниченным периодом вегетации [1, 2].

На рост и развитие кукурузы влияют главным образом температурный режим и влагообеспеченность. Однако потребность ее в тепле в различные периоды роста и развития неодинакова, она дает дружные всходы при температуре почвы на глубине заделки семян 10–12 °C. Оптимальная температура для дальнейшего роста и развития растений кукурузы составляет 23–25 °C, снижение температуры до 14–15 °C приводит к ослаблению ростовых процессов [3].

В целом вегетационный период складывается из длительности прохождения межфазных периодов, в частности всходы - выметывание и цветение початка, когда наиболее резко выявляются различия между гибридами. Продолжительность межфазного периода всходы – цветение початка существенно меняется в годы с резко выраженными колебаниями среднесуточных температур в первой половине вегетации. Более точную характеристику по вегетационному периоду дает величина суммы эффективных среднесуточных температур воздуха выше 10°C, необходимая для прохождения растениями кукурузы межфазных периодов, и чем более, раннеспелый гибрид по группе ФАО, тем меньше сумма температур необходима для наступления фазы цветения початка [4, 5].

Потребность кукурузы к влаге в разные периоды роста и развития также различна.

Требовательность кукурузы к влаге в начале вегетации невысока, примерно 30 мм осадков в месяц. Наибольшее количество влаги она потребляет в течение 30 дней, начиная за 10 дней до выметывания и до стадии молочной спелости. Благоприятные условия создаются при выпадении от 80 до 120 мм осадков. Недостаток влаги в этот период, который часто сопровождается высокими температурами воздуха, отрицательно влияет на процесс опыления, что приводит к снижению урожайности. Однако частые дожди с пониженными положительными температурами оказывают худшее влияние на рост и развитие кукурузы [6].

В Сибирском филиале ВНИИ кукурузы изучаются гибриды из разных научных учреждений с ФАО ≤ 200. В данной работе основную ценность представляют раннеспелые гибриды, которые можно выращивать на зерно и качественный силос.

Цель проведенных исследований – изучить влияние температурных условий и ко-

личества осадков на продолжительность межфазного периода «всходы — цветение початка» у раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Западной Сибири.

Материалы и методы исследования

Научные исследования проведены в Сибирском филиале ВНИИ кукурузы в 2012—2016 гг., в соответствии с методикой постановки и проведения опытов [7]. Объектом исследования были 7 гибридов кукурузы из разных научных учреждений: Сибирский 135, НУР, Обский 140 СВ, Машук 150 МВ — (ФАО 150-160), Катерина СВ, РОСС 140 СВ — (ФАО 170).

Наблюдения, проводимые в полевых условиях – даты посева, появления всходов (50%), цветения початков (50%). Вегетационный период определяли путем подсчета количества дней от появления 50% всходов до цветения початка 50% растений кукурузы. Урожайность гибридов изучалась в трехкратной повторности при густоте стояния 55–56 тыс. растений на гектар, площадь делянки 9,8 м². На момент уборки гибридов определялась уборочная влажность зерна. Математическая обработка данных проводилась методом двухфакторного дисперсионного анализа, с определением НСР и критерия Дункана.

Результаты исследования и их обсуждение

По метеорологическим условиям годы проведения исследований отличались разнообразием, отражающим характерную для Западной Сибири континентальность климата с резкими перепадами тепло и влагообеспеченности по годам.

Вегетационный период 2012 г. отличался повышенным температурным режимом и дефицитом осадков. Среднесуточная температура воздуха летних месяцев составила, 20,4°C, что превысило среднемноголетние значения в среднем для этого периода на 2,4°C. Количество выпавших осадков составило 143 мм, что ниже нормы на 65 мм. Особенно жарким и сухим был июль, дневная температура длительное время превышала 30°C, осадков было всего 8 мм, что способствовало развитию почвенной и воздушной засухи (табл. 1). Самыми неблагоприятными по температурному режиму были 2013 и 2014 гг. В 2013 г. наблюдался недобор тепла в мае и особенно июне. Сумма осадков за вегетационный период была в пределах нормы, но распределение их было неравномерным. Больше всего осадков выпало в июле, менее всего в июне. В 2014 г. более холодными были последняя декада мая и начало июня. Но особенно холодным был июль, отклонение от нормы составило 2,2°C. Количество осадков за весь период составило 136 мм, что существенно ниже нормы. Рост и развитие растений кукурузы проходило с опозданием на 10-12 дней. Май и июнь 2015 г. были теплее обычного, а вот июль и август холоднее в среднем на 1,3°C, количество осадков в летние месяцы было немного больше нормы, но большая их часть выпала в августе. Наиболее благоприятным по температурному режиму и количеству осадков был 2016 г. Теплая погода была весь вегетационный период. Среднесуточные температуры летних месяцев составили в среднем 19,0°C, осадков выпало 225 мм, что больше нормы на 54 мм, наибольшее их количество пришлось на июль.

по годам. Наиболее высокой она была в 2012 г. – 21,6 °С, превысив среднемноголетние значения для этого периода на 3,4°C. В 2013 г. этот показатель для данного периода был на уровне среднемноголетних значений − 18,3 °C, но холодный май и июнь и довольно прохладное для этого времени года начало июля сказались на сроках цветения, которое началось позднее обычного на 5-7 дней. В 2014 г. самым холодным из летних месяцев был июль, среднесуточная температура воздуха за период «всходы цветение початков» составила 16,7°C, что на 1,5°C ниже нормы за этот период. Цветение початков наступило в третьей декаде июля. В 2015 и 2016 гг. среднесуточная температура воздуха в период «всходы – цветение початков» составила соответственно $-19,4\,^{\circ}$ С и $19,8\,^{\circ}$ С, превысив, среднее значение на $1,1\,^{\circ}$ С и $1,5\,^{\circ}$ С. Распределение осадков также было различным. Наимень-

Таблица 1 Среднесуточная температура воздуха и сумма осадков по годам изучения, 2012—2016 гг.

Годы наблюдений	Дата появления	Среднесуточная температура Сумма осадков, мм воздуха, °С			ſМ				
	всходов	май	июнь	июль	август	май	июнь	июль	август
2012	30 мая	12,3	20,5	22,8	17,8	38	48	8	49
2013	4 июня	10,3	16,7	19,0	17,0	45	14	98	60
2014	27 мая	12,6	18,2	16,4	19,1	21	15	57	43
2015	2 июня	13,9	20,2	18,5	15,4	44	59	54	72
2016	29 мая	12,7	18,2	19,7	19,2	5	98	110	17
Среднемного- летнее		12,5	18,0	19,6	16,9	37	51	66	54

Посев гибридов кукурузы проводили в 2012—2013 гг. — 17 мая, 2014 г. — 12 мая, 2015 г. — 19 мая, 2016 г. — 21 мая. Различающиеся по годам погодные условия в послепосевной период повлияли на появление всходов. Всходы появились в 2012 г. — 30 мая, 2013 г. — 4 июня, 2014 г. — 27 мая, 2015 г. — 2 июня, и 2016 г. — 29 мая. Средняя продолжительность периода от посева до всходов составила 14 дней. Наиболее продолжительным этот период был в 2013 г. (18 дней), менее всего в 2016 г. (9 дней).

Наступление фазы «цветение початков» растений кукурузы в годы исследований существенно различалось по срокам. В 2012 г. цветение проходило в период с 16 по 23 июля, в 2013 г. – 25 июля – 1 августа, в 2014 г. – 26 июля – 3 августа, в 2015 г. – 22–30 июля и 2016 г. 16–25 июля. Среднесуточная температура воздуха за период «всходы – цветение початка» различалась

шее их количество за этот период выпало в 2012 г. – 55 мм, в 2013–2014 г. – 115 мм, и 71 мм, в 2015 г. – 113 мм, наибольшее количество было в 2016 г. – 208 мм.

Продолжительность периода «всходы — цветение початков» изменялась по годам у гибридов Сибирский 135 и НУР с 47 до 56 дней, у Обский 140 СВ и Машук 150 МВ от 50 до 63, и у гибридов Катерина СВ и РОСС140СВ от 52 до 67 дней (табл. 2).

Следует отметить что сроки наступления фазы «цветение початков» были одинаковыми в засушливом в 2012 г. и более благоприятном 2016 г. Количество же выпавших осадков было существенно выше в 2016 г. И если сравнить 2012 и 2014 гг., то при существенном недоборе осадков в эти годы, но высокой среднесуточной температуре воздуха в 2012 г. и очень низкой в 2014 г. разрыв в наступлении фазы цветения початка был наиболее значительным. Так, у гибри-

дов Катерина СВ и РОСС 140 СВ он был — 15 дней у гибридов Обский 140 СВ и Машук 150 СВ — 13 дней, менее всего у Сибирского 135 и НУР. — 9 дней. Из этого можно сделать вывод, что на продолжительность периода «всходы — цветение початков» в условиях Западной Сибири большее влияние оказывает температурный фактор, чем сумма осадков. Недостаток тепла был наиболее значимым для гибридов с ФАО-170.

Урожайность зерна гибридов кукурузы и уборочная влажность также изменялись под влиянием температурных условий и количества осадков по годам изучения. В 2012 г. урожайность зерна гибридов кукурузы была невысокой, так как июльская засуха и высо-

кие температуры воздуха оказали негативное влияние в период цветения и формирования зерна. Более высокая урожайность зерна гибридов была получена в благоприятных условиях 2016 г., самая низкая в 2014 г. (табл. 3).

На основании проведенного статистического анализа в опыте имеются существенные различия по урожаю зерна между гибридами кукурузы. Так, гибрид с более ранним сроком цветения Сибирский 135 значимо отличается по урожаю зерна от остальных гибридов. Гибрид НУР показал несущественную разницу по урожаю зерна с Обским 140 СВ и Машук 150МВ, но существенную с гибридами Катерина СВ и РОСС 140 СВ.

Таблица 2 Продолжительность периода всходы – цветение початков у раннеспелых гибридов кукурузы в 2012–2016 гг.

Годы изучения	Продолжительность периода всходы – цветение початков 50%, дней									
	Сибирский 135	Сибирский 135 НУР Обский 140СВ Машук 150 МВ Катерина СВ РОСС 140СВ								
2012	47	47	50	50	52	52				
2013	52	52	55	55	57	57				
2014	56	57	63	63	67	67				
2015	50	52	54	54	56	56				
2016	48	49	53	54	56	55				
Среднее	50,6	51,2	55,0	55,2	57,6	57,4				

Урожай зерна раннеспелых гибридов кукурузы за 2012—2016 гг. **Таблица 3**

Гибрид	Годы	2012	2013	2014	2015	2016	Среднее		
		Урожай зерна 14% влажности, т/га							
Сибирский 135		5,7	6,0	5,5	5,9	8,3	6,3 a		
НУР		4,9	5,5	4,9	5,3	7,6	5,6 bc		
Обский 140СВ		4,9	5,0	4,2	4,5	7,8	5,3 c		
Машук 150МВ		4,6	5,1	4,1	4,8	7,5	5,2 ce		
Катерина СВ		4,3	4,9	3,6	4,2	7,6	4,9 e		
POCC 140CB		4,4	5,0	3,7	4,1	7,8	5,0 e		
Среднее по годам		4,8	5,2	4,3	4,8	7,8	5,5		
HCP ₀₅							0,53		

Таблица 4 Уборочная влажность зерна раннеспелых гибридов кукурузы за 2012–2016 гг.

	Годы	2012	2013	2014	2015	2016	Среднее		
Гибрид		Уборочная влажность зерна, %							
Сибирский 135		32,3	37,9	38,8	37,8	34,0	36,2 e		
НУР		32,7	38,3	39,4	38,4	34,5	36,7 e		
Обский 140 СВ		34,7	39,7	40,7	39,5	35,8	38,1 c		
Машук 150 МВ		34,6	39,9	40,6	39,4	35,7	38,0 bc		
Катерина СВ		35,8	40,2	41,6	40,1	37,4	39,0 abc		
POCC140 CB		35,9	40,5	41,8	40,1	37,9	39,2 a		
Среднее		34,3	39,4	40,5	39,2	35,9	37,9		
HCP ₀₅							0,96		

Изучение по уборочной влажности зерна показало, что между гибридами также имеются существенные различия. Самая низкая уборочная влажность зерна по всем гибридам была отмечена в 2012 г. (34,3%), высокая в 2014 г. (40,5%) (табл. 4).

В соответствии с проведенным анализом и использованием критерия множественных сравнений Дункана было определено, что уборочная влажность зерна гибридов Сибирский 135 и НУР более низкая и существенно отличается от остальной группы гибридов. Между остальными гибридами значимого отличия по уборочной влажности зерна не выявлено.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в условиях Западной Сибири для возделывания на фуражное зерно наиболее пригодны гибриды с ФАО до 160. Температурные условия и количество осадков каждого года оказывают влияние на наступление фазы цветения початка. Чем позднее гибрид по группе ФАО, тем больше тепла требуется для прохождения этой фазы. Зависимость между скоростью наступления фазы цветения и температурным режимом проявляется сильнее, чем от количества осадков. Особенно это влияние заметно у гибридов с ФАО 170. При ухудшении условий их продуктивность значительно снижается, и эти гибриды мало пригодны для возделывания на фуражное зерно в условиях Западной Сибири. В селекции гибридов для районов с ограниченным периодом вегетации в качестве основных признаков должны учитываться скороспелость и быстрая отдача влаги зерном при созревании. Этим требованиям в наибольшей мере отвечают гибриды Сибирский 135 и НУР. Гибриды Обский 140СВ и Машук 150МВ вызревают до физиологической спелости, но снижают урожайность в неблагоприятные по теплообеспеченности годы, имея при этом повышенную уборочную влажность зерна.

Список литературы

- 1. Оптимизация семеноводства гибридной кукурузы с использованием селекционных индексов / В.С. Сотченко [и др.] // Кукуруза и сорго. 2017. № 3 С. 3–9.
- 2. Зубков Д.Г. Кукуруза на силос для районов с коротким периодом вегетации / Д.Г. Зубков. // Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы. Пятигорск: ООО «Кавказская здравница», 2009. С. 31–32.
- 3. Реакция гибридов кукурузы на температурный режим в период прорастания / А.Г. Горбачева [и др.] // Кукуруза и сорго. 2014. № 2. С. 20–24.
- 4. Сумма эффективных температур в период всходы цветение родительских форм гибридов кукурузы в различных условиях выращивания / В.С. Сотченко [и др.] // Кукуруза и сорго. $2012 \mathbb{N} \cdot 1.$ С. 15-18.
- 5. Сумма эффективных температур и количество дней за период всходы цветение початков у родительских форм гибридов кукурузы в зависимости от условий выращивания / В.С. Сотченко [и др.] // Кукуруза и сорго. 2017. № 2. С. 9–14.
- 6. Кукуруза. Выращивание, уборка, консервирование и использование / Д. Щпаар, К. Гинапп, Д. Дрегер [и др.]; под общ. редакцией Д. Шпаара. М.: ИД ООО «DLV АГРО-ЛЕЛО». 2006. 390 с.
- 7. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / Д.С. Филев [и др.] // ВНИИ кукурузы ВАСХНИЛ. Днепропетровск, 1980. 54 с.

References

- 1. Optimizaciya semenovodstva gibridnoj kukuruzy` s ispol`zovaniem selekcionny`x indeksov / V.S. Sotchenko [i dr.] // Kukuruza i sorgo. 2017.- № 3. P. 3–9.
- 2. Zubkov D.G. Kukuruza na silos dlya rajonov s korotkim periodom vegetacii / D.G. Zubkov // Selekciya. Semenovodstvo. Texnologiya vozdely`vaniya kukuruzy`. Pyatigorsk: OOO Kavkazskaya zdravnicza, 2009. P. 31–32.
- 3. Reakciya gibridov kukuruzy` na temperaturny`j rezhim v period prorastaniya / A.G. Gorbacheva [i dr.] // Kukuruza i sorgo. 2014. N2. P2. P2. 2–24.
- 4. Summa e'ffektivny'x temperatur v period vsxody' czvetenie roditel'skix form gibridov kukuruzy' v razlichny'x usloviyax vy'rashhivaniya / V.S. Sotchenko [i dr.] // Kukuruza i sorgo. 2012. № 1. P. 15–18.
- 5. Summa e`ffektivny`x temperatur i kolichestvo dnej za period vsxody` czvetenie pochatkov u roditel`skix form gibridov kukuruzy` v zavisimosti ot uslovij vy`rashhivaniya / V.S. Sotchenko [i dr.] // Kukuruza i sorgo. 2017. № 2. P. 9–14.
- 6. Kukuruza. Vy`rashhivanie, uborka, konservirovanie i ispol`zovanie / D. Shhpaar, K. Ginapp, D. Dreger, i dr; pod obshh. redakciej D. Shpaara. M.: ID OOO «DLV AGRODELO», 2006. 390 p.
- 7. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu polevy`x opy`tov s kukuruzoj / D.S. Filev [i dr.] // VNII kukuruzy` VASXNIL. Dnepropetrovsk, 1980. 54 p.

УДК 630*266:630*228:630*388.2(470.4)

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Маштаков Д.А., Автономов А.Н., Проездов П.Н.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», Саратов, e-mail: 420533@mail.ru

Проблема борьбы с эрозией почв в условиях лесостепи Приволжской возвышенности обусловлена отсутствием адаптированных технологий и слабой разработанностью агротехнических приемов создания противоэрозионных защитных лесных насаждений с учетом их устойчивости к экстремальным условиям среды. Противоэрозионные защитные лесные насаждения занимают неоднородное пространство с определенным количеством влаги и питательных веществ на всей протяженности склона. По мере формирования противоэрозионных защитных лесных насаждений на склонах потребности в пространстве, во влаге и почвенном питании увеличиваются. Из-за несоответствия потребности защитных насаждений и необходимых условий среды происходит массовое отмирание наиболее слабых экземпляров и идет процесс естественного изреживания. Успешность роста противоэрозионных защитных лесных насаждений зависит от того, насколько полно удовлетворяются потребности древесных растений в основных факторах условий среды обитания. Высокой продуктивности древесные породы достигают в наиболее благоприятных для них условиях. Определяющими условиями успешности создания защитных лесных насаждений являются экспозиция и крутизна склона. Рост и состояние древесных пород в противоэрозионных защитных лесных насаждениях на склонах зависит от влажности почвы и температуры поверхности почвы. Концепция создания противоэрозионных защитных лесных насаждений должна основываться на материалах исследований закономерности развития защитных лесов на склонах. Поэтому при создании противоэрозионных зашитных лесных насаждений в определенных условиях среды склонового ландшафта, подбирая древесные породы, надо учитывать их лесоводственно-биологические свойства. Выбор схемы смешения древесных и кустарниковых пород при проектировании противоэрозионных защитных лесных насаждений должен основываться на принципах их совместимости в длительном периоде их формирования от посадки и на всем протяжении срока службы насаждений.

Ключевые слова: Лесостепь Приволжской возвышенности, эрозия, лесные насаждения, условия среды, склон, состав, структура, насаждения

THE CONCEPT ON CREATION OF PROTECTIVE ANTI-EROSION FOREST PLANTS IN THE FOREST-STEPPE OF THE VOLGA RIVER UPLAND

Mashtakov D.A., Avtonomov A.N., Proezdov P.N.

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, e-mail: 420533@mail.ru

The problem of the soil erosion in the forest-steppe of Volga region upland is stipulated by the lack of adapted technologies and weak development of agrotechnical methods of creation of anti-erosion protective forest plantations, considering their resistance to extreme environmental conditions. Anti-erosion protective forest plantations occupy a heterogeneous space with a certain amount of moisture and nutrient materials throughout all length of the slope. As antierosion protective forest plantations are formed on the slopes, the needs for space, moisture and soil nutrition increase. Due to the discrepancy between the needs of protective plantations and the necessary environmental conditions, the mass death of the weakest specimens and the process of natural thinning take place. The success of the growth of anti-erosion protective forest plantations depends on the satisfaction of needs of woody plants in the main factors of environmental conditions. Tree species reach their high productivity in the most favorable conditions for them. The key conditions for successful creation of protective forest plantations are exposure and slope steepness. The growth and condition of tree species in anti-erosion protective forest plantations on the slopes depends on soil moisture and soil surface temperature. The concept on creating of anti-erosion protective forest plantations should be based on examination materials of the development pattern of protective forests on the slopes. Therefore, when creating antierosion protective forest plantations in conditions of the slope landscape and selecting tree species, it is necessary to take into account their silvicultural and biological qualities. The choice of the scheme of mixing tree and shrub species while making design of erosion protective forest plantations should be based on the principles of their compatibility within a long period of their formation, beginning from planting and throughout the plantations' life.

Keywords: forest-steppe of Volga river upland, erosion, forest plantings, environment conditions, slope, compound, structure, plantings

Характерной особенностью лесостепной зоны Приволжской возвышенности является деградация и опустынивание земель. Одной из причин деградации почв является эрозия. Теоретические и практические разработки в области борьбы с эрозией почв нашли отражения в трудах А.С. Козменко (1954), С.С. Соболева (1960), А.И. Шабаева (2012), Ю.В. Бондаренко, А.В. Карпушки-

на (2010), П.Н. Проездова, Д.А. Маштакова (2016), Н.К. Кулика, И.П. Свинцова (2016) и др. Неудовлетворительное состояние защитных лесных насаждений обусловлено отсутствием адаптированных технологий и слабой разработанностью агротехнических приемов создания противоэрозионных защитных лесных насаждений с учетом их устойчивости к экстремальным условиям

среды [1–3]. В настоящее время при разработке систем почвозащитных мероприятий на сельскохозяйственных землях применяют адаптивно-ландшафтный подход, предусматривающий выделение отдельных земельных выделов в агросистеме для достижения максимальной эффективности защитных лесных насаждений [4].

Цель исследования — разработка концепции создания противоэрозионных защитных лесных насаждений на основе использования материалов изучения закономерности развития существующих защитных лесов на склонах.

Материалы и методы исследования

В ходе проведения экспериментов использовали методы почвенных исследований, изучали закономерности роста и развития деревьев в приспевающих и спелых защитных насаждениях на склонах, что позволило установить соответствие видового состава и формы насаждения условиям среды. Пробные участки закладывались в однородных по составу в защитных лесных насаждениях площадью не менее 0,5 га, а в молодняках -0.25 га с количеством деревьев основного элемента леса не менее 500 шт. [5]. Для анализа хода роста выбирали среднее дерево преобладающей породы. Перед рубкой дерева измеряли диаметр ствола. По данным пересчёта и обмера деревьев вычисляли таксационные показатели древостоя пробной площади: средний диаметр, средняя высота, полнота, запас и другие характеристики насаждения. Тип лесорастительных условий определяли по ГОСТ 18486-87 «Лесоводство. Термины и определения». Экспериментальные данные обрабатывались математико-статистическими методами [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Концепция создания противоэрозионных защитных лесных насаждений в лесостепи Приволжской возвышенности включает четыре основных положения (рис. 1).

1. Экспозиция и крутизна склонов определяют критерии размещения противоэрозионных защитных лесных насаждений на склонах. Защитные лесные насаждения занимают неоднородное пространство с определенным количеством влаги и питательных веществ на всей протяженности склона. По мере формирования насаждения потребности в пространстве, во влаге и почвенном питании увеличиваются. В результате сомкнутость крон и полнота насаждений сокра-

щаются, последствием их является нарушение светового и гидротермического режима почв. Хозяйственно ценные породы постепенно теряют свои защитные функции (дуб черешчатый (Quércus róbur), сосна обыкновенная (Pínus sylvéstris), ель европейская (Pícea ábies), лиственница сибирская (Lárix sibírica), липа мелколистная (Tília cordáta)), их место занимают малоценные насаждения, состоящие из клена остролистного (Ácer platanoídes), ясеня обыкновенного (Fráxinus excélsior), березы повислой (Bétula péndula), ивы ломкой (Sálix fragílis).

В зависимости от экспозиции склонов, крутизны, степени увлажненности почвы, степени смытости почвы склоновые земли разделены на категории, для каждой из которой при разработке проектов создания противоэрозионных защитных лесных насаждений подбирается технология, породный состав и схемы смешения с учетом условий местопроизрастания (табл. 1).

В основу классификации земельных угодий по геоморфологическим и почвенно-климатическим условиям в лесостепи Приволжской возвышенности положены разработки А.С. Козменко, С.С. Соболева, А.И. Шабаева [7–9].

2. Рост и состояние древесных пород в противоэрозионных защитных лесных насаждениях на склонах солнечных экспозиций зависит от влажности и температуры. Сухость и высокая температура склонов солнечной экспозиции, особенно в начале вегетационного периода, приводят к гибели созданных насаждений. Результаты исследования существующих противоэрозионных защитных насаждений из сосны обыкновенной показали, что лесные насаждения теневой структуры хорошо затеняют почву и достаточно устойчивы в условиях лесостепи Приволжской возвышенности. Насаждения осветленной структурой в зависимости от экспозиции, крутизны склона подвергаются воздействию резких колебаний температуры и влажности весной и осенью. Устойчивость лесных насаждений осветленной структуры необходимо искусственно защитить от прямых солнечных лучей путем укрытия пристволовых участков настилами из растительных остатков, толщиной 5-7 см, позволяющих повысить влажность почвы на 4-5% и температуру почвы на 4-6°C (рис. 2, 3). Изменения температуры и влажности почвы до и после укладки настила из прессованных листьев описывается полиноминальными уравнениями и подтверждается с коэффициентами детерминации $R^2 = 0.77-0.98$.



Рис. 1. Концепция создания противоэрозионных защитных лесных насаждений в лесостепи Приволжской возвышенности

 Таблица 1

 Характеристика склоновых земель лесостепи Приволжской возвышенности

Категория	Тип	Крутизна	Экспозиция	Степень увлаж-	Степень	Условные
	склона	- 1 -0	_	нённости почвы	смытости	обозначения*
5	прямой	8-150	Солнечная	0 – очень сухие	Не смытые	ВСп5 (РСп)0нс
	выпуклый			0–1 – сухие	и слабосмытые	ВСк5 (РСк)0-1нс
	вогнутый			1 – суховатые	Среднесмытые Сильносмытые	ВСн5 (РСн)0-1нс
			Теневая	1-2 - свежеватые	Сильносмытые	ВСп5 (РТп)0нс
				2 – свежие		ВСк5 (РТк)2нс
				3– влажные		ВСн5 (РТн)3срс
				4 – сырые		ВСп5 (РТп)4сс
6	прямой	15–35°	Солнечная	0 – очень сухие	Не смытые	ВСп6 (РСп)0нс
	выпуклый			0–1 – сухие	и слабосмытые	ВСк6 (РСк)0-1нс
	вогнутый			1 – суховатые	Среднесмытые Сильносмытые	ВСн6 (РСн)0-1нс
			Теневая	1-2 - свежеватые	Сильносмытые	ВСп6 (РТп)0нс
				2 – свежие		ВСк6 (РТк)2нс
				3 – влажные		ВСн6 (РТн)3срс
				4 – сырые		ВСп6 (РТп)4сс
7	прямой	>350	Солнечная	0 – очень сухие	Не смытые	ВСп7 (РСп)0нс
	выпуклый			0–1 – сухие	и слабосмытые	ВСк7 (РСк)0-1нс
	вогнутый			1 – суховатые	Среднесмытые	ВСн7 (РСн)0-1нс
			Теневая	1-2 - свежеватые	Сильносмытые	ВСп7 (РТп)0нс
				2 – свежие		ВСк7(РТк)2нс
				3 – влажные		ВСн7 (РТн)3срс
				4 – сырые		ВСп7 (РТп)4сс

П р и м е ч а н и е . *По классификации С.С. Соболева [5]. ** ВСп5(РСп)0нс склон средней крутизны, прямой, 5 категории (крутизна 8–15°), солнечной экспозиции, очень сухой, не смытый или слабосмытый; ВСп5 (РТп) 4сс – склон средней крутизны, выпуклый, 5 категории (крутизна 8–15°), теневой экспозиции, сырой, среднесмытый.

Условные обозначения: ВСп5 – прямой пятой категории, ВСк 5 – выпуклый пятой категории; ВСн 5 – вогнутый 5 категории РСп-склон солнечной экспозиции, РТ – склон теневой экспозиции. НС – не смытый, СРС – средней смытости, СС – сильно смытый, 0–1; 1–2; 2 «-- степень увлажнения. Следовательно, индекс ВСн7(РТн)3срс3 означает «выпуклый 7 категории склон (крутизна > 35°), теневой экспозиции, влажный средней смытости».

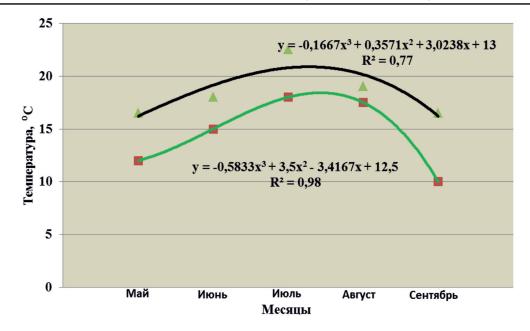


Рис. 2. Изменения температуры почвы склона до (зеленый) и после (черный) использования настила из растительных остатков на склонах солнечной экспозиции

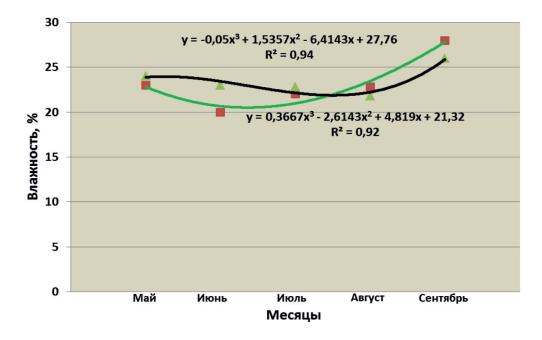


Рис. 3. Изменения влажности почвы склона до (зеленый) и после (черный) использования настила из растительных остатков на склонах солнечной экспозиции

3. Соответствие видового состава, структуры и формы лесных насаждений условиям среды наглядно можно увидеть в противоэрозионных защитных насаждениях лесостепи Приволжской возвышенности. На склонах теневых экспозиций на глинистых почвах растут лесные насаждения в основном из дуба черешчатого, ели евро-

пейской с сопутствующими породами: клена остролистного, липы мелколистной, вяза шершавого (Úlmus glábra), вяза гладкого (Úlmus laévis), а в долинной части склонов – ольхи серой (Álnus incána), ивы ломкой. Склоны солнечных экспозиций, как правило, пологие и заняты низкопродуктивными насаждениями из сосны обыкновенной, ели европейской, дуба черешчатого, липы мелколистной, березы повислой. Верхние части склонов преимущественно лишены древесной растительности и покрыты травянистой растительностью.

4. Успешность совместного роста древесных и кустарниковых растений на склонах позволит получить насаждения с высокой противоэрозионной эффективностью. Как показывают результаты инвентаризации защитных лесных насаждений, смешанные насаждения более устойчивы к экстремальным условиям среды на склонах по сравнению с чистыми. Поэтому выбор схемы смешения древесных и кустарниковых пород при проектировании противоэрозионных защитных лесных насаждений должен основываться на принципах их совместимости в длительном периоде их формирования от посадки и на всем протяжении срока службы насаждений. Типы условий места произрастания можно устанавливать исключительно по результатам полевых исследований или с использованием растений-индикаторов. Используя метод экстраполяции по растениям-индикаторам, можно выделить отдельные контуры. Для более полного решения этой задачи при создании противоэрозионных защитных лесных насаждений в лесостепи Приволжской возвышенности необходимо иметь иную лесотипологическую основу и соответственно, иной подход к ассортименту древесно-кустарниковой растительности. При составлении схем смешения рекомендуется брать примерно следующие пропорции: главная порода – не менее 60% посадочных мест, сопутствующие породы -10-20%, кустарники – не более 10-20% (табл. 2).

В лесостепи Приволжской возвышенности первостепенное значение должны иметь защитные лесные насаждения из хозяйственно ценных и долговечных пород лиственницы сибирской и сосны обыкновенной (на легких почвах), ели европейской, дуба черешчатого – на тяжелых суглинках и глинистых почвах, с примесью устойчивых и хозяйственно-ценных сопутствующих пород – клёна остролистного, вяза гладкого, липы мелколистной и плодово-ягодных кустарников, почвозащитного и противоэрозионного назначения – тёрна обыкновенного (Prunus spinosa), боярышника сибирского (Crataégus sanguinea), калины обыкновенной (Viburnum opulus), смородины чёрной (Ribes nigrum) для повышения хозяйственной ценности насаждений.

Выволы

– основным препятствием для формирования противоэрозионных защитных лесных насаждений на склонах солнечных экспозиций в лесостепи Приволжской возвышенности являются повышенная температура и пониженная влажность почвы;

– для повышения устойчивости насаждений на склонах солнечной экспозиции стволики посаженных саженцев необходимо искусственно защитить от прямых солнечных лучей путем укрытия пристволовых участков настилами из растительных остатков, толщиной 5—7 см, которые повышают влажность почвы на 4—5 % и температуру – на 4—6 °С;

 Таблица 2

 Ассортимент древесно-кустарниковых пород при создании противоэрозионных защитных лесных насаждений на склоновых землях лесостепи Приволжской возвышенности

Типы условий местопроизрастания	Главные породы	Сопутствующие породы	Кустарники
0-1 – сухие	Сосна обыкновенная	Яблоня лесная, клён татарский, клён приречный	Акация жёлтая, бузина красная, ирга ломкая, девичий виноград пятилисточковый
1 — суховатые	Берёза повислая лиственница сибирская	Клён остролистный, вяз шершавый,	Рябина обыкновенная, облепиха, тёрн обыкновенный
1-2 - свежеватые	Дуб черешчатый	Клён остролистный, липа мелколистная, вяз шершавый	Лещина, бересклет, тёрн обыкновенный, боярышник сибирский
2 – свежие	Ель европейская	Осина, липа мелколистная	Тёрн обыкновенный, боярышник сибирский
3 – влажные	Тополь чёрный	Ива ломкая,	Смородина чёрная, калина обыкновенная
4 – сырые	Ольха серая	Вяз гладкий	Черёмуха, смородина чёрная

- при выборе ассортимента древесных и кустарниковых пород и составлении схем смешения в условиях склоновых земель лесостепи Приволжской возвышенности рекомендуется брать растения примерно в следующей пропорции: главная порода не менее 60% посадочных мест, сопутствующие породы 10—20%, кустарники не более 10—20%;
- ассортимент древесных пород и кустарников должен включать хозяйственно ценные и долговечные виды в качестве главных пород дуб черешчатый, лиственница сибирская, сосна обыкновенная, ель европейская; устойчивые виды в качестве сопутствующих пород липа мелколистная, клён остролистный, вяз гладкий и плодово-ягодные виды противоэрозионного назначения- тёрн обыкновенный, боярышник сибирский, смородина чёрная, калина обыкновенная.

Список литературы

- 1. Агролесомелиорация: монография / П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков [и др.]. Саратов: СГАУ, 2016. 474 с.
- 2. Бондаренко Ю.В. Особенности создания защитных лесных насаждений дуба на эродированных склонах Саратовского Правобережья / Ю.В. Бондаренко, А.В. Карпушкин // Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства: мат. Межд. научно-практ. конф. Ч. І. М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2010. С. 72–79.
- 3. Кулик К.Н. Проблемы защитного лесоразведения в России [Электронный ресурс] / К.Н. Кулик. И.П. Свинцов // Использование и охрана природных ресурсов в России: сб. статей. 2009. С. 58–60. Режим доступа: https://www.booksite.ru/forest/forest/revive/8.htm (дата обращения: 16.06.2018).
- 4. Mueller L. et al. Evaluation of soil structure in the framework of an overall soil quality rating // Soil and Tillage Research. 2013. T. 127. C.74–84.
- 5. ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные, метод закладки». М.: ЦБНТИлесхоз, 1984. 60 с.

- 6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
- 7. Козменко А.С. Борьба с эрозией почв / А.С. Козменко. М.: Сельхозиздат, 1954. 229 с.
- 8. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на Европейской части СССР и борьба с ними / С.С. Соболев. М. Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. 1. 308 с.; 1960. Т. 2. 248 с.
- 9. Шабаев А.И. Адаптивно-ландшафтная модернизация агролесомелиоративного обустройства земель в Поволжье / А.И. Шабаев, П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. -2012. № 4. -C. 31–35.

References

- 1. Agrolesomelioraciya: monografiya / P.N. Proezdov, D.A. Mashtakov [i dr.]. Saratov, SGAU, 2016. 474 p.
- 2. Bondarenko Yu.V. Osobennosti sozdaniya zashhitny`x lesny`x nasazhdenij duba na e`rodirovanny`x sklonax Saratovskogo Pravoberezh`ya / Yu.V. Bondarenko, A.V. Karpushkin // Social`noe`konomicheskie i e`kologicheskie problemy` sel`skogo i vodnogo xozyajstva: mat. Mezhd. nauchno–prakt. konf. Ch.I. M.: FGOU VPO MGUP, 2010. P. 72–79.
- 3. Kulik K.N. Problemy' zashhitnogo lesorazvedeniya v Rossii [E'lektronny'j resurs] / K.N. Kulik. I.P. Svinczov // Ispol'zovanie i oxrana prirodny'x resursov v Rossii: sb. statej. 2009. P. 58–60. Rezhim dostupa: https://www.booksite.ru/forest/forest/revive/8.htm (data obrashheniya: 16.06.2018).
- 4. Mueller L. et al. Evaluation of soil structure in the framework of an overall soil quality rating // Soil and Tillage Research. 2013. T. 127. P. 74–84.
- 5. OST 56-69-83 «Ploshhadi probny'e lesoustroitel'ny'e, metod zakladki». M.: CzBNTIlesxoz, 1984. 60 p.
- 6. Dospexov B.A. Metodika polevogo opy'ta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) / B.A. Dospexov. M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.
- 7. Kozmenko A.S. Bor'ba s e'roziej pochv / A.S. Kozmenko. M.: Sel'xozizdat, 1954. 229 p.
- 8. Sobolev S.S. Razvitie e`rozionny`x processov na Evropejskoj chasti SSSR i bor`ba s nimi / S.S. Sobolev. M. L.: Izd-vo AN SSSR, 1948. T. 1. 308 p.; 1960. T. 2. 248 p.
- 9. Shabaev A.I. Adaptivno-landshaftnaya modernizaciya agrolesomeliorativnogo obustrojstva zemel` v Povolzh`e/A.I. Shabaev, P.N. Proezdov, D.A. Mashtakov // Doklady` Rossijskoj akademii sel`skoxozyajstvenny`x nauk. − 2012. − № 4. − P. 31–35.

УДК 630*181:630*174.754:630*176.322.6

ВЗАИМОВЛИЯНИЕ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ СУБОРИ НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

Прутской А.В.

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

В настоящее время большую актуальность приобретает формирование древостоев такого породного состава, которые в конкретных лесорастительных условиях наряду с удовлетворением возрастающих потребностей в древесине восполняли бы средозащитные и другие экологические функции. Сосново-дубовые насаждения при правильном учёте ценотических факторов характеризуются высокой продуктивностью и биологической устойчивостью. Одним из важных факторов формирования сосново-дубовых насаждений является взаимовлияние корневых систем. Объектом исследований стали корневые системы модельных деревьев 70-летней сосны и 66-летнего дуба, произрастающие в условиях сложной субори, на серой лесной почве. В ходе исследований установлено, что сосна по общей протяжённости корневой системы превышает дуб в 4 раза. У сосны от общей протяжённости корней на долю стержневых корней приходится 10%, а у дуба 30%, на долю горизонтальных корней – у сосны 70%, у дуба – 75%. Масса корней сосны в 1,4 раза превышает массу корней дуба. Наибольшее количество корней сосны расположено в верхнем 10 см слое почвы (26%) и на глубине 50-60 см (23%), где корни образуют выраженный ярус. У дуба наибольшее количество корней сосредоточено на глубине 40-50 см (28%). На корневые взаимоотношения между дубом и сосной влияет тепловой и водный режим почвы. Якорная корневая система дуба проникает в нижние горизонты почвы. У сосны развивается поверхностная корневая система, позволяющая более полно использовать питательные вещества почвы и перехватывать влагу во время дождливых периодов.

Ключевые слова: корневая система, сосна обыкновенная, дуб черешчатый, насаждения, почва, исследование

THE MUTUAL INFLUENCE OF ROOT SYSTEMS OF PINE AND OAK IN COMPLEX SUBARI ON GRAY FOREST SOIL

Prutskov A.V.

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

At present, the formation of stands of such a rock composition acquires great urgency, which, in concrete forest conditions, along with the satisfaction of the growing demands in wood, would have made up environmental and other environmental functions. Pine and oak plantations with proper consideration of the valuable factors are characterized by high productivity and biological stability. One of the important factors in the formation of pine and oak plantations is the mutual influence of root systems. The object of the research was the root systems of model trees of 70-year-old pine and 66-year-old oak, growing in a complex subori, on gray forest soil. In the course of research it was established that the pine, according to the total length of the root system, exceeds the oak tree by 4 times. In pine, from the total length of the roots, the share of tap roots accounts for 10%, and oak 30%, the share of horizontal roots – pine 70%, oak – 75%. The weight of pine roots is 1.4 times the weight of oak roots. The greatest number of pine roots is located in the top 10 cm layer of soil (26%) and at a depth of 50–60 cm (23%), where the roots form a pronounced tier. Oak has the highest number of roots concentrated at a depth of 40–50 cm (28%). The root relationship between oak and pine affects the thermal and water regime of the soil. The anchor root system of oak penetrates into the lower horizons of the soil. Pine develops a superficial root system, which allows more complete use of soil nutrients and moisture during rainy periods.

Keywords: root system, Pinus silvestris, Qercus robur, plantations, soil, research

В настоящее время, с переходом на многоцелевое лесопользование, большую актуальность приобретает формирование древостоев такого породного состава, которые в конкретных лесорастительных условиях наряду с удовлетворением возрастающих потребностей в древесине восполняли бы средозащитные и другие экологические функции.

Сосново-дубовые насаждения при правильном учёте ценотических факторов и рациональном размещении древесных пород по площади характеризуются высокой продуктивностью и биологической устойчивостью [1].

Одним из важных факторов формирования сосново-дубовых насаждений является взаимовлияние корневых систем.

Рядом ученых проводились исследования корневых систем сосны [2, 3] и корневых систем дуба [4]. В естественных древостоях с порослевым дубом в верхнем полуметровом слое почвы заметно преобладают корни дуба. В насаждениях с семенным дубом, который на 30–40 лет моложе сосны, корневая система дуба также находит благоприятные условия для своего развития. В суборях и сугрудках естественных сосново-дубовых древостоев позиции дуба

в почвенной среде, несмотря на его угнетение в надземной части, довольно прочны. Здесь, в свежих условиях, корневая система сосны и дуба однотипна и имеет второй максимум своего развития в более глубоких горизонтах почвы. Примесь дуба к сосне не меняет характера её корневой системы, но несколько вытесняет мелкие корни сосны из верхнего горизонта в более глубокие. В сложной субори, при совместном произрастании с сосной, корневые системы дуба опускаются в более глубокие горизонты (В, и В₂). В этих условиях стержневой корень дуба, достигая слоя подстилающего суглинка, разветвляется, что увеличивает площадь его соприкосновения с горной породой.

Цель исследования: изучить взаимовлияние корневых систем сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) и дуба черешчатого (*Qercus robur* L.) в условиях сложной субори на серой лесной почве.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований стали корневые системы модельных деревьев сосны и дуба, произрастающие в юго-восточном районе широколиственных лесов, Кокоревском предполесском ландшафте сосново-дубовых насаждений, в 70-летнем сосняке волосисто-осоковом (C_2), Брасовского лесничества, Брянской области. Для места исследований характерна серая лесная легкосуглинистая почва на лессовидных суглинках.

Строение корневых систем изучалось методом скелета и методом монолита. В исследованиях использовалась методика М.И. Калинина [5], Р.А. Сейдафарова [6], В.Н. Шанина [7]. Раскопку корневых систем начинали с горизонтальных корней, постепенно обнажая корни по периферии [8]. Все корни распределяли на группы:

- 1) горизонтальные поверхностные (горизонтальные корни, расположенные не глубже 20 см);
- 2) горизонтальные глубинные (горизонтальные корни, расположенные глубже 20 см);
- 3) якорные (вертикальные ответвления от горизонтальных корней);
- 4) стержневые (корни идущие вертикально вниз и являющиеся продолжением ствола дерева).

В зависимости от толщины корни подразделяли на тонкие (d < 2 мм), полускелетные (d = 2,1-4,0 мм) и скелетные (d > 4,0 мм).

Для горизонтальной корневой системы замеряли следующие показатели:

- 1) длина корня первого и второго порядка;
- 2) расстояние до ответвлений второго порядка;

- 3) длина якорных корней и глубина их проникновения;
- 4) диаметр корней в месте их прикрепления.

Для вертикальной корневой системы замеряли следующие показатели:

- 1) длина корня;
- 2) расстояние до места прикрепления ответвлений второго порядка.

Измерения диаметров корней проводились штангенциркулем, длины – мерной лентой.

Корни, взятые из монолитов, взвешивали в сыром состоянии, по фракциям, с точностью до 0,01 г. Для определения процента влажности отбирали по 5 образцов из каждой фракции, с величиной навески 50 г. После высушивания в сушильном шкафу, при температуре 100–110 °C до абсолютно сухого состояния и повторного взвешивания, устанавливали средний процент влажности.

Средний прирост корня по длине определяли путём деления длины корня на его возраст, вычисляемый по количеству годичных колец у основания корня.

Для изучения роста корня по длине и диаметру использовали метод анатомического анализа корней. Рост по длине определялся при помощи срезов у двух горизонтальных корней типичного строения, у их основания и через каждые 50 см. Рост по диаметру определялся при помощи срезов главных и скелетных корней у их основания. Проекция корневой системы определялась как площадь многоугольника, образованного линиями, соединяющими окончания горизонтальных корней.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование корневых систем проводилось в 70-летнем сосново-дубовом насаждении. Таксационная характеристика представлена в таблице.

В ходе исследований установлено взаимовлияние корневых систем, когда горизонтальные корни дуба активно растут в ризосфере сосны (рис. 1).

Сосна по общей протяжённости корневой системы превышает дуб в среднем в 4 раза. У сосны, от общей протяжённости корней, на долю стержневых приходится 10%, а у дуба 30%, на долю горизонтальных – у сосны 70%, у дуба – 75%. Среди горизонтальных корней, корни 1-го порядка у сосны по протяжённости в среднем превышают в 2 раза корни дуба, а корни 2-го порядка у сосны, в 6 раз превышают корни дуба.

Состав	Состав Средние		Полн	Полнота		Густота,
	диаметр,	высота,	абсол.,	относит.	м³/га	шт./га
	СМ	M	M^2			
1	2	3	4	5	6	7
Первый ярус						
6,3 C	49,0	33,1	24,28	0,43	350	129
3,2 Д	31,7	26,1	14,62	0,41	180	186
0,5 Б	45,1	31,5	1,96	0,06	27	12
Для всего яруса	41,9	30,2	40,86	0,90	557	327

Таксационная характеристика сосново-дубового насаждения



Рис. 1. Корневые системы 70-летней сосны обыкновенной (слева) и 66-летнего дуба черешчатого (справа) в сосняке волосисто-осоковом (С₂), в Кокоревском предполесском ландшафте сосново-дубовых насаждений

Масса корней 70-летней сосны в 1,4 раза превышает массу корней 66-летнего дуба. При этом масса корней, в почвенном монолите, толщиной менее 0,6 мм у сосны составила 380 г, у дуба 420 г; толщиной 0,7–3,0 мм у сосны – 760 г, у дуба – 2100 г; толщиной более 3,0 мм у сосны – 17860 г, у дуба – 11480 г.

Вертикальное распределение массы корней дуба и сосны, по профилю серой лесной почвы, представлено на рис. 2.

Наибольшее количество корней сосны расположено в верхнем 10-сантиметровом слое почвы (26%) и на глубине 50–60 см (23%), где корни образуют выраженный ярус. По нашему мнению, это связано с тем, что в горизонте A_1 повышенное содержание питательных веществ, в том числе и азотистых соединений. В горизонте B_1 корни сосны активно используют влажность почвы.

У дуба наибольшее количество корней сосредоточено на глубине 40–50 см $(28\,\%)$, горизонт A_1A_2 . Здесь масса корней дуба превышает массу корней сосны в 5,2 раза. Причиной этого явления стало то, что поверхностная корневая система сосны вытесняет из верхних горизонтов почвы корневую систему дуба. По нашему мнению, этот горизонт почвы имеет оптимальный температурный режим для роста корней дуба.

По исследованиям А.А. Коротаева (1981) начало роста корневой системы дуба возможно при прогревании почвы на уровне +8 °C, а сосны – до +5 °C. Оптимум для роста корней обеих пород составляет влаго-обеспеченность почвы 30-80 % и температура почвы для дуба +15,6-+22,4 °C, для сосны +13,2-+19,8 °C.

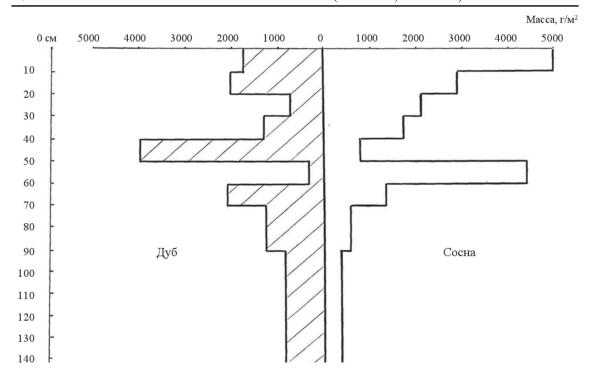


Рис. 2. Вертикальное распределение массы корневых систем 70-летней сосны и 66-летнего дуба по профилю почвы, в сосняке волосисто-осоковом (C₂)

В ходе исследований установлено, что грунтовые воды и капиллярная кайма в течение всего сезона вегетации располагаются ниже основного корнеобитаемого слоя. Летом в поверхностных горизонтах корнеобитаемого слоя наблюдается недостаток влаги.

У дуба в верхнем горизонте почвы имеется 4—7, а у сосны 3—4 выраженные корневые лапы, каждая из которых, по нашим исследованиям, разветвляется на ряд самостоятельных корней. В горизонте почвы 0—15 см корни дуба диаметром 5—16 см удалены от ствола дерева на 50—75 см, а сосны — на 100—250 см. В горизонте 16—30 см скелетные корни дуба диаметром до 6 см встречаются в радиусе 150 см, а у сосны 150—200 см от ствола дерева. При углублении в почву от 30 до 50 см максимальный диаметр якорных корней дуба и сосны составляет 8—10 см.

Исследование динамики роста корневых систем дуба и сосны показывает, что эти породы обладают сильной физиологической активностью стержневого корня, проявляющегося в приросте по диаметру. Так 70-летняя сосна, на серой лесной почве, развивает мощный стержневой материнский корень, который превышает материнский стержне-

вой корень 66-летнего дуба, по диаметру у его основания в 2,6 раза. Наиболее интенсивный прирост по диаметру корня у сосны наблюдается в период от 20 до 40 лет, что составляет 39% от общего диаметра корня, с пиком прироста в 30 лет.

У дуба интенсивный прирост по диаметру корня приходится на период от 10 до 20 лет, это 58% от общего диаметра корня. В период от 20 до 30 лет происходит резкое уменьшение прироста (в 2 раза) стержневого корня дуба. Это связано с биологией роста дуба, так как дуб более интенсивно развивает стержневую корневую систему в первые десятилетия, по сравнению с последующими.

В отличие от проекции крон, проекции корневых систем дуба и сосны, при совместном произрастании на серой лесной почве, занимают большее фитоценотическое пространство. Горизонтальная проекция корневых систем и крон деревьев представлена на рис. 3.

По нашим исследованиям установлено, что проекция горизонтальных корневых систем (площадь питания) 70-летней сосны составляет 225 m^2 , а у дуба 66-летнего возраста 120 m^2 , т.е., у дуба проекция горизонтальных корней в 1,9 раза меньше.

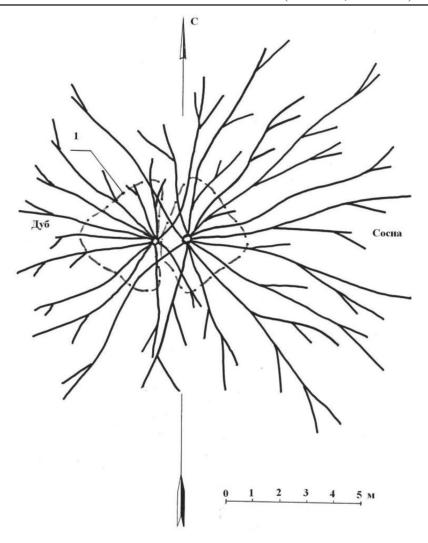


Рис. 3. Горизонтальная проекция корневых систем и крон 70-летней сосны и 66-летнего дуба в сосняке волосисто-осоковом (C_{γ}) : 1 – проекция кроны дерева

Проекции корневых систем превышают проекции кроны у дуба в 17 раз, а у сосны в 28 раз.

Выводы

На корневые взаимоотношения между дубом и сосной влияет тепловой и водный режим почвы.

На серой лесной почве сосна по общей протяжённости корневой системы превышает дуб в 4 раза. У сосны, от общей протяжённости корней, на долю стержневых приходится 10%, а у дуба 30%, на долю горизонтальных – у сосны 70%, у дуба – 75%. Масса корней 70-летней сосны в 1,4 раза превышает массу корней 66-летнего дуба.

Наибольшее количество корней сосны расположено в верхнем 10-сантиметровом слое почвы (26%) и на глубине 50-60 см

(23%), где корни образуют выраженный ярус. У дуба наибольшее количество корней сосредоточено на глубине 40–50 см (28%), горизонт A_1A_2 .

Якорная корневая система дуба проникает в нижние горизонты почвы, используя капиллярную влагоёмкость лессовидного суглинка. У сосны развивается поверхностная корневая система, позволяющая более полно использовать питательные вещества почвы и перехватывать влагу во время дождливых периодов.

Список литературы

- 1. Прутской А.В. Лесовосстановление биологически устойчивых сосново-дубовых древостоев // Роль учебноопытных лесхозов вузов России в подготовке кадров для лесного сектора: материалы научн.-практ. конф. Брянск: БГИТУ, 2017. С. 138–142.
- 2. Шлапак В.П. Фитомасса корней в культурах сосны в свежих суборях и судубравах / В.П. Шлапак // Известия вузов. Лесной журнал. 2007. № 6. С. 49–53.

- 3. Тюкавина О.Н. Корневая система сосны обыкновенной в условиях северотаежной зоны / О.Н. Тюкавина, В.Н. Евдокимов // Известия вузов. Лесной журнал. -2016. -№ 1. C. 55–65.
- 4. Михайлов Н.А. Особенности строения корневых систем порослевого дуба от тонких пней в Брянском лесном массиве / Н.А. Михайлов // Известия вузов. Лесной журнал. 2011.- N 2.- C. 61-66.
- 5. Калинин М.И. Формирование корневых систем деревьев / М.И. Калинин. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 151 с.
- 6. Сейдафаров Р.А. Изучение корневых систем древесных растений методом среза (на примере корневых систем липы мелколистной) / Р.А. Сейдафаров // Вестник Крас-ГАУ. 2013. № 5. С. 92–97.
- 7. Шанин В.Н. Моделирование горизонтального распространения корней деревьев в различных условиях местообитания / В.Н. Шанин // Лесоведение. 2015. № 2. С. 130–139.
- 8. Рожков В.А. Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории / В.А. Рожков, И.В. Кузнецова, Х.Р. Рахматуллоев. 2-е изд. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 51 с.

References

1. Prutskoj A.V. Lesovosstanovlenie biologicheski ustojchivy`x sosnovo-dubovy`x drevostoev // Rol` uchebnoopy'tny`x lesxozov vuzov Rossii v podgotovke kadrov dlya

- lesnogo sektora: materialy` nauchn.-prakt. konf. Bryansk: BGITU, 2017. P. 138–142.
- 2. Shlapak V.P. Fitomassa kornej v kul`turax sosny` v svezhix suboryax i sudubravax / V.P. Shlapak // Izvestiya vuzov. Lesnoj zhurnal. 2007. № 6. P. 49–53.
- 3. Tyukavina O.N. Kornevaya sistema sosny` oby`knovennoj v usloviyax severotaezhnoj zony` / O.N. Tyukavina, V.N. Evdokimov // Izvestiya vuzov. Lesnoj zhurnal. 2016. N $\!\!$ 1. P. 55–65.
- 4. Mixajlov N.A. Osobennosti stroeniya kornevy`x sistem poroslevogo duba ot tonkix pnej v Bryanskom lesnom massive / N.A. Mixajlov // Izvestiya vuzov. Lesnoj zhurnal. 2011. № 2. P. 61–66.
- 5. Kalinin M.I. Formirovanie kornevy`x sistem derev`ev / M.I. Kalinin. M.: Lesn. prom-st`, 1983. 151 p.
- 6. Sejdafarov R.A. Izuchenie kornevy`x sistem drevesny`x rastenij metodom sreza (na primere kornevy`x sistem lipy` melkolistnoj) / R.A. Sejdafarov // Vestnik KrasGAU. 2013. № 5. P. 92–97.
- 7. Shanin V.N. Modelirovanie gorizontal`nogo rasprostraneniya kornej derev`ev v razlichny`x usloviyax mestoobitaniya / V.N. Shanin // Lesovedenie. 2015. № 2. P. 130–139.
- 8. Rozhkov V.A. Metody' izucheniya kornevy'x sistem rastenij v pole i laboratorii / V.A. Rozhkov, I.V. Kuzneczova, X.R. Raxmatulloev. 2-e izd. M.: GOU VPO MGUL, 2008. 51 p.

УДК 631.527.8 + 631.524.84

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОМБИНАЦИИ 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS ТРАНСЛОКАЦИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Сибикеев С.Н., Дружин А.Е., Андреева Л.В.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», Capamos, e-mail: sibikeev_sergey@mail.ru

Чужеродные транслокации 1BL-1RS и 7DS-7DL-7Ae#1L от ржи посевной и пырея удлинённого внесли значительный вклад в производство мягкой пшеницы. В настоящее время комбинация этих транслокаций высокоэффективна против листовой и стеблевой ржавчин. Однако их совместное влияние на хозяйственнополезные показатели почти не изучалось. В представленном исследовании агрономическая ценность комбинации 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS – транслокаций изучалась на почти изогенных линиях яровой мягкой пшеницы сорта Л503 и линии Л2032 с 7DS-7DL-7Ae#1L транслокациями. Источники 1BL-1RS- транслокации – линии ThatcherLr26, Curinda87, Seri82. Изучение проводилось с 2013 по 2017 гг., в вегетационные сезоны с благоприятными температурными и водными режимами. Экспериментальный материал высевался в 7 м² делянки рендомизировано в 4-кратной повторности. В исследованиях определяли продуктивность и качество зерна, которое оценивали по содержанию сырой клейковины, показателям прибора ИДК-1, а физические свойства теста устанавливали на альвеографе Шопена. Полученные данные подвергли дисперсионному анализу. Сравнение влияния 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS- транслокаций на продуктивность зерна за два периода с 2005 по 2011 г. (засухи различной степени) и с 2013 по 2017 г. (благоприятные годы с эпифитотиями листовой и стеблевой ржавчины) показало разнонаправленность эффектов комбинации транслокаций. В засушливый период выявлено положительное влияние, а в благоприятный – негативное или нейтральное. В целом нет однозначно положительного или отрицательного влияния 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS транслокаций на урожайность зерна вне зависимости от генотип-средовых взаимодействий. Более стабильно проявление влияния 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS- транслокаций на показатели качества муки и хлеба. Обнаружено сходство эффектов (нейтральное) на показатели клейковины, упругость теста, отношение упругости теста к растяжимости. По силе муки выявлено снижение или нейтральное влияние и лишь объём хлебцев в засушливых условиях уменьшался, а в благоприятных увеличивался

Ключевые слова: мягкая пшеница, 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS- транслокации, почти изогенные линии, влияние на продуктивность и качество зерна, разнонаправленность эффектов

INFLUENCE ANALYSIS OF COMBINATION 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS TRANSLOCATIONS ON SPRING WHEAT YIELD AND GRAIN QUALITY

Sibikeev S.N., Druzhin A.E., Andreeva L.V.

Agricultural Research Institute for South-East Regions, Saratov, e-mail: sibikeev sergey@mail.ru

The 1BL-1RS and 7DS-7DL-7Ae#11 alien translocations from rye and elongated wheatgrass made a significant contribution to the bread wheat production. Currently, the combination of these translocations is highly effective against leaf and stem rust. However, their combined impact on agronomic useful traits was almost not studied. In this study, the agronomic value of the combination 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS - translocation was studied on the nearly isogenic lines of spring bread wheat cultivar L503 and line L2032 with 7DS-7DL-7Ae#1L translocations. The sources of 1BL-1RS - translocation were lines ThatcherLr26, Curinda87, Seri82. The study was conducted within the period 2013-2017. These vegetation seasons were favorable for temperature and water regimes. The experimental material was randomized sown in 7m² plots in 4-fold repetition. The productivity and quality of grain were determined in the research. The grain was detected by the content of crude gluten, indicators of the IDK-1. The physical properties of the dough were evaluated on the Chopin alveograph. The obtained data were subjected to ANOVA analysis. The comparison of the influence 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS - translocation on the grain productivity within the two periods 2005-2011 (droughts of different degrees) and 2013-2017 (favorable years with epidemics of leaf and stem rust) have shown the divergence of the combination translocations effects. In the droughts period, the positive influence was revealed, and in the favorable - negative or neutral. In general, there is no unambiguously positive or negative influence of 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS translocations on grain yield regardless of genotype-environmental interactions. The more stable appearance of the influence of 7DL-7Ae#1L + 1BL - 1RS translocations on the quality of flour and bread was detected. The similarity of the effects (neutral) on the gluten traits, the elasticity of the dough, and the ratio of the elasticity of the dough to the extensibility were determined. The strength of the flour showed a reduction or neutral influence, and only the volume of breads in drought conditions were decreased, but in the favorable increased.

 $\label{lem:keywords:bread wheat, 7DL-7Ae \#1L+1BL-1RS\ translocations, almost isogenic lines, influence on productivity and quality of grains, multidirectional effects$

Виды *Agropyrum elongatum* (2n = 70) (Host) Beauv. и *Secale cereale* L. давно привлекают селекционеров мягкой пшеницы наличием ряда ценных генов, контролирующих зимостойкость, высокую морозоустой-

чивость, устойчивость к целому ряду заболеваний и насекомых. В Каталоге генных символов за 2013 г. от пырея удлинённого зарегистрировано 8 генов, ответственных за устойчивость к различным заболевани-

ям и вредным насекомым, а от ржи посевной – 20 [1]. Из этих 20 генов устойчивости к биострессорам наибольшее значение оказывают гены в транслокациях 1BL-1RS, содержащей гены резистентности к листовой, стеблевой, желтой ржавчинам и мучнистой poce - Lr26, Sr31, Yr9, Pm8 и 1AL-1R#2S, содержащей гены устойчивости к злаковой тле и мучнистой росе — Gb2, Pm17. Транслокация 1BL-1RS в настоящее время включена в родословные многих сортов мягкой пшеницы и получила широкое распространение в Центральной и Южной Америке, Западной Европе, Юго-Восточной Азии, Ближнем Востоке и Северной Африке и её присутствие в 1990-х гг. достигало 60%. Рядом исследований было выявлено, что она способствует повышению продуктивности, устойчивости к засухе, формированию более крупного зерна и более эффективному использованию влаги корнями и росту надземной биомассы [2]. Однако эффективность генов устойчивости к возбудителям листовой и жёлтой ржавчинам и мучнистой росы была потеряна в 1970-е гг. [3]. Среди генов устойчивости от пырея удлинённого в России широкое распространение получили гены *Lr19/Sr25* в 7DS-7DL-7Ae#1L – транслокации. Причём набор сортов с этими генами в основном сосредоточены в европейской части России. Влияние на агрономические признаки 7DS-7DL-7Ae#1L – транслокации оценивается как положительное [4, 5]. Отмечалось, что увеличение продуктивности зерна этой транслокацией определяется лучшим использованием ассимилятов репродуктивными органами [6]. Как и в случае с Lr26, ген Lr19 был преодолён патогеном [5]. В целом вклад обеих транслокаций в мировую практику сельского хозяйства оценивается как высокий. Как показали исследования, несмотря на преодолённость генов Lr26и Lr19, их комбинация высокоэффективна как в европейской части России, так и в западной Сибири [3]. Однако комбинация 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS транслокаций в генетической среде яровой мягкой пшеницы мало распространена, почти не изучалась и их совместные эффекты не ясны, что побудило нас создать для этих целей набор соответствующих изолиний на генотипе широко распространенного сорта Л503 и линии Л2032.

Цель исследования: по результатам многолетних исследований почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы определить влияние комбинации транслокаций 7DS-

7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS на продуктивность зерна и показатели качества муки и хлеба.

Материалы и методы исследования

Используемый материал включал следующие генотипы:

генотипы-реципиенты: сорт яровой мягкой пшеницы Л503 и линия Л2032=Л504/ Краснокутка 10//Л504 — доноры 7DS-7DL-7Ae#1L транслокации;

почти изогенные линии яровой мягкой пшеницы: Л503*6//Тс Lr26, где Тс Lr26- почти изогенная линия сорта Thatcher с геном Lr26, то есть с транслокацией 1BL-1RS; Л2032*6//Сигіпав87, где линия Curinas87 выведена в СИММИТ (Мексика) и является носителем 1BL-1RS — транслокации; Л2032*5//Seri82, где линия Seri82 выведена в СИММИТ (Мексика) и является носителем 1BL-1RS — транслокации; Л2032*6// Тс Lr26;

пара почти изогенных сибсов Л359R и Л359S, где сибс R с транслокацией 7DS-7DL-7Ae#1L, а сибс S – нет.

Исследования включали оценку продуктивности зерна, физических свойства теста и хлебопекарных показателей. Исследования проводились в 2013-2017 гг., из которых наиболее благоприятными были 2014 и 2017 гг., 2013 и 2015 гг. были средними по увлажнению, а 2016 г. выделялся повышенным количеством осадков и сильной эпифитотией стеблевой ржавчины и жёлтой пятнистости. Эпифитотии листовой ржавчины отмечались в 2014 и в 2017 гг. Кроме того, в начале вегетации в 2017 г. (до стадии трубкования) отмечалась эпифитотия септориоза листьев. Экспериментальный материал рендомизированно высевался в 7 м² делянки в 4-кратной повторности. Норма высева 400 зёрен на 1 м². Качество зерна и теста оценивали по содержанию сырой клейковины и показателям прибора ИДК-1 и альвеографа Шопена с выпечкой опытных образцов хлебцев. Полученные данные подвергли соответствующему статистическому анализу с использованием программ «Agros-2.10». Сравнения были проведены в пределах почти изогенных пар или набора линий с соответствующим сортом или линией-реципиентом.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты изучения продуктивности зерна показали, что в среднем за период с 2013 по 2017 гг. отмечено понижение урожайности у линий $\Pi 2032*6//Curinda87$, $\Pi 2032*6//TcLr26$, $\Pi 2032*5//Seri82$ по срав-

нению с Л2032. Причём у двух последних линий это понижение урожайности зерна было статистически значимым. Урожайность зерна у Л2032*6//Curinda87 в течение пяти лет (2013–2017 гг.) была постоянно ниже, чем у Л2032, причём четыре года незначимо и лишь один год (2017 г.) различия были достоверными. В среднем снижение составило 215 кг/га или 6%. У Л2032*6// TcLr26 значимое снижение урожайности было три года и в целом составило 418 кг/га или 12%. У Л2032*5//Seri82 значимое снижение урожайности было четыре года и в целом составило 11%. У Л503 (Lr19+Lr26) за этот же период по сравнению с сортом Л503 (Lr19) значимых различий по продуктивности зерна не было установлено (снижение составило лишь 1%). В течение пяти лет (2013-2017 гг.) Л503 (Lr19+Lr26) значимо снизил продуктивность зерна в 2014 г. и значимо превысил в 2016 г., в остальные годы достоверных различий по урожайности зерна не было (таблица).

но. В более ранних исследованиях [7], при использовании пары Л503 и Л503*6//Тс Lr26 за период 2005-2011 гг. было выявлено достоверное увеличение продуктивности зерна у линии с комбинацией 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS — транслокаций. Увеличение урожайности достигало 19%. Причиной расхождения выводов о влиянии комбинации 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS- транслокаций является различное сочетание количества лет с засушливыми условиями и благоприятных лет. Так в период с 2005 по 2011 гг. наблюдалось четыре среднезасушливых и три острозасушливых года, благоприятных по увлажнению лет не было. В период с 2013 по 2017 гг. наблюдалось два средних и три благоприятных по увлажнению года, засушливых лет не было. Таким образом, есть основания утверждать что положительный эффект взаимодействия 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS на продуктивность зерна проявляется на фоне засушливых лет. Данный вывод со-

Продуктивность зерна и показатели качества у почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы с транслокацией 7DS-7DL-7Ae#1L и комбинацией транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS, среднее за 2013–2017 гг.

Сорта, линии	Продуктивность		Показ	атели к	ачества м	уки и хле	еба
	зерна, кг/га	клейковина*	Р**, мм	P/L**	W**, e.a	V**, cm3	пористость, балл
Л2032	3514,2 b***	33/71 ns ns	132ns	2,3ns	300a	812a	4,9 ns
Л2032*6//Curinda87	3297,6 ab	35/78 ns ns	111ns	2,0ns	252b	869c	5,0 ns
Л2032*6// Tc Lr26	3096,6 a	34/69 ns ns	111ns	2,1ns	252b	866c	5,0 ns
Л2032*5//Seri82	3198 a	32/71 ns ns	110ns	2,3ns	208c	848b	4,9 ns
Л503	3096,8 ns	33/80 ns ns	100ns	2,1ns	187ns	830a	4,8 ns
Л503*6//Tc Lr26	3071,8 ns	33/80 ns ns	102ns	2,0ns	204ns	860b	4,9 ns
Л359S(lr19)	2844,8 ns	32/71 a ns	100ns	2,0ns	205ns	830a	4,8 ns
Л359R(Lr19)	2863,8 ns	34/71 b ns	97ns	2,0ns	194ns	770b	4,5 ns

П р и м е ч а н и е . * — в колонке первым указано количество клейковины/затем показатель прибора ИДК-1; $^{**}P$ — упругость теста, P/L — отношение упругости теста к растяжимости, W — сила муки, V — объём хлеба; *** — числа в колонках, сопровождаемые различными буквами, значимо различаются на уровне P_{005} .

Таким образом, чётко проявился эффект источника 1BL-1RS — транслокации и сорта, линии-реципиента. Несмотря на высокое и почти одинаковое количество беккроссов (5–6) можно утверждать, что для оптимального приближения к генотипу Л2032, при использовании линий ThatcherLr26 и Seri82 необходимо ещё большее количество возвратных скрещиваний. Тем не менее тренд снижения продуктивности зерна проявился у всех линий, но у Л2032*6// Curinda87 и Л503*6//Тс Lr26 несуществен-

гласуется с тем, что 1BL-1RS способствуют нарастанию большей массы корней и более эффективному использованию влаги корнями и росту надземной биомассы [2]. Для выявления отдельного влияния 7DS-7DL-7Ae#1L — транслокации на урожайность зерна нами использовалась почти изогенная пара сибсов Л359S и Л359R с отсутствием и наличием транслокации соответственно. Анализ продуктивности зерна показал, что за период с 2013 по 2017 гг. вклад 7DS-7DL-7Ae#1L — транслокации оценивается как

нейтральный (таблица). В связи с тем, что у нас отсутствовала почти изогенная пара по 1BL-1RS, мы можем только предполагать, что установленное снижение продуктивности в 2013-2017 гг. у линий с 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS связано с эффектами 1BL-1RS-транслокации. Наши данные не согласуются с результатами Singh с соавт., выполненными на почти изогенных линиях сорта Seri 82 [4]. По данным этих авторов комбинация 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RSтранслокаций увеличивает продуктивность зерна в условиях недостатка влаги на 8,2%, а в условиях достаточного увлажнения до 16%. Результаты наших исследований приводят к противоположным выводам, и это несмотря на то, что в одной из линий источник 1BL-1RS-транслокации также был сорт Seri 82. По-видимому, сказывается принципиально разные условия выращивания (сроки вегетации яровой пшеницы в Мексике достигают 210-240 дней, в Поволжье 105-115 дней, и разный температурный режим). Кроме того, без сомнения, проявляется эффект генотипов сортов-реципиентов. Однако вопрос, почему, несмотря на высокоэффективную устойчивость к листовой и стеблевой ржавчине и в условиях эпифитотий этих патогенов линии на основе Л2032 не имели преимуществ по урожайности зерна, остаётся невыясненным. Более того, почти изогенная линия на основе Л503 значимо превысила сорт-реципиент, только в условиях 2016 г. (сильная эпифитотия стеблевой ржавчины), но отмечалось снижение продуктивности зерна в условиях эпифитотий листовой ржавчины в 2014 и 2017 гг. Причины этого снижения не ясны.

Таким образом, анализируя ранее полученные и последние результаты по влиянию комбинации 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS- транслокаций на продуктивность зерна, можно говорить о различном её проявлении в зависимости от конкретно складывающихся условий вегетации, то есть норме реакции генотипа. Следовательно, нет однозначно положительного или отрицательного влияния комбинации вышеуказанных транслокаций на урожайность зерна вне зависимости от генотип-средовых взаимодействий.

Немаловажное значение в сельскохозяйственном производстве играет качество конечной продукции растениеводства. Широко известно отрицательное влияние 1BL-1RS-транслокации на хлебопекарные свойства [2] и положительное у 7DL-7Ae#1L-транслокации [5], (кроме цвета мякиша). Ранее было выявлено, что комбинация 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS-

транслокаций не влияет на содержание клейковины и её качество, упругость теста, отношение упругости теста к растяжимости, но снижает силу муки. По хлебопекарным свойствам было выявлено незначимое снижение объёма хлебцев и по пористости не было различий [7]. Данные по оценке показателей качества муки и хлеба подтвердили ранее сделанные выводы, кроме объёма хлебцев (таблица). За период 2013-2017 гг. все почти изогенные линии с 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS-транслокациями значимо повысили объём хлебцев и были незначимо лучше по пористости. Следует отметить незначимое снижение упругости теста и достоверное уменьшение силы муки у всего набора линий на основе Л2032. В то время как у Л503*6//Тс Lr26 упругость теста и сила муки не снижалась, а была даже несколько выше, но в пределах наименьшей существенной разницы. Данный факт подтверждает необходимость изучения эффектов чужеродных транслокаций на нескольких генотипах-реципиентах для правильных выводов. Изучение отдельного вклада 7DL-7Ae#1L-транслокации у пары сибсов Л359S и Л359R показал, что пырейная транслокация значимо увеличивает количество клейковины, не изменяя её качество и не влияет на упругость теста, отношение упругости к растяжению теста и силу муки. Однако значимо понижает объём хлебцев при одинаковой пористости. Таким образом, есть основания утверждать, что уменьшение силы муки, равное количество клейковины и увеличение объёма хлебцев у комбинации 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS-транслокаций определяется вкладом 1BL-1RS-транслокации в эффект на хлебопекарные показатели.

Выводы

Анализ влияния 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS-транслокаций на продуктивность зерна у почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы за два периода с 2005 по 2011 гг. (засухи различной степени) и с 2013 по 2017 гг. (благоприятные годы с эпифитотиями листовой и стеблевой ржавчины) показал разнонаправленность эффектов комбинации транслокаций. В засушливый период выявлено положительное влияние, а в благоприятный – негативное или нейтральное. В целом нет однозначно положительного или отрицательного влияния комбинации вышеуказанных транслокаций на урожайность зерна вне зависимости от генотипсредовых взаимодействий.

Более стабильно проявление влияния 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS-транслокаций на показатели качества муки и хлеба. Обнаружено сходство эффектов (нейтральное) на показатели клейковины, упругость теста, отношение упругости теста к растяжимости. По силе муки выявлено снижение или нейтральное влияние, и только по объёму хлебцев установлено расхождение эффектов комбинаций. В засушливых условиях объём хлебцев уменьшался, а в благоприятных увеличивался.

Список литературы

- 1. Catalogue of Gene Symbols for Wheat / R.A. McIntosh [et al.] // Proceedings of the 12th International Wheat Genetics Symposium, 8–13 September 2013, Yokohama, Japan.
- 2. Harnessing diversity in wheat to enhance grain yield, climate resilience, disease and insect pest resistance and nutrition through conventional and modern breeding approaches / S. Mondel [et al.] // Frontiers in plant science. 2016. No. 6.:991. DOI: 10.3389/fpls.2016.00991.
- 3. Генетическая структура российских и казахстанских популяций возбудителя бурой ржавчины Puccinia triticina Erikss. по вирулентности и SSR маркёрам / Е.И. Гультяева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. -2018. T. 53, № 1. C. 85-95. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.85rus.
- 4. Singh R.P., Huerta-Espino J., Rajaram S., Crossa J. Agronomic effects from chromosome translocations 7DL.7AG and 1BL.1RS in spring wheat. Crop Science, 1998, Vol.38, P. 27–33. DOI: 10.2135/cropsci1998.0011183X003800010005x.
- 5. Sibikeev S.N., Druzhin A.E. Prebreeding research of near-isogenic lines of spring bread wheat with a combination of translocations from Agropyron elongatum (Host.) P.B. and Aegilops ventricosa Tausch. Russian Journal of Genetics: Applied research, 2016, Vol. 3, P. 338–343. DOI: 10.1134/S2079059716030126.
- 6. Miralles D.J., Resnicoff E., Carrtero R. «Yield improvement associated with Lr19 translocation in wheat: which plant attributes are modified?» in Scale and Complexity in Plant Systems Research: Gene-Plant-Crop Relations, eds J.H.J. Spiertz,

- P.C. Struik, and H.H. van Laar (Dordrecht: Springer) 2007, P. 169–176.
- 7. Sibikeev S.N., Druzhin A.E., Voronina S.A. The influence of a translocation with the Lr19+Lr26 combination on grain productivity and bread-making quality in spring bread wheat. Annual Wheat Newsletter. Kansas State University, USA, 2013, Vol. 58, P. 207.

References

- 1. Catalogue of Gene Symbols for Wheat / R.A. McIntosh [et al.] // Proceedings of the 12th International Wheat Genetics Symposium, 8-13 September 2013, Yokohama, Japan.
- 2. Harnessing diversity in wheat to enhance grain yield, climate resilience, disease and insect pest resistance and nutrition through conventional and modern breeding approaches / S. Mondel [et al.] // Frontiers in plant science. 2016. No. 6.:991. DOI: 10.3389/fpls.2016.00991.
- 3. Geneticheskaya struktura rossijskix i kazaxstanskix populyacij vozbuditelya buroj rzhavchiny` Puccinia triticina Erikss. po virulentnosti i SSR markyoram / E.I. Gul`tyaeva [i dr.] // Sel`skoxozyajstvennaya biologiya. − 2018. − T. 53, № 1. − P. 85–95. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.85rus.
- 4. Singh R.P., Huerta-Espino J., Rajaram S., Crossa J. Agronomic effects from chromosome translocations 7DL.7AG and 1BL.1RS in spring wheat. Crop Science, 1998, Vol. 38, P. 27–33. DOI: 10.2135/cropsci1998.0011183X003800010005x.
- 5. Sibikeev S.N., Druzhin A.E. Prebreeding research of near-isogenic lines of spring bread wheat with a combination of translocations from Agropyron elongatum (Host.) P.B. and Aegilops ventricosa Tausch. Russian Journal of Genetics: Applied research, 2016, Vol. 3, P. 338–343. DOI: 10.1134/S2079059716030126.
- 6. Miralles D.J., Resnicoff E., Carrtero R. «Yield improvement associated with Lr19 translocation in wheat: which plant attributes are modified?» in Scale and Complexity in Plant Systems Research: Gene-Plant-Crop Relations, eds J.H.J. Spiertz, P.C. Struik, and H.H. van Laar (Dordrecht: Springer) 2007, P. 169–176.
- 7. Sibikeev S.N., Druzhin A.E., Voronina S.A. The influence of a translocation with the Lr19+Lr26 combination on grain productivity and bread-making quality in spring bread wheat. Annual Wheat Newsletter. Kansas State University, USA, 2013, Vol. 58, P. 207.

УДК 913(470.341)

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА И НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В АСПЕКТЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ

¹Арефьева С.В., ¹Волкова А.В., ²Петрова Е.Н.

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: svbaranova@yandex.ru; ²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Нижний Новгород, e-mail: petrova-e1@yandex.ru

Повышение уровня жизни и в целом качества жизни населения является приоритетом любого общества. Обязанность государства – создавать все условия для долгой, безопасной и благополучной жизни, стабильности в обществе. Изучение качества жизни населения, накопление о нем необходимой информации должно быть необходимым элементом экономической политики на всех уровнях управления. Для России, с ее многообразными экономическими, социальными и демографическими показателями особенно интересны региональные показатели. Целесообразность анализа человеческого развития на региональном уровне неоднократно подчеркивалась и ПРООН. На сегодняшний день подобный опыт остается незначительным. Исследования такого рода в основном посвящены лишь отдельным регионам, построены на моментальном срезе показателей человеческого развития и не сопровождаются рассмотрением их динамики. Особую остроту проблема качества жизни приобретает во время финансово-экономического кризиса. Кризис, протекающий в настоящее время, весьма неоднозначен по последствиям. Кризис повлиял на многие аспекты жизнедеятельности населения: материальное благосостояние, трудовую деятельность, уровень здоровья и безопасности. На фоне продолжающихся санкций ожидается снижение дохода федерального бюджета в 2018–2019 гг. Важной составляющей государственного управления на региональном уровне является своевременная, достоверная информация по рассматриваемому вопросу. В данной статье рассмотрены проблемные ситуации, возникшие в Приволжском регионе вследствие финансово-экономических кризисов 2008 г., а также современного кризиса, начавшегося в 2014 г., продолжающегося по настоящее время. Представлены результаты расчета «кризисного» индекса качества жизни населения для субъектов ПФО. Качество жизни населения изучалось в период с 2000 г. по настоящее время, что позволило проследить динамику основных параметров.

Ключевые слова: качество жизни населения, факторы, финансово-экономический кризис, «кризисный» индекс, индексы качества жизни, Приволжский федеральный округ (ПФО), Нижегородская область

STUDY OF POPULATION LIFE QUALITY IN THE VOLGA RIVER FEDERAL DISTRICT AND THE NIZHNY NOVGOROD REGION IN THE ASPECT OF THE LAST YEARS ECONOMIC CRISES

¹Arefeva S.V., ¹Volkova A.V., ²Petrova E.N.

¹Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: svbaranova@yandex.ru; ²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod,

e-mail: petrova-e1@yandex.ru

Improving the standard of living and the quality of life is the highest priority for any society. The state is responsible for creating the conditions for long, safe and prosperous life of its citizens. Studying of the quality of life must be a necessary component of the economic policy at all of the government levels. In Russia, of all the various economic, social and demographic indices, the regional ones are of special interest. The necessity to assess human development at a regional level has been repeatedly stated by the UNDP. As of now such assessments have been rare. Usually, they are cross-sectional studies of human development indices for a region and are not accompanied by a dynamic analysis. More relevant the issue of quality of life becomes during financial and economic crises. The current crisis has many consequences. It affected people's well-being, jobs, health and safety. In the conditions of sanctions, the revenues of the Russian federal budget fo 2018–2019 are expected to decrease. The reliable information on the quality of life is very important for the government at a regional level. This paper studies the impact on the Volga Federal District of the financial and economic crisis of 2008 and of the current crisis which began in 2014. The quality-of-life index for the Volga Federal District was calculated for the crisis conditions. The people's quality of life has been studied for the period since 2000 until now, which allowed to assess the dynamics of the main parameters.

Keywords: quality of life of the population, factors, financial and economic crisis, «crisis» index, life quality indices, Volga Federal District (Volga Federal District), Nizhny Novgorod Region

В последние годы изучение вопросов качества жизни населения вызывает среди исследователей все больший интерес. В нашей стране это связано с модернизацией российского общества, значительным

снижением количественного потенциала населения и ухудшением его качества. До сих пор нет общепринятого определения качества жизни, в некоторых исследованиях происходит путаница и подмена сходных

понятий, таких как уровень жизни населения, образ жизни и т.п., иногда наблюдается некорректное пояснение понятий друг через друга. Среди компонентов оценки исследуемого понятия основными являются качество окружающей природной, социальной и материальных сред, каждая из которых, в свою очередь, состоит из различных компонентов и показателей.

Некоторые из них довольно постоянны, константны, медленно изменяются и практически не зависят от экономической и политической ситуации. Это в полной мере относится к природно-климатическим условиям, по которым оценивается комфортность природной среды. Большинство же составляющих понятий качества жизни подвижны, зависят от ситуации в экономической сфере, сами в свою очередь при этом оказывают на нее влияние. К таким показателям относят уровень доходов населения, расходы на коммунальные услуги, уровень здоровья населения, уровень занятости и многие другие. На большинство таких показателей кризисная ситуация в стране оказывает прямое либо косвенное воздействие, изменяясь, показатели оказывают воздействие на другие, таким образом оказываются задействованы все сферы качества жизни. Поэтому в непростой для страны ситуации очень важно проводить обследование изменений основных компонентов качества жизни, для своевременного вмешательства управленцев.

Наиболее оптимальными показателями для отражения ситуации являются разного рода индексы, например индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), «кризисный» индекс качества жизни и другие, с помощью которых можно не только ранжировать страны и регионы по уровню человеческого развития и оценивать динамику, но и сопоставлять достижения в различных измерениях человеческого развития.

Целью нашего исследования является изучение качества жизни населения Приволжского федерального округа и Нижегородской области. Мы проводим подобные исследования в течение двенадцати лет, считая крайне важным наблюдать изменение показателей в динамике. Сравнение многолетних данных позволяет отметить улучшение или снижение ряда исследуемых параметров. Некоторые показатели становятся наиболее информативными именно с течением времени. Среди таких показателей можно отметить некоторые параметры качества окружающей среды, такие как состояние атмосферного воздуха на опреде-

ленной территории за многолетний период. Само по себе разовое превышение в атмосферном воздухе ПДК по какому-то выбросу окажет небольшое влияние, тогда как многолетнее превышение ПДК тяжелых металлов в почве, диоксида серы или радиоактивных изотопов в атмосфере окажет несомненное влияние на здоровье человека и качество окружающей среды в целом. Выявленную тенденцию можно отметить и по ряду других показателей, оказывающих влияние на качество жизни населения, такие как социальные патологии, криминальная безопасность, уровень доходов населения и многие другие.

Среди методов исследования особое внимание уделяется статистическому, сравнительному методам, а также методам ранжирования и районирования. Материалами являются статистические данные Федеральной службы государственной статистики.

Безусловно, во время экономического кризиса изучение качества жизни приобретает особую важность и актуальность. Так, например, финансовый кризис 2008 г., затронувший многие развитые страны, оказал на российское население даже более серьезное влияние, чем предшествующие кризисы 1998 и 2001 гг. [1]. В некоторых населенных пунктах (малых городах) проблема остановки предприятий сказалась особенно остро, так как многие из них несли градообразующую функцию. Так, банкротство предприятий, а также сокращение штата, бесспорно, повлияло на качество жизни населения. Наибольшее влияние кризис оказал на банковскую систему, строительство, сектор торговли, экспортно-сырьевые отрасли, к которым относятся нефтепереработка, черная и цветная металлургия, автомобилестроение, которое является профилирующим для Нижегородской области.

Экономический кризис настоящего времени также затронул ведущие отрасли, на это повлияло действие западных санкций в отношении нашей страны. Влияние кризиса не прошло незамеченным. Так, в Нижегородской области некоторые предприятия были вынуждены предпринять меры, которые привели к сокращению расходов, за счет снижения заработных плат, уменьшения премий сотрудников, сокращения часов трудовой недели, изменения социальной поддержки.

Некоторое улучшение экономики отмечается отдельными экспертами с середины 2017 г. Например, уровень инфляции в годовом выражении практически достиг целевой отметки Центробанка в 4% [2]. Также

наблюдается некоторое оздоровление инвестиционного климата. Безусловно, доходы населения нашей страны в среднем остаются невысокими, что влияет на снижение потребительского спроса.

Действие санкций продолжается, а значит, ожидается уменьшение дохода федерального бюджета в 2018–2019 гг. Рост доходов населения возможен на 1,1% или на 2,2% при самом оптимистичном прогнозе (прогноз ЦМАКП). Увеличение ВВП более 1% не ожидается. Таким образом, настало время реформирования управления на государственном уровне. Отдельное место в такой реформе, видимо, будет занимать изменение пенсионного возраста (прогноз Центра стратегических разработок и др.) [3].

Из-за санкций, сокращения объемов финансирования возникают трудности в осуществлении некоторых проектов, но их не только не планируют конверсировать, а наоборот, предполагают реализовать в ближайшее время. Среди таких глобальных проектов завершение постройки железной дороги в обход территории Украины, завершение строительства газопровода «Сила Сибири» и ряд других, не менее масштабных проектов.

В период кризиса для исследователейэкономистов особенно важной и актуальной информацией становится доля ВРП на душу населения. По данным Росстата, ВРП с 2014 г. увеличился во всех регионах Приволжского федерального округа. Так, например, в Нижегородской области этот показатель увеличился с 308,2 в 2014 г. до 363,3 в 2016 г. Общей тенденции не соответствует ситуация в Пензенской области и республике Марий Эл, в которых отмечается снижение показателя.

Лидирующие позиции занимает республика Татарстан, которая по данному показателю оказывается на первом месте среди регионов ПФО и входит в пятерку лидеров среди регионов России [4, 5]. Подобная ситуация складывалась во время финансово-экономического кризиса и в 2008 г. [6]. Среди субъектов Приволжского округа наиболее высокий показатель ВРП на душу населения в 2008 г. был в Татарстане, Пермском крае, Самарской и Оренбургской областях, сходная тенденция сохраняется и сейчас, несмотря на кризисную ситуацию эти регионы не сдали своих позиций.

Для изучения качества жизни населения существуют различные методики с использованием различных индексов измерения интересующих показателей [7]. Наше внимание привлек «кризисный» индекс качества

жизни, впервые он был предложен сотрудниками географического факультета МГУ.

«Кризисный» индекс качества жизни:

$$=\frac{A+B+C+\frac{D+E}{2}}{4},$$

где A — индекс отношения среднедушевых денежных доходов к прожиточному минимуму; B — индекс доли населения с доходами выше прожиточного минимума; C — индекс уровня занятости населения; D — индекс ожидаемой продолжительность жизни; E — индекс младенческой смертности.

Референтные точки ожидаемой продолжительности жизни для расчета данного индекса соответствуют используемым в индексе человеческого потенциала, младенческой смертности определены по среднемировым показателям (max) и показателям наиболее развитых стран (min), прочие — определены эмпирически (табл. 1) [8]. Индекс младенческой смертности вычитался из единицы для приведения в сопоставимый вид.

 Таблица 1

 Референтные значения индикаторов

Индикаторы	Рефеј ные т	
	max	min
Отношение среднедушевых денежных доходов к прожиточному минимуму, раз	7,0	0
Доля населения с доходами выше прожиточного минимума, %	100	0
Уровень занятости, %	100	0
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	85	25
Младенческая смертность	50	5

Индексы рассчитывались по формулам, идентичным расчету ИРЧП:

$$\tilde{x} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}},$$

если зависимость возрастающая, т.е. чем больше значение х, тем выше качество (первые четыре индекса). Или:

$$\tilde{x} = \frac{x_{\text{max}} - x}{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}},$$

если зависимость убывающая, т.е. чем больше значение x, тем ниже качество (индекс младенческой смертности).

Таблица 2

Индексы качества жизни субъектов ПФО в 2016 г.

Субъекты ПФО	Индекс отношения среднедушевых денежных доходов к прожиточному минимуму (раз)	Индекс доли населения с доходами выше прожиточного минимума (%)	Индекс уров- ня занятости населения (%)	Индекс ожида- емой продол- жительности жизни (лет)	Индекс мла- денческой смертности	«Кризисный» индекс каче- ства жизни в 2016 г.	«Кризисный» индекс 2000 г.* (по Н.В. Зубаревич)	«Кризисный» индекс каче- ства жизни в 2009 г.
Респ. Башкортостан	0,481	0,875	0,63	0,766	0,023	0,595	0,659	0,603
Респ. Марий Эл	0,307	0,775	0,64	0,762	0,005	0,526	0,523	0,506
Респ. Мордовия	0,324	0,812	0,681	0,787	-0,011	0,551	0,550	0,545
Респ. Татарстан	0,574	0,925	0,687	0,810	600,0	0,648	0,690	0,620
Удмуртская Респ.	0,395	0,877	0,676	0,764	0,005	0,583	0,590	0,562
Чувашская Респ.	0,305	0,814	0,661	0,775	-0,04	0,536	0,538	0,529
Пермский край	0,421	0,851	0,630	0,745	0,018	0,570	0,672	0,575
Кировская обл.	0,327	0,841	0,658	0,778	0,00	0,553	0,565	0,534
Нижегородская обл.	0,505	0,904	0,684	0,762	0,034	0,622	0,634	0,576
Оренбургская обл.	0,381	0,852	0,650	0,759	0,034	0,569	0,621	0,549
Пензенская обл.	0,37	0,855	0,656	0,792	0,014	0,571	0,535	0,547
Самарская обл.	0,395	0,862	0,687	0,768	0,003	0,582	0,703	0,587
Саратовская обл.	0,338	0,824	0,624	0,784	0,034	0,548	0,600	0,530
Ульяновская обл.	0,362	0,851	0,645	0,766	0,043	0,565	0,649	0,534

Примечание. * [9].

Результатами нашего исследования являются расчеты кризисного индекса качества жизни для субъектов ПФО в 2016 г. (табл. 2). Полученные данные мы сравнили с расчетами, проведенными нами ранее, в предыдущих исследованиях [6]. Так, мы сопоставили расчеты «кризисного» индекса качества жизни в 2000, 2009 и 2016 гг.

В ходе исследования нами были получены следующие выводы: кризис 2008 г. бесспорно отразился практически на всех экономических и социальных параметрах качества жизни, отмечалось снижение значений по всем субъектам ПФО. Самая негативная ситуация наблюдалась в Самарской, Ульяновской областях, Пермском крае. Хотя некоторые показатели, такие как уровень младенческой смертности, улучшились, но весьма несущественно. Многие эксперты отмечали, что доля безработицы наблюдалась даже ниже прогнозируемой, видимо, на это оказали влияние правительственные меры по антикризисной политике. Кроме того, даже в кризисные годы стали сказываться результаты некоторых национальных проектов, направленных на пропаганду здорового образа жизни и можно было наблюдать увеличение ожидаемой продолжительности жизни, хотя и не очень значительное.

В 2016 г. показатели качества жизни несколько возросли. Возможно, это связано с тем, что действие санкций, различные кризисные явления и экономический спад жители ощущают на себе не сразу, имеет место так называемый «эффект запаздывания».

За весь исследуемый период худшие позиции занимают Марий Эл и Чувашия. Бессменным лидером же является республика Татарстан. В 2016 г. по качеству жизни населения (после Татарстана) 2 место заняла Нижегородская область, хотя в подобном исследовании 2009 г. Нижегородская область не находилась в числе лидеров ни регионов ПФО, ни регионов России в целом, несмотря на значительный уровень промышленного и научного потенциала.

Подобные тенденции наблюдаются в различных рейтингах регионов России не первый год. Регионы-лидеры — обычно крупные промышленники, финансовые центры, регионы сырьевой ориентированности, так как обычно именно в этих сферах сосредоточены основные финансовые средства.

Регионы-аутсайдеры, как правило, те, в которых преобладает сельскохозяйственный сектор и низкий уровень индустриа-

лизации в целом. Объясняется это упадком сельского хозяйства в целом по стране, неконкурентоспособностью нашей сельскохозяйственной продукции даже на внутреннем рынке страны. Несмотря на существующую тенденцию в таких регионах, правительством нашей страны предпринимаются крайне незначительные меры, либо они просто неэффективны. Такой вывод позволяет сделать неменяющаяся ситуация в течение многих лет. Изменить такие обстоятельства непросто, так как сельское хозяйство находится в упадническом состоянии в России уже несколько десятилетий, значительную конкуренцию представляет собой недорогая, хотя и не всегда качественная продукция из Китая, существенно отставание нашей страны по некоторым технологиям вследствие практически полного отсутствия финансирования в течение многих лет, нелогичная экономическая политика помощи фермерам и др.

Улучшение качества жизни населения каждого региона является важнейшей задачей региональных властей, а исследования такого рода позволят определить основные направления их социального и экономического развития, приоритетные направления деятельности, а также являются поводом к пересмотру предыдущей политики, при ее неэффективности по какому-то направлению. Так, например, рост безработицы ведет к увеличению больных алкоголизмом, смертности в трудоспособном возрасте, криминогенной напряженности, значит, перед правительством области стоит задача защитить население, не допустить сокращения рабочих мест в кризисное время, или содействовать минимально возможному сокращению, способствовать созданию новых рабочих мест и путей оптимизации не за счет жителей, а за счет работодателей и ресурсов области в целом.

Список литературы

- 1. Зубаревич Н.В. Социальное развитие регионов России: проблемы и тенденции переходного периода / Н.В. Зубаревич. Изд. 2-е. М.: Едиториал УРСС, 2005. С. 257.
- 2. Агапова В., Ставрогина Ю., Юрковская И. Экономический прогноз для России [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://my-biz.ru/prognozy-i-analitika-v-biznese/ekonomicheskij-prognoz-2018 (дата обращения: 19.03.2018).
- 3. Агапова В., Ставрогина Ю., Юрковская И. Завершится ли экономический кризис в 2017 году? [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://my-biz.ru/prognozy-i-analitika-v-biznese/krizis-2017-rossiya (дата обращения: 19.03.2018).
- 4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: Стат. сб. / Росстат. М., 2017. С. 539 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156 (дата обращения: 19.03.2018).

- 5. Федеральная служба государственной статистики. Официальные публикации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/# (дата обращения: 19.03.2018).
- 6. Репуленко А.В. Пространственная дифференциация качества жизни населения (на материалах ПФО и Нижегородской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2011. 11 с.
- 7. Независимый институт социальной политики. Социальный атлас российских регионов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ecsoc.hse.ru/data/2011/12/08/1208204952/ecsoc_t5_n1.pdf (дата обращения: 19.03.2018).
- 8. Репуленко А.В. Качество жизни населения ПФО и Нижегородской области в период финансово-экономического кризиса / А.В. Репуленко // Экология урбанизированных территорий. -2011. -№ 1. -C. 24–29.
- 9. Кулешов В.В. Финансово-экономический кризис: нынешняя ситуация и условия выхода / В.В. Кулешов // Эко. Всероссийский экономический журнал. -2009. -№ 9. С. 2-21.

References

- 1. Zubarevich N.V. Social`noe razvitie regionov Rossii: problemy` i tendencii perexodnogo perioda / N.V. Zubarevich. Izd. 2-e. M.: Editorial URSS, 2005. P. 257.
- 2. Agapova V., Stavrogina Yu., Yurkovskaya I. E`konomicheskij prognoz dlya Rossii [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: http://my-biz.ru/prognozy-i-analitika-v-biznese/ekonomicheskij-prognoz-2018 (data obrashheniya: 19.03.2018).

- 3. Agapova V., Stavrogina Yu., Yurkovskaya I. Zavershitsya li e`konomicheskij krizis v 2017 godu? [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: http://my-biz.ru/prognozy-i-analitika-v-biznese/krizis-2017-rossiya (data obrashheniya: 19.03.2018).
- 4. Regiony` Rossii. Social`no-e`konomicheskie pokazateli. 2017: Stat. sb. / Rosstat. M., 2017. P. 539 [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156 (data obrashheniya: 19.03.2018).
- 5. Federal`naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Oficial`ny`e publikacii [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/# (data obrashheniya: 19.03.2018).
- 6. Repulenko A.V. Prostranstvennaya differenciaciya kachestva zhizni naseleniya (na materialax PFO i Nizhegorodskoj oblasti): avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Stavropol', 2011. 11 p.
- 7. Nezavisimy'j institut social'noj politiki. Social'ny'j atlas rossijskix regionov [E'lektronny'j resurs]. Rezhim dostupa: https://ecsoc.hse.ru/data/2011/12/08/1208204952/ecsoc_t5_n1.pdf (data obrashheniya: 19.03.2018).
- 8. Repulenko A.V. Kachestvo zhizni naseleniya PFO i Nizhegorodskoj oblasti v period finansovo-e`konomicheskogo krizisa / A.V. Repulenko // E`kologiya urbanizirovanny`x territorij. 2011. № 1. P. 24–29.
- 9. Kuleshov V.V. Finansovo-e'konomicheskij krizis: ny`neshnyaya situaciya i usloviya vy`xoda / V.V. Kuleshov // E`ko. Vserossijskij e`konomicheskij zhurnal. 2009. № 9. P. 2–21.

УДК 551.43(470.325)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДА БЕЛГОРОДА

Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А., Петина В.И., Фурманова Т.Н.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ«БелГУ»), Белгород, e-mail: Belousova l@bsu.edu.ru

Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий с каждым годом приобретают все более актуальное значение. Численность населения в городах возрастает, городские территории со всем инженерно-техническим и инфраструктурным комплексом стремительно расширяются, что оказывает все более возрастающие нагрузки на природную среду и условия проживания населения. Стремительное развитие территории г. Белгорода в последние 20 лет, как на периферийных зонах, так и в центральных районах, привело к повышенному вниманию к проблемам устойчивости, степени благоприятности для проживания, безопасности застройки, микроклиматических и санитарно-гигиенических условий, привлекательности для размещения рекреационных объектов, размещения промышленных и социальных объектов. Решить все эти вопросы могут комплексные эколого-геоморфологические исследования, особенно актуальные для г. Белгорода, как зоны с высокой степенью развития эрозионных и других опасных экзогенных процессов. В статье рассмотрены эколого-геоморфологические условия города на основе критериев экологической оценки рельефа и рельефообразующих процессов городских и урбанизированных территорий. Проведена оценка и прослежено взаимное влияние неблагоприятных природных условий и техногенеза на геоморфологические и экологические условия города. Кроме этого, выявлены основные факторы инженерной и экологической оценки местности для территории г. Белгорода. Проведено экологогеоморфологическое зонирование территории г. Белгорода на основе сопоставления данных об экологических (функциональная нагрузка на отдельные зоны города) и геоморфологических условиях проживания населения. Проведенное нами эколого-геоморфологическое зонирование территории г. Белгорода в последующем позволит разработать ряд рекомендаций по улучшению состояния городской среды.

Ключевые слова: город, городская среда, эколого-геоморфологические условия, рельеф, экзогенные геоморфологические процессы, склон, зонирование, инженерно-экологические условия

EVALUATION OF ECOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS OF BELGOROD

Belousova L.I., Kireeva-Genenko I.A., Petina V.I., Furmanova T.N.

Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: Belousova l@bsu.edu.ru

Geoecological problems of urban areas are becoming more and more relevant every year. The population in the cities is increasing, urban areas with all the engineering and infrastructure complex are rapidly expanding, which has an increasing burden on the natural environment and living conditions of the population. The rapid development of the territory of Belgorod in the last 20 years, both in the peripheral zones and in the Central areas has led to increased attention to the problems of sustainability, the degree of favorable living conditions, building safety, microclimatic and sanitary conditions, attractiveness for the placement of recreational facilities, accommodation of industrial and social facilities. To solve all of these issues can integrated ecological and geomorphological research, especially relevant for the city Belgorod as zones with high degree of development of erosive and other dangerous exogenous processes. The article deals with ecological and geomorphological conditions of the city on the basis of criteria of ecological assessment of relief and relief-forming processes of urban areas. The mutual influence of unfavorable natural conditions and technogenesis on the geomorphological and ecological conditions of the city was evaluated and traced. In addition, the main factors of engineering and environmental assessment of the area for the city of Belgorod. Ecological and geomorphological zoning of the territory of the city is carried out. Belgorod on the basis of comparison of data on ecological (functional load on separate zones of the city) and geomorphological living conditions of the population. Our ecological and geomorphological zoning of the territory of Belgorod in the future will allow us to develop a number of recommendations to improve the state of the urban environment.

Keywords: city, urban environment, ecological and geomorphological conditions, relief, exogenous geomorphological processes, slope, zoning, engineering and environmental conditions

Город представляет собой наиболее сложный из созданных человеком социально-экономических и инженерных комплексов. Урбанизация как процесс преобразования значительных территорий, их использования для коммуникаций, энергетических и ресурсных источников является одной из причин глобальных изменений, происходящих на планете.

Стремительное развитие территории г. Белгорода в последние 20 лет делает актуальной проблему устойчивости го-

родской территории, степени благоприятности для проживания, безопасности застройки, микроклиматических и санитарно-гигиенических условий, привлекательности для размещения рекреационных объектов, размещения промышленных и социальных объектов. Решение этих вопросов должно базироваться на данных комплексных эколого-геоморфологических исследований.

Цель нашего исследования заключается в проведении эколого-геоморфологическо-

го анализа и зонирования территории г. Белгорода.

Геоморфология городских территорий – направление прикладной геоморфологии, систематизирующее знания о рельефе городских территорий, его строении, внешних признаках, свойствах, происхождении и закономерностях развития, о взаимосвязях и взаимозависимостях контактирующих сред, разделом которых является земная поверхность с присущим ей рельефом. При этом городская территория рассматривается как специфическая геоморфологическая система [1, 2].

При геоморфологических исследованиях городских территорий рельеф выступает одним из ведущих компонентов географической среды, являясь не только инженерным, но и экологическим условием, а следовательно, должен учитываться при оценке экологического потенциала города.

Материалы и методы исследования

Одной из главных задач геоморфологии городских территорий является разработка критериев экологической оценки рельефа и рельефообразующих процессов городских и урбанизированных территорий. В нашем исследовании мы использовали критерии, разработанные Э.А. Лихачевой и Д.А. Тимофеевым [2], адаптировав их к территории г. Белгорода.

Результаты исследования и их обсуждение

Эколого-геоморфологические условия г. Белгорода определяют возможности его развития. Территория слабо пригодна для развития объектов крупной промышленности. Большая часть территории расположена на склоне, на оврагах - активно проявляются инженерно-геологические процессы. Территориальные ресурсы для жилой застройки в старой части города исчерпаны – использованы все плоские и слабонаклонные участки. Новые жилые дома возводятся на окраинах города – мкр. Новый, Есенина, мкр. Юго-Западный или, чаще, за пределами городской черты. В центральной части города ведется снос старых строений и возведение многоэтажных зданий, зачастую с перепланировкой рельефа (выравниванием площадок, обводнением). На основе ранее проведенных исследований [3] и анализа современного состояния нам удалось заключить, что в целом инженерно-геологические условия для строительства в г. Белгороде сложные (таблица).

Для проведения зонирования территории города на основе эколого-геоморфологического показателя необходимо в достаточной степени оценить и картографировать степень благоприятности экологических условий на территории города. При оценке функциональной структуры города мы выяснили, что более 57% территории приходится на жилые зоны, доля рекреационных зон (лесопарков, скверов, зон активного отдыха) составляет 22% и примерно столько же приходится на общественно-деловые зоны.

В территориальном аспекте жилые кварталы преимущественно находятся в южном и западном районах города и протягиваются полосой по центральному и северному району вдоль проспекта Богдана Хмельницкого.

Основные районы концентрации промышленно-офисных строений находятся в Восточном и Центральном районах. Наиболее крупный лесопарковый массив размещается в Южном районе, в Западном районе большая доля нераспаханных и незастроенных балок с байрачными лесами.

Размещение промышленных зон, основных транспортных магистралей, зон особого экологического внимания (карьеры по добыче мела, аэропорт, свалок ТБО и кладбищ) учитывалось при проведении зонирования города на основе экологических условий проживания [4, 5] (рис. 1).

Зоны с *благоприятными* экологическими условиями проживания приурочены к западной части города (в нем находится новый строящийся мкр. Юго-Западный) и на юго-востоке города в пойме р. Северский Донец — основное зеленое ядро города.

Вся территория Харьковской горы отнесена к категории с относительно благоприятными экологическими условиями, несмотря на довольно густую сеть автомобильных дорог, в районе отсутствуют промышленные предприятия и размещение на возвышенности обеспечивает хорошую продуваемость и самоочищающие способности приземной атмосферы. К данной категории также отнесены участок между меловым карьером Зеленая поляна и аэропортом и участок в пойме р. Нижегородка, на их территориях застройка представлена немногочисленными частными домами, но из-за близости опасных промышленных объектов данные территории можно считать лишь условно благоприятными для проживания.

Характеристики городской среды и инженерная и экологическая оценка территории г. Белгорода

Характеристики городской среды (условия и показатели)	Инженерная оценка	Экологическая оценка
Геоморфологические условия: сильно расчлененный овражно-балочный рельеф, перепад высот в пределах города более 100 м, склоны от 5–12° и более	Эрозионная опасность, подто- пление, заболачивание, суффо- зионно-карстовые процессы, оползни. Степень благоприят- ности условий для строитель- ства — преимущественно не- благоприятные	Высокая степень раскрытости ланд- шафта на окраинах города и закры- тости центральной части, плотная многоэтажная застройка, дома не всегда хорошо вписаны в рельеф, высокие точки подчеркнуты архи- тектурными доминантами
Экспозиция склонов: преимущественно северная, восточная и западная	Преимущественно неблагоприятные условия для прокладки коммуникаций, территориальные ресурсы ограничены, архитектурно-планировочное решение застройки — плотная, многоуровневая по формам рельефа; в старой части города (частный сектор) жилые дома ориентированы вдоль пойм рек, часто на склонах — надпойменных террасах р. Северский Донец	Условия проживания осложнены монотонной многоэтажной застройкой в центре города, в весенний период подвалы ряда домов подтоплены. Дома закрывают вид друг другу влияют на привлекательность ландшафта, в центральной части города малоэтажная застройка сменяется высотными зданиями
Геологические условия: близкое залегание меловых пород, с выходами на дневную поверхность, глины, песков	Территория относительно устойчива к техногенному воздействию, инженерные свойства относительно неблагоприятные, необходимо проведение мероприятий по защите от негативных экзогенно-геологических процессов	Степень возможности загрязнения территории поверхностным стоком велика, есть вероятность повреждения коммуникаций и возможность повышения степени загрязнения, что ухудшает условия проживания и увеличивает риски
Структурно-тектоническое строение: Воронежская антеклиза	Благоприятное	Район не сейсмичен
Геологические условия: близкое залегание и выходы водоносных слоев и грунтовых вод, подтопление и заболачивание	Территория хорошо дренирована, возможно загрязнение подземных вод	Проживание на городской территории по комплексу инженерных условий относительно неблагоприятное, высокая вероятность загрязнения почв, поверхностных и грунтовых вод стоками
Застройка плотная, территория преимущественно закрытая в центральной части и в районе Харьковской горы, свободная в старой части города, ярусность застройки	На территории г. Белгорода участки для нового строительства представлены мкр. Новый, ул. Есенина, мкр. Луч	Территория города хорошо проветривается и достаточно инсолируема. Большое количество мест отдыха, развита социальная инфраструктура
Плотность дорог высокая, есть сеть железных дорог, аэропорт		Степень самоочищения поверхно- сти стоком высокая, степень загряз- нения – высокая

Вся центральная, северная и восточная части города характеризуются как зоны с неблагоприятными экологическими условиями для проживания: наряду с большой долей промышленных предприятий и густой сетью дорог данные зоны приурочены преимущественно к низинным участкам города, где замедлены процессы самоочищения атмосферы и благоприятны условия для образования смога.

Эколого-геоморфологическое зонирование проводится на основе эколого-геоморфологического анализа представленного выше и картографических материалов по степени экзогенной опасности территории, экологическим условиям, наличию опасных природных или техногенных объектов. Зонирование предусматривает выделение благоприятных, относительно благоприятных и неблагоприятных районов для проживания.

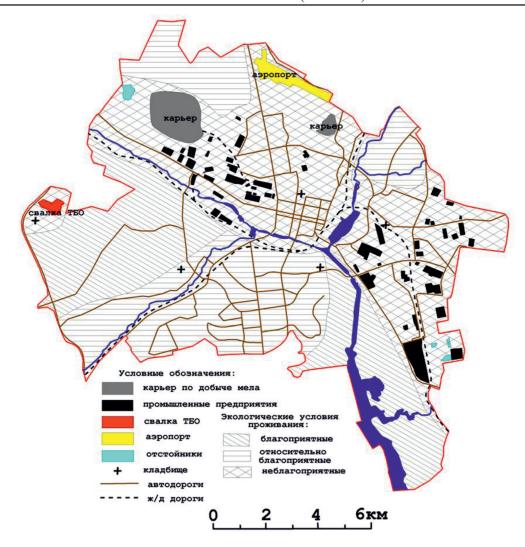


Рис. 1. Зонирование территории г. Белгорода на основе экологических условий проживания

Как видно из рис. 2, основная часть города представляет собой неблагоприятную зону для проживания с эколого-геоморфологической позиции (это 76% города) в связи с обширным распространением эрозионных форм, густой промышленной застройкой и наличием экологических объектов повышенного риска (два меловых карьера, аэропорт и полигон ТБО), кроме того, переуплотнение грунтов и поднятие грунтовых вод вызывает в пойме реки Везелка сезонные затопления городского парка и, как следствие, его заболачивание.

Относительно благоприятные условия для проживания отмечаются на трех ареалах (в целом занимают 17% территории города), наибольший из них занимает южный планировочный район города — территорию густой многоэтажной застройки

с развитой инфраструктурой и дорожной сетью. При правильном планировании застройки удается снизить неблагоприятное воздействие от автотранспортного загрязнения, застройка преимущественно ярусная, требует дополнительных инженерных работ при строительстве, но не вызывает негативных последствий у жителей района. В отличие от предыдущей зоны, открытость ландшафта достаточная, как и обеспеченность рекреационными зонами. Два последующих сектора данной зоны размещены на севере города – в пойме р. Северский Донец и на водоразделе р. Везелка и Северский Донец, характеризуются умеренным развитием экзогенных геологических процессов в равновесной стадии с фрагментарным проявлением процессов заболачивания и суффозии.

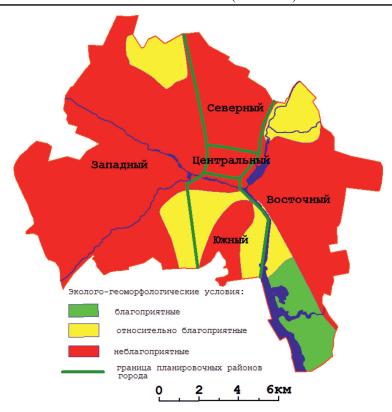


Рис. 2. Эколого-геоморфологическое зонирование территории г. Белгорода

Наиболее благоприятные условия для проживания отмечены в Восточном планировочном районе — на территории лесопарковой зоны Сосновка, отсутствие эрозионных процессов и благоприятные экологические условия делают это место наилучшим для проживания на территории города. В настоящий момент, там располагаются детские лагеря и новообразованная рекреационная зона с зоопарком.

Выводы

Проведенное нами эколого-геоморфологическое зонирование территории г. Белгорода позволило нам выделить в пределах города ареалы с благоприятными, относительно благоприятными и неблагоприятными эколого-геоморфологическими условиями. Проведенное зонирование может быть положено в основу разработки рекомендаций по размещению промышленной и социальной инфраструктуры, гидротехнических и других важных для города сооружений с наибольшим эколого-экономическим эффектом и оптимизировать потоки загрязнения в городской среде.

Список литературы

1. Лихачёва Э.А. Эколого-геоморфологическая оценка территории г. Москвы / Э.А. Лихачева, А.Н. Маккавеев, Г.П. Локшин // Рельеф среды жизни человека. – М., 2002. – С. 494–548.

- 2. Лихачева Э.А. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев. М.: Медиа-ПРЕСС, 2002. 640 с.
- 3. Петина В.И. Эколого-геоморфологическая оценка городских территорий с целью выявления рисков на примере г. Белгорода / В.И. Петина, Н.И. Гайворонская, Л.И. Белоусова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. 2011. № 21 (116), вып. 17. С. 137—143.
- 4. Сайт органов местного самоуправления города Белгорода [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.beladm.ru/deyatelnost/gradostroitelstvo-i-arhitektura/gradostroitelnaya-dokuientaciya/territorialnoe-planirovanie/ (дата обращения: 12.05.2018).
- 5. Генеральный план развития территории города [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.beladm.ru/investoru/investicionnyj-pasport-goroda-belgoroda/iii-generalnyj-plan-razvitiya-territorii-goroda/ (дата обращения: 12.05.2018).

References

- 1. Lixachyova E`.A. E`kologo-geomorfologicheskaya ocenka territorii g. Moskvy' / E`.A. Lixacheva, A.N. Makkaveev, G.P. Lokshin // Rel`ef sredy` zhizni cheloveka. M., 2002. P. 494–548.
- 2. Lixacheva E`A. Rel'ef sredy' zhizni cheloveka (e'kologicheskaya geomorfologiya) / E`A. Lixacheva, D.A. Timofeev. M.: Media-PRESS, 2002. 640 p.
- 3. Petina V.I. E'kologo-geomorfologicheskaya ocenka gorodskix territorij s cel yu vy yavleniya riskov na primere g. Belgoroda / V.I. Petina, N.I. Gajvoronskaya, L.I. Belousova // Nauchny'e vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvenny'e nauki. 2011. № 21 (116), vy' p. 17. P. 137–143.
- vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvenny`e nauki. 2011. № 21 (116), vy`p. 17. P. 137–143.

 4. Sajt organov mestnogo samoupravleniya goroda Belgoroda [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: http://www.beladm.ru/deyatelnost/gradostroitelstvo-i-arhitektura/gradostroitelnaya-dokuientaciya/territorialnoe-planirovanie/ (data obrashheniya: 12.05.2018).
- 5. General'ny'j plan razvitiya territorii goroda [E'lektronny'j resurs]. Rezhim dostupa: http://www.beladm.ru/investru/investicionnyj-pasport-goroda-belgoroda/iii-generalnyj-plan-razvitiya-territorii-goroda/ (data obrashheniya: 12.05.2018).

УДК 911.2:504.7

СЕЗОННАЯ И ПОГОДИЧНАЯ ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ЗЕЛЕНОЙ МАССЫ КОЙБАЛЬСКОЙ СТЕПИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Дубынина С.С.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: dubynina@irigs.irk.ru

Территория исследования - Койбальская степь Южно-Минусинской котловины. На основе многолетних стационарных режимных наблюдений рассмотрена динамика запасов зеленой массы в фациях полигона-трансекта. Койбальская степь относится к енисейским настоящим змеевково-ковыльным и вострецово-ковыльным степям. Для рассматриваемой территории характерными особенностями климата являются: неравномерное выпадение осадков по годам и сезонам и неустойчивость температурного режима. Климатические условия в многолетнем ряду наблюдений значительно отличаются друг от друга чередованием сухих и влажных лет. Для развития природных систем, как показывают результаты климатических наблюдений, очень важно их соотношение и совместное влияние. Выявлены максимальные запасы зеленой массы в многолетнем ряду в фациях ключевого участка. Топохроноизоплетами наглядно показаны флуктуации зеленой массы в многолетнем ряду на полигон-трансекте, где количество зеленой массы по годам меняется в прямой зависимости от погодных условий, от местонахождения и внутренних свойств конкретного сообщества. На фоне климатических данных в течение исследуемого года установлены значительные изменения показателей фитомассы за вегетационный период, с апреля по сентябрь месяц. Установлены аномальные по метеоусловиям засушливые годы, которые приводят к уменьшению контрастности показателей запасов зеленой массы в разных условиях фаций. Максимальные запасы для большинства фаций формируются в конце июля и в начале августа. этот максимум выражен более четко, в наиболее благоприятные годы по количеству тепла и влаги, а также зависит от увлажненности предшествующего года. Показаны значительные изменения величины зеленой массы в фациях на полигон-трансекте за вегетационный период во влажные годы, которые приводят к увеличению показателей фитомассы, по сравнению с сухим периодом наблюдаемых лет.

Ключевые слова: степи Минусинской котловины (Койбальская степь), микроклимат, фации, полигон-трансект, продуктивность, запасы зеленой массы

SEASONAL AND ANNUAL DYNAMICS OF THE GREEN MASS STOCKS IN KOIBELSKAYA STEPPE UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS Dubynina S.S.

Institute of geography V.B. Sochava SB RAS, Irkutsk, e-mail: dubynina@irigs.irk.ru

The study area is Koybal steppe of Yuzhno-Minusinskaya basin. On the basis of long-term stationary regime observations the dynamics of green mass reserves in polygon-transect facies is considered. Kobalska steppe refers to the Yenisei real slavkovo grass and vostretsovo-civilnim steppes. The characteristic features of the climate for the considered territory are: uneven precipitation by year and season and instability of the temperature regime. Climatic conditions in a long-term series of observations differ significantly from each other by alternation of dry and wet years. For the development of natural systems, as shown by the results of climate observations is very important to their relationship and joint influence. The maximum reserves of green mass in a long-term row in the facies of the key site are revealed. Topographically illustrates fluctuations of herbage in the long row on the polygontransect, where the number of green mass according to the changes in direct dependence on weather conditions, the location and internal characteristics of a specific community. Against the background of climate data during the year under study, significant changes in phytomass indicators for the growing season, from April to September, were established. The anomalous dry years in weather conditions were established, which lead to a decrease in the contrast of the green mass reserves in different conditions of facies. Maximum amount for most of the facies are formed in late July and early August. this high expressed more clearly, in the most favorable years in the amount of heat and moisture, as well as depends on the moisture of the previous year. Significant changes in the size of the green mass in the facies at the landfill-transect during the growing season in wet years, which lead to an increase in the phytomass, compared with the dry period, observed years, are shown.

Keywords: steppes of Minusinsk hollow (Kobalska steppe), climate, facies, polygon-transect, productivity, stocks of green mass

Минусинская котловина — одна из нескольких межгорных впадин, по районированию относится к Южно-Сибирской физикогеографической области. Левобережная часть Енисея юга Минусинской котловины известна в литературе как «Койбальская степь» и в административном отношении входит в состав Хакасской автономной области.

В современном рельефе впадины сохранились древние структуры средне-верхнепалеозойского возраста в виде холмисто-

грядовых форм рельефа с абсолютными высотами 300–500 м. При моноклинальном залегании пород они приобретают облик куэстовых гряд, холмисто-увалистых форм, которые обуславливают специфику степей Центральной Азии [1]. Почвенный покров в междуречье Абакана и Енисея представлен обыкновенными и южными черноземами и каштановыми почвами. Настоящие степи котловины создают фон степной растительности, которые развиваются на пла-

корах и склоновых поверхностях. Ведущую роль в сложении сообществ настоящих степей играют дерновинные злаки: ковыль Крылова (Stipa krylovii), овсец пустынный (Helictotrichon desertorum), типчак (Festuca valesiaca), тонконог гребенчатый (Koeleria cristata). Рыхлокустовые злаки: змеевка оттопыренная (Cleistogenes squarrosa), мятлик оттянутый (Poa botryoides). Осоки стоповидная и твердоватая (Carex pediformis, с. duriuscula). Из полукустарничков – полынь холодная (Artemissia frigida), из кустарников – карагана карликовая (Caragana pygmaea) [2].

На склонах южной экспозиции верхних частей и гребневидных вершинах сопок развиты сообщества каменистых степей, образующих группировки настоящих степей. В сложении этих сообществ ведущую роль играют нитрофитные виды: тимьян азиатский (Thymus asiaticus), смолевка енисейская (Silene jenisseensis). По северным склонам сообщества настоящей степи отличает большая видовая насыщенность: ковыль красноватый (Stipa rubens), прострел желтеющий (Pulsatilla turczaninovii), подмаренник настоящий (Galium verum), скабиоза желтая (Scabiosa ochroleuca), володушка козелецелистная (Bupleurum scorzonerifolium). Одним из приспособлений степных растений к неблагоприятным экологическим условиям являются виды с розеточной и полурозеточной формой роста, для Койбальской степи составляют до 38%. Например, среди степных растений Забайкалья широко распространена розеточная и полурозеточная форма роста, которая представлена разнотравьем (виды *Potentilla*, *Chamaerhodos*) и составляет до 80% [3].

Цель работы: выявление основных закономерностей сезонной и погодичной динамики запасов зеленой массы в фациях полигона-трансекта Койбальской степи в условиях современного климата.

Материалы и методы исследования

Климат котловины резко континентальный и характеризуется большими годовыми и суточными амплитудами колебаний температуры. Наиболее последовательным и выраженным элементом изменения климата является температура воздуха, при этом важным показателем состояния атмосферы, оказывающим наряду с температурой воздуха влияние на трансформацию растительного покрова, являются осадки. Большая часть осадков приходится на летний период, а наименьшее количество осадков выпадает зимой. В среднем для рассматриваемой территории годовая сумма атмосферных осадков за многолетний период с 2000 по 2017 г., по данным метеостанции «Бея», составляет 469 мм. Максимальное количество осадков 618 мм отмечено в 2003 г., минимальное количество осадков 313 мм в 2011 г. Средняя температура воздуха в январе составляет минус 18-19°, а в июле плюс 19°. Средняя годовая температура воздуха за период наблюдений превысила среднюю многолетнюю годовую величину на 1,6°C, достигнув максимального своего значения 4,3 °C в 2007 г. Самая минимальная среднегодовая температура 0,6 °С отмечена в 2010 г. (рис. 1).

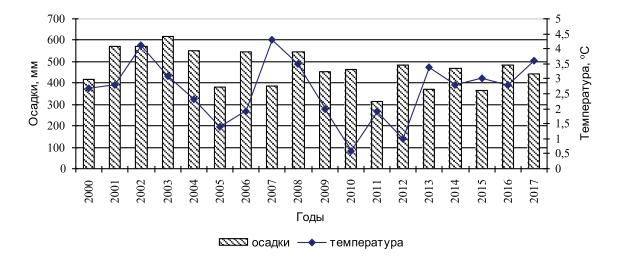


Рис. 1. Погодичная динамика атмосферных осадков и температуры воздуха Койбальской степи (по данным метеостанции «Бея»)

Многолетняя динамика максимальных запасов зеленой массы (г/м²) в фациях	
полигона-трансекта за период 2000–2017 гг. (абсолютно сухой вес)	

Годы	Фации полигон-трансекта			
	Мелкодерновинно-	Петрофитно-раз-	Осоково-овсецово-	Разнотравно-осоково-
	злаково-ковыльная	нотравно-ковыльно-	ковыльная с карага-	овсецово-ковыльная
	с караганой (ф. I)	типчаковая (ф. II)	ной (ф. III)	(ф. IV)
2000	219	178	205	190
2001	183	197	199	183
2002	172	141	134	126
2003	258	305	264	223
2004	275	376	259	142
2005	96	94	102	110
2006	299	178	170	161
2007	230	261	265	113
2008	188	224	145	189
2009	224	253	194	194
2010	261	288	243	242
2011	284	296	288	198
2012	309	304	322	155
2013	182	249	218	182
2014	216	217	365	146
2015	219	160	165	111
2016	190	138	192	119
2017	134	98	109	110

Для оценки биологической продуктивности сообществ используются данные общего количества (запаса) растительного вещества надземной части травостоя (зеленая масса). Определение продуктивности исследуемых экосистем проводилось общепринятыми методами [4, 5]. При определении надземной зеленой массы и выявлении особенностей динамики нарастания надземной массы использовали метод «укосных площадок», для определения надземной массы с точностью ±15% достаточно 3-5 повторностей с площадок по 0.25 м^2 . Образцы зеленой массы, высушенные до абсолютно сухого состояния, взвешивались на электрических весах (ВЛТК-500). Все результаты записывались в «весовую тетрадь». Полученные данные статистически обработаны и использованы для построения «пространственно-временных моделей», как для сезонной, так и многолетней динамики запасов зеленой массы на полигон-трансекте.

Участок стационарных работ — Новониколаевский полигон-трансект, который пересекает несколько пространственно сопряженных фаций с мелкогрядовыми и плоскоравнинными формами рельефа. Основные фации полигона-трансекта

Койбальской степи: ф. I — мелкодерновинно-злаково-ковыльная с караганой степь склона южной экспозиции (т. 7); ф. II — петрофитно-разнотравно-ковыльно-типчаковая степь на вершинной поверхности (т. 15); ф. III — осоково-овсецово-ковыльная с караганой степь на выровненной поверхности (т. 36); ф. IV — разнотравно-осоково-овсецово-ковыльная степь, денудационный склон северной экспозиции (т. 42).

Результаты исследования и их обсуждение

Закономерности пространственного распределения максимальных запасов зеленой массы удобнее рассмотреть по элементам рельефа полигона-трансекта. Для выровненных поверхностей (ф. III) с растительным покровом - осоково-овсецово-ковыльным с караганой, за годы наблюдений зеленая масса изменялась от 102 (2005 г., сухой), до 365 г/м² (2014 г., влажный) (таблица). Во влажные годы величина зеленой массы увеличивается в 3,5 раза. Для выпуклых вершин (ф. II) с петрофитно-разнотравно-ковыльно-типчаковым сообществом выявлена прямая зависимость надземной массы от количества осадков, которые варьируют от 94 (2005 г., сухой) до 376 г/м²

(2004 г., влажный), запасы во влажный год были выше в 4 раза. В растительном покрове южных склонов (Φ . I), где общий фон растительности создают мелкодерновиннозлаково-ковыльные сообщества с караганой карликовой, максимальные запасы зеленой массы составляют от 96 (2005 г.) до 309 г/м 2 (2012 г., влажный). Интересной особенностью природы северных крутых склонов, где поверхности характеризуются горным обликом рельефа, в этих условиях растительные сообщества отличаются большим видовым разнообразием: красочностью аспектов и большой продуктивностью. Величина зеленой массы в разнотравно-осоково-овсецово-ковыльном сообществе (Ф. IV) составила 45% от максимальной. Максимальная величина составляет 242 г/м 2 (2010 г.).

Принимая во внимание среднемаксимальные показатели (по мере их роста) зеленой массы за все (с 2000 по 2017) годы исследований, изученные фации можно расположить в такой ряд: II > I > III > IV.

На построенных моделях по запасам фитомассы топохроноизоплеты наглядно показывают флуктуации зеленой массы по годам и фациям, при одинаковом поступлении тепла и влаги. Отображение пространственно-временных изменений запасов массы в сопряженном ряду фаций полигона-трансекта представляет собой стационарную модель Койбальской степи (рис. 2).

Стационарные наблюдения в степных фациях показали значительные колебания зеленой массы по годам. Нарастание фитомассы – процесс ритмичный, ежегодно повторяющийся в общих своих чертах. В зависимости от погодной обстановки и внутренних ритмов развития в больших пределах меняется от года к году. Сравнивая два смежных года (2004 и 2005), видим, что первый характеризуется повышенной величиной запасов зеленой массы во влажный год на ф. П. а второй – пониженной величиной в сухом годе на всех фациях (рис. 2). Количественно оценить зависимость запасов зеленой массы от погодных условий довольно затруднительно, ибо травостой по-разному реагирует на условия окружающей среды, т.е. имеет свои особые ритмы развития. Причем каждая фация имеет свои характеристики периодичности в изменении фитомассы и свои амплитуды ее колебаний.

Исследования по определению особенностей формирования надземной фитомассы, ее сезонной и погодичной динами-

ки выявили цикличность — сухие периоды с угнетенным состоянием растений — цикл сухих лет (2002, 2005, 2015 и 2017), сменяющиеся влажными сроками с хорошим травостоем — цикл влажных лет (2003, 2004, 2007 и 2014 гг.). Накопление зеленой массы достигается только в конкретный для нее срок, что подтверждается данными других исследователей в степях Хакасии, Тувы и Монголии [6–8].

Наблюдения за сезонной динамикой зеленой массы показывают четкую ритмичность, не только по месяцам, но и в сопряженном ряду фаций полигона-трансекта (рис. 3, a, б).

Высокая амплитуда колебаний климатических факторов, контрастность погодных условий в течение вегетационного сезона приводит к резким колебаниям фитомассы, тем самым определяя особенности функционирования степных сообществ. Средние за четыре года – период сухих лет (2002, 2005, 2015 и 2017 гг.) показывают, что формирование зеленой массы в течение сезона вегетации полностью зависит от метеорологических условий и в первую очередь от осадков (рис. 3, а). Чрезвычайно низкая величина фитомассы (зелени) от 25 до 50 г/м² в апреле, мае месяце при температуре 4,8°C, высота травостоя в этот период была выражена слабо. Расчленение травостоя на подъярусы не было заметно. Новые побеги плохо росли, из-за малого количества осадков от 23 до 28 мм, в течение этих двух месяцев. Осадки, выпавшие в июне до 70 мм, стимулировали увеличение зеленой массы в июле месяце до 143 г/м². Аномальные по метеоусловиям засушливые годы приводят к уменьшению контрастности показателей запасов зеленой массы в разных условиях рельефа с небольшим увеличением на южном склоне (ф. І). Запасы фитомассы на всех фациях в апреле и мае месяце составляли от 28 до 67 г/м². Максимальная величина однолетней массы травостоя отмечена на (ф. І) в июле (рис. 3, б). Выпавшие в августе осадки стимулировали незначительное отрастание позднелетних видов растений с небольшим увеличением в массе до 115 г/м 2 (ф. I, II), в сентябре происходит уменьшение запасов на всех фациях, а на $(\phi. IV)$ составляют всего 85 г/м².

Средние данные за четыре года — период влажных лет (2003, 2004, 2007 и 2014 гг.) показывают, что в формировании зеленой массы прослеживается четкая ритмичность, не только по месяцам, но и в сопряженном ряду фаций полигона-трансекта (рис. 4, a, б).

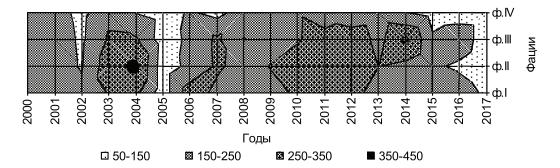


Рис. 2. Пространственно-временная изменчивость запасов зеленой массы на полигон-трансекте Койбальской степи, в многолетнем ряду, z/m^2

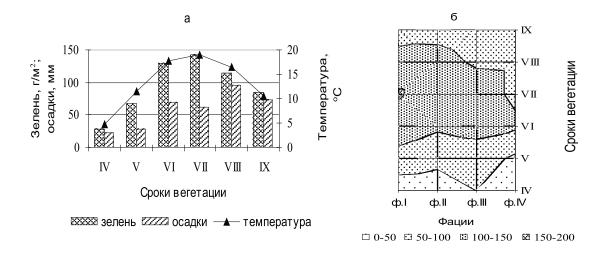


Рис. 3. а) сезонная динамика зеленой массы, осадков и температуры за вегетационный период сухих лет (2002, 2005, 2015 и 2017); б) пространственно-временные колебания зеленой массы за сухой период. Топохроноизоплетами показаны запасы зелени; I-IV- фации

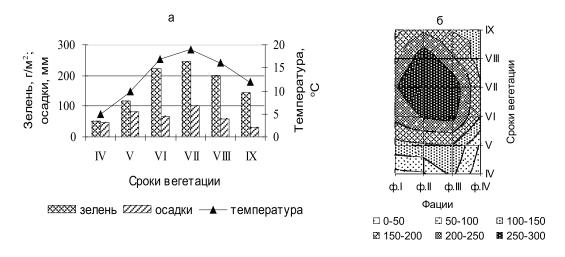


Рис. 4. а) сезонная динамика зеленой массы, осадков и температуры за период влажных лет (2003, 2004, 2007 и 2014 гг.); б) пространственно-временные колебания зеленой массы за период влажных лет. Топохроноизоплетами показаны запасы зелени; I-IV — фации

Нарастание зеленой массы в ранневесенний период (в апреле, мае), выпавшие осадки до 82 мм при температуре до 10°C оказали существенное влияние на формирование растительного покрова. Май месяц был более влажным, чем апрель, и предшествовал накоплению зеленой массы в июне до 221 г/м 2 . В июле месяце (ф.І І, III) зеленая масса была выше в 2 раза (290 г/ M^2), по сравнению с сухим периодом. Максимальная величина отмечена в конце июля, в начале августа – составила 245 г/м², при температуре в 19°C и осадках 101 мм. Однако в связи с уменьшением количества осадков в августе и сентябре месяце, при устойчиво высоких температурах воздуха и небольших осадках травостой оставался без значительных изменений. Заканчивая свой позднеосенний вегетационный период в сентябре, октябре с уменьшением осадков до 32 мм и температуры до 12°C, масса зелени составляет 144 г/м² (рис. 4, а). Наблюдения показали, что в годы с повышенным количеством осадков в апреле и мае (48-82 мм) способствуют накоплению фитомассы в июне, июле месяце, хотя количество осадков в этих сроках не увязывается с величиной создаваемой зеленой массы. Небольшие осадки, а зеленая масса высокая. Следовательно, основным прямодействующим фактором оказались осадки за апрель – май.

Пространственно-временные колебания зеленой массы в фациях полигона-трансекта позволяют понять картины утраченного в сухие годы и выявить тенденции развития ее во влажные годы в фациях степных сообществ Койбальской степи (рис. 4, б). Максимальные запасы для большинства фаций формируются в июле, этот максимум выражен более четко, по сравнению с фациями сухого периода. Так средние за четыре года запасы зеленой массы в середине июля составляют от максимального укоса до 80% на ф. I, II и III, исключая ф. IV – разнотравно-осоково-овсецово-ковыльную, склона северной экспозиции с раннелетним ритмом накопления фитомассы (рис. 4, б).

Выводы

- 1. Величина запасов зеленой массы Койбальской степи в довольно больших пределах колеблется от года к году. Травостой поразному реагирует на условия окружающей среды, имеет свои особые ритмы развития. Каждая фация имеет свои характеристики периодичности в изменении зеленой массы и свои амплитуды колебаний.
- 2. Установлены значительные изменения величины зеленой массы от сезонных и про-

странственно-временных колебаний в разных элементах рельефа полигона-трансекта. Аномальные по метеоусловиям засушливые годы приводят к уменьшению контрастности показателей запасов зеленой массы в разных условиях рельефа с небольшим увеличением на южном склоне (ф. І, рис. 3, б).

3. Выявлены значительные изменения величины зеленой массы в вегетационном периоде и в фациях полигона-трансекта во влажные годы. Максимальные запасы для большинства фаций формируются в июле, этот максимум выражен более четко (ф. II, III, рис 4, б), зеленая масса была выше в 2 раза, по сравнению с сухим периодом.

Список литературы

- 1. Степи Центральной Азии / И.М. Гаджиев, А.Ю. Королюк, А.А. Титлянова [и др.]. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002.-299 с.
- 2. Дубынина С.С. Современное состояние растительного покрова Южно-Минусинской котловины (Койбальская степь) / С.С. Дубынина // Почвы засушливых территорий, их рациональное использование, предотвращение деградации и опустынивания. Абакан, 2013. С. 211–216.
- 3. Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем Сибирских регионов / Е.Г. Нечаева, И.А. Белозерцева, Е.В. Напрасникова [и др.]. Новосибирск: Наука, 2010.-315 с.
- 4. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах / Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова, В.В. Смирнов [и др.]. М.: Мысль, 1978. 182 с.
- 5. Сафронова И.Н. Об использовании некоторых терминов в степеведении / И.Н. Сафронова // Степи Северной Евразии. Материалы VI международного симпозиума. Оренбург, 2012. С. 658—660.
- 6. Кандалова Г.Т. Степные пастбища Хакасии: трансформация, восстановление, перспективы использования / Г.Т. Кандалова. Новосибирск, 2009. 163 с.
- 7. Самбуу А.Д. Стадии пастбищной дигрессии в сухих степях Тувы / А.Д. Самбу, О.Д. Аюнова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 5–2. С. 293–295.
- 8. Казанцева Т.И. Продуктивность зональных растительных сообществ степей и пустынь Гобийской части Монголии / Т.И. Казанцева; отв. ред. Р.В. Камелин. М.: Наука, 2009. 336 с.

References

- Stepi Central' noj Azii / I.M. Gadzhiev, A.Yu. Korolyuk,
 A.A. Titlyanova [i dr.]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. 299 p.
- 2. Duby`nina S.S. Sovremennoe sostoyanie rastitel`nogo pokrova Yuzhno-Minusinskoj kotloviny` (Kojbal'skaya step`)/S.S. Duby`nina//Pochvy` zasushlivy`x territorij, ix racional`noe ispol`zovanie, predotvrashhenie degradacii i opusty`nivaniya. Abakan, 2013. P. 211–216.
- 3. Monitoring i prognozirovanie veshhestvenno-dinamicheskogo sostoyaniya geosistem Sibirskix regionov / E.G. Nechaeva, I.A. Belozerceva, E.V. Naprasnikova [i dr.]. Novosibirsk: Nauka, 2010. 315 p.
- 4. Metody` izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichny`x prirodny`x zonax / N.I. Bazilevich, A.A. Titlyanova, V.V. Smirnov [i dr.]. M.: My`sl`, 1978. 182 p.
- 5. Safronova I.N. Ob ispol`zovanii nekotory`x terminov v stepevedenii / I.N. Safronova // Stepi Severnoj Evrazii. Materialy` VI mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg, 2012. P. 658–660.
- 6. Kandalova G.T. Stepny'e pastbishha Xakasii: transformaciya, vosstanovlenie, perspektivy' ispol'zovaniya / G.T. Kandalova. Novosibirsk, 2009. 163 p.
- 7. Sambuu A.D. Stadii pastbishhnoj digressii v suxix step-yax Tuvy' / A.D. Sambu, O.D. Ayunova // Mezhdunarodny'j zhurnal prikladny'x i fundamental'ny'x issledovanij. 2016. № 5–2. P. 293–295.
- 8. Kazanceva T.I. Produktivnost` zonal'ny`x rastitel'ny`x soobshhestv stepej i pusty`n` Gobijskoj chasti Mongolii / T.I. Kazanceva; otv. red. R.V. Kamelin. M.: Nauka, 2009. 336 p.

УДК 631.442:553.411(571.56)

ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЧВЫ КУЛАРСКОГО ЗОЛОТОНОСНОГО РАЙОНА

Институт биологических проблем криолитозоны COPAH, Якутск, e-mail: madalexia@mail.ru

Иванова А.З., Десяткин Р.В.

Приведены данные по почвам отвалов, сформированных на территории Куларского золотоносного района, который начал активно разрабатываться еще в 1960-х гг. На территории прииска, заброшенного в 1998 г., были вскрыты и изучены почвы техногенно-нарушенных и техногенно-преобразованных ландшафтов более чем двадцатилетнего возраста. Для сравнения было также изучено морфогенетическое состояние почв естественных территорий. Работы проводились на крайнем Северо-Востоке Якутии в пределах тундровой зоны в окрестностях одного из заброшенных поселений старателей – пос. Власово. Основными лимитирующими факторами почвообразования на территории исследований выступают короткий вегетативный период, низкие почвенные температуры, близкое залегание многолетнемерзлых пород. Было установлено, что на изученной территории в экстремальных климатических условиях даже небольшая мощность техногенного наноса может привести к формированию техногенной почвы (эмбриозема). При этом из-за сокращения глубины протаивания грунта погребенная почва выводится за пределы деятельного слоя и перестает участвовать в процессах почвообразования. Было определено, что на грунтовых и смешанных в достаточной мере с мелкоземом отвалах на данный момент под устойчивыми растительными группировками доминируют эмбриоземы дерновые, что говорит об относительно замедленных темпах почвообразования. Также были изучены и описаны морфологические и физико-химические свойства нарушенных почв, расположенных на границах отвалов и характеризующихся небольшим перекрытием техногенным материалом. Выявлено, что по группировке почвенно-экологических состояний, складывающихся в различных природных зонах, техногенных ландшафтов, современное состояние

Ключевые слова: Куларский золотоносный район, техногенный ландшафт, отвалы, эмбриозем, морфология

нарушенных территорий можно отнести к удовлетворительному.

TECHNOGENIC SOILS OF THE KULAR GOLD-BEARING REGION Ivanova A.Z., Desyatkin R.V.

Institute of Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: madalexia@mail.ru

Data about soils of dumps formed in the Kular gold-bearing region (region began to be actively developed in the 60s of the last century) are given. On the territory of the mine, abandoned in 1998, the soils of technogenic-disturbed and technogenic-transformed landscapes of more than 20 years old were discovered and studied, and soils of natural territories were morphologically described. The works were carried out in the North-East of Yakutia within the tundra zone in the vicinity of one of the abandoned settlements of prospectors – the village Vlasovo. Within the research area, the main limiting factors of soil formation were a short vegetative period typical of the region, a low soil temperature, and a close occurrence of permafrost. It was found that in the study area in extreme climatic conditions even a small thickness of man-made deposit can lead to the formation of anthropogenic soil (embryozem) – buried soil is removed from the active layer and ceases to participate in soil formation processes by reason of a decrease of soil thawing level. It was determined that under stable plant groups on ground and mixed dumps the sod embryozeme is dominant indicating a relatively slow rate of soil formation. Morphological and physico-chemical properties of disturbed soils located on the boundaries of the dumps and characterized by a small overlap of technogenic material were studied and described. It was found that this state of disturbed territories can be attributed to a satisfactory level of the grouping of soil-ecological states of technogenic landscapes forming in different natural areas.

Keywords: the Kular gold-bearing region, dumps, technogenic landscapes, embryozem, morphology

Куларский золотоносный район располагается в северной части Яно-Омолойского междуречья, месторождение начали активно разрабатывать в 1960-е гг., а в 1998 г. прииск прекратил свое существование. После разработки месторождения были оставлены тысячи гектаров техногенно-нарушенных и техногенно-преобразованных земель. В экстремальных природно-климатических условиях субарктической области восстановление растительного и почвенного покрова на техногенных ландшафтах строго лимитировано. Этому способствуют отсутствие признаков биологической рекультивации, короткий вегетативный период, низкие температуры грунта, подъем уровня многолетней мерзлоты и т.д. В связи с перспективой возобновления промышленных работ проблема изучения трансформации и восстановления почв тундровых ландшафтов, подвергшихся антропогенному воздействию, приобретает особую актуальность. Объектами данного исследования стали техногенные почвы двадцатилетнего и более возраста Куларского золотоносного района, расположенного в южной подзоне субарктических тундр в предгорьях Яно-Индигирской низменности. Предмет исследования - образование и трансформация техногенных почв в пределах тундровой криолитозоны. Цель работы – изучение особенностей формирования техногенных почв в тундровой зоне Якутии, на примере исследования техногенно нарушенных участков почвенного покрова.

Материалы и методы исследования

Исследуемая часть Куларского золотоносного района находится в тундровой зоне Северо-Восточной Якутии в пределах денудационного Яно-Оймяконского плоскогорья и развивается в сложных геологических условиях. Почвообразующими породами изученной территории выступают делювиальные и элювиальные отложения выходов пород верхнего палеозоя и мезозоя. Рельеф представляет собой расчлененное плато, поверхность которого слагают низкие горы, холмы и увалы, переработанные системой мелких горных рек и ручьев. Долины ручьев в зависимости от возраста и подстилающей породы имеют разное строение: мелкие ручьи слабо врезаются в горные породы и характеризуются отсутствием долинных форм рельефа, относительно крупные речки и ручьи имеют глубокие долины (перепады высот достигают 50-100 м) с пологими склонами, с надпойменной террасой и поймой.

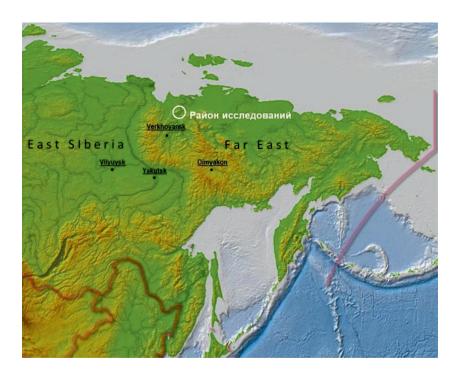
По агроклиматическому районированию область относится к Восточно-Сибирской полярно-тундровой провинции с умеренно- и средне континетальным климатом. Средняя температура июля составляет +12 °C, января -34 °C, количество осадков за год -

150–250 мм; коэффициент атмосферного увлажнения равен в среднем 1,1, высота снежного покрова без учета перераспределения по элементам мезорельефа – 25 см [1].

По почвенно-географическому районированию район исследований относится к Северо-Сибирской провинции зоны тундровых глеевых и тундровых иллювиальногумусовых почв Субарктики [2]. Почвенный покров исследованного района представлен характерными для данной провинции мерзлотными тундровыми глеевыми и глееватыми, торфянисто-перегнойными и мерзлотными аллювиальными почвами.

Полевое изучение почв проводилось в бассейне речек Суор-Уйалаах, Улахан-Юрюйэ и Мамонья в окрестностях заброшенного поселка Власово (рисунок). Объектами исследований стали зональные и интразональные естественные и техногенные почвы старых разновозрастных отвалов (табл. 1).

Полевые работы проводились в виде маршрутных исследований, для характеристики почв и почвенного покрова использовались сравнительно-географический и сравнительно-аналитический методы. Почвенные разрезы и прикопки закладывались с учетом ландшафтных особенностей, разнообразия почвенного покрова и типа техногенных образований. Для почв отвалов использовалась классификация, разработанная специально для техногенных ландшафтов [3].



Район исследований

Таблица 1

Расположение объектов исследования

№ почвенно- го разреза/ прикопки	Название почвы	Координаты	Местоположение	Дата заложения разреза/прикопки
Р1-17Я	Мерзлотная аллю- виальная дерново- глееватая почва	N-70°44,582′ E-134°46,485′	Пойма, 500 м вверх по течению руч. Суор-Уйалаах от центра пос. Власово	11.08.2017
Р15-17Я	Аллювиальная слаборазвитая слоистая почва	N-70°44,016′ E-134°55,668′	Затапливаемая пойма, зона слияния ручьев Суор-Уйала- ах и Улахан-Юрюйэ	14.08.2017
Р7-17Я	Мерзлотная тундровая глеевая почва	N-70°47,745′ E-134°38,936′	Склон террасы, 150 м от устья руч. Сдвиг	13.08.2017
Р4-17Я	Техногенно-нару- шенная тундровая глееватая почва	N-70°44,951′ E-134°39,415′	Подножие отвала, 200 м от устья руч. Аленка, левый берег	12.08.2017
Р8-17Я	Эмбриозем дерновый	N-70°47,735′ E-134°38,867′	Фрагмент старого отвала, окрестности руч. Сдвиг	13.08.2017
Р17-17Я	Эмбриозем дерновый	N-70°41,570′ E-134°40,485′	Техногенный отвал, окрестности руч. Мамонья	15.08.2017

При камеральной обработке собранного материала в почвенных образцах были выполнены следующие химические и физические определения: водный показатель рН, содержание гумуса (по Тюрину), содержание обменных оснований (по Гедройцу), гидролитическая кислотность (далее ГК), гранулометрический состав (с помощью установки Качинского).

Результаты исследования и их обсуждение

Приводим краткую характеристику естественного почвенного покрова, характерного для окрестностей пос. Власово. Основным лимитирующим фактором роста и развития растений в тундрах и лесотундрах водоразделов наряду с коротким вегетационным периодом выступает низкая почвенная температура, вызванная близким залеганием многолетней мерзлоты (глубина протаивания почв едва достигает 60 см). Слабая теплообеспеченность отражается в специфике строения органопрофилей тундровых почв. Здесь процессы минерализации органического материала сильно замедлены, вследствие этого в профиле почв часто отсутствует полноценный гумусовый горизонт, который замещается слоем органических остатков разной степени разложения в верхней части профиля. Минеральная толща обычно не дифференцирована или слабо дифференцирована на горизонты, бесструктурна, имеет признаки оглеения по всему профилю. Тундровые почвы района в естественном состоянии в надмерзлотном слое часто содержат большое количество детрита.

На пологих склонах террасы и водораздела под безлесной тундровой растительностью распространены почвенные комплексы бугорковатых тундр: мерзлотные тундровые глеевые и глееватые почвы бугорков и тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые или болотные низинные почвы западин или понижений. Глубина сезонного протаивания до 30-60 см. Типичная для данной местности мерзлотная тундровая глеевая почва (разрез Р7–17Я) имеет среднесуглинистый гранулометрический состав, кислую реакцию среды в грубогумусовом горизонте и нейтральную - в минеральном (табл. 2). Содержание гумуса уменьшается вниз по профилю (от 5,6 до 1,7%). В надмерзлотном горизонте наблюдается небольшое накопление органического вещества, возможно, вследствие её ретинизации или механической аккумуляции [4].

Почвы пойм, занятых хвощем и низкорослыми ивами, представлены мерзлотными аллювиальными дерново-глееватыми почвами (разрез P1–17Я), подстилаемыми каменистым аллювием, и слаборазвитыми аллювиальными слоистыми почвами (разрез P15–17Я).

Техногенез приводит практически к полному уничтожению естественного почвенно-растительного покрова, при котором нарушается взаимосвязь факторов почвообразования [5]. Разработка золотоносных отложений в руслах небольших горных рек и ручьев сопровождается из-

менением геометрии русел и полным нарушением строения прибрежной части долин. Отвалы горнодобывающих работ делятся на два основных типа: вскрышные и галечные. В первом случае – это снятые верхние слои почв и мелкодисперсные грунты, перемешанные с мелкой галькой; во втором случае - это отвалы, образованные валунами, галькой, камнями или щебнем с незначительным содержанием песка. При перепланировке поверхностей отвалов могут формироваться смешанные отвалы. На обширных нарушенных территориях севера единственным способом восстановления почвенного и растительного покрова является естественное самозарастание. Грунтовые и смешанные отвалы имеют хорошую тенденцию к самозарастанию, в то время как отвалы из обломков породы, часто встречающиеся на территории изученного месторождения, не имеют сплошного растительного покрова и характеризуются развитием сообществ, характерных для тундровых курумников - мхов, накипных лишайников и т.д. Тренд взаимосвязанной трансформации техноземов и растительности направлен в сторону самовосстановления почвенно-растительного покрова, что отмечается не только для северных, но и всех других регионов [6].

Различают два основных типа характера трансформации почвенного покрова в зоне горных работ [7]. При первом типе слабое перекрытие почвенного покрова отвалами приводит к образованию дифференцированного профиля, который состоит из естественной нарушенной почвы и перекрывающего ее техногенного материала.

В качестве примера техногенно-нарушенной почвы с признаками перекрытия наносом малой мощности рассмотрим разрез Р04–17Я, заложенный на склоне надпойменной террасы у подножия крупного отвала, состоящего из мелкогравийной и илистой массы, предположительно поднятой со дна ручья. Растительный покров характеризуется как восстановившийся и представлен зеленомошно-ивовой ассоциацией. Строение профиля: О (0-3) - мохово-лишайниковый очес; АО(А) (3-6) – бурый, увлажненный, состоит из неразложившейся растительности, плотно переплетен корнями растений, включения камней, много мелких камней размером 0,2-1 см, не вскипает, переход резкий по составу, граница ровная; С (6-22) – делювиальный нанос с отвала, темносерый, влажный, неоднородный, имеются небольшие охристые пятна ожелезнения,

на 70% состоит из камней (слабо окатанная галька 0,1–2 см), супесь, слоистый, переплетен корнями травянистых растений, не вскипает, переход резкий по окраске, граница ровная; AB(BGf') (20–37) – влажный, легко суглинистый, на голубовато-сизом фоне крупные охристые пятна (40%), бурые железистые конкреции, комковато-мелкозернистый, плотный, много корней в верхней части, не вскипает, переход заметный, граница ровная; Bg'(37-59) - серый с буроватым оттенком, влажный, слабооструктуренный (глыбистый), суглинистый, корней мало, есть охристые пятна по граням структурных отдельностей, не вскипает, подстилается сплошной мерзлотой.

Из-за высокой щебнистости наноса почвообразование в верхней части идет преимущественно как в горных слаборазвитых почвах, то есть на поверхности накапливается органика, при этом наблюдается более глубокое проникновение корней в рыхлый грунт. Видно, что старый органогенный горизонт был частично уничтожен, но высокое содержание органики и увеличение аэрированности привело к нарушению окислительно-восстановительной обстановки на границе техногенного слоя и погребенного глееватого горизонта. Разная фильтрационная способность слоев привела к дифференциации окраски субстрата: верхняя часть погребенной суглинистой толщи приобрела ярко выраженный охристый оттенок за счет активного окисления окислов железа. Почва кислая и слабокислая (рН 4,5–5,9). Специфика строения профиля придает четкую послойную дифференциацию почти по всем физико-химическим показателям. Песчано-щебнистый слой (6–22 см) характеризуется относительно низким содержанием гумуса, гидролитической кислотности и небольшим содержанием обменных оснований (табл. 2). На поверхности погребенной суглинистой толщи наблюдается увеличение содержания органического вещества, повышается содержание обменных оснований и гидролитической кислотности.

Второй тип почвообразования на техногенных территориях характеризуется тем, что исходный почвенный покров оказывается полностью погребенным под отвалами, где техногенные отложения начинают с этого момента выступать в роли почвообразующей породы. В данном случае наблюдается эмбриональный тип почвообразования.

Горные работы на прииске прекращены 20 лет назад, и этот период является мини-

мальным возрастом почв отвалов данной территории — эмбриоземов. Как показали исследования, естественные почвы, при их погребении толщей пустых пород относительно большой мощности, уже в первые годы после техногенного воздействия выходят за пределы деятельного слоя и прекращают участие в почвообразовательном процессе из-за их превращения в верхний слой многолетнемерзлых пород. Установлено, что минимальная мощность наносов для исключения естественных почв из биогеохимического круговорота многолетней мерзлотой составляет — 0,6 м.

Специфика почвенного покрова техногенного ландшафта определяется сочетанием четырех эволюционно-генетически связанных типов эмбриоземов: инициальных, органо-аккумулятивных, дерновых и гумусово-аккумулятивных. Выявлено, что истекшего периода после прекраще-

ния техногенеза на отвалах вскрышных пород было достаточно для перехода субстратом стадии инициальных эмбриоземов. Все отвалы в настоящее время в процессе самовосстановления характеризуются сплошным растительно-моховым покровом и наличием признаков начального почвообразования. В почвах отвалов района повсеместно обнаруживаются признаки дернового процесса вне зависимости от условий формирования. В этой стадии техногенно-преобразованные ландшафты в средней и южной полосах представляют собой уже вполне нормально функционирующую лесную экосистему [8], тогда как в тундровой зоне эмбриоземы функционируют на этапе накопления органики и образования дерна. Формирование грубогумусового горизонта, характерного для естественных мерзлотных тундровых почв, может занять довольно долгий период.

Таблица 2 Физико-химические свойства и гранулометрический состав почв

Горизонт	Мощность, см	рН _{водн}	Гумус,%	ММОЛ	е катионы, ь/100 г	ГК, ммоль/100 г	Степень насыщен- ности, %	Сумма частиц <0,01 мм
				Ca ²⁺	Mg ²⁺			<0,01 MIM
						о-глееватая поч		ı
Ad	0–4	5,2	2,7	4,7	2,6	2,8	72,1	21,8
AC(Cg)	4–32	6,3	3,1	6,6	3,7	2,2	82,6	23,3
С	32	6,4	1,9	3,3	1,9	1,1	82,4	16,4
		P15-17.	Я Аллювиа	альная слаб	боразвитая с	слоистая почва	Į.	
AC	0–4	5,8	3,7	4,6	2,4	2,5	73,9	16,0
С	4–10	5,5	2,8	4,0	1,7	3,2	64,1	14,8
C'	10–24	5,9	1,9	2,3	1,3	1,3	73,5	18,0
C"	24–32	7,1	2,1	5,3	2,9	0,8	91,6	17,2
C""	32–44	6,1	2,3	3,0	1,7	1,6	74,7	15,2
		P7-	_17Я Мерз	лотная тун	дровая глее	вая почва		
AO	9–12	4,6	15,6*	4,1	3,8	10,8	42,1	_
BG	12–45	4,7	1,7	2,6	1,8	6,1	41,6	31,5
BCg	45–58	6,5	2,3	6,7	2,4	1,6	84,9	30,7
	P4	−17Я То	ехногенно-	нарушенна	ая тундрова	я глееватая поч	іва	
AO	3–6	4,6	18,5*	8,0	4,5	7,4	62,8	_
С	6–22	5,5	2,0	1,9	1,5	1,9	64,2	15,6
AB(BGf)'	22–37	5,2	4,2	5,9	3,1	7,1	55,9	27,2
BCg'	37–59	5,9	1,9	6,4	3,0	3,0	75,7	29,9
Р8–17Я Эмбриозем дерновый								
ACd	7–18	6,7	3,0	6,8	2,7	1,4	86,8	20,1
Cg	18–50	6,5	1,9	5,7	2,2	1,4	85,1	19,7
Р17–17Я Эмбриозем дерновый								
Ad	1–2	4,9	7,0	5,6	4,2	8,5	53,6	26,8
ACg	2–12	4,1	4,1	3,9	2,7	7,0	48,4	34,8
Cg	12–30	4,9	3,4	3,5	2,2	7,4	43,0	36,0

Рассмотрим два профиля эмбриозема дернового, сформированных на различных элементах рельефа. Первый эмбриозем был вскрыт в пойменной части небольшого полностью переработанного горного ручья (Р-08-17Я). Особенности условий почвообразования - переувлажненность, близкое залегание мерзлоты. Растительность представлена осоково-зеленомошной ассоциацией с участием ивы. Поверхность очень неровная, с трещинами и кочками. Описание эмбриозема дернового оглеенного: О (0-7) моховой очес с небольшой подстилкой из неразложенных и слаборазложенных растительных остатков; ACd (7–18) – буроватосерый с пятнами оглеения (40%), влажный, легко суглинистый, комковато-зернистый, плотный, сильно переплетен корнями травянистых растений, не вскипает, переход постепенный, граница ровная; G(C) (18–50) – голубовато-сизый с охристыми пятнами (40%), мокрый, супесчаный, слабооструктуренный, неплотный, не вскипает, много отмерших корней, небольшое количество железистых конкреций.

В профиле четко наблюдается сочетание дернового процесса и процесса накопления органики. Полноценный дерновый горизонт здесь еще не выделяется, но в средней части проявляется заметное оструктуривание минеральной толщи. Корни проникли на всю глубину деятельного слоя за счет облегченного гранулометрического става, что увеличило содержание органики в нижней части профиля. Формирование относительно мощного органогенного слоя и переувлажненность грунта создали близкие к анаэробным условия и привели к проявлению признаков оглеения. Реакция среды почвенной вытяжки нейтральная. Содержание гумуса в задернованном слое достигает 3,0%, в нижнем горизонте – 1,9%. Степень насыщенности основаниями повышенная (табл. 2). Дифференциация профиля наблюдается лишь по содержанию гумуса, что характерно для начальных этапов почвообразования. Таким образом, почва по своим свойствам близка к естественным аллювиальным дерново-глееватым почвам и дальнейшая эволюция будет проходить в направлении с этими почвами естественного ряда.

Второй разрез эмбриозема дернового вскрыт на террасе ручья Мамонья. Особенности условий почвообразования – прерывистая мерзлота, отвал состоит из плотной суглинистой массы, смешанной с обломками плотной породы, расположение в верх-

ней части склона отвала. Растительность представлена сухим злаковым ивняком с участием зеленого мха. Микрорельеф очень неровный - признаки склоновой эрозии, трещины. Описание эмбриозема дернового: О (0-1) - моховая накипь, степной войлок; Ad (1-2 (3)) - светло-бурый, влажный, суглинистый, на 60% состоит из растительных остатков и корней, не вскипает, переход заметный, граница слабоволнистая; ACg(2(3)-12) – серый с буроватым оттенком с мелкими и крупными охристыми пятнами, увлажненный, суглинистый, очень плотный, не вскипает, много мелких плоских камней, плотно переплетен корнями растений, переход постепенный, граница ровная; Сд (12–30) – буровато-серый с сизоватым оттенком, охристые пятна по корням отмерших растений, влажный, среднесуглинистый, порошистый, очень плотный, много камней, плотно переплетен корнями растений, не вскипает.

Данные почвы образуются на наиболее старых вскрышных отвалах исследуемого участка и характеризуются формированием маломощного дернового горизонта. Грунт отвала представлен смесью суглинистых субстратов, судя по кислой реакции среды, состоящих в основном из снятого с поверхности террасы и ее склонов почвенного слоя (табл. 2). Содержание гумуса стабильно уменьшается вниз по профилю. Степень насыщенности в минеральных слоях низкая. Признаки оглеения в профиле носят преимущественно реликтовый характер и унаследованы от фрагментов естественных тундровых глеевых почв.

Заключение

В тундровой части Куларского золотоносного района на техногенно-преобразованных ландшафтах в почвенном покрове доминируют эмбриоземы дерновые и органо-аккумулятивные. Нарушенные почвы естественного ряда, характеризующиеся небольшим наносным перекрытием делювиального характера, распространены на границах техногенно-преобразованных ландшафтов. По группировке почвенно-экологических состояний, складывающихся в различных местообитаниях, техногенных ландшафтов [9], данное состояние нарушенных территорий можно отнести к удовлетворительному.

Все отвалы грунтового и смешанного типа характеризуются развитием самовосстановленной растительной группировки с господством зеленых мхов, злаков и ив. Во всех вскрытых почвенных профилях

мощность деятельного слоя ограничивается сплошной или прерывистой многолетней мерзлотой. Уровень протаивания эмбриоземов достигает 30–60 см. Таким образом, на территории исследования в экстремальных климатических условиях даже небольшая мощность техногенного наноса может привести к формированию эмбриозема, так как из-за уменьшения уровня протаивания грунта погребенная почва выводится за пределы деятельного слоя и перестает участвовать в процессах почвообразования.

Выявлено, что по морфологическим свойствам эмбриоземы исследуемых отвалов двадцатилетнего и более возраста мало отличаются от зональных почв — аллювиальных дерново-глееватых или тундровых глеевых, что обусловлено тем, что почвы тундр имеют упрощенный профиль, характерный для территории с замедленными темпами почвообразования. Но следует отметить, что развитие четвертой стадии эволюционного ряда эмбриозема и окончательный переход почвы к естественному ряду произойдет через гораздо больший период времени.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0376-2018-0003; рег. номер AAAA-A17-117020110057-7.

Список литературы

- 1. Влияние горнодобывающей промышленности на экосистемы Северо-Востока Якутии / В.И. Захарова, Н.К. Потапова, Н.С. Карпов [и др.]. Новосибирск: Наука, 2010 208 с
- 2. Национальный атлас почв Российской Федерации / С.А. Шоба, Г.В. Добровольский, И.О. Алячбина [и др.]. М.: ООО Астрель, 2011. 631 с.
- 3. Курачев В.М. Классификация почв техногенных ландшафтов / В.М. Курачев, В.А. Андроханов // Сибирский экологический журнал. -2002. T. 9, № 3. C. 255-261.
- 4. Лупачев А.В., Губин С.В. Процессы надмерзлотной аккумуляции грубого органического вещества в криоземах и их роль в формировании переходного слоя почвенно-мерзлотного комплекса // Эволюция почвенного покрова: история идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы: труды V междунар. науч. конф. Пущино: Изд-во ГУП МО Серпуховская типография, 2009. С. 142–145.

- 5. Семина И.С. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов / И.С. Семина // Проблемы региональной экологии. 2012. N 6. С. 154–157.
- 6. Естественное восстановление почвенного и растительного покрова на промышленных отвалах / О.В. Шергина [и др.] // География и природ. ресурсы. 2015. № 2. С. 66—74.
- 7. Черногаев В.Г. Воздействие техногенных нарушений на динамику почвенно-растительного покрова Мещерской низменности: дис. ... канд. биол. наук. Рязань, 2014.-136 с.
- 8. Голеусов П.В. Формирование почв в условиях самозарастания отвалов вскрышных горных пород / П.В. Голеусов // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 11. – С. 40–41.
- 9. Андроханов В.А. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов / В.А. Андроханов, В.М. Курачев // Сибирский экологический журнал. -2009.-T.9, № 2.-C.165-169.

References

- 1. Vliyanie gornodoby`vayushhej promy`shlennosti na e`kosistemy` Severo-Vostoka Yakutii / V.I. Zaxarova, N.K. Potapova, N.S. Karpov [i dr.]. Novosibirsk: Nauka, 2010. 208 p.
- 2. Nacional'ny'j atlas pochv Rossijskoj Federacii / S.A. Shoba, G.V. Dobrovol'skij, I.O. Alyachbina [i dr.]. M.: OOO Astrel', 2011. 631 p.
- 3. Kurachev V.M. Klassifikaciya pochv texnogenny`x landshaftov / V.M. Kurachev, V.A. Androxanov // Sibirskij e`kologicheskij zhurnal. 2002. T. 9, № 3. P. 255–261.
- 4. Lupachev A.V., Gubin S.V. Processy` nadmerzlotnoj ak-kumulyacii grubogo organicheskogo veshhestva v kriozemax i ix rol` v formirovanii perexodnogo sloya pochvenno-merzlotnogo kompleksa // E'volyuciya pochvennogo pokrova: istoriya idej i metody`, golocenovaya e`volyuciya, prognozy`: trudy` V mezhdunar. nauch. konf. Pushhino: Izd-vo GUP MO Serpuxovskaya tipografiya, 2009. P. 142–145.
- 5. Semina I.S. Pochvenno-e'kologicheskoe sostoyanie texnogenny'x landshaftov/ I.S. Semina// Problemy' regional'noj e'kologii. 2012. N2 6. P. 154–157.
- 6. Estestvennoe vosstanovlenie pochvennogo i rastitel`nogo pokrova na promy`shlenny`x otvalax / O.V. Shergina [i dr.] // Geografiya i prirod. resursy`. -2015. -N 2. -P. 66–74.
- 7. Chernogaev V.G. Vozdejstvie texnogenny'x narushenij na dinamiku pochvenno-rastitel'nogo pokrova Meshherskoj nizmennosti: dis. ... kand. biol. nauk. Ryazan', 2014. 136 p.
- 8. Goleusov P.V. Formirovanie pochv v usloviyax samozarastaniya otvalov vskry`shny`x gorny`x porod / P.V. Goleusov // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. 2004. № 11. P. 40–41.
- 9. Androxanov V.A. Principy` ocenki pochvenno-e`kologicheskogo sostoyaniya texnogenny`x landshaftov / V.A. Androxanov, V.M. Kurachev // Sibirskij e`kologicheskij zhurnal. 2009. T. 9, № 2. P. 165–169.

УДК 504.37:504.3.054:504.064.2(470.341-25)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАТИОННО-АНИОННОГО СОСТАВА И КИСЛОТНОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА С ТЕРРИТОРИИ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ НИЖНЕГО НОВГОРОДА

Козлов А.В., Миронова Ю.И., Воронцова А.А., Акафьева Д.В., Береснев А.А., Быков А.С., Давыдов В.А., Зыков Я.В., Калиничева З.С., Орехова А.А.

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

В статье представлена оценка экологического состояния снежного покрова с территорий, прилегающих к автомагистралям Нижнего Новгорода (Сормовское шоссе и проспект Гагарина), на основе двухлетней динамики показателей анионного состава (бикарбонаты, сульфаты, хлориды, общая минерализация) и содержания катионов тяжелых металлов (цинк, кадмий, свинец, медь) в воде снега. Отбор проб снеговых масс осуществлялся в феврале 2017 и 2018 гг. равномерно на протяжении автодорог (по 4 объединенных образца) с участков в непосредственной близости от дорожного полотна. В качестве фона был выбран участок заснеженного лесного массива «Дубрава». В результате исследований было установлено, что среднее содержание бикарбонатов в снеге автомагистрали заречной части города составило 25,90 мг/л и 41,84 мг/л, а нагорной части – 55,79 и 48,43 мг/л соответственно по годам исследования. В условиях Сормовского шоссе содержание бикарбонатов повысилось в 1,6 раза, а в условиях проспекта Гагарина – снизилось в 1,2 раза по сравнению с прошлым (2017) годом. В нагорной части города в условиях проспекта Гагарина содержание сульфат-аниона в воде снега оказалось наибольшим из всех изучаемых вариантов и весьма значительным: его накопление в снеге в 2017 г. составило 521,00 мг/л, а в 2018 г. – 308,09 мг/л, что больше, чем в заречной части, соответственно по годам исследования в 12,0 и 6,1 раза. Отмечается заметно сниженный уровень накопления тяжелых металлов в снеге на второй год исследования по сравнению с первым – на 75% в условиях фоновой территории, на 32% в условиях Сормовского шоссе и на 35% в условиях проспекта Гагарина. В условиях прилегающих к автотрассам участков снежный покров характеризовался слабощелочной реакцией на Сормовском шоссе в первый год и на проспекте Гагарина в оба года исследования.

Ключевые слова: снежный покров, катионно-анионный состав, тяжелые металлы, загрязнение снега, критерии экологического состояния

EENVIRONMENTAL ESTIMATION OF CATION-ANION STRUCTURE AND ACIDITY OF SNOW COVER AT THE TERRITORY OF THE NIZHNY NOVGOROD HIGHWAYS

Kozlov A.V., Mironova Yu.I., Vorontsova A.A., Akafeva D.V., Beresnev A.A., Bykov A.S., Davydov V.A., Zykov Ya.V., Kalinicheva Z.S., Orekhova A.A.

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

Assessment of an ecological condition of snow cover from the territories adjacent to highways of Nizhny Novgorod (Sormovskoye Highway and Gagarin Avenue), on the basis of two-year dynamics of indicators from anion structure (bicarbonates, sulfates, chlorides, the general mineralization) and the maintenance of cations of heavy metals (zinc, cadmium, lead, copper) in snow water is presented in article. Sampling of snow masses was carried out in February, 2017 and 2018 evenly throughout highways (on 4 integrated samples) from sites in close proximity to a roadbed. As a background the site of the snow-covered forest area «Oak grove» has been chosen. As a result of researches it has been established that the average content of bicarbonates in snow of the highway of a part over the river of the city was 25,90 mg/l and 41,84 mg/l, and a mountain part - 55,79 and 48,43 mg/l respectively by years of a research. In the conditions of Sormovskoye Highway the content of bicarbonates has raised by 1,6 times, and in the conditions of Gagarin Avenue – has decreased by 1,2 times in comparison with the past (2017). In a mountain part of the city in the conditions of Gagarin Avenue contents sulfate-anion in water of snow was the greatest of all studied options and very considerable: his accumulation in snow in 2017 has made 521,00 mg/l, and in 2018 – 308,09 mg/l that more than in a part over the river respectively by years of a research in 12,0 and 6,1 times. The reduced level of accumulation of heavy metals in snow for the second year of a research in comparison with the first - for 75% in the conditions of the background territory, for 32% in the conditions of Sormovskoye Highway and for 35% in the conditions of Gagarin Avenue is noted much. In the conditions of sites, adjacent to highways, snow cover was characterized by alkalescent reaction on Sormovskoye Highway in the first year and on Gagarin Avenue in both years of a research.

Keywords: snow cover, cationic and anionic structure, heavy metals, snow pollution, criteria of an ecological state

Проблема неблагополучного экологического состояния городской среды в настоящее время остается актуальной, а его изучение и оценка — востребованными с точки зрения регионального экологиче-

ского мониторинга [1, 2]. Нужно отметить, что атмосфера населенных мест, сопряженная с поступлением загрязнителей из газо-пылевых выбросов промышленности и из выхлопных газов автотранспорта, яв-

ляется главной средой, транспортирующей поллютанты в почвенный покров и водные объекты. К «переносчикам» загрязняющего фона в том числе относят все виды осадков, основными из которых являются дождевые и снеговые массы. По этим и другим причинам [3] эколого-химический анализ данных временно депонирующих объектов окружающей среды на предмет накопления загрязняющих веществ необходим как для понимания общего уровня загрязненности атмосферного воздуха Нижнего Новгорода, так и для ориентирования в мерах накопления как таковых загрязнителей в консервативных природных и природнотехногенных объектах – почвенном покрове и водоемах.

Цель исследования – проведение оценки экологического состояния снежного покрова крупных автомагистралей города Нижнего Новгорода на основе двухлетней динамики накопления различных анионов и катионов тяжелых металлов, а также интегрального показателя – кислотности.

Материалы и методы исследования

Исследование снежного покрова проводилось в течение двух лет (2017–2018 гг.) в соответствии с требованиями общепринятых нормативно-методических документов [4–6].

Пробы снега отбирали вручную с помощью пластмассового цилиндра (ø = 10 см, h = 20 см) в непрозрачные полиэтиленовые пакеты. Отбор проб осуществлялся в начале февраля 2017 и 2018 гг. равномерно на протяжении крупных автомагистралей Нижнего Новгорода – Сормовское шоссе (заречная часть города) и проспект Гагарина (нагорная часть города). Для пробоотбора выбирали визуально чистые и ровные участки снежного покрова в непосредственной близости от дороги; площадь каждого участ- $\kappa a = 10 \text{ м}^2$. На одном участке отбирали по 5 точечных проб, которые впоследствии смешивали в 1 объединенную пробу. С каждой автомагистрали равноудаленно друг от друга всего было отобрано по 4 объединенных пробы.

В качестве условно незагрязненного (фонового) участка был выбран участок лесного массива «Дубрава», примыкающего с северо-западной стороны непосредственно к черте города. В лесном массиве было также отобрано 4 объединенных образца снега, каждый из которых также состоял из 5 точечных.

Пробы снега доставляли в лабораторию и раскладывали из пакетов в пластиковые

емкости (тазы) для естественного оттаивания. Анализ проб воды был проведен в Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды при Мининском университете по некоторым гидрохимическим показателям содержащихся в снеге веществ и содержанию в нем растворимых соединений тяжелых металлов [7]; аналитическая повторность - трехкратная. В полученной талой воде определяли кислотность потенциометрическим методом на рН-метре милливольтметре МАРК-903. В фильтрате данных проб воды определяли содержание сухого остатка (общая минерализация) - кондуктометрией с помощью кондуктометра DIST-3 (HANNA), а также содержание хлоридов аргентометрическим, сульфатов – йодометрическим, бикарбонатов - кислотно-основным видами титриметрии.

Содержание тяжелых металлов в воде снега также определяли в отфильтрованных образцах методом инверсионной вольтам-перометрии на вольтамперометре-полярографе ТА-Lab по методике определения ТМ в воде (ПНД Ф 14.1:2:4.222-06), предварительно пропустив образцы через обеззоленные фильтры («синяя» лента) и проведя минерализацию имеющихся органических веществ с помощью концентрированной муравьиной кислоты.

Результаты измерений обработаны методом вариационной статистики с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены данные по содержанию бикарбонатов и сульфатов в воде снега. Нужно сказать, что накопление в снеге обоих анионов оказалось в разы выше по отношению к их содержанию в условиях формирования снежного покрова лесной дубравы (фон). Так, если по состоянию на 2017 г. среднее по 4 точкам содержание бикарбонатов в снеге фонового участка составляло 3,66 мг/л, а на 2018 г. – 2,96 мг/л, то на автомагистрали заречной части города содержание бикарбонат-анионов составило 25,90 мг/л и 41,84 мг/л, а нагорной части — 55,79 мг/л и 48,43 мг/л соответственно по годам исследования.

В условиях Сормовского шоссе содержание бикарбонатов повысилось в 1,6 раза, а в условиях проспекта Гагарина — снизилось в 1,2 раза по сравнению с прошлым (2017) годом.

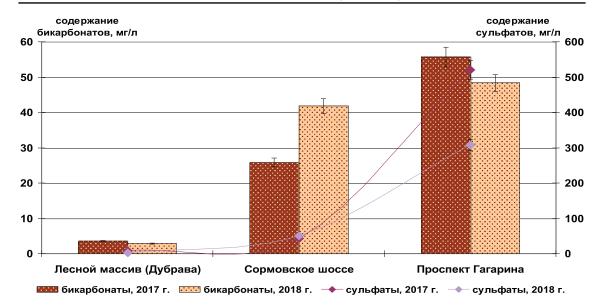


Рис. 1. Характеристика снежного покрова автомагистралей Нижнего Новгорода по содержанию бикарбонатов и сульфатов

Содержание сульфатов в воде снега имело почти аналогичную тенденцию. В воде снега с фонового участка накопление сульфат-анионов составило 8,25 мг/л в 2017 г. и 3,51 мг/л в 2018 г. В то же время содержание в снеге данного токсиканта в условиях заречной части города (Сормовское шоссе) превысило фоновый уровень в 5,3 раза в 2017 г. (43,34 мг/л) и в 14,5 раза в 2018 г. (50,80 мг/л). В нагорной части города в условиях проспекта Гагарина содержание сульфат-анионов в воде снега оказалось наибольшим из всех изучаемых вариантов и весьма значительным: в среднем по 4 участкам накопление его в снеге в 2017 г. составило 521,00 мг/л, а в 2018 г. – 308,09 мг/л, что больше, чем в заречной части, соответственно по годам исследования в 12,0 и 6,1 раза. Очевидно, что наличие бикарбонатов и сульфатов в снежной воде обусловлено высоким содержанием различных оксидов углерода и серы в атмосфере, способных растворяться при образовании снеговых масс. Данные оксиды типичны для урбоэкосистем с высокоразвитой промышленной инфраструктурой, следствием чего является высокий уровень выбросов в атмосферу различных газов [8, 9].

Рис. 2 отражает данные по содержанию в снежном покрове хлоридов и его общей минерализации, выраженной показателем сухого остатка. Содержание хлорид-анионов в воде снега изучаемых территорий имело аналогичную тенденцию с накоплением сульфатов и бикарбонатов. Если в условиях

формирования фонового снежного покрова среднее по 4 точкам содержание хлоридов составляло 6,13 мг/л и 2,61 мг/л соответственно по годам исследования, то в условиях города хлоридное загрязнение снеговых масс оказалось много выше, и в особенности на территории проспекта Гагарина.

Здесь накопление хлоридов превысило значения по Сормовскому шоссе в 13,6 раза в 2017 г. (643,82 мг/л против 47,17 мг/л) и в 4,6 раза в 2018 г. (580,30 мг/л против 127,50 мг/л), а фоновые значения – соответственно в 105,0 и в 222,3 раза (фоновый уровень = 6,13 мг/л и 2,61 мг/л соответственно по годам исследования). По-видимому, столь существенный уровень загрязнения хлоридами снеговых масс в условиях автомагистралей мог быть обусловлен как эксплуатацией неправильной пескоразбрасывательной техники, антигололедные смеси из которой попадали не только непосредственно на дорожной покрытие, но и на обочины, а также - перебросом образующихся снего-песковых масс с автотрассы на прилегающие территории в процессе чистки дорог [10, 11].

Как известно, песко-соляные смеси, уже несколько десятилетий применяемые в зимнее время при эксплуатации дорожного покрытия в качестве антигололедного агента, в значительной степени загрязняют хлоридами прилегающий почвенный покров, что впоследствии сказывается на уровне концентрации хлорид-анионов в грунтовых водах.

Содержание сухого остатка в снеге, отражающего его минерализацию различными катионами и анионами, закономерно имело схожую тенденцию с накоплением ранее рассмотренных веществ. На второй год исследования в условиях лесной территории (фон) накопление минерализата на 40% превысило его содержание в снеге, отобранном в 2017 г., и составило 28 мг/л.

В условиях Сормовского шоссе, расположенного в заречной части города, увеличение содержания сухого остатка в 2018 г. составило 77% по отношению к данным 2017 г. В условиях проспекта Гагарина, расположенного

в нагорной части города, уровень минерализации снега, наоборот, снизился на 15% на второй год наблюдения в сравнении с первым годом. Закономерно с накоплением в снеге катионно-анионных форм разнообразных химических веществ показатель сухого остатка имел наибольший уровень в условиях проспекта Гагарина. Здесь абсолютные значения показателя составили 2678 мг/л (2017 г.) и 2279 мг/л (2018 г.), что больше, чем в снеговой воде с Сормовского шоссе, в 8,0 раза (2017 г.) и в 3,8 раза (2018 г.), и еще больше, чем в снежном покрове фонового участка — в 133,9 раза (2017 г.) и в 81,4 раза (2018 г.).

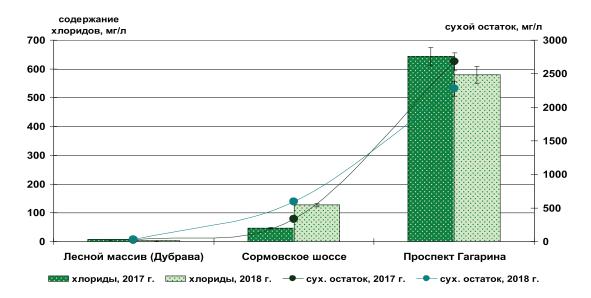
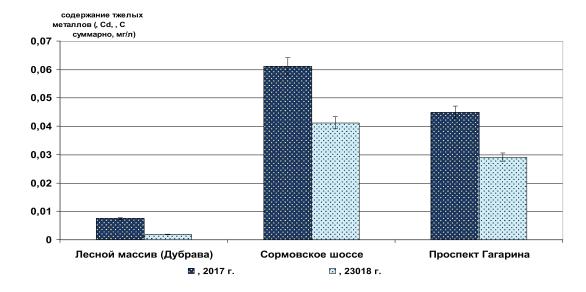


Рис. 2. Характеристика снежного покрова автомагистралей Нижнего Новгорода по содержанию хлоридов и сухого остатка (общей минерализации)



Puc. 3. Характеристика снежного покрова автомагистралей Нижнего Новгорода по содержанию суммы растворимых соединений тяжелых металлов – цинка, кадмия, свинца и меди

Место отбора проб	Значе	M ± m	V,%			
	I	II	III	IV		
		20	17 г.			
Лесной массив (фон)	6,83	6,22	6,24	6,50	$6,45 \pm 0,14$	4
Сормовское шоссе	7,13	7,28	6,98	7,04	$7,11 \pm 0,07$	2
Проспект Гагарина	7,27	7,07	6,95	7,05	$7,09 \pm 0,07$	2
2018 г.						
Лесной массив (фон)	6,40	6,38	6,12	6,63	$6,38 \pm 0,10$	3
Сормовское шоссе	6,54	6,53	7,19	7,01	$6,82 \pm 0,17$	5
Проспект Гагарина	6,93	7,50	7,26	6,59	$7,07 \pm 0,20$	6

Динамика кислотности воды снега по годам исследований (M ± m: среднее ± ошибка среднего; V, % – коэффициент вариации)

График, показанный на рис. 3, отражает суммарное накопление растворимых соединений тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb и Cu) в снеговой воде за 2 года исследований. Прежде всего, нужно отметить заметно сниженный уровень накопления токсикантов в снеге на второй год исследования по сравнению с первым годом — на 75% в условиях фоновой территории, на 32% в условиях Сормовского шоссе и на 35% в условиях проспекта Гагарина.

Наибольшее суммарное содержание тяжелых металлов отмечалось в снежном покрове автотрассы заречной части города. Здесь накопление токсикантов составило 0,0611 мг/л в 2017 г. и 0,0413 мг/л в 2018 г., что ниже, чем в нагорной части города, соответственно на 26% (0,0450 мг/л) и на 29% (0,0292 мг/л).

В снеговом покрове лесного массива содержание тяжелых металлов закономерно оказалось наименьшим – 0,0075 мг/л (2017 г.) и 0,0019 мг/л (2018 г.). При этом нужно отметить, что если в суммарном накоплении токсикантов в снеге с придорожных территорий участвовали все рассматриваемые металлы, то в воде снега из Дубравы в первый год отсутствовала медь, а во второй год – медь и свинец. При определении содержания их растворимых форм вольтамперометрическим методом уровень полученной концентрации находился ниже предела обнаружения данным прибором. Общий высокий уровень накопления растворимых соединений тяжелых металлов в снеговой воде, очевидно, обусловлен повышенной загазованностью воздуха пылевыми выбросами крупных промышленных предприятий города, содержащими в своем составе частицы таковых токсикантов, что подтверждается рядом аналогичных исследований [12, 13].

Данные таблицы показывают динамику кислотности воды снега по вариантам исследования. Анализируя полученные данные, нужно отметить слабокислую реакцию снеговой воды в условиях формирования снежного покрова в лесном массиве — 6,45 и 6,38 ед. рН соответственно по годам отбора и анализа проб снега.

В условиях прилегающих к автотрассам участков снежный покров характеризовался слабощелочной реакцией на Сормовском шоссе в первый год и на проспекте Гагарина в оба года исследования. Данный факт может свидетельствовать о наличии щелочно-гидролизуемых соединений в составе газов и пыли, попадающих в атмосферу из выбросов промышленных предприятий и автотранспорта, которые в некоторой степени подщелачивают воду снега [8].

Вариабельность кислотности воды снеговых масс не превышала 10%, что говорит о высокой степени консервативности показателя вне зависимости от точек отбора проб.

Выводы

Проанализировав данные за 2 года исследования, нужно подчеркнуть факт наличия определенного уровня загрязненности снеговых масс в условиях накопления в черте городской территории. На основании полученных данных отмечается значительное загрязнение бикарбонатами, сульфатами, хлоридами и общей минерализацией снега с местности, прилегающей к проспекту Гагарина, а существенное загрязнение тяжелыми металлами - снега с местности, расположенной близ Сормовского шоссе. По состоянию на зимний период двух лет исследования (2017–2018 гг.) территории автомагистралей в целом характеризуются высокой экологической напряженностью, связанной не только с общим значительным уровнем загрязнения токсикантами снеговых масс, но также и с риском миграции данных загрязнителей в почвенный покров и грунтовые воды, и транслокации — в городскую растительность.

Список литературы

- 1. Исламова А.А. Анализ уровня загрязненности почвенно-растительной компоненты урбоэкосистемы города Бирск республики Башкортостан / А.А. Исламова, Е.Э. Палатова // Успехи современной науки. 2017. Т. 5, № 1. С. 15–17.
- 2. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов: учебно-методическое пособие / А.В. Козлов. Н. Новгород: Мининский университет, 2016. 146 с.
- 3. Копосова Н.Н. Анализ территориальных различий в уровнях концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Нижнего Новгорода / Н.Н. Копосова, А.В. Козлов, И.М. Шешина // Современные проблемы науки и образования. -2015. -№ 3. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=19379 (дата обращения: 24.06.2018).
- 4. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М.: Изд-во стандартов, 1985. 12 с.
- 5. МР 5174-90 Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М.: Изд-во стандартов, 1990. 7 с.
- 6. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Изд-во стандартов, 1989. 615 с.
- 7. Козлов А.В. Лабораторно-инструментальные методы исследований в экологии объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие / А.В. Козлов. Н. Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2016. 89 с.
- 8. Летенкова И.В. Химический анализ снежного покрова Новгородской области / И.В. Летенкова, В.Ф. Литвинов, В.Г. Сморжок // Вестник Новгородского государственного университета. -2014. -№ 76. C. 73–76.
- 9. Шумилова М.А. Исследование загрязненности снежного покрова на примере города Ижевска / М.А. Шумилова, О.В. Садиуллина, В.Г. Петров // Вестник Удмуртского университета. Серия: физика и химия. 2012. N2 2.— C. 83–89.
- 10. Щукова И.В. Качество воды водозаборных скважин в районах малоэтажной застройки городских агломераций / И.В. Щукова, З.В. Кивилева // Успехи современной науки. -2016.-T.10, № 11.-C.87-89.
- 11. Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 181 с.
- 12. Янченко Н.И. Особенности химического состава снежного покрова и атмосферных осадков в городе Братске / Н.И. Янченко, О.Л. Яскина // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324, № 3. С. 27–35.

13. Шадрин И.А. Анализ токсичности снежного покрова г. Красноярска методом биотестирования / И.А. Шадрин // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 12. – С. 230–235.

References

- 1. Islamova A.A. Analiz urovnya zagryaznennosti pochvenno-rastitel`noj komponenty` urboe`ko-sistemy` goroda Birsk respubliki Bashkortostan / A.A. Islamova, E.E`. Palatova // Uspexi sovremennoj nauki. 2017. T. 5, № 1. P. 15–17.
- 2. Kozlov A.V. Ocenka e`kologicheskogo sostoyaniya pochvennogo pokrova i vodny`x ob``ektov: uchebno-metodicheskoe posobie / A.V. Kozlov. N. Novgorod: Mininskij universitet, 2016. 146 p.
- 3. Koposova N.N. Analiz territorial`ny`x razlichij v urovnyax koncentracij zagryaznyayushhix veshhestv v atmosfernom vozduxe goroda Nizhnego Novgoroda / N.N. Koposova, A.V. Kozlov, I.M. Sheshina // Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya. −2015. № 3. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=19379 (дата обращения: 24.06.2018).
- 4. GOST 17.1.5.05-85 Oxrana prirody`. Gidrosfera. Obshhie trebovaniya k otboru prob poverx-nostny`x i morskix vod, 1'da i atmosferny`x osadkov. M.: Izd-vo standartov, 1985. 12 p.
- 5. MR 5174-90 Metodicheskie rekomendacii po ocenke stepeni zagryazneniya atmosfernogo voz-duxa naselenny`x punktov metallami po ix soderzhaniyu v snezhnom pokrove i pochve. M.: Izd-vo standartov, 1990. 7 p.
- 6. RD 52.04.186-89 Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery`. – M.: Izd-vo standartov, 1989. – 615 p.
- 7. Kozlov A.V. Laboratorno-instrumental`ny`e metody` issledovanij v e`kologii ob``ektov okruzhayushhej sredy`: uchebno-metodicheskoe posobie / A.V. Kozlov. N. Novgorod: NGPU im. K. Minina, 2016. 89 p.
- 8. Letenkova I.V. Ximicheskij analiz snezhnogo pokrova Novgorodskoj oblasti / I.V. Letenkova, V.F. Litvinov, V.G. Smorzhok // Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. № 76. P. 73–76.
- 9. Shumilova M.A. Issledovanie zagryaznennosti snezhnogo pokrova na primere goroda Izhev-ska / M.A. Shumilova, O.V. Sadiullina, V.G. Petrov // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: fizika i ximiya. − 2012. − № 2. − P. 83–89.
- 10. Shhukova I.V. Kachestvo vody` vodozaborny`x skvazhin v rajonax maloe`tazhnoj zastrojki go-rodskix aglomeracij / I.V. Shhukova, Z.V. Kivileva // Uspexi sovremennoj nauki. 2016. T. 10, № 11. P. 87–89.
- 11. Vasilenko V.N. Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova / V.N. Vasilenko, I.M. Nazarov, Sh.D. Fridman. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 181 p.
- 12. Yanchenko N.I. Osobennosti ximicheskogo sostava snezhnogo pokrova i atmosferny`x osadkov v gorode Bratske / N.I. Yanchenko, O.L. Yaskina // Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo uni-versiteta. 2014. T. 324, № 3. P. 27–35.
- 13. Shadrin I.A. Analiz toksichnosti snezhnogo pokrova g. Krasnoyarska metodom biotestirova-niya / I.A. Shadrin // Vestnik KrasGAU. 2017. N2 12. P230–235.

УДК 622.79:669.2/.8

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В КОМБИНИРОВАННЫХ СХЕМАХ ОСНОВНОГО ОБОГАЩЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД

Коростовенко В.В., Стрекалова Т.А., Коростовенко Л.П., Капличенко Н.М.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Институт цветных металлов и материаловедения, Красноярск, e-mail: root@gold.sfu-kras.ru

На основании анализа литературного материала и данных собственных исследований изучено влияние удельной энергии обработки проб на изменение электропроводности воды, концентрацию растворенных кислорода, азота и водородный показатель. Экспериментально подтверждено, что разрядноимпульсная обработка приводит к увеличению удельной электропроводности воды, а также к увеличению концентрации растворенного кислорода и азота. Отмечено, что импульсный электрический разряд в жидкости является «химически чистым», поскольку единственным загрязнителем технологической среды оказывается материал электродов. Предложено использовать эрозионный унос материала электродов для целенаправленного изменения ионного состава жидкой фазы технологической среды. Химический анализ обработанной дистиллированной воды и оценка содержания металла в воде показали, что эрозионный унос материала стальных электродов вызывает появление в воде оксидов и гидрооксидов железа. В связи с тем, что разрядноимпульсное воздействие интенсифицирует окислительные процессы, было выдвинуто предположение, что при определенных энергиях обработки раствора ксантогената происходит его частичное окисление с образованием диксантогенида. Удельную энергию обработки раствора собирателя изменяли от 7,4 до 55 кДж/дм³. Установлено, что разрядноимпульсная обработка раствора ксантогената (электроды – стальные) приводит к увеличению содержания железа в растворе, что способствует образованию диксантогенида. Изучение влияния разрядноимпульсной обработки раствора ксантогената на гидратируемость минеральной поверхности выполнено на примере шлифов свинцовых и цинковых минералов. Исследования показали, что независимо от характера поверхности шлифов краевой угол растет с увеличением удельной энергии разрядноимпульсной обработки, а это подтверждает переход части ксантогената в окислительную форму. Установлено, что при электрофизических воздействиях улучшается селективная адсорбция молекул собирателя на минеральной поверхности. Эффективность разрядноимпульсной активации реагентов доказана флотационными опытами.

Ключевые слова: разрядноимпульсная обработка, сульфидная руда, окислительные процессы, электропроводность, энергия разряда, флотация

THE MAIN SULPHIDE ORE BENEFICIATION WITH HYBRIDS ELECTROPHYSICAL METHODS

Korostovenko V.V., Strekalova T.A., Korostovenko L.P., Kaplichenko N.M.

Siberian Federal University, School of Non-Ferrous Metals and Material Science, Krasnoyarsk, e-mail: root@gold.sfu-kras.ru

Based on literature analyses and researches, we have explored samples handling specific energy influence with electrical water conductivity changing, dissolved oxygen and nitrogen rations and hydrogen value. Experimentally approved, discharge impulse processing leads to specific electrical water conductivity; dissolve oxygen and nitrogen ratio increase. It's mentioned, in a liquid phase, electrical discharge impulse is a «chemically clear», as electrode material is a singular pollutant of process environment. We have suggested using electrode material erosive carryover to purposefully liquid phase ion-composition change in a process environment. Processed distilled water chemical analyses and metal ratio in water evaluation show that steel electrode erosive carry-over is a cause of oxides occurrence and iron hydroxide in water. Due to the fact discharge impulse intensify oxidizing process; we made an assumption about xanthate solution partly oxidizing with dixanthogenyd formation under processing with definitely energies. Specific processing energy of the collector solution was changed from 7.4 to 55 kJ/dm3. It's defined, xanthate solution discharge impulse processing (steel electrode) leads to increase ferrum ratio in the solution, that result is dixanthogenyd formation. We have observed xanthate solution discharge impulse processing influence with hydratability mineral surface as an example plumbum and zinc mineral thin section. Under the researches, independently of thin section surface contact angel rises with specific energy increase that approves transit a part of xanthate to oxidating form. It is established selective molecule collector adsorption becomes better on the mineral surface with electrophysical influence. Reactive chemical activation discharge impulse efficiency is approved with

Keywords: discharge-impulse processing, sulphide ore, oxidation processes, electrical conductivity, discharge energy, flotation

В первичной переработке сырья минералы в подавляющем большинстве обогащаются флотационными методами, т.е. разделяются в воде, от физико-химических свойств, ионного и газового состава которой во многом зависит ход этого процесса. Ионный состав жидкой фазы

в классических технологиях регулируется с помощью химических реагентов, выполняющих в каждом случае конкретную задачу: изменение основности среды, снижение содержания солей жесткости, смещение окислительно-восстановительного потенциала и др.

Но все известные способы повышения эффективности процесса флотации не всегда позволяют добиться желаемого раскрытия минералов и обеспечить необходимую степень извлечения ценных компонентов. Одним из перспективных направлений в этой области является применение электрофизических методов и, в частности, разрядноимпульсной обработки минеральной пульпы [1].

Процессы, происходящие в электродной системе, прежде всего термохимические, обусловленные практически мгновенным разогревом вещества в межэлектродном промежутке, и эрозия электродов, имеющие место при импульсном электроразряде в жидкости, могут играть значительную роль в смещении химического равновесия в среде и управлении составом и свойствами жидкой фазы.

Материалы и методы исследования

Важнейшей характеристикой, определяющей формирование канала разряда сквозной проводимости в воде является ее электропроводность. На изменение этого параметра могут повлиять структурные изменения, появление ионов-носителей зарядов, наличие мелкодисперсной фазы, представленной микрочастицами материала электродов в результате эрозии и минеральными частицами твердой фазы пульпы.

Доказано [2], что при разрядноимпульсной обработке высокой удельной энергией величины напряжения и емкости накопителей энергии слабо влияют на изменение

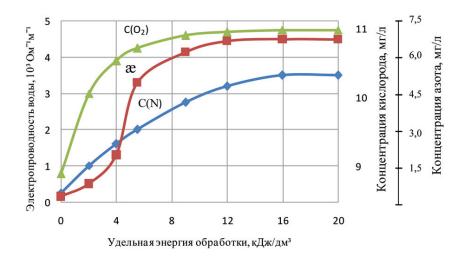
удельного сопротивления воды, а влияние удельной энергии является значительным.

В наших условиях пробой дистиллированной воды заполнялся реактор объемом 2 дм³ с противостоящими электродами. Реактор и электроды изготовлялись из стали X18Н9Т. Обработанную пробу оценивали на электропроводность воды, концентрацию растворенных кислорода, азота (рис. 1), водородный показатель (рис. 2). Такие же опыты проводились для технической воды, водных растворов реагентов (КСl, Na,S).

Результаты исследования и их обсуждение

Как показали исследования, с ростом удельной энергии обработки существенно увеличивается удельная электропроводность воды, однако при удельных энергиях 12 кДж/дм³ и более процесс стабилизируется вследствие насыщения системы (рис. 1). Наблюдения в течение 20 суток показали, что достигнутая величина удельной электропроводности сохраняется не менее 6 часов, а затем снижается примерно на 40%.

Проба межэлектродного промежутка в жидкости становится причиной пиролиза и образования парогазовой полости, при этом происходит частичная диссоциация воды с выделением газов, растворяющихся в воде с образованием новых структур. Поскольку ранее доказано [3], что без разрушения водородных связей в структуре воды могут помещаться только атомы водорода и гелия, следует ожидать деформацию каркаса структуры воды при растворении в ней кислорода.



Puc. 1. Влияние удельной энергии обработки на изменение электропроводности воды и концентрацию растворенных кислорода и азота

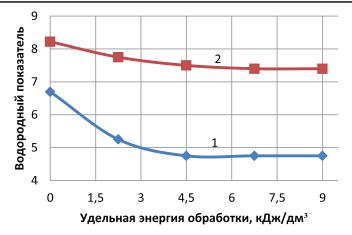


Рис. 2. Влияние удельной энергии обработки на изменение pH воды: 1- дистиллированной; 2- технической

В наших исследованиях выявлено увеличение концентрации растворенного кислорода примерно на 23 % (отн), причем рост ее наблюдается даже при малых удельных энергиях обработки (рис. 1). С ростом концентрации растворенного кислорода окислительно-восстановительный потенциал смещается в положительную сторону (от +220 до +285 мВ). Разрядноимпульсная обработка дистиллированной и технической воды снижает величину водородного показателя (с 6,7 до 4,75 и с 8,22 до 7,4 ед. соответственно), что показано на рис. 2.

Структурные изменения в воде при разрядноимпульсной ее обработке подтверждены методом ядерного магнитного резонанса. В спектрах ЯМР имеет место химсдвиг водорода на 2 Гц в сторону низких полей с появлением двух полос с высокой интенсивностью (рис. 3), что свидетельствует о появлении в воде продуктов рекомбинации активных радикалов. Измерение концентрации растворенного азота проводили по содержанию его в трех формах: NH₄+, NO₂-, NO₃-.

Исследования показали, что концентрация растворенного азота при обработке воды энергиями от 5 до 20 кДж/дм^3 возрастает от 0.16 до 5.5 мг/л (рис. 1).

Исследователи импульсного электрического разряда в жидкости отмечают, что энергетическое воздействие такого типа является «химически чистым», поскольку единственным загрязнителем технологической среды является материал электродов (в основном катода), разрушающийся ударными волнами с осаждением металлических частиц, с одной стороны, а также насыщающий технологическую среду ионами металлов, из которых изготовлены электроды,

под воздействием плазмы разряда, с другой стороны. В общепринятых разрядноимпульсных технологиях такое явление считается нежелательным, поскольку вызывает необходимость применения электродов из более эрозионностойких материалов.

Нами было предложено использовать эрозионный унос материала электродов для целенаправленного изменения ионного состава жидкой фазы технологической среды. В исходных исследованиях были приняты различные комбинации материалов, причем общая конструкция электродной системы и ее геометрические характеристики не менялись - тип «острие-острие», диаметр проводящей части электродов 12 мм, разрядный промежуток 6 мм. Энергия разряда изменялась от 5 до 10 кДж/дм³. Химический анализ проводился после каждого взрыва. Наконечники электродов исследовали на потерю массы. Для метода взрывающегося проводника использовался мостик из проволоки соответствующего материала с известной исходной массой.

Исследования показали, что количество переводимого в раствор металла прямо зависит от энергии разряда, причем потери массы катода в 18–20 раз превышают потерю массы анода. Количественные показатели прямо пропорционально связаны со свойствами материалов — нержавеющие стали являются более стойкими.

Химический анализ обработанной дистиллированной воды и оценка содержания металла в воде показали, что эрозионный унос материала стальных электродов вызывает появление в воде оксидов и гидроксидов железа. Фазовый состав нерастворимых веществ, присутствующих в воде после

РИО, подтверждает наличие гидратных F_2O_3 n H_2O и $Fe(OH)_3$ и оксидных форм железа Fe_2O_3 и Fe_2O_3 · FeO_3 .

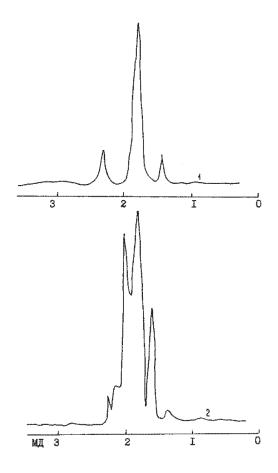


Рис. 3. ЯМР-спектры дистиллированной воды исходной (I) и после разрядноимпульсной обработки (2)

В качестве одной из ступеней кондиционирования пульп следует рассматривать управление технологическими свойствами реагентов непосредственно перед подачей их в технологический процесс.

В связи с тем, что разрядноимпульсное воздействие интенсифицирует окислительные процессы, нами было выдвинуто предположение, что при определенных энергиях обработки раствора ксантогената происходит его частичное окисление с образованием диксантогенида.

Известно, что для успешной флотации необходимо присутствие на минеральной поверхности химически и физически закрепившегося собирателя. При одновременной сорбции ксантогената и диксантогенида высокое извлечение минералов обеспечивается плотностью 0,3–0,4 условного монослоя, а для химически закрепив-

шегося ксантогената необходимая плотность сорбции доходит до двух условных монослоев. В связи с этим предварительное частичное окисление ксантогената в диксантогенид должно благоприятно влиять на его флотационное действие, что, в частности, подтверждено при электрохимической обработке [4].

Разрядноимпульсную обработку раствора собирателя проводили в реакторе объемом 200 мл из нержавеющей стали. Удельную энергию обработки изменяли в широком диапазоне от 7,4 до 55 кДж/дм³. Исследованиями установлено, что разрядноимпульсная обработка раствора ксантогената (электроды стальные) приводит к увеличению содержания железа в растворе, что способствует образованию диксантогенида, согласно уравнению

$$2Fe^{3+} + 2ROCSS \rightarrow 2Fe^{2+} + (ROCSS)_2$$
.

В работе [5] приведены доказательства того, что мерой окислительной или восстановительной способности является величина и знак окислительно-восстановительного потенциала раствора, определяющего валентное состояние ионов жидкой фазы. Увеличение концентрации ксантогената в системе приводит к дальнейшему сдвигу окислительно-восстановительного потенциала раствора в отрицательную сторону.

В наших исследованиях определялись значения окислительно-восстановительного потенциала растворов бутилового ксантогената калия различных концентраций до и после РИО. Результаты (рис. 4) свидетельствуют, что РИО смещает значения окислительно-восстановительного потенциала в положительную сторону независимо от концентрации ксантогената, что доказывает увеличение концентрации в растворе окисленной формы ксантогената – диксантогенида.

Как известно [6], равновесный краевой угол является физико-химической константой для соприкасающихся фаз и не зависит от их размера и взаимного расположения, действия сил гравитации и прочих факторов, не оказывающих влияние на значение свободных поверхностных энергий на границах раздела фаз. Чем меньше смачиваемость минеральной поверхности, тем больше степень гидрофобности и значение краевого угла, т.е. чем больше краевой угол θ_p , тем выше показатель флотируемости F, согласно уравнению, учитывающему усло-

вие равновесия сил [6] на границе раздела газообразной и жидкой фаз σ_{mx} :

$$F = \sigma_{rx} (1 - \cos \theta_n).$$

Изучение влияния разрядноимпульсной обработки раствора ксантогената на гидратируемость минеральной поверхности выполнено на примере шлифов свинцовых и цинковых минералов с помощью прибора Ребиндера. Количественные результаты экспериментов демонстрирует рис. 5. Исследования показали, что независимо от характера поверхности шлифов краевой угол растет с увеличением удельной энергии РИО, причем разница исходного и полученного после РИО углов составила 14°.

По данным Уорка и Сазерленда краевой угол для ксантогената и диксантогенида на шлифах свинцовых минералов составляет соответственно 60 ± 2 ° и 80°. Следовательно, наши данные подтверждают переход ча-

сти ксантогената в окисленную форму при обработке раствора собирателя импульсными электроразрядами.

Эффективность флотации повышается при предварительной подготовке реагентовмодификаторов. Известна такая подготовка электрохимическим методом [7]. В наших исследованиях при разрядноимпульсной обработке с энергией разряда 10 кДж/дм³ установлено повышение активности содового раствора, в котором существенно возрастает концентрация ионов [СО,] и снижается концентрация ионов [НСО-3] при смещении водородного показателя на 1,2-2 единиц в щелочную сторону. С ростом концентрации ионов [СО₃] улучшается селективная адсорбция молекул собирателя на минеральной поверхности, что способствует селекции минералов. Эффективность разрядноимпульсной активации реагентов доказана флотационными опытами.

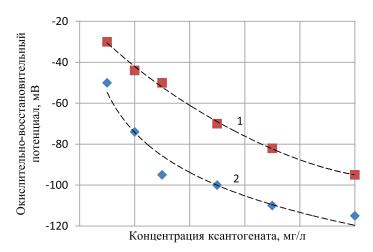


Рис. 4. Зависимость изменения окислительно-восстановительного потенциала от концентрации бутилового ксантогената калия: 1 — обработанный раствор; 2 — необработанный раствор

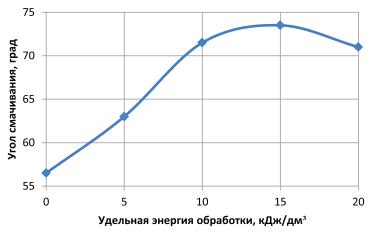


Рис. 5. Влияние разрядноимпульсной обработки раствора ксантогената на изменение равновесного угла на шлифе галенита

Заключение

Для повышения эффективности процесса флотации необходимо подготовить раствор реагента таким образом, чтобы его состав и состояние соответствовали оптимальному ходу технологического процесса. Проведенные исследования показывают, что разрядноимпульсная обработка целенаправленно подготавливает реагенты в зависимости от их функционального назначения. На основе выполненных исследований установлено, что при разрядноимпульсной обработке раствора ксантогената происходит его частичное окисление с образованием диксантогенида. Кроме того, экспериментально подтверждено, что разрядноимпульсная обработка приводит к увеличению концентрации в растворе окисленной формы ксантогената-диксантогенида. Установлено, что при электрофизических воздействиях улучшается селективная адсорбция молекул собирателя на минеральной поверхности.

Таким образом, обобщая приведенные исследования, можно заключить, что применение разрядноимпульсной обработки в качестве дополнительного элемента технологии позволит существенно интенсифицировать процессы подготовки проб к флотации.

Список литературы

- 1. Коростовенко В.В. Электрофизические методы в комбинированных технологиях переработки минерального сырья: монография / В.В. Коростовенко. Красноярск: СФУ, 2008. 214 с.
- 2. Малюшевский П.П. Основы разрядноимпульсной технологии / П.П. Малюшевский. Киев: Наук. думка, 1983.-272 с.
- 3. Леонов С.Б. Термодинамика окислительно-восстановительных процессов во флотационных системах / С.Б. Ле-

- онов, О.Н. Белокова. Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та, 1982 278 с
- 4. Чантурия В.А. Инновационные процессы в технологиях переработки минерального сырья сложного вещественного состава / В.А. Чантуриа // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. Т. 15, № 12. С. 9–25.
- 5. Игнаткина В.А. Выбор селективных собирателей при флотации минералов, обладающих близкими флотационными свойствами / В.А. Игнаткина // Известия вузов. Цветная металлургия. -2011.-N2 1.-C.4-10.
- 6. Абрамов А.А. Собрание сочинений: Т.7: Флотация. Реагенты-Собиратели: учебное пособие / А.А. Абрамов. М.: Изд-во «Горная книга», 2012. 656 с.
- 7. Бочаров В.А. Влияние минерального состава сульфидов и их модификаций на выбор схемы и собирателей селективной флотации руд цветных металлов / В.А. Бочаров, В.А. Игнаткина, Д.А. Алексейчук // Известия вузов. Цветная металлургия. 2012. № 4. С. 3–11.

References

- 1. Korostovenko V.V. E`lektrofizicheskie metody` v kombinirovanny`x texnologiyax pererabotki mineral`nogo sy`r`ya: monografiya / V.V. Korostovenko. Krasnoyarsk: SFU, 2008. 214 p.
- 2. Malyushevskij P.P. Osnovy` razryadnoimpul`snoj texnologii / P.P. Malyushevskij. Kiev: Nauk. dumka, 1983. 272 p.
- 3. Leonov S.B. Termodinamika okislitel'no-vosstanovitel'ny'x processov vo flotacionny'x sistemax / S.B. Leonov, O.N. Belokova. Irkutsk: Izd-vo Irkutsk. un-ta, 1982. 278 p.
- 4. Chanturiya V.A. Innovacionny'e processy' v texnologiyax pererabotki mineral'nogo sy'r'ya slozhnogo veshhestvennogo sostava / V.A. Chanturia // Gorny'j informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-texnicheskij zhurnal). 2009. T. 15, № 12. P. 9–25.
- 5. Ignatkina V.A. Vy`bor selektivny`x sobiratelej pri flotacii mineralov, obladayushhix blizkimi flotacionny`mi svojstvami / V.A. Ignatkina // Izvestiya vuzov. Czvetnaya metallurgiya. 2011. № 1. P. 4–10.
- 6. Abramov A.A. Sobranie sochinenij: T.7: Flotaciya. Reagenty`-Sobirateli: uchebnoe posobie / A.A. Abramov. M.: Izd-vo «Gornaya kniga», 2012. 656 p.
- 7. Bocharov V.A. Vliyanie mineral`nogo sostava sul`fidov i ix modifikacij na vy`bor sxemy` i sobiratelej selektivnoj flotacii rud czvetny`x metallov / V.A. Bocharov, V.A. Ignatkina, D.A. Aleksejchuk // Izvestiya vuzov. Czvetnaya metallurgiya. 2012. № 4. P. 3–11.

УДК 551.464:551.35(262.54)

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПИГМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ АЗОВСКОГО МОРЯ ПРИ РАЗНЫХ КИСЛОРОДНЫХ РЕЖИМАХ

Косенко Ю.В., Шевцова Е.А., Баскакова Т.Е.

ФГБНУ «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», Ростов-на-Дону, e-mail: kosenko y v@azniirkh.ru

В работе проведено исследование пространственно-временного распределения фитопигментов (хлорофилла «а» и каротиноидов) в донных отложениях Азовского моря в условиях разного кислородного режима. Были отобраны пробы грунтов по стандартной сетке станций, охватывающей всю территорию собственно моря и Таганрогского залива. Для сравнения проведен сезонный анализ содержания фитопигментов в донных отложениях в 2013 г. в условиях обширных заморных зон и 2014 г. при отсутствии заморных явлений в придонном горизонте. Проведена корреляционная взаимосвязь источников поступления и потребления каротиноидов в донных отложениях Азовского моря. Значительная пространственно-временная изменчивость содержания фитопигментов в донных отложениях Азовского моря является отражением взаимодействия новообразования и трансформации органического вещества в воде и донных осадках. Показано, что пелитовые илы в донных осадках Азовского моря являются источником органического вещества, потребляемого бентосными организмами и бактериобентосом. Особенностью весеннего периода является высокое содержание хлорофилла «а», каротиноидов и органического углерода в донных отложениях в центральном и юго-восточном районах собственно моря, в связи с активными процессами осадконакопления в зимнее время года. В условиях дефицита кислорода летом происходит снижение фитопигментов в донных осадках относительно весеннего периода года, что обусловлено активизацией сульфатредуцирующих бактерий. В осенний период года после формирования летнего замора в придонном горизонте в собственно море отмечена выраженная седиментация и первичная деструкция отмершего в летний период органического вещества. Пространственное осадконакопление в собственно море и Таганрогском заливе обусловлено гидрологическими и гидрометеорологическими факторами.

Ключевые слова: Азовское море, донные отложения, фитопигменты, растворенный кислород

CHARACTERISTICS OF SEASONAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYTOPIGMENTS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE AZOV SEA UNDER DIFFERENT OXYGEN REGIMES

Kosenko Yu.V., Shevtsova E.A., Baskakova T.E.

Federal State Budgetary Scientific Institution «Azov Research Institute of Fisheries», Rostov-on-Don, e-mail: kosenko y v@azniirkh.ru

The spatiotemporal distribution of phytopigments (chlorophyll «a» and carotenoids) was studied in the bottom sediments of the Azov Sea under conditions of different oxygen regimes. Bottom sediments were sampled applying standard grid mapping covering the entire area of the sea and the Taganrog Bay. We compared seasonally analyzed photopigment content of the bottom sediments observed in 2013 under the conditions of extensive hypoxic zones and in 2014 when suffocation phenomena had been absent in the near-bottom layer. Correlation between the sources of carotinoids entry and consumption in the bottom sediments of the Azov Sea was revealed. Significant spatiotemporal variability of phytopigment content in the bottom sediments of the Azov sea is a reflection of the interaction of neoplasms and transformation of organic matter in water and bottom sediments. It is shown that pelitic silt in the bottom sediments of the Sea of Azov is the source of organic matter consumed by benthic organisms and bacteriobenthos. The peculiarity of the spring period was a high content of chlorophyll «a», carotenoids and organic carbon in the bottom sediments of the central and southeastern regions of the sea proper due to active sedimentation processes in the winter. In conditions of summer oxygen deficiency, phytopigments decreased in the bottom sediments relative to the spring period of the year, which had been caused by activation of sulfate-reducing bacteria. In the autumn when summer hypoxia had already formed in the near-bottom horizon in the sea proper, pronounced sedimentation and primary destruction of dead organic matter was observed. Spatial sedimentation in the sea proper and the Taganrog Bay has been caused by hydrological and hydrometeorological factors

Keywords: Azov Sea, bottom sediments, phytopigments, dissolved oxygen

Органическое вещество в грунтах играет ведущую роль в круговороте химических элементов. Фотосинтетические пигменты в донных отложениях являются маркерами органического вещества, синтезированного фитопланктоном, фитобентосом, высшей водной растительностью, пурпурными и зелеными бактериями. Их содержание в воде характеризует продуктивность водо-

емов. Осаждение и захоронение пигментов в осадках определяется совокупным действием биологических, физических и химических факторов в водоеме и на водосборе [1]. В донных отложениях органическое вещество контролирует состав газов и их режим на границе раздела «вода — донные отложения». В южных морях, в частности Азовском море, химическая и бактериаль-

ная деградация органического вещества интенсивно происходит как в водной толще, так и на границе раздела «вода – донные отложения» [2].

В работе З.В. Александровой с соавт. [3] четко показана взаимосвязь содержания в донных отложениях Азовского моря легкоокисляемого органического вещества с развитием заморных явлений в придонном горизонте в летний период года. При этом недостаточно изучена сезонная трансформация фитопигментов в донных отложениях при разных кислородных режимах в Азовском море.

В связи с вышесказанным целью работы явилось изучение пространственно-временного распределения седиментированных растительных пигментов в связи с особенностями гранулометрического состава Азовского моря в условиях дефицита кислорода.

ных отложений, отобранных с верхнего слоя грунта моря (\sim 2 см), выполнялся на лазерном дифракционном анализаторе частиц SALD–200V/201V (SHIMADZU).

Результаты исследования и их обсуждение

В донных осадках Азовского моря органическое вещество имеет фитогенную природу, и темп его накопления отражает интенсивность продукционных процессов [3]. Статистический анализ фондовых данных позволил выявить элементы, обеспечивающие поступление легкоокисляемого органического вещества (каротиноидов) в донные отложения, а также потребление каротиноидов бактериобентосом (Ббентос), а именно сульфатредуцирующими бактериями и бентосными организмами (рис. 1).

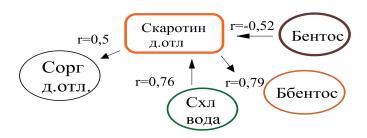


Рис. 1. Взаимосвязь компонентов образования и потребления каротиноидов в донных отложениях Азовского моря

Материалы и методы исследования

Материалом для анализа послужили пробы донных отложений, отобранные по всей акватории Азовского моря на стандартных станциях в комплексных экспедициях АЗНИИРХ в период с 2013-2014 гг. Отбор проб донных отложений для анализа пигментов осуществляли с поверхностного 2 см горизонта дночерпателем Петерсена. Растительные пигменты в донных отложениях определялись во влажных пробах экстракцией 100% ацетоном с дальспектрофотометрированием нейшим ГОСТ 17.1.04.02-90. Определение органического углерода в донных отложениях проводили титриметрическим методом [4]. Определение сульфидной серы в донных отложениях проводили согласно РД 52.24.525-2011 «Массовая доля сульфидной серы в донных отложениях. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с n,n-диметил-п-фенилендиамином». Анализ гранулометрического состава дон-

Бактериобентос в Азовском море получает наибольшее развитие при определенных химико-гидрологических условиях - низкая активность турбулентного перемешивания водных масс, высокая температура воды, обогащение донных осадков легкоокисляемым органическим веществом [5]. В анаэробных условиях наибольшее развитие получают сульфатредуцирующие бактерии, восстанавливающие сульфаты до сероводорода и сульфидов, причем в Азовском море сульфаты в донных отложениях присутствуют в значительных количествах (98-1274 мкг/г сырого грунта), существенно превышающих минимальную концентрацию, необходимую для сульфатредукции [6]. Интенсивный процесс сульфатредукции в осадках Азовского моря, в свою очередь, определяет образование значительного количества сульфидов железа. Кислоторастворимые сульфиды обнаружены в концентрациях 3-1034 мкг/г сырого грунта [7]. По данным 2013 г. интенсивность сульфатредукции по акватории моря сопоставима с окислительно-восстановительными процессами в поверхностном слое донных отложений, о чем свидетельствуют низкие величины окислительно-восстановительного потенциала, переходящие в область отрицательных значений (от -25 до -135 мВ), а также показатели кислотнощелочного равновесия (рН), соответствующие 6,14-7,93 ед.

Другим потребителем осадочного материала в Азовском море является зообентос. В связи с этим при высоких биомассах бентоса отмечено снижение содержания каротиноидов в донных отложениях, что подтверждается отрицательным коэффициентом корреляции (r = -0.52). Следует отметить, что в летний период в условиях гипоксии наблюдается резкое сокращение ареала обитания незамороустойчивых бентосных организмов при возрастании численности и биомассы замороустойчивых форм брюхоногих моллюсков, фораминифер, полихет [8]. Данный факт может быть объяснен высокой интенсивностью сульфатредукции и накоплением токсичного сероводорода в придонном горизонте в летний период года при дефиците кислорода. Снижение общей биомассы зообентоса в заморные годы обусловливает тот факт, что в районах с максимальной численностью сульфатредуцирующих бактерий биомасса зообентоса минимальна [6].

Общее количество органического вещества в донных осадках в целом и его биохимически подвижной части — хлорофилла и каротиноидов в частности четко отражает кислородные условия в придонном горизонте. Основной причиной заморов в лет-

ний период года в Азовском море является повышенное поступление автохтонного органического вещества, что приводит к накоплению легкоокисляемых веществ в донных отложениях и, как следствие, увеличению масштабов заморных зон в придонном горизонте моря в условиях замедленного вертикального водообмена [3].

В формировании зон дефицита кислорода важнейшая роль принадлежит типу донных осадков (рис. 2). Глинистые и глинисто-алевритовые илы, содержащие максимальное количество легкоусвояемого органического вещества, являются первостепенным фактором активизации сульфатредуцирующих процессов.

Связь содержания фитопигментов в донных осадках с типом грунта выражается в том, что на грубодисперсных крупно-алевритовых осадках отмечается, как правило, минимальное количество $C_{\rm opr} < 1\%$, каротиноидов < 50 мкг/г и хлорофилла «а» < 15 мкг/г. При этом тонкодисперсным глинистым илам свойственно максимальное содержание общего количества легкоокисляемых фракций органического вещества в донных отложениях: $C_{\rm opr} = 2,9-3,8\%$, каротиноидов 300-800 мкг/г, хлорофилла «а» 60-115 мкг/г.

Особенности пространственного и количественного распределения фитопигментов в условиях заморных и незаморных лет в Азовском море были изучены на примере 2013—2014 гг. 2013 г. характеризовался общирными заморными явлениями в придонном горизонте, в то время как в 2014 г. на момент проведения комплексных исследований заморных зон не обнаружено.

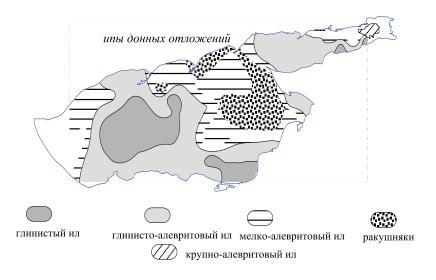


Рис. 2. Пространственное распределение типов донных осадков Азовского моря

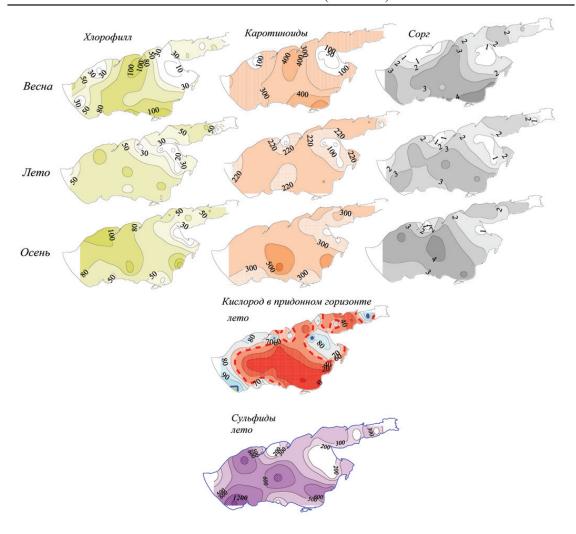


Рис. 3. Сезонная динамика хлорофилла «а» (мкг/г), каротиноидов (мкг/г) органического вещества (%) и сульфидов (мкг/г) в донных отложениях Азовского моря в 2013 г.

На рис. 3—4 на примере 2013—2014 гг. во все сезоны года отражено совпадение пространственного распределения хлорофилла «а», каротиноидов и органического углерода в донных осадках. Весной (апрель) высокое содержание хлорофилла «а», каротиноидов и органического углерода в донных отложениях обусловлено активными процессами осадконакопления в зимний период года, характерными для Азовского моря и отмеченными в центральном и юго-восточном районах собственно моря.

В летний период в условиях гипоксии (2013 г.) в центральном, южном и юго-восточном районах собственно моря отмечено достоверное (р < 0,05) снижение содержания в донных отложениях хлорофилла «а» на 31 %, каротиноидов на 15 % и органического углерода на 16 % относительно весен-

него периода года (рис. 3). В летний период 2014 г. при благоприятном кислородном режиме в придонном горизонте в данных районах моря содержание фитопигментов и органического углерода в грунтах достоверно не изменялось относительно весеннего периода года (рис. 4). При сравнении уровня накопления фитогенного органического вещества в летний период 2013 и 2014 гг. отмечено наиболее выраженное снижение содержания в донных осадках хлорофилла «а» в заморных зонах, вследствие его быстрого окисления до более устойчивой формы – каротиноидов. Так, показано, что в летний период 2013 г. содержание в донных осадках хлорофилла «а» в летний период в заморных районах составляло 63 мкг/г, а в 2014 - 81 мкг/г, что выше на 29% (p < 0.05).

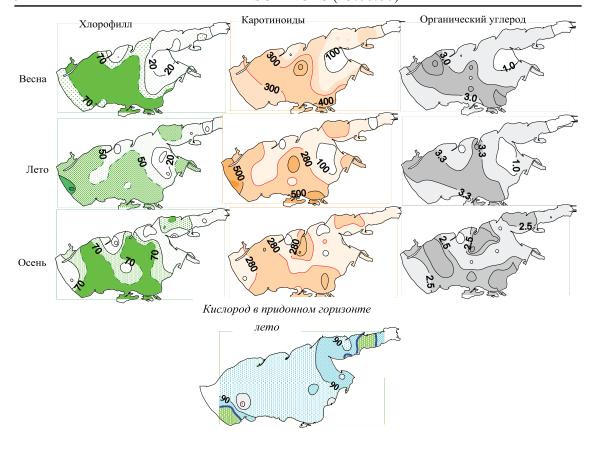


Рис. 4. Сезонная динамика хлорофилла «а» (мкг/г), каротиноидов (мкг/г) и органического вещества (%) в донных отложениях Азовского моря в 2014 г.

Таким образом, в условиях дефицита кислорода отмечено снижение уровня фитогенного органического вещества в донных отложениях Азовского моря, что обусловлено его повышенной бактериальной деструкцией. Косвенным подтверждением бактериальной сульфатредукции в условиях дефицита кислорода является высокое содержание в донных отложениях сульфидов. На рис. 3 показано накопление кислоторастворимых сульфидов в областях критического снижения концентрации кислорода в придонном слое в летний период года.

В 2014 г. в крайнем западном районе собственно моря в летний период года наблюдали интенсивное цветение фитопланктона (концентрация хлорофилла «а» в воде увеличивалась до 36 мг/м³), что привело к повышению содержания в донных отложениях хлорофилла «а» до 153 мкг/г и каротиноидов до 619 мкг/г. В авандельте Кубани также отмечено накопление каротиноидов, вследствие оседания отмерших клеток, пеллетов зоопланктона и остатков растительности, поступающих со стоком р. Кубань (рис. 4).

Осенью при активизации минерализации органического вещества, способствующего интенсивному фотосинтезу доминантов – диатомовых водорослей, возрастает количество взвешенного вещества в водной толще с последующей седиментацией его в донных отложениях. Активное осадконакопление отмечено в заморный 2013 г., что обусловлено оседанием и первичной деструкцией отмершего в летний период органического вещества, а также выносом детрита течением из Таганрогского залива.

В Таганрогском заливе в 2013 г. закономерности распределения фитопланктона, характерные для собственно моря, не обнаружены, выраженного осадконакопления также не установлено. Это объясняется особенностью циркуляции водных масс в центре моря под влиянием силы Кориолиса, которая ответственна за вращение циклонов и антициклонов основного течения в Азовском море при ветрах северо-восточного направления, проходящего через Таганрогский залив в северную акваторию моря и далее направленного против часовой стрелки в центральную часть моря [9].

Отмеченное осадконакопление в западной части Таганрогского залива осенью 2014 г. также может быть обусловлено гидрологическими факторами, в частности течением при ветрах юго-западного направления.

Заключение

Анализ материалов по содержанию фитопигментов в Азовском море показал, что их значительная пространственно-временная изменчивость является отражением взаимодействия процессов новообразования и трансформации органического вещества в водной толще и донных отложениях. Пространственное осадконакопление в собственно море и Таганрогском заливе обусловлено гидрологическими и гидрометеорологическими факторами.

Пелитовые илы в донных отложениях Азовского моря являются источником органического вещества, потребляемого бентосными организмами и бактериобентосом, и способствуют формированию дефицита кислорода в Азовском море. В условиях гипоксии в летнее время года происходит снижение фитопигментов в донных осадках относительно весеннего периода, что обусловлено активизацией сульфатредуцирующих бактерий. В осенний период года после формирования летнего дефицита кислорода в придонном горизонте в собственно море отмечена выраженная седиментация и первичная деструкция отмершего в летний период органического вещества. Особенностью весеннего периода является высокое содержание хлорофилла «а», каротиноидов и органического углерода в донных отложениях в центральном и юго-восточном районах собственно моря, в связи с активными процессами осадконакопления в зимнее время года.

Список литературы

- 1. Номоконова В.И. Содержание фотосинтетических пигментов в воде и донных отложениях водоемов Самарской Луки / В.И. Номоконова // Самарская Лука. Проблемы региональной и глобальной экологии. -2011.-T.20, № 2.-C.54-70.
- 2. Закономерности распределения Сорг в донных отложениях российской части Азовского моря / Ю.А. Федоров [и др.] // Океанология. -2009. Т. 49, № 2. С. 229–236.
- 3. Александрова З.В. Закономерности формирования кислородного режима и некоторые методические аспекты развития придонной гипоксии в Азовском море / З.В. Александрова, Т.Е. Баскакова, С.В. Долженко // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: материалы научной конференции (с международным участием) (Ростов-на-Дону, 8–10 сент. 2015 г.). Ростов-н/Д.: Изд-во ГХИ, 2015. С. 1–5.

- 4. Руководство по химическому анализу почв // Ред. Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во Московского университета, 1970. – С. 130–136.
- 5. Матишов Г.Г. Влияние геоморфологических особенностей дна Азовского моря на распределение бентоса / Г.Г. Матишов, В.В. Польшин, И.В. Шохин // Вестник Южного научного центра РАН. М., 2010. Т. 6, № 2. С. 14–20.
- 6. Биологические процессы формирования рыбопродуктивности Азовского моря в современный период / Е.И. Студеникина, Л.М. Сафронова, З.А. Мирзоян [и др.]. — Ростов-н/Д.:ФГУП «АзНИИРХ», 2010. — 172 с.
- 7. Толоконникова Л.И. Содержание органического вещества в донных отложениях Азовского моря / Л.И. Толоконникова, Е.И. Студеникина // Сб. научн. тр. АзНИИРХ «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна». 1998. № 1. С. 100—103.
- 8. Особенности развития биологических сообществ и кормовой базы планктоноядных и бентосоядных рыб в условиях осолонения Азовского моря (2007–2014 гг.) / З.А. Мирзоян З.А. [и др.] // Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов: материалы международной научной конференции (Ростов-на-Дону, 27 ноября 2015 г.). Ростов-н/Д.: Изд-во «АзНИИРХ». 2015. С. 237–243.
- 9. Гидрометеорологический справочник Азовского моря / под ред. А.А. Аксенова Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 856 с.

References

- 1. Nomokonova V.I. Soderzhanie fotosinteticheskix pigmentov v vode i donny`x otlozheniyax vodoemov Samarskoj Luki / V.I. Nomokonova // Samarskaya Luka. Problemy` regional`noj i global`noj e`kologii. 2011. T. 20, № 2. P. 54–70.
- 2. Zakonomernosti raspredeleniya Sorg v donny`x otlozheniyax rossijskoj chasti Azovskogo morya / Yu.A. Fedorov [i dr.] // Okeanologiya. 2009. T. 49, № 2. P. 229–236.
- 3. Aleksandrova Z.V. Zakonomernosti formirovaniya kislorodnogo rezhima i nekotory'e metodicheskie aspekty' razvitiya pridonnoj gipoksii v Azovskom more / Z.V. Aleksandrova, T.E. Baskakova, S.V. Dolzhenko // Sovremenny'e problemy' gidroximii i monitoringa kachestva poverxnostny'x vod: materialy' nauchnoj konferencii (c mezhdunarodny'm uchastiem) (Rostov-na-Donu, 8–10 sent. 2015 g.). Rostov-n/D.: Izd-vo GXI, 2015. P. 1–5.
- 4. Rukovodstvo po ximicheskomu analizu pochv // Red. E.V. Arinushkina. M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1970. P. 130–136.
- 5. Matishov G.G. Vliyanie geomorfologicheskix osobennostej dna Azovskogo morya na raspredelenie bentosa / G.G. Matishov, V.V. Pol`shin, I.V. Shoxin // Vestnik Yuzhnogo nauchnogo centra RAN. M., 2010. T. 6, № 2. P. 14–20.
- 6. Biologicheskie processy` formirovaniya ry`boproduktivnosti Azovskogo morya v sovremenny`j period / E.I. Studenikina, L.M. Safronova, Z.A. Mirzoyan [i dr.]. Rostov-n/D.:FGUP «AzNIIRX», 2010. 172 p.
- 7. Tolokonnikova L.I. Soderzhanie organicheskogo veshhestva v donny`x otlozheniyax Azovskogo morya / L.I. Tolokonnikova, E.I. Studenikina // Sb. nauchn. tr. AzNIIRX «Osnovny`e problemy` ry`bnogo xozyajstva i oxrany` ry`boxozyajstvenny`x vodoemov Azovo-Chernomorskogo bassejna». − 1998. − № 1. − P. 100–103.
- 8. Osobennosti razvitiya biologicheskix soobshhestv i kormovoj bazy` planktonoyadny`x i bentosoyadny`x ry`b v uslovi-yax osoloneniya Azovskogo morya (2007–2014 gg.) / Z.A. Mirzoyan Z.A. [i dr.] // Voprosy` soxraneniya bioraznoobraziyovdny`x ob``ektov: materialy` mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (Rostov-na-Donu, 27 noyabrya 2015 g.). Rostov-n/D.: Izd-vo «AzNIIRX». 2015. P. 237–243.
- 9. Gidrometeorologicheskij spravochnik Azovskogo morya / pod red. A.A. Aksenova L.: Gidrometeoizdat, 1962. 856 p.

УДК 622.7:66.011:579.66

КИНЕТИКА БАКТЕРИАЛЬНО-ХИМИЧЕСКОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ НА УКРУПНЕННОЙ БИОРЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКЕ ПРОТОЧНОГО ТИПА ПРИ ТРЕХ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ПРОТОКА

Левенец О.О., Хайнасова Т.С., Балыков А.А.

ФГБУН «Научно-исследовательский геотехнологический центр» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: leveolga@yandex.ru

Возрастающая стоимость переработки минерального сырья с целью извлечения цветных, благородных и редких металлов наряду с истощением запасов богатых руд и ужесточением природоохранных мер делают актуальным развитие новых технологий в горноперерабатывающей промышленности. Традиционная переработка сульфидных руд пирометаллургическими и химическими способами представляет значительную экологическую опасность, связанную с выбросами в атмосферу токсичной пыли и сернистого газа. Гидрометаллургические способы переработки рудного сырья получают все большее распространение благодаря отсутствию вредных выбросов. Различные технологические схемы биовыщелачивания успешно применяются для переработки богатых и бедных сульфидных руд и концентратов. В статье представлены результаты исследования бактериально-химического выщелачивания никеля из сульфидной кобальт-медно-никелевой руды месторождения Шануч в непрерывном режиме на укрупненной биореакторной установке проточного типа при трех различных скоростях протока пульпы: 0,6, 1,2 и 2,7 л/сут. В качестве микробного инокулята использовали автохтонную мезофильную ассоциацию хемолитотрофных бактерий, выделенную авторами из зоны окисления месторождения Шануч. Установлено, что на выходе из четвертого реактора при скорости протока 1,2 л/сут продуктивный раствор имеет максимальную концентрацию никеля – 8,98 г/л, что соответствует максимальному извлечению данного металла - 93,6%. Проанализирована зависимость извлечения никеля от времени нахождения пульпы в каскаде реакторов, определена оптимальная скорость протока для данной установки (1,2 л/сут) и рассчитано возможное сокращение residence time без ущерба извлечению никеля (до 13 сут, что будет соответствовать скорости протока 1,4 л/сут).

Ключевые слова: биовыщелачивание, бактериально-химическое выщелачивание, биореакторная установка проточного типа, непрерывный режим, извлечение никеля, время нахождения пульпы в каскаде реакторов, скорость протока пульпы

THE KINETICS OF BACTERIAL-CHEMICAL LEACHING OF SULFIDE ORE IN THE PILOT CONTINUOUS BIOREACTOR SYSTEM AT THREE DIFFERENT FLOW RATES

Levenets O.O., Khaynasova T.S., Balykov A.A.

Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: leveolga@yandex.ru

The increasing cost of processing mineral raw materials for the extraction of non-ferrous, precious and rare metals along with the depletion of rich ore reserves and the tightening of environmental measures make the development of new technologies in the mining industry relevant. The traditional processing of sulfide ores by pyrometallurgical and chemical methods represents a significant environmental hazard associated with emissions of toxic dust and sulfur dioxide into the atmosphere. Hydrometallurgical methods of ore processing are becoming more common due to the absence of harmful emissions. Various technological schemes of bioleaching are successfully used for processing of rich and poor sulfide ores and concentrates. The article presents the results of a study of bacterial-chemical nickel leaching from cobalt-copper-nickel sulfide ore of the Shanuch deposit in a continuous mode at the pilot flow type bioreactor plant at three different pulp flow rates (0,6; 1,2 and 2,7 l/day). The autochthonous mesophilic association of chemolithotrophic bacteria isolated by the authors from the oxidation zone of the Shanuch deposit was used as a microbial inoculate. It was found that at the outlet of the fourth reactor at a flow rate of 1.2 l/day the productive solution has a maximum concentration of nickel -8,98 g/l, which corresponds to the maximum extraction of this metal -93,6%. The dependence of nickel extraction on the pulp residence time in the reactor cascade is analyzed, the optimal flow rate for this plant is determined (1,2 l/day), and a possible reduction in residence time is calculated without any damages to the nickel extraction (up to 13 days, which will correspond to the flow rate of 1,4 l/day).

Keywords: bioleaching, bacterial-chemical leaching, flow type bioreactor plant, continuous mode, extraction of nickel, the pulp residence time in the reactor cascade, pulp flow rate

Никель- и медьсодержащие сульфидные руды обычно перерабатываются флотацией с получением концентратов, которые затем подвергаются высокотемпературной обработке. Альтернативные технологии, такие как бактериально-химическое выщелачивание (биовыщелачивание), обладают

потенциалом для снижения капитальных и эксплуатационных затрат на переработку подобного сырья. Необходимость получения экономически приемлемого концентрата для плавки часто приводит к значительным потерям ценных металлов в процессе флотации. Преимуществом процесса био-

выщелачивания является то, что с его помощью могут быть эффективно переработаны более низкосортные флотоконцентраты и, соответственно, достигнуты более высокие показатели извлечения целевых металлов. Бедные руды и отвалы чаще всего выщелачивают кучным способом, для богатых руд и концентратов предпочтительно использование чанового (реакторного) биовыщелачивания.

За последние полвека были разработаны и усовершенствованы различные технологии биовыщелачивания разнообразного по составу сырья и извлечения из него таких ценных компонентов, как медь, никель, цинк, золото [1-3]. Они включают проекты, отработанные как на лабораторном, укрупненном лабораторном, так и на пилотном (полупромышленном) уровнях [4, 5]. Однако до промышленной реализации доходят немногие из них. Для успешного внедрения в промышленный процесс технология чанового биовыщелачивания должна обеспечивать максимум извлечения целевого компонента при минимуме времени, затрачиваемого на переработку руды или концентрата.

В то время как чановое биовыщелачивание никелевых и медных концентратов с использованием различных микробных культур изучено уже достаточно широко [4, 5], данных о биогидрометаллургической переработке полиметаллических медно-никелевых руд и концентратов относительно мало [6].

В Научно-исследовательском геотехнологическом центре Дальневосточного отделения Российской академии наук разрабатываются основы биогеотехнологии переработки сульфидных медно-никелевых руд с применением автохтонных сообществ хемолитотрофных ацидофильных микроорганизмов. В данной статье рассмотрены результаты исследования биовыщелачивания сульфидной кобальт-медно-никелевой руды месторождения Шануч в непрерывном режиме. Целью настоящей работы было определение оптимальной скорости протока пульпы в укрупненной биореакторной установке проточного типа в процессе бактериально-химического выщелачивания сульфидной кобальт-медно-никелевой руды в мезофильных условиях при плотности пульпы Т:Ж 1:5.

Материалы и методы исследования

В работе использована сульфидная кобальт-медно-никелевая руда месторожде-

ния Шануч степени измельчения 100% - 125 мкм. Содержание рудных минералов в руде -60-65%, из которых на долю пирротина приходится 85-90%, пентландита -5-6%, халькопирита -2-5%, виоларита -0.2-0.5%. Содержание металлов в руде: 4.79% Ni; 0.75% Cu; 0.12% Co.

В качестве микробного инокулята использовали автохтонную мезофильную ассоциацию хемолитотрофных бактерий, выделенную авторами из зоны окисления месторождения Шануч, культивируемую в жидкой питательной среде Сильвермана и Люндгрена без железа 0К ((NH₄)₂SO₄ -3 г/л; KCl – 0,1 г/л; K₂HPO₄·3H₂O – $\overset{4}{0}$.65 г/л; MgSO₄·7H₂O – 0,5 г/л; CaNO₃·4H₂O – 0,01 г/л) при 30°С и последовательно адаптированную к плотностям пульпы (Т:Ж) 1:20, 1:10, 1:5 в условиях реактора с механическим перемешиванием. Дополнительного внесения в питательную среду источника энергии для данной микробной культуры не требовалось, так как таким источником служили сульфидные соединения, содержащиеся в кобальт-медно-никелевой руде. По данным молекулярногенетического анализа (ПЦР в реальном времени), в состав ассоциации входили преимущественно бактерии Acidithiobacillus ferrooxidans, Sulfobacillus spp.

Экспериментальные исследования процесса биовыщелачивания проводили на укрупненной биореакторной установке проточного типа, сконструированной и изготовленной научным сотрудником А.А. Балыковым. Схема установки представлена в работе [7]. В конструкции установки не использовались металлсодержащие материалы во избежание искажения результатов при проведении процессов биовыщелачивания. Установка состояла из контактного чана рабочим объемом 9 л, каскада из четырех последовательно соединенных биореакторов рабочим объемом 4.6 л каждый и приемной емкости для сбора пульпы на выходе из четвертого реактора. Контактный чан использовался для подготовки пульпы - смешивания твердой (измельченная сульфидная кобальт-медно-никелевая руда) и жидкой (питательная среда Сильвермана и Люндгрена ОК) фаз. В нем и биореакторах обеспечивалось механическое перемешивание пульпы моторредукторами, приводящими в движение двухлопастную мешалку, со скоростью 90-100 об/мин. В биореакторах поддерживалась температура 30°C с помощью погруженных в пульпу терморегуляторов и аэрация пульпы со скоростью 2 л/мин с помощью воздушных компрессоров. Подача пульпы из контактного чана в первый реактор с регулируемой скоростью осуществлялась перистальтическим насосом переменной производительности. Перемещение пульпы из первого реактора в последующие происходило самотеком.

Перед запуском протока в первом реакторе вырастили бактериальную культуру. Для этого в него поместили 940 г руды и 4700 мл жидкой фазы, состоящей из 1175 мл инокулята (описанная выше автохтонная мезофильная ассоциация хемолитотрофных бактерий) и 3525 мл питательной среды 0К с рН 1,9. Таким образом, плотность пульпы Т:Ж составляла 1:5 по массе. Культивирование продолжали 20 сут.

На 21-е сутки в контактный чан поместили 1692 г руды и 8460 мл питательной среды 0К и запустили проток со скоростью 1,2 л/сут. Также в эксперименте использовали скорости протока пульпы 0,6 и 2,7 л/сут.

Результаты исследования и их обсуждение

Технология биовышелачивания основана на окислительно-восстановительных процессах, протекающих в пульпе с участием хемолитотрофных (чаще всего ацидофильных) микроорганизмов – бактерий и архей. Источниками энергии для данных микроорганизмов служат двухвалентное (закисное) железо, элементарная сера и восстановленные соединения серы. Роль микроорганизмов в процессах биовыщелачивания заключается в окислении Fe²⁺ до Fe³⁺ (мощного окислителя сульфидов металлов), окислении элементной серы и восстановленных соединений серы, образовании серной кислоты, поддержании кислой реакции среды. В результате окисления соединений серы микроорганизмами высвобождаются протоны водорода, которые также способствуют извлечению металлов из кислоторастворимых сульфидов. Не растворимые в кислотах сульфиды подвергаются окислительному действию только ионов Fe^{3+} [8, 9].

Основными параметрами, отражающими кинетику биовыщелачивания, являются:

- 1) рН жидкой фазы пульпы;
- 2) окислительно-восстановительный потенциал (Eh) жидкой фазы пульпы как показатель интенсивности окислительновосстановительных реакций, протекающих в пульпе;

- 3) концентрация клеток выщелачивающих микроорганизмов в 1 мл жидкой фазы пульпы как показатель роста биомассы;
- 4) концентрация окисного железа (Fe³⁺) в жидкой фазе пульпы одного из основных окислителей сульфидных минералов;
- 5) концентрация суммарного железа (Fe_{обш}) в жидкой фазе пульпы как показатель степени разрушения минералов;
- 6) концентрация целевого металла в жидкой фазе пульпы.

Значения перечисленных параметров в процессе биовыщелачивания сульфидной кобальт-медно-никелевой руды в непрерывном режиме при трех скоростях протока сведены в табл. 1. Из табл. 1 по динамике изменения pH и Eh в каскаде реакторов видно увеличение интенсивности окислительно-восстановительных процессов во втором и последующих реакторах по сравнению с первым. Количество бактериальных клеток в жидкой фазе пульпы при скоростях протока 0,6 и 1,2 л/сут постепенно увеличивается от первого к третьему реактору и снижается в четвертом. При скорости протока 2,7 л/сут прирост биомассы наблюдается только во втором реакторе. Вероятно, снижению концентрации бактерий в третьем и четвертом реакторах способствует вымывание клеток вследствие недостаточного времени нахождения пульпы в реакторах.

Наиболее интенсивный рост концентрации Fe³⁺ при скорости протока 0,6 л/сут происходит до третьего реактора. При 1,2 и 2,7 л/сут концентрация Fe³⁺ растет более равномерно, и при 2,7 л/сут она в среднем на 5 г/л ниже, чем при 1,2 л/сут. Очевидно, что при наименьшей плотности биомассы при 1,2 л/сут бактериальная культура обладала наибольшей железоокисляющей активностью, что способствовало и наибольшему извлечению никеля при данной скорости протока (рис. 1).

Из табл. 2 следует, что на выходе из четвертого реактора при скорости протока 1,2 л/сут продуктивный раствор имеет максимальную концентрацию никеля -8,98 г/л, что соответствует максимальному извлечению данного металла -93,6%.

Динамика извлечения никеля представлена на рис. 1, на котором видно, что извлечение целевого металла при скорости протока 2,7 л/сут существенно ниже, чем при двух других исследованных скоростях. Разница в скоростях протока между 0,6 и 1,2 л/сут существенно влияет на извлечение никеля только в первом реакторе.

Таблица 1 Технологические параметры бактериально-химического выщелачивания сульфидной руды в непрерывном режиме при различных скоростях протока пульпы

Параметр	Реактор	Значения параметров при разных скоростях протока пульпы			
		0,6 л/сут	1,2 л/сут	2,7 л/сут	
рН жидкой фазы пульпы	I	2,08	2,06	2,54	
	II	1,75	1,73	2,14	
	III	1,56	1,61	1,82	
	IV	1,52	1,57	1,69	
	Среднее	1,73	1,74	2,05	
Eh жидкой фазы пульпы (мВ)	I	292	329	248	
	II	367	397	317	
	III	399	416	369	
	IV	415	425	388	
	Среднее	368	392	331	
Концентрация бактериальных клеток в 1 мл	I	1,0×10 ⁹	6,9×10 ⁸	1,0×10 ⁹	
1	II	1,5×10°	1,1×10 ⁹	1,8×10 ⁹	
	III	1,8×10 ⁹	1,2×10 ⁹	1,4×10 ⁹	
	IV	1,5×10 ⁹	9,1×10 ⁸	1,1×10 ⁹	
	Среднее	1,5×10 ⁹	9,8×10 ⁸	1,3×10 ⁹	
Концентрация Fe ³⁺ (г/л)	I	1,06	4,94	0,50	
	II	5,56	6,20	1,69	
	III	10,49	8,44	3,60	
	IV	11,70	10,91	5,16	
	Среднее	7,20	7,62	2,74	
Концентрация Fe _{обш} (г/л)	I	3,93	5,57	1,06	
1 OOIII V	II	6,22	6,34	1,95	
	III	10,76	8,54	3,68	
	IV	11,87	10,97	5,18	
	Среднее	8,20	7,86	2,97	
Концентрация Ni ²⁺ (г/л)	I	3,75	5,49	2,21	
, ,	II	6,27	6,56	3,67	
	III	7,66	7,91	4,99	
	IV	8,89	8,98	6,38	
	Среднее	6,64	7,24	4,31	
Пропускная способность (объем реактора/ч)	0,005	0,011	0,024		
Производительность по твердому (г/сут)	100	200	450		
Время нахождения пульпы в одном реакторе	(сут)	7,67	3,83	1,70	
Время нахождения пульпы в каскаде реакторо тактного чана) (сут)	30,67	15,33	6,81		

Одним из основных параметров, определяющих экономическую рентабельность технологии бактериально-химической переработки руд и концентратов в реакторных установках проточного типа, является время нахождения пульпы в каскаде реакторов (residence time). Необходимо стремиться к увеличению скорости протока до такого значения, которое обеспечит максимальное извлечение целевого металла из выщелачиваемого сырья при минимальном residence time. На рис. 2 отображена зависимость извлечения никеля от residence time.

Выводы

Таким образом, скорость протока 0,6 л/сут соответствовала времени нахождения пульпы в каскаде реакторов 30,7 сут, 1,2 л/сут – 15,33 сут, 2,7 л/сут – 6,81 сут. По графику, представленному на рис. 2, очевидно, что оптимальная скорость протока пульпы для данной реакторной установки составляет 1,2 л/сут. При этом видно, что без существенной потери в степени извлечения никеля возможно сократить residence time до 13 сут, что будет соответствовать скорости протока 1,4 л/сут.

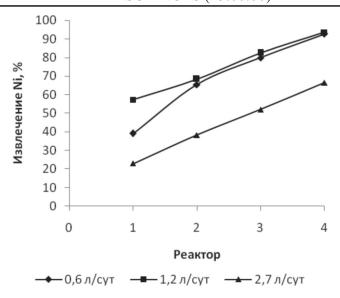


Рис. 1. Динамика извлечения никеля в процессе бактериально-химического выщелачивания сульфидной руды в непрерывном режиме при различных скоростях протока пульпы

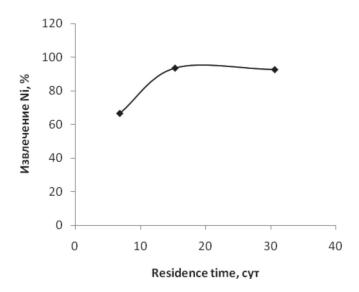


Рис. 2. Зависимость извлечения никеля от времени нахождения пульпы в каскаде реакторов (residence time)

 Таблица 2

 Извлечение никеля в процессе бактериально-химического выщелачивания сульфидной руды в непрерывном режиме при различных скоростях протока пульпы

Параметр	Реактор I	Реактор II	Реактор III	Реактор IV
		Скорость пр	оотока 0,6 л/сут	
Концентрация Ni^{2+} (г/л)	3,75	6,27	7,66	8,89
Извлечение Ni (%)	39,1	65,4	79,9	92,7
		Скорость пр	оотока 1,2 л/сут	
Концентрация Ni^{2+} (г/л)	5,49	6,56	7,91	8,98
Извлечение Ni (%)	57,3	68,4	82,5	93,6
		Скорость пр	оотока 2,7 л/сут	
Концентрация Ni ²⁺ (г/л)	2,21	3,67	4,99	6,38
Извлечение Ni (%)	23,0	38,3	52,0	66,5

Можно выделить перспективные способы повышения эффективности биовыщелачивания сульфидной кобальт-медно-никелевой руды месторождения Шануч:

- 1) модернизация конструкции реакторов проточной установки в части улучшения массо- и газообмена путем оснащения реакторов вертикальными отбойниками пульпы (баффлами) на внутренних стенках, использования двойных мешалок в виде Раштон-турбин и увеличения скорости их вращения, а также перемещения точки подачи воздуха для аэрации пульпы под мешалку для более эффективного распределения пузырьков воздуха в пульпе;
- 2) использование умеренно термофильных и термофильных микроорганизмов, что позволит повысить температуру пульпы.

Список литературы

- 1. Хайнасова Т.С. Бактериально-химические процессы переработки руд и их исследование в Камчатском крае / Т.С. Хайнасова, О.О. Левенец, А.А. Балыков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. Специальный выпуск 31 «Камчатка-3». № 11. С. 223—234.
- 2. Loftalian M., Ranjbar M., Fazaelipoor M.H., Manafi Z. The effect of redox control on the continuous bioleaching of chalcopyrite concentrate. Minerals Engineering, 2015, vol. 81, pp. 52–57. DOI: 10.1016/j.mineng.2015.07.006.
- 3. Ghorbani Y., Petersen J., Becker M., Mainza A.N., Franzidis J.-P. Investigation and modelling of the progression of zinc leaching from large sphalerite ore particles. Hydrometallurgy, 2013, vol. 131–132, pp. 8–23.
- 4. Gericke M., Govender Y. Bioleaching strategies for the treatment of nickel-copper sulphide concentrates. Minerals Engineering, 2011, vol. 24, pp. 1106–1112. DOI: 10.1016/j. mineng.2011.02.006.
- 5. Watling H.R. Review of biohydrometallurgical metals extraction from polymetallic mineral resources. Minerals, 2015, vol. 5, pp.1–60. DOI: 10.3390/min5010001.
- 6. Li Sh., Zhong H., Hu Y., Zhao J., He Zh., Gu G. Bioleaching of a low-grade nickel-copper sulfide by mixture of four thermophiles. Bioresource Technology, 2014, vol. 153, pp. 300–306.
- 7. Балыков А.А. Исследования бактериально-химического выщелачивания сульфидной медно-никелевой руды в проточном режиме / А.А. Балыков, Ю.П. Трухин // Горный

- информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. Отдельный выпуск 2 «Камчатка» (специальный выпуск). С. 290–299.
- 8. Sand W., Gehrke T., Jozsa P.-G., Schippers A. (Bio) chemistry of bacterial leaching direct vs. indirect bioleaching. Hydrometallurgy, 2001, vol. 59, pp. 159–175.
- 9. Mahmoud A., Cezac P., Hoadley A.F.A., Contamine F., d'Hugues P. A review of sulfide minerals microbially assisted leaching in stirred tank reactors. International Biodeterioration & Biodegradation, 2017, vol. 119, pp.118–146. DOI: 10.1016/j. ibiod.2016.09.015.

References

- 1. Xajnasova T.S. Bakterial`no-ximicheskie processy` pererabotki rud i ix issledovanie v Kamchatskom krae / T.S. Xajnasova, O.O. Levenecz, A.A. Baly`kov // Gorny`j informacionno-analiticheskij byulleten` (nauchno-texnicheskij zhurnal). 2016. Special`ny`j vy`pusk 31 «Kamchatka-3». № 11. P. 223–234.
- 2. Loftalian M., Ranjbar M., Fazaelipoor M.H., Manafi Z. The effect of redox control on the continuous bioleaching of chalcopyrite concentrate. Minerals Engineering, 2015, vol. 81, pp. 52–57. DOI: 10.1016/j.mineng.2015.07.006.
- 3. Ghorbani Y., Petersen J., Becker M., Mainza A.N., Franzidis J.-P. Investigation and modelling of the progression of zinc leaching from large sphalerite ore particles. Hydrometallurgy, 2013, vol. 131–132, pp. 8–23.
- 4. Gericke M., Govender Y. Bioleaching strategies for the treatment of nickel-copper sulphide concentrates. Minerals Engineering, 2011, vol. 24, pp. 1106–1112. DOI: 10.1016/j. mineng.2011.02.006.
- 5. Watling H.R. Review of biohydrometallurgical metals extraction from polymetallic mineral resources. Minerals, 2015, vol. 5, pp.1–60. DOI: 10.3390/min5010001.
- 6. Li Sh., Zhong H., Hu Y., Zhao J., He Zh., Gu G. Bioleaching of a low-grade nickel-copper sulfide by mixture of four thermophiles. Bioresource Technology, 2014, vol. 153, pp. 300–306.
- 7. Baly`kov A.A. Issledovaniya bakterial`no-ximicheskogo vy`shhelachivaniya sul`fidnoj medno-nikelevoj rudy` v protochnom rezhime / A.A. Baly`kov, Yu.P. Truxin // Gorny`j informacionno-analiticheskij byulleten` (nauchno-texnicheskij zhurnal). 2014. Otdel`ny`j vy`pusk 2 «Kamchatka» (special`ny`j vy`pusk). P. 290–299.
- 8. Sand W., Gehrke T., Jozsa P.-G., Schippers A. (Bio) chemistry of bacterial leaching direct vs. indirect bioleaching. Hydrometallurgy, 2001, vol. 59, pp. 159–175.
- 9. Mahmoud A., Cezac P., Hoadley A.F.A., Contamine F., d'Hugues P. A review of sulfide minerals microbially assisted leaching in stirred tank reactors. International Biodeterioration & Biodegradation, 2017, vol. 119, pp.118–146. DOI: 10.1016/j. ibiod.2016.09.015.

УДК 581.9(470.315)

ВИДЫ СЕМЕЙСТВА ORCHIDACEAE TEXHOГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Мишагина Д.А.

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Шуйский филиал, Шуя, e-mail: botik73(a)gmail.com

Флористические исследования центрального региона России показывают, что состояние флоры неотъемлемо связано с ведением хозяйственной деятельности человека. Обычно виды семейства Orchidaceae избегают синантропных местообитаний и отдают предпочтение мало нарушенным местообитаниям. Орхидные стенобионты, эндемики и отличаются узкой экологической амплитудой, обладают специфическими особенностями онтогенеза, микотрофией, энтомофилией и другими особенностями развития, которые делают их уязвимыми к окружающей среде. Как один из факторов – сокращение использования хозяйственных территорий могло негативно сказаться на видовом разнообразии орхидных центрального региона. Зарастание низкотравных и заливных лугов из-за прекращения выпаса скота увеличивает высоту травостоя и негативно влияет на численность популяции орхидных, со временем приводя ее к вымиранию. Наибольшее число редких видов орхидных выявлено на отвалах зарастающих карьеров, и на заболоченных участках котлованов с выходами грунтовых вод. Такие участки являются прототипами минеротрофных болот – редких и уязвимых экосистем, которые исчезают в центральном регионе России. Для многих видов орхидных болотно-минеротрофного комплекса – редких в регионе и центральной России – заболачивающиеся отвалы известняковых карьеров являются одними из немногих местообитаний, представляя собой модель исчезнувших природных экосистем – увлажненных минеротрофных комплексов. Исследования проводились при поддержке программы по ведению Красной Книги Ивановской области в течение 8 лет. В статье приводятся данные о местонахождении видов семейства Orchidaceae на территории техногенно-измененных экосистем Ивановской области. Описано состояние некоторых популяций и приводится информация, показывающая состояние орхидных нарушенных местообитаний - песчаных, известняковых и торфяных карьеров, а также территорий, находящихся в городской черте.

Ключевые слова: орхидные, антропогенные экотопы, нарушенные местообитания, редкие виды, видовое разнообразие орхидных, особенности распространения, Ивановская область

TYPES OF THE TECHNOGENICALLY-MODIFIED ORCHIDACEAE FAMILY ECOSYSTEMS IN THE IVANOVO REGION

Mishagina D.A.

Ivanovo State University, Shuya Branch, Shuya, e-mail: botik73@gmail.com

Floristic studies of the central region of Russia show that the state of flora is inherently linked to the conduct of human economic activities. Usually species of the family Orchidaceae avoid synanthropic habitats and give preference to little disturbed habitats. Orchid stenobionts, enedemics, and have a narrow ecological amplitude, have specific features of ontogeny, mycotrophy, entomophilia and other developmental features that make them vulnerable to the environment. As one of the factors - the reduction in the use of economic territories could have a negative impact on the species diversity of the orchid central region. The growth of low-grass and flood meadows due to the cessation of grazing increases the height of the grass stand and adversely affects the population of orchids, eventually leading to its extinction. The greatest number of rare species of orchids is found on the heaps of overgrown quarries, and in marshy areas of foundation pits with outcrops of groundwater. Such sites are prototypes of minerotrophic bogs - rare and vulnerable ecosystems that disappear in the central region of Russia. For many species of orchid bog-and-minerotrophic complex - rare in the region and central Russia, boggy dumps of limestone quarries are one of the few habitats, representing a model of extinct natural ecosystems - moistened minerotrophic complexes. The research was carried out with the support of the program on keeping the Red Book of the Ivanovo region for 8 years. The article gives data on the location of the species of the family Orchidaceae on the territory of the technogenic-altered ecosystems of the Ivanovo region. The state of some populations is described and information is provided showing the state of orchid disturbed habitats - sand, limestone and peat quarries, as well as territories located in the city.

Keywords: orchid, anthropogenic ecotopes, disturbed habitats, rare species, species diversity of orchids, distribution features, Ivanovo Region

В последнее время большое количество флористических исследований на территории центрального региона показывают, что состояние флоры тесно связано с хозяйственной деятельностью и антропогенным влиянием на окружающую среду. Прекращение хозяйственной деятельности не всегда положительно, а антропогенное влияние имеет не только негативные последствия

для редких и уязвимых видов растений. В статье приводятся результаты наблюдений, полученные в ходе исследований последних лет, в которых отмечено присутствие орхидных на антропогенных экотопах Ивановской области. Представители семейства *Orchidaceae* эндемики, стенобионты и отличаются узкой экологической амплитудой, специфическими особенностями он-

тогенеза, энтомофилией, микотрофией и рядом других особенностей, которые делают эти растения уязвимыми к окружающей среде. Виды семейства Orchidaceae повсеместно сокращают численность и внесены во многие региональные Красные книги. Для некоторых видов орхидных Ивановской и других областей прослеживается тенденция к сокращению численности [1, с. 43; 2, с. 22–24]. Вероятно, это может быть связано и с сокращением использования хозяйственных территорий, повлекшим за собой зарастание местообитаний некоторых видов орхидных - низкотравных и заливных лугов, на которых ранее производился выпас скота.

Обычно виды семейства *Orchidaceae* отдают предпочтение мало нарушенным местам и избегают синантропных местообитаний. Между тем на территории Ивановской области обнаружен ряд нарушенных экотопов, где произрастают представители семейства Орхидные.

Материалы и методы исследования

В 2009–2017 гг. при поддержке программы по ведению Красной книги Ивановской области проводились специальные флористические исследования административных районов для изучения распространения видов семейства Орхидные. При исследовании Ивановской области использовался традиционный маршрутно-рекогносцировочный метод и стационарный (метод закладки геоботанических площадок) [3, с. 184]. В результате было исследовано 12 стационарных точек. Для точной регистрации местонахождений видов орхидных составлялись флористические списки экотопа, отмечались географические координаты местонахождений популяций, места находок и растения фотографировались, в результате создана фототека. Все местонахождения картировались с дифференцированным обозначением данных, особо отмечались места, известные только по литературным источникам. При обнаружении крупных популяций проводилось морфологическое исследование растений, отдельные экземпляры собирались в гербарии. Популяционные исследования проводились по стандартным описательным методикам [3, с. 184; 4, с. 146]. Гербарные листы хранятся в Ивановском государственном университете (IVGU), дублеты и наиболее интересные находки переданы в гербарий Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE) и гербарий им. Д.П. Сырейщикова (MW). Отдельно проводился сбор гербария видов рода Dactylorhiza для уточнения сложных в видовом отношении гибридных форм. Критически проанализированы гербарные материалы, хранящиеся в фондах Ивановского государственного университета (IVGU) и фондах Ивановского областного краеведческого музея им. Бурылина. Проанализированы гербарные листы фондов им. Д.П. Сырейшикова (MW) и гербарий Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), систематизированы литературные данные. В ходе работы полученная информация обобщалась в виде базы данных «Виды семейства Orchidaceae Ивановской области».

Результаты исследования и их обсуждение

В 2009–2017 гг. были обследованы карьеры на территории Ивановской области, вышедшие из эксплуатации: известняковые, песчаные и торфяные. Проведены исследования в 20 городах Ивановской области, а также отвалы ж/д путей и другие нарушенные участки. Составлены флористические списки, сделаны фотографии. Была оценена численность редких и уязвимых видов орхидных. Коллегами из Ивановского государственного университета проведены исследования тенденции зарастания карьеров и развития сукцессионных процессов [5, с. 224-227]. Некоторые виды растений обитают в регионе именно на карьерах и нарушенных экосистемах в связи с крайней редкостью природных аналогов их местообитаний (например, Cypripedium calceolus).

В результате проведенной работы всего изучено более 30 нарушенных местообитаний, из них 4 песчаных и известковощебневых, а так же 2 торфяных карьера, и более 20 территорий городской среды. На них отмечено 10 видов орхидных из 23 отмеченных в регионе. В том числе 2 вида включены в Красную книгу России (2008) — Cypripedium calceolus и Dactilorhiza traunsteineri. В региональную Красную книгу (2010) 3 вида: Malaxis monophyllos, Epipactis palustris, Dactilorhiza maculata, а также редкие виды, нуждающиеся в охране: Dactylorhiza incarnata, D. fuchsii, Listera ovata, Platanthera bifolia, Epipactis helleborine.

Для всех перечисленных выше видов в течение 7 лет проведены мониторинговые исследования и описана динамика развития популяций, что говорит о приспособленности на нарушенных местообитаниях. Особенностью разработанных карьеров можно

считать большое сходство их флоры с флорой окружающих естественных выходов известняка.

Произрастание орхидных на территории антропогенных экотопов связано с рядом благоприятных для этих видов факторов. Отсутствие видовой конкуренции на данном этапе сукцессионного процесса, открытые для поступления солнечного света местообитания, а также хорошее увлажнение, нужный химический и механический состав почв и наличие известняка в субстрате.

Для многих видов орхидных болотноминеротрофного комплекса — редких в регионе и центральной России — заболачивающиеся отвалы известняковых карьеров являются одними из немногих местообитаний, представляя собой модель исчезнувших природных экосистем — увлажненных минеротрофных комплексов. Наибольшее число редких видов орхидных выявлено на отвалах зарастающих карьеров и на заболоченных участках котлованов с выходами грунтовых вод. Такие участки являются прототипами минеротрофных болот — редких и уязвимых экосистем, которые исчезают в центральном регионе России.

В Южском районе Ивановской области в окрестностях д. Легково отмечена многочисленная популяция Epipactis palustris в днище разрабатываемого известнякового карьера. Популяция произрастает в северо-западной части карьера, где преобладает сравнительно твердая разность карбонатных пород, чередующихся с маломощной глинистой прослойкой. Популяция имеет площадь 11 га, что составляет 27% от общей площади карьера. Epipactis palustris встречается как группами, так и одиночными экземплярами, чаще в сыроватых местах выхода грунтовых вод на поверхность. При специальном обследовании лесов, окружающих карьер, вид найден не был. Состояние особей отмечено как хорошее, не обнаружено больных и сильно повреждённых растений.

На территории Ивановской области активно ведется добыча песка открытым способом, в результате этого образуются карьеры, которые впоследствии становятся заброшенными и подвергаются действию сукцессионного процесса. Песчаные карьеры являются одной из наиболее часто встречающихся форм техногенного ландшафта [5, с. 224–227].

Крупная популяция *Epipactis palustris* отмечена в Шуйском районе в котловане выработанного песчаного карьера. *Epipac*-

tis palustris образует две ценопопуляции: на песчаном и торфянистом грунте в зарослях заболоченного кустарника и на обнаженной триасовой глине среди разреженного травяного покрова, а также кустарниках и мелколесье. Песчаные грунты прикрыты небольшим слоем торфа. Популяция состоит более чем из 1000 особей. Из орхидных также встречаются Listera ovata, Dactylorhiza incarnate и D. fuchsii [6, c. 141–150].

Одно из крупнейших месторождений песка в Ивановской области находится в Тейковском районе в окрестностях с. Золотниковская пустынь. Находится он в 3,5 км к юго-западу от оз. Рубское. С запада и севера месторождение ограничено заболоченным лесом. Сотрудниками ИвГУ проводились стационарные исследования данного карьера [5, с. 224–227]. В результате исследований во флоре старых песчаных карьеров было обнаружено 2 редких вида включенных в Красную книгу Ивановской области (2010) – Malaxis monophyllos и Cypripedium calceolus, последний включен в Красную Книгу России (2008). Cypripedium calceolus pacтет на облесенных склонах отвалов песчаных карьеров. Крупная группа из 30 генеративных особей и единичные виды на открытых участках у увлажненного понижения, среди разреженного травостоя. За период исследования популяция сохраняет стабильную численность. Распространению этого вида на дне карьера способствовали открытое местообитание и наличие глинистого грунта с большим включением карбонатов, а также близость грунтовых вод. Популяция Malaxis monophyllos находится в понижении склона карьера поросшего молодыми елями, березой повислой и развитым покровом зеленых мхов. На протяжении мониторинговых исследований 2010-2017 гг. популяция чувствует себя уверенно, резких скачков численности не отмечено. Также найдены виды, являющиеся редкими и охраняемыми: Dactylorhiza incarnata, D. fuchsii, Epipactis helleborine, Listera ovata, Platanthera bifolia.

На противоположном берегу оз. Рубское в 0,5 км от западного берега оз. Рубское находятся выработанные торфяные карьеры, на которых отмечена популяция Dactilorhiza maculata и D. traunsteineri. Торфоразработка приурочена к высохшей водно-ледниковой озерной низине, представляющей дно древнего заболоченного озера, ее микрорельеф выровненный, осложненный торфяными карьерами. Численность вида с 2014 г. на данный момент выросла

в 1,5 раза, что свидетельствует о росте численности популяции. Вид *D. maculata* образует многочисленные гибриды, с видами, обнаруженными поблизости – с *D. fuchsii*, *D. incarnata*, *D. traunsteineri* и др. (описаны даже тройные гибриды).

Флористические исследования проводились в разных частях города Иваново, особое внимание уделялось нарушенным местообитаниям. На территории города Иваново встречается 7 видов семейства Орхидные, из них в Красной книге Ивановской области 2 вида: Malaxis monophyllos и Epipactis palustris. Другие виды являются редкими и нуждаются в охране: Dactylorhiza fuchsii, D. incornata, Listera ovata, Platantera bifolia и Epipactis helleborina [7, с. 418–423].

Наибольший интерес представляет находка в парке им. В.Я. Степанова *Malaxis* monophyllos, категория редкости – 3. Популяция отмечена на небольшой открытой увлажненной луговине среди подроста ивы козьей и березы белой, в окружении обычной луговой растительности. Вместе с мякотницей были отмечены другие виды орхидных, нуждающихся в охране: Dactylorhiza fuchsii, D. incornata, Listera ovata. В полукилометре от этого места на левом берегу р. Уводь найдена небольшая популяция Epipactis palustris по краю густых сомкнутых зарослей тростника южного вдоль узкой тропинки на заливном участке вдоль берега реки [7, с. 418–423].

В другом парке – им. Революции 1905 г. М. Шиловым обнаружен вид *Epipactis palustris* на сыром болотистом лугу в пойме левого берега р. Талки в окрестностях Парка им. Революции 1905 г. Недалеко от этого места обнаружена небольшая популяция *Dactylorhiza incornata*. Местообитание вида располагается вдоль пешеходной тропы на затапливаемом низкотравном участке луга по правому берегу р. Уводь, в подросте березы пушистой и клена американского. Здесь же отмечено несколько экземпляров *D. fuchsii*. Поодаль в подросте сосны обыкновенной и березы пушистой единично встречаются экземпляры *Platantera bifolia*.

На границе парка Харинка по правому берегу одноименной реки отмечена крупная популяция *Epipactis helleborina*, она занимает место вдоль трассы на границе между рекой и дорогой. Особи крупного размера высотой до 1,5 м. Также на территории парка единично встречаются другие виды: *Platantera bifolia* и *Dactylorhiza fuchsii*.

Epipactis helleborina отмечен и в восточной части г. Иваново в 6 м от обочины доро-

ги, ведущей к госпиталю военнослужащих, малочисленная популяция из 10 экземпляров произрастает на затапливаемом весной участке снытиевого березняка.

На восточной окраине города в низине влажного луга обнаружено три вида: Platanthera bifolia, Dactiloriza fuchsii, D. incornata. С одной стороны проходит железная дорога, с другой расположена газораздаточная станция. Отмечен выпас нескольких голов крупного рогатого скота. Ввиду этого факта отмечена тенденция увеличения численности популяции, но в 2011 г. численность снизилась после прекращения выпаса скота и увеличения высоты травостоя, что негативно сказалось на этих видах.

В 1993 г. обнаружена популяция редкого вида, внесенного в Красную книгу России и Ивановской области — *Cypripedium calceolus* в Тейковском районе в окрестностях с. Зиново по краю соснового леса железнодорожной насыпи. В начале исследования популяция отмечалась как крупная — на площади 5 га выявлены крупные группы и одиночные особи, общее число побегов около 150 генеративных экземпляров. В 2017 г. описываемая популяция состоит из 3 генеративных экземпляров. Численность популяции катастрофически сокращается из-за непрекращающихся ежегодных рубок леса в этом месте [8, с. 192].

В других городах Ивановской области спорадически и небольшими группами были отмечены находки редких видов орхидных, была исследована флора городов: Вичуга, Кинешма, Фурманов, Шуя, Южа, Юрьевец и др. На территории городов Ивановской области отмечены виды, которые встречаются единично или небольшими группами: Dactylorhiza incarnata, D. fuchsii, Listera ovata, Platanthera bifolia, Epipactis helleborine. В городе Вичуга в парке им. Красина, на территории усадьбы Татищева п. Старая Вичуга, а также усадьбе Бакуниных у с. Марфино отмечено 3 вида семейства Orchidaceae: Epipactis helleborine, Platantera bifolia, Dactylorhiza fuchsii. Самым широко распространенным видом является Epipactis helleborine, он встречается на всех исследованных территориях. В парке им. Красина Epipactis helleborine занимает большую площадь парка, количество особей превышает 100 экземпляров.

Заключение

В результате исследований отмечено 10 видов семейства *Orchidaceae* на тер-

ритории антропогенно-измененных экотопов Ивановской области, среди них 2 вида включены в Красную книгу России (2008) [9, с. 855] — *Cypripedium calceolus* и *Dactilorhiza traunsteineri*. В региональную Красную книгу (2010) 3 вида: *Malaxis monophyllos*, *Epipactis palustris*, *Dactilorhiza maculata*, а также 5 редких видов, нуждающихся в охране.

В разных регионах имеются многочисленные данные о нахождении редких видов растений на техногенно-измененных экотопах. Приводятся мнения о необходимости охранять антропогенные ландшафты как вторичные рефугиумы редких видов. Из приведенных выше данных можно сделать вывод, что не всегда деятельность людей несет только ущерб для природы. С развитием сукцессионных процессов и сменой флористического состава некоторые виды орхидных, обладающие низкой конкурентоспособностью, не смогут существовать в найденных местообитаниях. Безусловно, бесконтрольная рубка лесов, многочисленные застройки, выброс вредных веществ в окружающую среду и ряд других факторов оказывают негативное влияние на состояние экосистем, но между тем антропогенное воздействие может нести и ряд положительных факторов.

Однако благоприятные факторы нарушенных территорий влияют и на внедрение адвентивных растений, расселение которых может нанести большую угрозу. Техногенные ландшафты — это перспективные территории для расселения новых видов области, как редких, так и адвентивных агрессоров. Необходимо продолжить изучение антропогенных и нарушенных местообитаний на территории Ивановской области, чтобы организовать мониторинговые исследования этих экосистем, определить их роль в сохранении флоры региона, оценить способы их рекультивации и возможные методы охраны.

Список литературы

- 1. Редкие растения и грибы: материалы по ведению Красной книги Ивановской области / Е.А. Борисова, М.П. Шилов, М.А. Голубева, А.И. Сорокин, Л.Ю. Минеева; под ред. Е.А. Борисовой. Иваново: ПресСто, 2013. 43 с.
- 2. Борисова Е.А. Итоги ведения Красной книги Ивановской области / Е.А. Борисова, А.И. Сорокин, М.А. Голубева, М.П. Шилов, А.А. Курганов, Д.А. Мишагина // Флористические исследования в Средней России: 2010—2015: материалы VIII научного совещания по флоре Средней России (Москва, 20—21 мая 2016 г.) / под ред. А.В. Щербакова. М.: Гаддея-Принт, 2016. С. 22—24.
- 3. Ценопопуляции растений (очерк популяционной биологии) / под ред. Л.Б. Заугольнова. М.: Наука, 1988. 184 с.

- 4. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. 146 с.
- 5. Мишагина Д.А., Безсинная Н.И. Флора песчаных карьеров в окрестностях с. Золотниковская пустынь Тейковского района // Всероссийская научно-практическая конференция (с международным участием) VI Борисовские чтения (Шуя, 28 ноября 2014 г.) Борисовский сборник. Выпуск 6 / Отв. ред. В.В. Возилов. Иваново: Изд. «Референт», 2014. С. 224–227.
- 6. Шилов М.П. Находка Epipactis Palustris и Licopodiella Inundata в Шуйском районе / М.П. Шилов, М.В. Шептуховский, Д.С. Марков. // III областная краеведческая конференция. Материалы III съезда краеведов Ивановской области: Иваново, 18 апреля 2008 года; Шуя 19 апреля 2008 года. Том 2 / Отв. ред. В.В. Возилов. Иваново, IIIуя: Издательский дом «Референт», 2008. 272 с. С. 141–150.
- 7. Мишагина Д.А. Виды семейства Орхидные (Orchidaceae) в городе Иваново // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича / Редкол.: Е.В. Варгот (отв. ред.) и др. Вып. 14. Саранск: Изд-во Мордов, ун-та, 2015. С. 418—423.
- 8. Красная книга Ивановской области. Т. 2: Растения и грибы / под ред. В.А. Исаева. Иваново: ПресСто, 2010. 192 с.
- 9. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы / отв. ред. В.Ю. Трутнев [и др.]. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008.-855 с.

References

- 1. Redkie rasteniya i griby`: materialy` po vedeniyu Krasnoj knigi Ivanovskoj oblasti / E.A. Borisova, M.P. Shilov, M.A. Golubeva, A.I. Sorokin, L.Yu. Mineeva; pod red. E.A. Borisovoj. Ivanovo: PresSto, 2013. 43 p.
- 2. Borisova E.A. Itogi vedeniya Krasnoj knigi Ivanovskoj oblasti / E.A. Borisova, A.I. Sorokin, M.A. Golubeva, M.P. Shilov, A.A. Kurganov, D.A. Mishagina // Floristicheskie issledovaniya v Srednej Rossii: 2010–2015: materialy` VIII nauchnogo soveshhaniya po flore Srednej Rossii (Moskva, 20–21 maya 2016 g.) / pod red. A.V. Shherbakova. M.: Gaddeya-Print, 2016. P. 22–24.
- 3. Cenopopulyacii rastenij (ocherk populyacionnoj biologii) / pod red. L.B. Zaugol`nova. M.: Nauka, 1988. 184 p.
- 4. Zlobin Yu.A. Principy` i metody` izucheniya cenoticheskix populyacij rastenij. Kazan`: Izd-vo Kazan. un-ta, 1989. 146 p.
- 5. Mishagina D.A., Bezsinnaya N.I. Flora peschany`x kar`erov v okrestnostyax s. Zolotnikovskaya pusty`n` Tejkovskogo rajona // Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (s mezhdunarodny`m uchastiem) VI Borisovskie chteniya (Shuya, 28 noyabrya 2014 g.) Borisovskij sbornik. Vy`pusk 6 / Otv. red. V.V. Vozilov. Ivanovo: Izd. «Referent», 2014. P. 224–227.
- 6. Shilov M.P. Naxodka Epipactis Palustris i Licopodiella Inundata v Shujskom rajone / M.P. Shilov, M.V. Sheptuxovskij, D.S. Markov. // III oblastnaya kraevedcheskaya konferenciya. Materialy` III s``ezda kraevedov Ivanovskoj oblasti: Ivanovo, 18 aprelya 2008 goda; Shuya 19 aprelya 2008 goda. Tom 2 / Otv. red. V.V. Vozilov. Ivanovo, Shuya: Izdatel`skij dom «Referent», 2008. 272 p. P. 141–150.
- 7. Mishagina D.A. Vidy` semejstva Orxidny`e (Orchidaceae) v gorode Ivanovo // Trudy` Mordovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika im. P.G. Smidovicha / Redkol.: E.V. Vargot (otv. red.) i dr. Vy`p. 14. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2015. P. 418–423.
- 8. Krasnaya kniga Ivanovskoj oblasti. T. 2: Rasteniya i griby' / pod red. V.A. Isaeva. Ivanovo: PresSto, 2010. 192 p.
- 9. Krasnaya kniga Rossijskoj Federacii. Rasteniya i griby`/otv. red. V.Yu. Trutnev [i dr.]. M.: Tovarishhestvo nauchny`x izdanij KMK, 2008. 855 p.

УДК 556.115:556.555.6:[574+579]

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПАРАТУНСКОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ИЛОВОЙ СУЛЬФИДНОЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ

Мурадов С.В.

Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: biolab@kscnet.ru

В Камчатском крае сосредоточены значительные ресурсы термоминеральных вод современной России. Представляет большой интерес их экологическая характеристика. Излияния, сброс термоминеральных вод в водоемы создают хронический фон воздействия на прилежащие экосистемы. Термоминеральная вода может приносить минеральное питание и повышать среднегодовую температуру донных грязе-иловых отложений. Микроэлементные компоненты термоминеральных вод дополняют функционально-экологические свойства пелоидов лечебного назначения. В структуре лечебной грязи щелочные, щелочноземельные металлы, накапливаясь, превышают микроэлементный уровень и приобретают токсическое действие на микробное сообщество донных грязе-иловых образований, не только ингибируя процессы их формирования, но и самоочистительные свойства пелоида, его биологическую и геохимическую активность. Токсические факторы термоминеральной воды потенциально снижают геохимическую активность сообщества микроорганизмов лечебной грязи. В работе использованы материалы по уровню присутствия термоминеральных вод в составе питающих вод грязелечебного месторождения озера Утиное Камчатского края. Анализ данных результатов гидрохимических исследований проб воды из финишного очистительного пруда показывает, что воды стоков в озеро имеют термальное и сточное происхождение по соотношению исследованных элементов. Большей минерализацией и высоким валовым содержанием ионов кальция и азотсодержащих веществ характеризуется сточная вода. Данные стоки оказывают экологическое влияние на состояние покровных вод озера и загрязняют их. Полученные результаты устанавливают накопление тяжелых металлов, входящих в состав термоминеральных вод в структуре пелоида, но не превышающих предельно допустимых концентраций и поэтому допускаемых к использованию для лечебных процедур при условии санитарно-бактериологического благополучия.

Ключевые слова: термальная вода, пелоид, микрофлора, численность, тяжелые металлы, геохимическая деятельность

INFLUENCE OF THERMOMINERAL WATERS OF THE PARATUN HYDROTHERMAL DEPOSIT ON THE ENVIRONMENTAL STATE OF THE OOZE PELOID

Muradov S.V.

Scientific Research Geotechnological Centre Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: biolab@kscnet.ru

In the Kamchatka Territory, significant resources of thermomineral waters of modern Russia are concentrated. Their ecological character is of great interest. Outpourings, discharge of thermomineral waters into water bodies create a chronic background of impact on adjacent ecosystems. Thermomineral water can bring mineral nutrition and raise the average annual temperature of bottom mud-silt sediments. Microelemental components of thermomineral water supplement the functional and ecological properties of peloids for medical purposes. In the structure of therapeutic mud, alkaline and alkaline-earth metals accumulate above the microelement level and acquire a toxic effect on the microbial community of bottom mud-silt formations, not only inhibiting their formation processes, but also the self-cleaning properties of the peloid, its biological and geochemical activity. Toxic factors of thermomineral water potentially reduce the geochemical activity of the community of microorganisms of therapeutic mud. The work uses materials on the level of the presence of thermomineral waters in the composition of the feeding waters of the mud deposit of Lake Utynoye on the Kamchatka. An analysis of the results of hydrochemical studies of water samples from the final cleaning pond shows that the sewage waters in the lake have a thermal and a waste origin in the ratio of the elements studied. Greater mineralization and high gross content of calcium ions and nitrogencontaining substances is characterized by wastewater. These drains have an environmental impact on the state of the lake's cover waters and pollute them. The obtained results establish the accumulation of heavy metals, which are part of thermomineral waters in the peloid structure, but do not exceed the maximum permissible concentrations, and therefore are allowed to be used for medical procedures, provided that the bacteriological well-being is sanitary.

Keywords: thermal water, peloid, microflora, abundance, heavy metals, geochemical activity

Камчатский край — удивительный регион Российской Федерации, в котором сосредоточено значительное количество бальнеологических ресурсов. По совокупности использования и уникальных гидроминеральных ресурсов Паратунская

курортная зона Камчатского края может стать здравницей как российского, так и мирового масштаба [1]. Представляют значительный интерес экологические проблемы месторождений термоминеральных вод и лечебных грязей, а также взаи-

модействие этих ресурсов, нарастающее в последние годы в связи с увеличением сброса термоминеральных вод в питающие воды грязелечебного месторождения. Загрязнение почвы, воды и донных отложений токсическими металлами, входящими в состав термоминеральных вод, может наблюдаться и в заповедных территориях, оберегаемых от антропогенного воздействия. Таким образом, проблемы загрязнения природных субстратов химическими компонентами термоминеральных вод могут наблюдаться и при условии высокого уровня природоохранных мероприятий, не учитывающих токсических факторов природных термоминеральных вод, изливающихся из поврежденных скважин и естественных источников.

Целью исследования является оценка экологических последствий сброса отработанных в теплообменниках термоминеральных вод Паратунского гидротермального месторождения в питающие ручьи месторождения «озеро Утиное» Камчатского края (одноименной по типу иловой сульфидной лечебной грязи [2]). Задачей работы является оценка степени антропогенно-техногенной загрязненности месторождения лечебной грязи токсическими факторами термоминеральных вод, определение структурной локализа-

ции и концентраций химических факторов, обладающих токсическим действием, изучение современных тенденций загрязнения лечебной грязи токсичными металлами.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в четырех пробах лечебной грязи, отобранных в точках № 3, 4, 5, 6 озера Утиное (характеристика точек отбора приводится в табл. 1). Перед исследованием лечебная грязь месторождения была отцентрифугирована, токсичные элементы определялись в осадке и центрифугате. Щелочные, щелочноземельные металлы, а также микроэлементы определяли при помощи атомно-абсорбционного спектрофотометра AAS-6300 Shimadzu с пламенной и электротермической атомизацией, использовали известные подходы и приемы [3]. Для определения величины ПДК токсичных металлов в лечебной грязи использовались данные для почв Камчатского края [4]. Результаты отображены в табл. 2 и 3.

Результаты исследования и их обсуждение

Концентрации металлов, приведенные в табл. 2 и 3, характеризуются следующими рядами по убывающей концентрации:

```
а) в центрифугате:

— точка № 1: марганец > цинк > медь > никель > кобальт;

— точка № 2: цинк = марганец > медь > никель > кобальт;

— точка № 3: марганец > цинк > медь > никель > кобальт;

— точка № 4: марганец > цинк > медь > никель > кобальт;

б) в твердой фазе:

— точка № 1: железо > марганец > цинк > никель > медь;

— точка № 2: железо > медь > марганец > цинк > никель;

— точка № 3: железо > медь > марганец > цинк > никель;

— точка № 3: железо > медь > марганец > цинк > никель;

— точка № 4: железо > марганец > цинк > медь > никель.
```

 Таблица 1

 Характеристика проб для определения токсических металлов и место их отбора

№ точки отбора	Характеристика пробы и место отбора
1	Сточная вода и пелоид, 10 м удаления от плотины стоков
2	Сточная вода и пелоид, 20 м удаления от плотины стоков
3	Сточная вода и пелоид, 30 м удаления от плотины стоков
4	Сточная вода и пелоид, 40 м от плотины стоков
5	Вода с поверхности, питающего ручья Паратунский
6	Вода с поверхности, 10 м от места впадения руч. Коркина

Таблица 2 Валовое содержание микроэлементов в 4-х пробах лечебной грязи, отобранных в центрифугате, в мг/л

№ точки	Элементы							
отбора	Медь	Никель	Цинк	Марганец	Кобальт			
1	$0,028 \pm 0,006$	$0,004 \pm 0,001$	$0,043 \pm 0,009$	$0,084 \pm 0,013$	<0,005			
2	$0,002 \pm 0,0004$	<0,001	$0,087 \pm 0,017$	$0,087 \pm 0,013$	<0,005			
3	$0,020 \pm 0,004$	$0,007 \pm 0,001$	$0,081 \pm 0,016$	$0,089 \pm 0,013$	<0,005			
4	$0,006 \pm 0,001$	<0,001	$0,052 \pm 0,010$	$0,088 \pm 0,013$	<0,005			
ПДК [5]	1,000	0,02	1,000	0,100	0,100			

 Таблица 3

 Валовое содержание микроэлементов в 4-х пробах в твердой фазе (в осадке) лечебной грязи

№ точки	Элементы							
отбора	Медь, мг/кг	Никель, мг/кг	Цинк, мг/кг	Марганец, мг/кг	Кобальт, мг/л			
1	$0,15 \pm 0,04$	$3,9 \pm 1,2$	$11,0 \pm 2,2$	$34,5 \pm 6,9$	<0,005			
2	$74,2 \pm 22,3$	$3,7 \pm 1,1$	$11,7 \pm 2,3$	$38,1 \pm 7,6$	<0,005			
3	$0,96 \pm 0,29$	$4,0 \pm 1,2$	$12,5 \pm 2,5$	$32,2 \pm 6,4$	<0,005			
4	$12,0 \pm 3,6$	$3,8 \pm 1,1$	$18,4 \pm 3,7$	$60,0 \pm 12,0$	<0,005			
ПДК для почв [4]	66,0	40,0	110,0	1500,0	_			

Исследование концентрации токсических металлов в структуре пелоида показало их значительное накопление в твердой фазе лечебной грязи по всем исследованным элементам. Наибольшее количество токсического металла приходится на медь, цинк, марганец (табл. 2, 3). Относительно высокое содержание токсических металлов в твердой фазе указывает на процессы их длительного накопления из покровной воды грязеобразующего водоема.

Полученные результаты устанавливают, что исследованная лечебная грязь не содержит вредных веществ и тяжелых металлов в количествах, превышающих ПДК [4], и поэтому может использоваться для лечебных процедур при условии санитарно-бактериологического благополучия [6; 7]. Исследования биохимических свойств лечебной грязи озера Утиное характеризуются высоким содержанием гуминовых и фульвокислот, липидов, каротиноидов, что создает возможность получения лечебно-профилактических препаратов, содержащих микроэлементные компоненты [8].

Исследованиями, проведенными за время эксплуатации месторождения лечебной грязи, установлено, что озеро Утиное Камчатского края является месторождением высококачественной иловой сульфидной лечебной грязи по физическим, физико-

химическим и биохимическим свойствам, составляющим функционально-экологическое качество пелоида [6].

Нарастающая доля участия термоминеральных вод Паратунского гидротермального месторождения в питающих водах озера Утиное создает особые условия формирования лечебной грязи, включающих микроэлементы в структуру пелоида, дополняющих бальнеологические свойства пелоида, но создающих фактор токсического действия на автохтонную микрофлору, определяющую процессы формирования и очистительные свойства грязе-иловых отложений месторождения озера Утиное [3].

Содержание токсичных металлов во всех пробах лечебной грязи не превышает ПДК (табл. 2), за исключением меди в твердой фазе пелоида (табл. 3). В точках отбора проб № 4, 5 и 6, удаленных на 10, 20, 30 м от точки № 3, наблюдается большая концентрация цинка с минимальным содержанием кобальта. В центрифугате проб пелоида на первом месте обозначается содержание цинка и марганца, на последнем - присутствие кобальта. Установлена обратная зависимость содержания токсических факторов в структуре пелоида в зависимости от удаленности от мест поступления питающих вод и сброса отработанных термоминеральных вод.

Анализ данных результатов гидрохимических исследований проб воды из финишного очистительного пруда (табл. 1) показывает, что воды стоков санатория имеют термальное и сточное происхождение по соотношению исследованных элементов. Большей минерализацией и высоким валовым содержанием ионов кальция и азотсодержащих веществ характеризуется сточная вода [6; 9].

Можно сделать вывод о том, что данные стоки оказывают экологическое влияние на состояние покровных вод озера и загрязняют их.

Результаты исследования проб воды в соответствующих точках озера (табл. 1) отображены в табл. 4.

Концентрации металлов в пробах покровной воды характеризуются следующими рядами по убывающей концентрации:

— точка № 1: кобальт > марганец > никель > медь > цинк; — точка № 2: цинк > марганец > медь > никель > кобальт; — точка № 3: цинк > марганец > кобальт > медь > никель; — точка № 4: цинк = марганец > никель > медь > кобальт; — точка № 5: цинк > кобальт = марганец > медь = никель; — точка № 6: цинк > медь > марганец > кобальт > никель.

Таблица 4 Содержание токсичных элементов в пробах покровной воды озера Утиное, в мг/л

№ точки отбора	Медь	Никель	Цинк	Марганец	Кобальт
1	$0,007 \pm 0,001$	$0,008 \pm 0,002$	$0,005 \pm 0,001$	$0,009 \pm 0,001$	$0,020 \pm 0,006$
2	$0,009 \pm 0,002$	$0,007 \pm 0,001$	$0,024 \pm 0,005$	$0,014 \pm 0,002$	<0,005
3	$0,005 \pm 0,001$	$0,004 \pm 0,001$	$0,050 \pm 0,010$	$0,025 \pm 0,004$	$0,013 \pm 0,004$
4	$0,002 \pm 0,0005$	$0,003 \pm 0,001$	$0,036 \pm 0,007$	$0,036 \pm 0,005$	<0,005
5	$0,002 \pm 0,0004$	<0,002	$0,048 \pm 0,010$	<0,005	<0,005
6	$0,020 \pm 0,005$	<0,002	$0,084 \pm 0,016$	$0,010 \pm 0,002$	<0,005
ПДК [5]	1,000	0,100	1,000	0,100	0,100

Таблица 5 Содержание микроэлементов в ВЭЛГ и термальной воде Паратунских источников, мкг/л

Микроэлементы	ВЭЛГ	Термальная вода	ВЭЛГ на термальной воде
Литий	25,01	140,04	66
Бор	680,33	770,12	440
Алюминий	510,03	100,03	1000
Скандий	3,11	4,14	3,0
Марганец	890,31	17,03	1300
Кобальт	60,02	41,21	38
Цинк	30,04	280,02	45
Мышьяк	13,13	69,01	64
Бром	240,43	800,32	480
Рубидий	11,21	30,12	15
Молибден	15,32	18,01	15
Серебро	0,49	0,99	1,2
Сурьма	2,31	0,76	0,76
Йод	3,30	37,00	27
Висмут	0,20	0,20	0,2
Вольфрам	2,00	18,00	2,0

П р и м е ч а н и е . Погрешность определений соответствует нормам погрешности по ГОСТ 27384–2002.

Таким образом, за исключением ионов меди, содержание токсичных металлов в лечебной грязи озера Утиное не превышает допустимых уровней, несколько завышенных по содержанию в отдельных пробах (табл. 4). Экологическое благополучие по этим параметрам дополняет и подтверждает ранее полученные результаты. При отсутствии токсической угрозы и позитивном дополнении бальнеологических свойств микроэлементами для проведения лечебных процедур, все же возникает токсическое воздействие на более чувствительные микроорганизмы лечебной грязи, участвующие в формировании пелоида, очистительных процессов и его биологической активности.

Данные о содержании токсических элементов в термоминеральной воде и экстрактах, полученных на ее основе - водном экстракте лечебной грязи (ВЭЛГ) (табл. 5), показывают, что возможно дальнейшее накопление токсических факторов в структуре пелоида при длительном сбросе термоминеральных вод в питающие и далее в покровные воды месторождения лечебной грязи озера Утиное. Особые угрозы представляет возможность значительного накопления брома, мышьяка, дальнейшее увеличение содержания цинка, бора, лития, и таким образом идет нарастание содержания токсических факторов, нарушающих функционально-экологическое состояние лечебной грязи.

При достижении доли термальной воды 40% в питающих водах озера Утиное, наблюдаемой гидрологами в последние годы, концентрации лития, цинка, мышьяка и других элементов создают антибактериальный фон, тормозящий развитие автохтонной микрофлоры, но не превышают предельно допустимые концентрации содержания токсичных металлов в пелоиде [10].

Заключение

Совокупность полученных результатов устанавливает, что исследованная лечебная грязь не содержит вредных веществ и тяжелых металлов в количествах, превышающих ПДК, и поэтому может использоваться для лечебных процедур при условии санитарно-бактериологического благополучия. На основании исследований, проведенных за время эксплуатации месторождения, установлено, что озеро Утиное Камчатского края является месторождением высококачественной иловой сульфидной лечебной грязи по физическим, физико-химическим

и биохимическим свойствам, определяющим биологическую активность пелоида и перспективность его лечебного применения. Нарастающее содержание термоминеральных вод Паратунского геотермального месторождения в питающих водах озера Утиное создает не только исключительные условия формирования лечебной грязи по содержанию микроэлементов, дополняющих бальнеологические свойства пелоида, но и фактор токсического действия на автохтонную микрофлору, определяющую процессы формирования и очистительные свойства грязе-иловых отложений месторождения озера Утиное.

Список литературы

- 1. Рекреационные ресурсы Паратунской курортной зоны Камчатского края // Л.В. Веремчук [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. -2012. -№ 5. -C. 64–67.
- 2. Разумов А.Н. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. Методические указания / А.Н. Разумов. М.: РНЦ восстановительной медицины и курортологии, 2000. 150 с.
- 3. Мурадов С.В. Восстановление физико-химических микробиологических кондиций лечебной грязи озера Утиное / С.В. Мурадов, А.И. Хоменко. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2014. 148 с.
- 4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 23.01.2006 № 1 «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 2006. № 10.
- 5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 № 78 «О введении в действие Гигиенических нормативов 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» // Российская газета. 2003. № 119/1.
- 6. Мурадов С.В. Мониторинг санитарно-микробиологического состояния лечебной грязи озера Утиного (Камчатский край) за 50 лет эксплуатации месторождения // Фундаментальные исследования. 2013. № 6–4. С. 913–917.
- 7. Мурадов С.В. Микробиологические свойства и биомедицинское тестирование пелоидных препаратов из активированной лечебной грязи // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, N 4. С. 38–41.
- 8. Оценка эффективности фитопелоидной композиции при лечении хронических сальпингоофоритов / М.А. Филимонова [и др.] // Астраханский медицинский журнал. 2017.-T. $12, \, N\!\!\!_{\, } 2.-C.$ 89–97.
- 9. Лукьянова О.Н. Экологические проблемы и биоресурсы российского прибрежья Японского моря / О.Н. Лукьянова, Н.К. Христофорова // Использование и охрана природных ресурсов в России. -2013. -№ 1 (127). -C. 106-110.
- 10. Чебыкин И.Н. Геологическое доизучение месторождения лечебной грязи «Озеро Утиное»: отчет о НИР / И.Н. Чебыкин. Петропавловск-Камчатский: ОАО «Камчатсеология», 2012. 121 с.

References

1. Rekreacionny'e resursy' Paratunskoj kurortnoj zony' Kamchatskogo kraya // L.V. Veremchuk [i dr.] // Voprosy' kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoj kul'tury'. – 2012. – № 5. – P. 64–67.

- 2. Razumov A.N. Klassifikaciya mineral`ny`x vod i lechebny`x gryazej dlya celej ix sertifikacii. Metodicheskie ukazaniya / A.N. Razumov. M.: RNCz vosstanovitel`noj mediciny` i kurortologii, $2000.-150~\mathrm{p}.$
- 3. Muradov S.V. Vosstanovlenie fiziko-ximicheskix mikrobiologicheskix kondicij lechebnoj gryazi ozera Utinoe / S.V. Muradov, A.I. Xomenko. Petropavlovsk-Kamchatskij: KamGU im. Vitusa Beringa, 2014. 148 p.
- 4. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 23.01.2006 № 1 «O vvedenii v dejstvie gigienicheskix normativov GN 2.1.7.2041-06. Predel'no dopustimy'e koncentracii (PDK) ximicheskix veshhestv v pochve» // Byuleten' normativny'x aktov federal'ny'x organov ispolnitel'noj vlasti, 2006. № 10.
- 5. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 30.04.2003 № 78 «O vvedenii v dejstvie Gigienicheskix normativov 2.1.5.1315-03. Predel`no dopustimy`e koncentracii (PDK) ximicheskix veshhestv v vode vodny`x ob``ektov xozyajstvenno-pit`evogo i kul`turno-by'tovogo vodopol`zovaniya» // Rossijskaya gazeta. 2003. № 119/1.

- 6. Muradov S.V. Monitoring sanitarno-mikrobiologicheskogo sostoyaniya lechebnoj gryazi ozera Utinogo (Kamchatskij kraj) za 50 let e`kspluatacii mestorozhdeniya // Fundamental`ny`e issledovaniya. 2013. № 6–4. P. 913–917.
- 7. Muradov S.V. Mikrobiologicheskie svojstva i biomedicinskoe testirovanie peloidny`x preparatov iz aktivirovannoj lechebnoj gryazi // Vestnik novy`x medicinskix texnologij. 2013. T. 20, № 4. P. 38–41.
- 8. Ocenka e`ffektivnosti fitopeloidnoj kompozicii pri lechenii xronicheskix sal`pingooforitov / M.A. Filimonova [i dr.] // Astraxanskij medicinskij zhurnal. 2017. T. 12, № 2. P. 89–97.
- 9. Luk'yanova O.N. E'kologicheskie problemy` i bioresursy` rossijskogo pribrezh'ya Yaponskogo morya / O.N. Luk'yanova, N.K. Xristoforova // Ispol'zovanie i oxrana prirodny`x resursov v Rossii. 2013. № 1 (127). P. 106–110.
- 10. Cheby`kin I.N. Geologicheskoe doizuchenie mestorozhdeniya lechebnoj gryazi «Ozero Utinoe»: otchet o NIR / I.N. Cheby`kin. Petropavlovsk-Kamchatskij: OAO «Kamchatgeologiya», 2012. 121 p.

УДК 911.375(470.57)

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

Фаронова Ю.В., Сафиуллина Р.М.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: faronova2012@mail.ru

Актуальность территориальных исследований городов обусловлена социально-экономической, экологической ролью городов в развитии стран, субъектов страны. Города становятся центрами развития, что порождает проблемы территориальных диспропорций социально-экономического развития. Города дифференцируются на основе демографических, экономических, социальных, экологических параметров их развития и функционирования. Поэтому возникает неравенство городов в их притягательности для размещения населения и для активизации функционирования бизнес-сообщества. Возникает научно-практическая необходимость определения такого понятия, как конкурентоспособность городов. В данной статье авторы предлагают общественно-географическое определение конкурентоспособности города. Авторы предлагают виды конкурентоспособности города (экономическая, социальная, экологическая, экономико-географическая конкурентоспособность) для целей территориальных исследований. Впервые используется понятие экономикогеографической конкурентоспособности города. Это обусловлено особенностями экономико-географического положения города, которые усиливают или ослабляют преимущества города для населения, бизнеса. Экономико-географическое положение города влияет на потенциальные выгоды в зависимости от размещения города относительно городских центров с интенсивным развитием и ростом. Авторами предложена методика исследования конкурентоспособности городов. Предлагается оценивать конкурентоспособность города, используя метод расчёта индекса конкурентоспособности города. Данный индекс состоит из частных индексов: индекса производительности труда, индекса социально-экологического благополучия города, индекса миграционной привлекательности, индекса территориального взаимодействия. Методика исследования конкурентоспособности городов апробирована на примере городов Республики Башкортостан (РБ). Авторами были рассчитаны коэффициенты специализации для определения конкурентоспособных видов экономической деятельности городов РБ. На основе результатов исследования города РБ ранжированы по индексу конкурентоспособности, по количеству специализированных видов экономической деятельности.

Ключевые слова: конкурентоспособность города, градообразующая база, функции городов

RESEARCH TECHNIQUE OF CITY COMPETITIVENESS (EXAMPLE OF CITIES OF BASHKORTOSTAN REPUBLIC)

Faronova Yu.V., Safiullina R.M.

Bashkir State University, Ufa, e-mail: faronova2012@mail.ru

Relevance of territorial research of cities is due to the socio-economic, ecological role of cities in the development of countries, subjects of the country. Cities become centers of development, which generates problems of territorial disproportions in social and economic development. Cities differentiated on the basis of demographic, economic, social, ecological parameters of their development and functioning. Therefore, there is an inequality of cities in their attractiveness to accommodate the population and to enhance the functioning of the business community. There is a scientific and practical need to define such a concept as the competitiveness of cities. The author offers a socio-geographical definition of the city's competitiveness in this article. The authors propose the types of city competitiveness (economic, social, ecological, economic-geographical). For the first time, the concept of the city's economic and geographical competitiveness is used. The city's economic and geographical situation is strengthen or weaken the city's advantages for the population and business. The economic and geographical location of the city affects the potential benefits. The authors propose a methodology for studying the competitiveness of cities, based on a using the method of calculating the city's competitiveness index. This index consists of partial indices: the labor productivity, the social and ecological well-being of the city, the migration attractiveness, the territorial interaction. The methodology for studying the competitiveness of cities is tested on the example of the cities of the Republic of Bashkortostan (RB). Based on the results of the survey, the cities of the RB are ranked by the competitiveness index, by the number of specialized economic activities.

Keywords: competitiveness of the city, city-forming base, functions of cities

В современных экономико-географических исследованиях актуальным предметом стало изучение эффективного территориального развития. Современное территориальное развитие включает диагностику систем городского расселения [1]. Геодемографическое развитие городов определяет потенциал инвестирования в социально-экономическую сферу городов и трансформацию занятости [2]. Субурбанизированные территории представляют демографический, ресурсный

потенциал для городского агломерирования [3]. Экономико-географы оценивают социально-географические аспекты территориальной дифференциации [4], определяют пути инновационного развития субъектов страны и актуализируют проблему формирования современной конкурентоспособной специализации экономики [5], выявляют экспортные возможности городов РФ в сфере образования, в системе мирового хозяйства [6]. В связи с актуальностью пространственного

развития страны усиливается научно-практический интерес к исследованию городов как опорных центров территорий субъектов РФ. Предмет исследования данной работы – конкурентоспособность города. Цель работы сводится к определению понятия и видов конкурентоспособности города, апробации методики исследования конкурентоспособности городов Республики Башкортостан (РБ), выявлению конкурентоспособных видов экономической деятельности городов РБ.

Результаты исследования в соответствии с целью определения понятия и видов конкурентоспособности города. Конкурентоспособность города – способность города как территориальной системы предлагать населению и бизнесу больше преимуществ по сравнению с другими городами; данная способность формируется как результат управляемого процесса развития города в определенных географических, экономических, социальных, экологических условиях на макро-, мезо-, микротерриториальных уровнях. Предлагается рассматривать экономический, социальный, экологический, экономико-географический виды конкурентоспособности города. Критерием оценки конкурентоспособности города предлагается считать свойства города, которые составляют преимущества данного города относительно других городов. Экономическая конкурентоспособность городов зависит от градообразующей базы города, которая воздействует на инвестиционный потенциал города, формируется специализированными видами экономической деятельности. Критерием экономической конкурентоспособности города является отраслевая структура экономики с точки зрения перспектив формирования устойчивых и высоких доходов населения, сокращения бедности населения и созидания среднего класса общества. Градообразующая база города как критерий социальной конкурентоспособности города оценивается с позиции возможностей для диверсификации рабочих мест и сокращения безработицы, увеличения миграционного прироста населения в трудоспособном возрасте. Градообразующая база города влияет на уровень жизни населения, на формирование разнообразия потребностей населения в зависимости от уровня покупательного спроса. Потребности населения обусловлены такими факторами, как уровень доходов и структура расходов населения, уровень цен и инфляция, уровень образования населения. Уровень жизни населения – это важная предпосылка и следствие развития местной экономики, рынка недвижимости, социально-экономического развития и конкурентоспособности города. Критерии урбанистической конкурентоспособности включают качество городской среды проживания, развитие городской инфраструктуры, которые воздействуют на формирование городского образа жизни. Социальная и экономическая конкурентоспособность города логично взаимосвязана с градообразующей базой и специализированными функциями города, которые генерируют высокую производительность труда и в своем развитии предъявляют требования к такому ресурсу развития, как образованная и квалифицированная рабочая сила. Экологическая конкурентоспособность городов означает свойство города развиваться на основе принципов устойчивого развития. Экономико-географическая конкурентоспособность городов означает преимущества для потенциального развития города на основе таких территориальных свойств города, как получение выгоды от экономико-географического и транзитно-географического положения города, от размещения города относительно урбанистических центров с интенсивным социально-экономическим развитием.

Результаты исследования по апробации методики исследования конкурентоспособности городов РБ. С целью практических исследований и с учётом наличия исходной информации, которая позволяет проводить сравнительный анализ конкурентоспособности городов, предлагается оценивать конкурентоспособность города, используя метод расчёта индекса конкурентоспособности города:

$$И\kappa = \sqrt[5]{H_3*H_{\Pi T}*H_{C9}*H_{M\Pi}*H_{TB}},$$
 (1)

где Из – индекс занятости населения города; Ипт – индекс производительности труда города;

Исэ – индекс социально-экологического благополучия города;

Имп – индекс миграционной привлекательности города;

Итв – индекс территориального взаимодействия.

Индекс занятости населения города рассчитывается по формуле

$$\text{И3} = \frac{\text{Y31/Y1}}{\text{Y3/Y}},\tag{2}$$

где Ч31 – численность занятых города, чел.; Ч1 – численность населения города;

ЧЗ – суммарная численность занятых городов, чел.;

Ч – суммарная численность населения городов, чел.

Индекс производительности труда предлагается рассчитывать по формуле

Ипт =
$$\frac{\text{C1/Ч1}}{\text{C/Ч}},$$
 (3)

где C1 – стоимость отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами города, руб.;

Ч1 – численность занятых города, чел.;

С – суммарная стоимость отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами городов, руб.;

Ч – суммарная численность населения городов, чел.

Индекс социально-экологического благополучия города предлагается рассчитывать по формуле

$$\text{Hc}_{9} = 1 / \left(\frac{\text{Y}_{1} / \text{B}_{1}}{\text{Y} / \text{B}} \right), \tag{4}$$

где 41 — численность населения города, чел.; 81 — объем выбросов в атмосферу города, т; 4 — суммарная численность населения городов, чел.;

В – суммарный объем выбросов в атмосферу города, т.

Индекс миграционной привлекательности города предлагается рассчитывать по формуле

$$Имп = \frac{\Pi 1/\Psi 1}{\Pi/\Psi},\tag{5}$$

где П1 – количество прибывших в город, чел.; Ч1 – численность населения города, чел.;

П – суммарное количество прибывших в города, чел.;

Ч – суммарная численность населения городов, чел.

Индекс территориального взаимодействия Итв предлагается рассчитывать на основе гравитационной модели по формуле

$$MTB = \sum_{i=1}^{n} \frac{\mathbf{q}i^*\mathbf{q}n}{\mathbf{Pin}},$$
 (6)

где i — город, для которого рассчитывается индекс территориального взаимодействия;

n – количество городов;

Чі – численность населения города, для которого рассчитывается индекс территориального взаимодействия, чел.;

Чn — численность населения городов, относительно которых изучается территориальное взаимодействие i-го города, чел.;

Pin – расстояние между i-м городом и n городами.

Взаимосвязь между видами конкурентоспособности города и предлагаемыми частными индексами конкурентоспособности города представлена в табл. 1 (знак «+» означает, что для исследования данного вида конкурентоспособности города применяется определённый частный индекс).

Результаты расчета индекса конкурентоспособности городов РБ представлены в табл. 2 (города ранжированы по показателю Ик).

Результаты исследования по определению конкурентоспособных видов экономической деятельности городов РБ. Авторами были рассчитаны коэффициенты специализации городов РБ за 2016 гг. по формуле

$$K = (41 \div 42)/(43 \div 44),$$
 (7)

где Ч1 — численность занятых по виду экономической деятельности города, чел.; Ч2 — численность занятых по виду экономической деятельности в городах РБ, чел.; Ч3 — численность населения города, чел.; Ч4 — численность населения городов РБ, чел.

Вид экономической деятельности относится к специализированному при условии, если коэффициент специализации не менее 1. Соответственно, градообразующая база города представлена видами экономической деятельности, которые направлены на обслуживание внешнего региона. Города относятся к конкурентоспособным по видам экономической деятельности, для которых рассчитанный коэффициент специализации имеет значение не менее 1. Ранжирование городов РБ по количеству специализированных видов экономической деятельности представлено на рисунке.

 Таблица 1

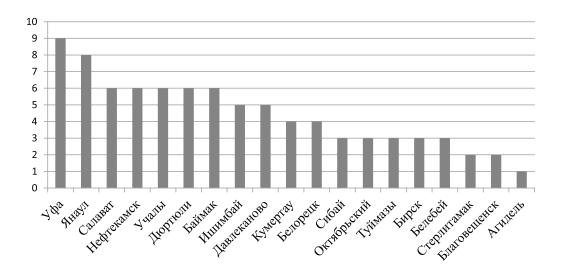
 Виды конкурентоспособности города и частные индексы конкурентоспособности города

Виды конкурентоспособности	Частные индексы конкурентоспособности города						
города	Из	Ипт	Исэ	Имп	Итв		
Экономическая	+	+		+			
Социальная	+	+		+			
Экологическая			+				
Экономико-географическая					+		

Таблица 2

Индекс конкурентоспособности городов РБ	(по ланным 2016 г.)
Thigere Rollky pelifocilocoolioctu Topogob I b	(110 Autilibin 2010 1.)

Города РБ	Из	Ипт	Исэ	Имп	Итв	Ик
Салават	1,08	1,98	1,66	0,81	1,29	1,30
Уфа	1,11	1,17	1,05	0,96	0,74	0,99
Стерлитамак	0,80	0,79	1,13	0,83	1,11	0,92
Ишимбай	0,77	0,49	0,63	1,13	0,71	0,72
Туймазы	0,76	0,52	1,30	1,25	0,22	0,68
Благовещенск	0,95	1,46	1,08	0,67	0,09	0,62
Нефтекамск	1,00	0,63	0,89	1,25	0,08	0,55
Октябрьский	0,92	0,53	0,47	1,07	0,19	0,54
Мелеуз	0,79	0,52	0,75	0,76	0,13	0,50
Белебей	0,87	0,67	0,75	1,14	0,05	0,48
Кумертау	0,77	0,34	0,74	1,32	0,10	0,48
Белорецк	1,12	0,76	0,79	0,87	0,04	0,46
Давлеканово	0,87	0,42	1,19	0,93	0,04	0,44
Дюртюли	0,69	0,40	1,09	0,97	0,04	0,41
Бирск	0,60	0,18	0,69	1,60	0,07	0,39
Учалы	1,21	1,08	0,40	1,69	0,01	0,38
Янаул	1,01	0,29	0,75	0,94	0,03	0,35
Сибай	0,75	0,42	0,66	1,05	0,02	0,33
Баймак	0,92	0,18	1,17	1,14	0,01	0,30
Агидель	0,39	0,12	0,57	1,71	0,02	0,24



Города РБ по количеству специализированных видов экономической деятельности в 2016 г.

Выводы

В рейтинге городов РБ по индексу конкурентоспособности лидируют города, которые стали «знаковыми» для развития индустрии как РБ, так и РФ. Салават — это башкирская столица компании «Газпром», актив которой формирует градообразующее предприятие «Газпромнефтехим-Салават», третий по численности город РБ (154 тыс. чел.). Уфа — столица республики, город-

миллионер РФ (1,1 млн чел.), полифункциональный центр, транспортный узел. Стерлитамак — второй по численности город РБ (280 тыс. чел.), центр химической промышленности и машиностроения РБ. Ишимбай — центр машиностроения РБ, размещается НГДУ «Ишимбайнефть». Данные города отличаются высоким индексом территориального взаимодействия. С географической точки зрения выделяется линейная система городов в РБ — это Благовещенск — Уфа —

Стерлитамак, а также система городов полицентрической агломерации Стерлитамак -Салават – Ишимбай. Агломерационные процессы способствуют усилению территориального взаимодействия для населения, для субъектов экономики. Очевидно, что особенности расселения населения и размещения данных городов взаимосвязаны с их высокой конкурентоспособностью. Города Октябрьский (113 тыс. чел.) и Туймазы (68 тыс. чел.) расположены на расстоянии 25 км, функционируют как опорные центры развития западной части РБ, граничащей с Республикой Татарстан. Специализированные виды экономической деятельности отличаются, в Октябрьском – это добыча полезных ископаемых (индекс специализации 4,8; НГДУ «Туймазанефть»), обрабатывающие производства (коэффициент 1,14), в Туймазах – образование, распределение электроэнергии, сельское хозяйство (коэффициент 2,72). В Республике Башкортостан статус монофункциональных городов получили города Кумертау, Белебей (проблемы социально-экономического положения градообразующих предприятий), Нефтекамск, Белорецк (риск ухудшения социально-экономического положения), Учалы, Благовешенск (стабильная социально-экономическая ситуация). Нефтекамск (125 тыс. чел.) имеет специализированные виды экономической деятельности, которые обеспечивают конкурентоспособность по занятости населения (это добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, образование, строительство). Кумертау (61 тыс. чел.) специализируется на обрабатывающих производствах (производство вертолётов), распределении электроэнергии, предоставлении услуг здравоохранения, имеет статус территории опережающего развития. Благовещенск (35 тыс. чел.) отличается от всех городов РБ самым высоким коэффициентом специализации обрабатывающих производств (2,2), что объясняет высокие для данного города индексы производительности труда и занятости населения. Янаул (26 тыс. чел.) занимает низкую позицию по индексу конкурентоспособности, функционирует как центр обслуживания населения прилегающих сельских территорий благодаря специализации на добыче полезных ископаемых (НГДУ «Арланнефть»), транспорте и связи (имеет выгодное транзитногеографическое положение относительно Удмуртской Республики и Пермского края, проходит железнодорожная ветвь Москва-Екатеринбург – Владивосток), предостав-

лении услуг. Сибай (61 тыс. чел.) и Баймак (17 тыс. чел.) располагаются на расстоянии 35 км. Сибай называют столицей «Башкирского Зауралья», это центр цветной металлургии РБ (Башкирский медно-серный комбинат), специализируется на добыче полезных ископаемых (коэффициент 4,0), образовании (Сибайский филиал БашГУ), производстве и распределении электроэнергии (Зауральская ТЭЦ, Сибайская ГТЭС). Баймак функционирует как центр обслуживания окружающих территорий (как и Янаул на северо-западе республики), специализированный экономический комплекс представлен услугами образования, здравоохранения, социального обслуживания, строительством. Низкий индекс конкурентоспособности Сибая и Баймака обусловлен низким потенциалом территориального взаимодействия с другими городами РБ вследствие значительной удаленности (например, расстояние до Уфы более 400 км, до Стерлитамака – более 400 км, до Учалов – 230 км). Агидель (15 тыс. чел.) – наименее конкурентоспособный город РБ, что обусловлено статусом города с незавершенным проектом строительства Башкирской АЭС. В настоящее время планируется создание многопрофильного индустриального парка.

Таким образом, методика исследования конкурентоспособности городов позволяет исследовать интегральную конкурентоспособность и частные виды конкурентоспособности городов, проводить сравнительный анализ конкурентоспособности городов, выявлять проблемы и особенности функционирования городов в совокупности с исследованием специализированных видов экономической деятельности городов.

Список литературы

- 1. Сафиуллин Р.Г. Эффективность территориального развития России: факторы и условия, реальность и тренды / Р.Г. Сафиуллин, Р.М. Сафиуллина, Ю.В. Фаронова // Актуальные вопросы университетской науки. Сборник научных трудов. Уфа, 2016. С. 400–410.
- 2. Сафиуллин Р.Г. Геодемографическое развитие городов Республики Башкортостан: региональная диагностика / Р.Г. Сафиуллин, Р.М. Сафиуллина, Ю.В. Фаронова // Успехи современного естествознания. 2016. $N \!\!\!\! 9.5$. C. 158-162.
- 3. Саттарова Г.А. Субурбанизированные территории: актуальность и проблемы изучения / Г.А. Саттарова // Актуальные вопросы университетской науки. Сборник научных трудов. Уфа, 2016. С. 305–310.
- 4. Тельнова Т.П. Региональное изучение населения: социально-географический аспект проблемы / Т.П. Тельнова // Актуальные вопросы университетской науки. Сборник научных трудов. — Уфа, 2016. — С. 446–453.
- 5. Балина Т.А., Пономарева З.В., Столбов В.А., Толчин С.В. Инновационно ориентированная региональная политика как базис капитализации и социально-экономический императив развития территории / Т.А. Балина [и др.] //

Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. -2017.-N 3. -C. 192–202.

6. Родионова И.А. Образовательный туризм и экспорт российского образования: новые подходы // Туристско-рекреационный комплекс в системе регионального развития. Материалы VI Международной научно-практической конференции. — 2018. — С. 53—56.

References

- 1. Safiullin R.G. E`ffektivnost` territorial`nogo razvitiya Rossii: faktory` i usloviya, real`nost` i trendy` / R.G. Safiullin, R.M. Safiullina, Yu.V. Faronova // Aktual`ny`e voprosy` universitetskoj nauki. Sbornik nauchny`x trudov. Ufa, 2016. P. 400–410.
- 2. Safiullin R.G. Geodemograficheskoe razvitie gorodov Respubliki Bashkortostan: regional`naya diagnostika / R.G. Safiullin, R.M. Safiullina, Yu.V. Faronova // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. № 5. P. 158–162.

- 3. Sattarova G.A. Suburbanizirovanny`e territorii: aktual`nost` i problemy` izucheniya / G.A. Sattarova // Aktual`ny`e voprosy` universitetskoj nauki. Sbornik nauchny`x trudov. Ufa, 2016. P. 305–310.
- 4. Tel`nova T.P. Regional`noe izuchenie naseleniya: social`no-geograficheskij aspekt problemy`/ T.P. Tel`nova // Aktual`ny`e voprosy` universitetskoj nauki. Sbornik nauchny`x trudov. Ufa, 2016. P. 446–453.
- 5. Balina T.A., Ponomareva Z.V., Stolbov V.A., Tolchin S.V. Innovacionno orientirovannaya regional`naya politika kak bazis kapitalizacii i social`no-e`konomicheskij imperativ razvitiya territorii / T.A. Balina [i dr.] // Vestnik Permskogo nacional`nogo issledovatel`skogo politexnicheskogo universiteta. Social`noe`konomicheskie nauki. − 2017. − № 3. − P. 192–202.
- 6. Rodionova I.A. Obrazovatel`ny`j turizm i e`ksport rossijskogo obrazovaniya: novy`e podxody`// Turistskorekreacionny`j kompleks v sisteme regional`nogo razvitiya. Materialy` VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2018. P. 53–56.

УДК 622.276(571.5)

ОБОСНОВАНИЕ НОВОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ПОДГАЗОВЫХ ЗОН МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Фахртдинова Г.М., Евдокимова А.С., Урванцев Р.В., Линцер С.А., Синцов И.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: guzel2612@gmail.com

В настоящее время значительную часть запасов новых месторождений можно отнести к трудноизвлекаемым как с технологической точки зрения, так и по геологическим условиям залегания продуктивных пластов. Их разработка осложняется сочетанием неблагоприятных факторов сложного геологического строения, физико-химических свойств флюидов и высокими затратами на освоение. Часть таких месторождений располагается на территории Восточной Сибири. В дополнение к вышеперечисленным, ключевым осложняющим фактором является наличие небольших по мощности нефтяных оторочек при большеобъёмной газовой шапке. Разработка таких зон зачастую нерентабельна вследствие быстрого прорыва газа в нефтенасыщенную часть и резкого роста газового фактора. Существуют различные способы по ограничению прорывов газа из подгазовых зон, предполагающие создание водного или полимерного экрана в интервале между газовой шапкой и нефтяной оторочкой. Для осуществления этих методов необходимо дополнительное бурение горизонтального ствола в области размещения основного проектного ствола. Поочерёдная отработка пилотного, а затем основного ствола, назначение которых отличается, позволяет оптимизировать применение данных технологий. В рамках данной статьи анализируется теоретический материал и практический опыт разработки подгазовых зон. Авторами предложена и обоснована новая эффективная технология по разработке нефтяных оторочек в условиях низкотемпературных коллекторов Восточной Сибири. Проведено сравнение предлагаемой технологии с классическими решениями, в результате которого были получены положительные результаты от её внедрения. На данный способ разработки был получен патент. Применение гидратного барьера при разработке нефтегазоконденсатных месторождений Восточной Сибири позволяет увеличить нефтеотдачу более чем в два раза.

Ключевые слова: нефтяная оторочка, газовая шапка, Восточная Сибирь, гидродинамическое моделирование, повышение нефтеотдачи

JUSTIFICATION OF NEW METHOD FOR UNDER-GAS-CAP ZONE DEVELOPMENT OF EASTERN SIBERIA FIELDS

Fakhrtdinova G.M., Evdokimova A.S., Urvantsev R.V., Lintser S.A., Sintsov I.A.

Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen», Tyumen, e-mail: guzel2612@gmail.com

Currently, a significant part of the new field's reserves can be attributed to hard-to-recover one from both the technological point of view and the geological conditions of productive strata occurrence. Their development is complicated by a combination of unfavorable factors of complex geology, physical and chemical fluid properties and high development costs. Some of these deposits are located on the territory of Eastern Siberia. In addition to the above, the key complicating factor is the presence of small oil rims with a larger gas cap. The development of such zones is often unprofitable due to the rapid breakthrough of gas into the oil-saturated part and rapid increase of the gas-oil ratio. There are various ways to limit gas breakthroughs from under-gas-cap zones suggesting the creation of an aqueous or polymer screen in the interval between the gas cap and the oil rim. Drilling of the additional horizontal wellbore is necessary to implement these methods in the area of the main design one. Alternative development of the pilot wellbore, and then the main one, which purpose is different, allows to optimize the application of these technologies. As a part of this article, theoretical material and practical experience in developing under-gas-cap zones are analyzed. The authors proposed and justified a new effective technology for the oil rims development of low-temperature collector's conditions in Eastern Siberia. A comparison of the proposed technology with classical solutions was made. As a result positive results were obtained from its implementation. The use of a hydrate barrier in the development of oil and gas condensate fields in Eastern Siberia makes it possible to increase oil recovery by more than two times.

Keywords: oil rim, gas cap, Eastern Siberia, hydrodynamic modeling, enhanced oil recovery

Проблема выработки запасов нефти в нефтегазоконденсатных коллекторах существует уже долгое время [1–3]. Однако в последнее время актуальность данной темы стала расти в связи с началом освоения нефтегазоконденсатных пластов на Ямале и в Восточной Сибири. Запасы нефти в нефтяных оторочках небольшой мощности по факту являются трудноизвлекаемыми, в особенности это касается запасов, находящихся в подгазовых зонах.

Цель исследования: основными проблемами разработки нефтяных оторочек являются: быстрое образование конусов воды и газа, невозможность создания высокой депрессии, раннее выбытие скважин из-за прорывов газа. Важным моментом является то, что при разработке нефтяных оторочек необходимо предупреждать продвижение нефти в газовую часть, поскольку это приводит к связыванию подвижной нефти капиллярными силами. В этом ключе особен-

но актуальным являются вопросы подбора правильного баланса между отборами нефти, газа и закачкой воды. Все вышеперечисленные факторы негативно сказываются на конечной нефтеотдаче, поэтому коэффициенты извлечения нефти для подгазовых зон нефтяных оторочек часто не превышают 10–15%.

Материалы и методы исследования

Применяющиеся методы разработки нефтяных оторочек принципиально не отличаются от методов, которые применяются при разработке нефтяных пластов, однако имеют свои особенности. При разработке тонких нефтяных оторочек применяются исключительно горизонтальные скважины, что позволяет сократить негативное влияние конусообразования, а также обеспечить меньшие депрессии на пласт. Главным критерием выбытия скважин в подгазовых зонах часто является не высокая обводненность или низкий дебит, а газовый фактор. При высоком газовом факторе дальнейшая механизированная эксплуатация скважин становится невозможной.

Специфическим методом, применимым только при разработке нефтегазоконденсатных коллекторов, является барьерное заводнение. Суть барьерного заводнения заключается в создании оторочки воды между газовой шапкой и нефтяной частью. В теории данный метод позволяет одновременно разрабатывать запасы нефти и газа без взаимного влияния друг на друга. Однако на деле данный метод не нашел своего применения из-за большого количества недостатков, связанных с невозможностью создания равномерного барьера на всей площади контакта, обводнением добывающих скважин и высокими капитальными затратами на бурение нагнетательных скважин и организацию системы ППД. Важно, что вода не является надежным барьером для газа, то есть вторжение газа в нефтяную часть попрежнему будет происходить.

Попытки усовершенствовать технологию барьерного заводнения предпринимались разными исследователями. Здесь можно выделить два основных направления. Для первого направления характерно использование вместо воды усовершенствованных агентов закачки с целью ухудшения фазовой проницаемости для газа в области барьера. Например, С.Н. Закировым [4] предлагается создание гелиевого барьера между газовой шапкой и нефтяной оторочкой. Однако применение химических ком-

позиций имеет и ряд дополнительных недостатков. Не решается главная проблема: барьер остается газопроницаемым, пусть и в меньшей степени. Помимо этого, появляются дополнительные затраты на химические реагенты, которые со временем перестают выполнять свои функции.

Вторым направлением усовершенствования метода барьерного заводнения является его локальное применение не на всей площади, а только в зонах наиболее пониженного давления, то есть в зонах дренирования добывающих скважин. В этом случае нагнетательные скважины или боковые стволы бурятся не на всей площади, а непосредственно над добывающими, при этом агенты закачки также могут быть различными.

В нашей работе рассмотрен принципиально новый способ создания барьера, основанный на процессе гидратообразования. Способ может быть применим при разработке нефтегазоконденсатных месторождений Восточной Сибири, пласты которых характеризуются аномально низкими пластовыми температурами. Например, на Верхнечонском и Чаяндинском месторождениях пластовые давления составляют соответственно 14,8 и 13 МПа, а температуры — 12 и 9°С. Начальные пластовые условия соответствуют условиям гидратообразования (рис. 1).

Предлагаемый способ разработки нефтегазоконденсатного месторождения осуществляется следующим образом (рис. 2): нефтяная часть залежи 2, находящаяся в подгазовой зоне, разбуривается с использованием горизонтальных скважин. Система разработки и расположение скважин определяются исходя из геолого-физических особенностей пласта и флюида.

При бурении скважины вначале бурится горизонтальный участок 3 на границе газонефтяного контакта, соответствующий по расположению и длине предполагаемому добывающему стволу. Первый ствол является необсаженным. Посредством него на границу газонефтяного контакта закачивается вода, причем закачка ведется до тех пор, пока приемистость не снизится более чем в десять раз. Снижение приемистости будет свидетельствовать о начале гидратообразования в пласте. В результате закачки в пласте образуется водяной экран 5 эллипсовидной формы, в дальнейшем при взаимодействии с газовой шапкой происходит образование гидратов. Сформировавшиеся гидраты непроницаемы как для нефти, так и для газа. После окончания закачки первый ствол ликвидируется путем установки цементного моста. Затем бурится основной ствол добывающей скважины 4 непосредственно под стволом 3, но ближе к подошве коллектора, либо к водонефтяному контакту. Данный горизонтальный ствол заканчивается спуском щелевого хвостовика. После этого добывающая скважина

начинает эксплуатироваться с забойным давлением, которое соответствует минимальному давлению области гидратообразования при заданной пластовой температуре. В результате этого гидратный экран будет сохраняться, пока не возникнет необходимость снижения давления ниже давления распада гидратов. На данный способ разработки получен патент [5].

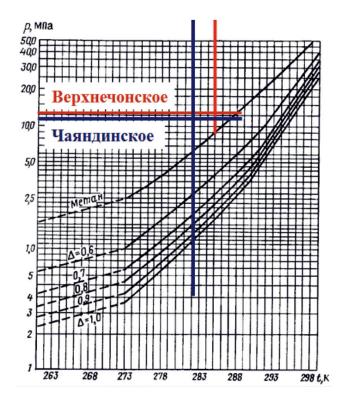


Рис. 1. Равновесные гидратообразования для метана

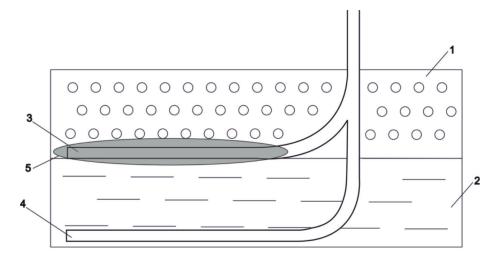


Рис. 2. Способ разработки нефтегазоконденсатного месторождения с применением гидратного барьера: 1 — газовая часть пласта, 2 — нефтяная часть пласта, 3 — вспомогательный горизонтальный ствол, 4 — основной горизонтальный ствол, 5 — гидратный барьер

Для обоснования эффективности применения способа разработки с гидратным барьером была создана синтетическая гидродинамическая модель с параметрами, характеризующими Верхнечонское месторождение, в программном комплексе Тетреst Моге. Было рассмотрено четыре основных варианта разработки с размещением одной горизонтальной добывающей скважины и разными способами создания барьера:

- 1) базовый вариант вариант разработки на естественном режиме без создания барьеров;
- 2) закачка воды закачка осуществляется в необсаженный ствол на границу ГНК в течение одной недели, затем бурится основной ствол;

- 3) закачка полимеров аналогично варианту два, однако в этом случае используется опция полимерного заводнения;
- 4) гидратный барьер закачка не осуществляется, однако область повышенной водонасыщенности соответствующей варианту два принимает нулевые значения.

Во всех вариантах приняты следующие критерии выбытия: обводненность – более 98%, дебит нефти – менее 0,5 т/сут., газовый фактор – выше 5000 м³/т. Забегая вперед, необходимо отметить, что во всех вариантах выбытие скважин происходило по критерию достижения критического газового фактора. Для каждого из 4 вариантов были рассмотрены 4 подварианта, которые различаются депрессиями на пласт – 10, 20, 30, 40 атм.

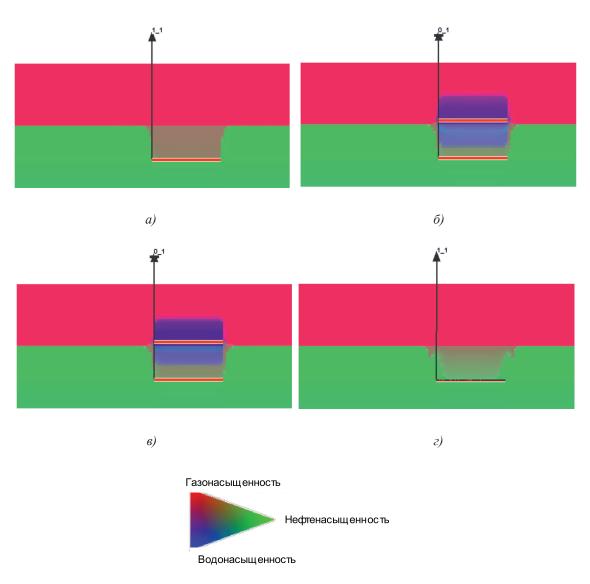


Рис. 3. Изменение насыщенности на последний расчетный шаг в гидродинамической модели для вариантов: а) вариант 1, б) вариант 2, в) вариант 3, г) вариант 4



Рис. 4. График зависимости накопленной добычи и даты выбытия от депрессии

Из сопоставления распределения насыщенности по вариантам на последний расчетный шаг (рис. 3) видно, что гидратный барьер позволяет частично задержать конус газа, однако в дальнейшем загазовывание скважины происходит за счет того, что газ огибает зону расположения барьера. В вариантах с закачкой воды и полимеров картина в целом схожая, однако распространение полимеров имеет более ограниченную область вследствие более высокой вязкости. Ни закачка воды, ни закачка полимеров не позволяет существенно снизить динамику продвижения газа в нефтяную часть.

При более высоких депрессиях процессы загазовывания скважины происходят быстрее по сравнению с вариантами с меньшими депрессиями, однако во всех случаях динамика образования конусов носит схожий характер.

Результаты исследования и их обсуждение

Прогнозные расчеты на гидродинамической модели позволили получить результаты, которые сведены в таблице. Из сопоставления вариантов видно, что конечная накопленная добыча нефти мало зависит от депрессии. При разработке на естественном режиме в базовом варианте накопленная добыча нефти составляет в среднем 34,4 тыс. м³. Применение закачки воды для создания барьера позволяет увеличить нефтеотдачу на 47%. При полимерном заводнении прирост накопленной добычи нефти по сравнению с базовым вариантом составляет 56%. Применение гидратного барьера позволяет

обеспечить рост накопленной добычи нефти в среднем в 2,5 раза.

Результаты расчетов способов разработки на гидродинамической модели

Накопленная добыча	Депрессия, атм					
нефти, тыс.м ³	10	20	30	40		
Базовый вариант	33,9	34,2	34,6	34,9		
Закачка воды	49,2	50,8	51,9	49,9		
Закачка полимера	53,7	52,3	54,9	54,8		
Гидратный барьер	85,7	86	86,3	86,6		

Отдельное внимание стоит обратить, на влияние депрессии на динамику добычи нефти. Несмотря на то, что влияние на конечную величину накопленной добычи нефти незначительно, динамика добычи нефти по данным вариантам существенно разнится. Рассмотрим динамику добычи нефти на примере варианта с гидратным барьером (рис. 4). Из него видно, что при депрессии 40 атм срок работы скважины сокращается как минимум в 4 раза, то есть скважина характеризуется более высокими дебитами и отборами, что в свою очередь может положительно сказываться на экономических показателях. Поэтому величина депрессии для каждого из способов разработки является оптимизируемым параметром.

Выводы

1. Разработан новый способ разработки нефтяных подгазовых зон, основанный на создании гидратного барьера, который позволяет увеличить накопленную добычу нефти для каждой добывающей скважины до 2,5 раз.

- 2. Закачка воды и полимеров в качестве барьера позволяет повысить накопленную добычу нефти на 47–56%.
- 3. Величина депрессии не оказывает существенного влияния на конечную величину накопленной добычи нефти, однако влияет на динамику отборов и является оптимизируемым параметром при технико-экономических расчетах.

Список литературы

- 1. Причины и пути минимизации прорыва газа в добывающие скважины на месторождении им. Ю. Корчагина / Н.В. Дорофеев [и др.] // Нефтепромысловое дело. -2014. -№ 7. C. 5-10.
- 2. Повышение эффективности разработки низкопроницаемых коллекторов месторождений Западной Сибири системой горизонтальных скважин / Н.Р. Кривова [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. № 5. С. 52—57.
- 3. Синцов И.А. Сравнение эффективности применения гидроразрыва пласта и бурения горизонтальных скважин для условий верхнеюрских пластов Нижневартовского свода / И.А. Синцов, А.А. Александров, И.А. Ковалев // Нефтепромысловое дело. 2014. № 4. C. 41—44.

- 4. Новые принципы и технологии разработки месторождений нефти и газа / С.Н. Закиров, Э.С. Закиров, И.С. Закиров, М.Н. Баганова, А.В. Спиридонов. М., 2004. 520 с.
- 5. Способ разработки нефтегазоконденсатного месторождения: пат. 2601707 Рос. Федерация: МПК E21B43/32 / Г.М. Фахртдинова, А.С. Евдокимова, И.А. Синцов, Н.А. Игнатьев.

References

- 1. Prichiny` i puti minimizacii prory`va gaza v doby`vayushhie skvazhiny` na mestorozhdenii im. Yu. Korchagina / N.V. Dorofeev [i dr.] // Neftepromy`slovoe delo. 2014. № 7. P. 5–10.
- 2. Povy`shenie e`ffektivnosti razrabotki nizkoproniczaemy`x kollektorov mestorozhdenij Zapadnoj Sibiri sistemoj gorizontal`ny`x skvazhin / N.R. Krivova [i dr.] // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyany`x i gazovy`x mestorozhdenij. − 2015. − № 5. − P. 52–57.
- 3. Sinczov I.A. Sravnenie e`ffektivnosti primeneniya gidrorazry`va plasta i bureniya gorizontal`ny`x skvazhin dlya uslovij verxneyurskix plastov Nizhnevartovskogo svoda / I.A. Sinczov, A.A. Aleksandrov, I.A. Kovalev // Neftepromy`slovoe delo. 2014. 2014. 2014.
- 4. Novy`e principy` i texnologii razrabotki mestorozhdenij nefti i gaza / S.N. Zakirov, E`.S. Zakirov, I.S. Zakirov, M.N. Baganova, A.V. Spiridonov. M., 2004. 520 p.
- 5. Sposob razrabotki neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya: pat. 2601707 Ros. Federaciya: MPK E21B43/32 / G.M. Faxrtdinova, A.S. Evdokimova, I.A. Sinczov, N.A. Ignat`ev.

УДК 553.041(571.61/.62)

ПРЕДПОСЫЛКИ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТОЙ Au-Mo-(±Cu)-ПОРФИРОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПОКРОВСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ (ГОНЖИНСКИЙ РАЙОН, ВЕРХНЕЕ ПРИАМУРЬЕ)

Хомич В.Г., Борискина Н.Г.

ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: khomich79@mail.ru

Геологическое изучение некоторых крупных горнорудных районов мира показало пространственную и парагенетическую сопряженность на их площади эпитермальных (малоглубинных, вулканогенных) месторождений с мезо-, гипотермальными (порфировыми, плутоногенными), а также их общую принадлежность к сложным, длительно формировавшимся и протяженным (по вертикали) рудно-магматическим системам. Подобные системы всё более привлекают внимание исследователей юго-восточных металлогенических провинций Российской Федерации: Южной Якутии, Юго-Восточного Забайкалья, Верхнего и Среднего Приамурья. В Гонжинском рудном районе (Верхнее Приамурье) известно несколько пространственно разобщенных золоторудных эпи-, мезотермальных (Буринда, Желтунак, Пионерное, Покровское) и Au-Cu-Moпорфировых (Боргуликан, Икан, Игак и др.) месторождений, а также проявлений Мо и Рв. Основная часть рудных полей размещена по обрамлению горстового выступа докембрия в краевых участках раннемеловых интрузивных массивов гранодиоритов-гранитов на сопряжении с субвулканическими, экструзивными телами и эффузивно-пирокластическими покровами среднего и умеренно кислого состава. Учитывая отмеченные особенности геологической позиции месторождений, присутствие на их площади даек, штоков и палеожерловин, а также широкую проявленность зональных ореолов метасоматических преобразований (от пропилитов, фельдшпатолитов, серицитолитов, аргиллизитов до вторичных кварцитов), представляется вероятным развитие на глубоких (диапазон 1-4 км) горизонтах эпитермальных месторождений большеобъемного Au-Mo-(±Cu)-порфирового оруденения, в соответствии с известными геолого-генетическими моделями. Первоочередным объектом, заслуживающим внимания геологоразведчиков, представляется Покровское рудное поле, где возможно пространственное совмещение (в протяженном ->1 км вертикальном диапазоне) эпитермальной Au-Ag минерализации, развитой у современной поверхности и скрытого на глубине порфирового оруденения.

Ключевые слова: золото-молибден-медно-порфировое оруденение, эпитермальные Au-Ag месторождения, Гонжинский рудный район, Верхнее Приамурье

PREREQUISITES TO FINDING OF A CONCEALED Au-Mo-(±Cu)-PORPHYRY MINERALIZATION IN THE POKROVKSKOE ORE FIELD (GONZHA ORE AREA, UPPER AMUR REGION)

Khomich V.G., Boriskina N.G.

Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: khomich79@mail.ru

Geological study of some large ore mining regions of the world shows that epithermal (not deep, volcanogenic) deposits existing there spatially and paragenetically associate with meso- and hypothermal (porphyry, plutonogenic) occurrences, with common belonging to the complex, long-time forming and vertically extended ore-magmatic systems. More and more domestic researchers are turning their attention to similar systems in the southeastern metallogenic provinces of Russian Federation: southern Yakutiya, southeastern Transbaikalia, Upper and Middle Amur regions. The Gonzha ore area in Upper Amur region is known for several spatially disseminated epi- and mesothermal (Burinda, Zheltunak, Pionernoe, Pokrovskoe), Au-Cu-Mo-porphyry (Borgulikan, Ikan, Igak, etc.) gold deposits and manifestations of Mo and Pb. Most ore fields occur in peripheral parts of Early Cretaceous intrusive granodiorite-granite massifs framing the Precambrian horst and are juxtaposing with subvolcanic, extrusive bodies and effusive pyroclastic sheets of medium and moderately acid composition. Taking into account the mentioned features of the deposits' geological disposition, the presence in their areas of dykes, stocks, and paleovolcanic necks, as well as abundant manifestations of zonal metasomatic alterations (from propylite, feldspatholith, cericitolite, and argillizite to secondary quartzite), there is a possibility that deep horizons (to the depth of 4 km) may have sizable epithermal occurrences of Au-Mo-(±Cu)-porphyry mineralization, according to known geological-genetic models. In this connection the Pokrovskoe ore field is worth the prospectors' prior attention. The odds are that the nearsurface epithermal Au-Ag mineralization here spatially conjugates (in vertical extension of more than 1 km) with deeply concealed porphyry mineralization.

Keywords: Au-Mo-(±Cu)-porphyry mineralization, epithermal Au-Ag deposits, Gonzha ore area, Upper Amur region

Факты существования крупнообъемных месторождений порфирового типа всё более привлекают внимание горнодобывающих компаний мира. Это обусловлено ведущим положением порфировых объектов в мировых запасах и добыче (от 50 до 70%) Си, Мо и Аи. Низкие содержа-

ния этих металлов в рудоносных залежах компенсируются большими объемами последних. К тому же ценность порфировых руд существенно возрастает за счет возможности попутного извлечения Re, Pt, Pd, In, Te, Se, Ag, Sn, W и других элементов [1, 2].

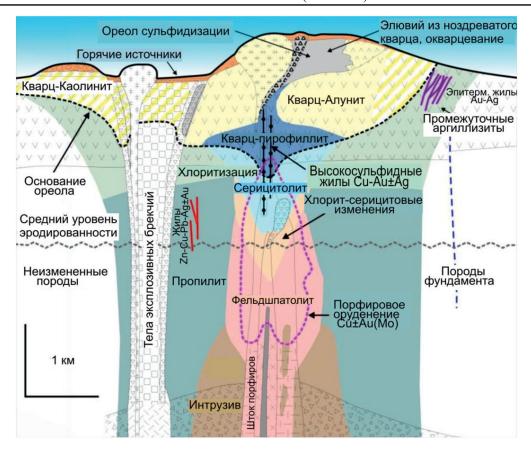


Рис. 1. Геологическая модель (разрез) порфировой рудно-магматической системы. По [4] с некоторыми упрощениями

Цель настоящей публикации — обоснование вероятности обнаружения в Покровском рудном поле (ПРП) Гонжинского района скрытой на глубине Au-Mo-(±Cu)-порфировой минерализации в краевой прикровельной части Сергеевского гранитоидного массива.

Материалы и методы исследования

Детальные геолого-геофизические, тонкие минералого-геохимические, изотопные исследования многих рудных районов мира продемонстрировали пространственную и парагенетическую ассоциируемость некоторых эпитермальных (малоглубинных, вулканогенных) месторождений с мезои гипотермальными (порфировыми, плутоногенными), как и принадлежность тех и других к единым сложным длительно формировавшимся рудно-магматическим системам (РМС). Месторождения порфирового семейства, ассоциирующие с малоглубинными эпитермальными Au-Ag проявлениями, обычно размещаются в полигенных и полихронных РМС в диапазоне глубин 1-4 км от поверхности. Они характеризуются штокверковым строением минерализованных залежей среди вулканогенно-осадочных пород, даек, штоков гранитоидов среднего, умеренно кислого состава над эндоконтактовыми частями рудоносных интрузивных массивов или в их пределах. Зональные ореолы метасоматически преобразованных вмещающих комплексов представлены в таких РМС (снизу вверх) пропилитами, фельдшпатолитами, хлорит-серицитовыми изменениями, серицитолитами, аргиллизитами, вторичными кварцитами, иногда алунитами, «облаками» тонких вкраплений сульфидов и сульфоарсенилов

Признаки повторяемости соотношений ареалов магматических, метасоматических и гидротермальных прожилково-вкрапленных образований во многих металлогенических поясах и провинциях, послужили основаниями к созданию геолого-генетических, геолого-геофизических, геолого-геоморфологических, иных моделей таких РМС. Наиболее востребованными практи-

кой оказались геологические модели, предложенные Дж. Хеденквистом [3] и Р. Силлитое [4], в которых учтена вероятность существования на приповерхностном уровне в порфировых РМС не только ореолов аргиллизации, алунитизации и метасоматического окварцевания, но и эпитермальных проявлений Au-Ag минерализации (рис. 1).

Месторождения и узлы порфировых руд достаточно широко распространены в восточных, северо-восточных районах России и Китая. Многие из них разведаны, а некоторые вовлечены в эксплуатацию. Это Бугдая, Жирекен, Култума, Быстринское (Юго-Восточное Забайкалье), Боргуликан, Икан, Малмыж (Приамурье), Березовское (Приморье), Добаошань, Велугангань, Силинь, Ленцзя, Шанцзяжуань и др. в провинциях Внутренняя Монголия, Цзилинь, Цзяодун, Ляонин, Хэйлунцзян (КНР) [5–7].

Проявления эпитермальной Au-Ag минерализации выявлены далеко не во всех перечисленных провинциях и районах, но там, где таковые обнаружены, геологами разведаны узлы порфирового оруденения мирового класса [8]. В этой связи представляется важным анализ вероятности обнаружения скрытого порфирового оруденения в тех районах и узлах Востока Азии, где известны, эксплуатируются или уже отработаны эпитермальные Au-Ag месторождения. Одним из таких районов в Верхнем Приамурье является Гонжинский [9] (рис. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

В Гонжинском рудном районе, где находится ПРП, известны эндогенные проявления и месторождения разных формационных и минеральных типов [9]. Они размещены преимущественно в интрузивно-эффузивном обрамлении местного выступа докембрия (рис. 2). Типоморфным месторождением Au-Mo-(±Cu)-порфировых руд здесь является Боргуликанское. Его рудоносные залежи с относительно высокими содержаниями Си, Мо, Аи размещены в краевой части Арбинского массива, преимущественно в апикальных эндоконтактовых частях штоков порфировых монцодиоритов – стержневых элементов местной РМС. Залежи представлены мощными (1–3 км) и протяженными (до 12 км и более) зонами метасоматических преобразований (кварцкалишпат-биотитовых, альбит-эпидот-актинолитовых, кварц-серицит-хлоритовых с турмалином, аргиллизитовых, карбонатцеолитовых с флюоритом), содержащих порфировое оруденение из магнетит-борнит-халькопиритовой, пирит-халькопиритмолибденитовой, магнетит-пиритовой ассоциаций [7].

Золотоносные жильно-прожилковые прожилково-метасоматические ПРП также размещены в краевой части, но уже Сергеевского массива раннемеловых гранитов-гранодиоритов амурского комплекса (γ-γδΚ,ν) среди ореолов фельдшпатизации, окварцевания, аргиллизации, гидрослюдизации, сульфидизации и карбонатизации, а также позднемеловых субвулканичесих, экструзивных и эффузивно-пирокластических галькинских (ξK_2) образований [9]. Констатируя широкую проявленность на Покровском месторождении метасоматических преобразований пород, необходимо отметить, что в ПРП, где разведано и фактически отработано эпитермальное Au-Ag оруденение, остаются практически не изученными (глубже 350 м от поверхности) его средние и глубокие горизонты. Им соответствует прикровельная часть Сергеевского гранитоидного массива, перекрытая здесь метасоматически преобразованными галькинскими вулканитами эффузивной и экструзивно-субвулканической фаций [9].

Вместе с тем в северо-западной краевой части ПРП, на участках Дальний и Боровой (рис. 3), среди ускалинских (I,uk) осадочных накоплений и андезитов талданской (αΚ,t) толщи вскрыты у поверхности минерализованные зоны, содержащие до 0,1% Мо (устное сообщение Н.Г. Власова). Они рассматриваются сотрудниками геологической службы OAO «Петропавловск» качестве типичных представителей Аи-Мо-порфирового оруденения. Присутствие такового на одном из флангов ПРП не исключает вероятность обнаружения Au-Mo-(±Cu)-порфировой минерализации и в центральной части площади, скрытой под покровом галькинских (\lambda-\ze{K}_agl) эффузивно-пирокластических отложений, на глубине до 1 км и более. Вполне возможно, что такое скрытое Au-Mo-(±Cu)-порфировое оруденение, представляющее значительный интерес для крупных горнодобывающих компаний, находится между участками Покровка-IV и Водораздельный-Север (рис. 3), где у современной поверхности проявлено интенсивное огипсование вулканитов. В пользу вероятности присутствия на глубоких горизонтах скрытого порфирового оруденения в перекрытой вулканитами части Сергеевского массива, кроме наличия

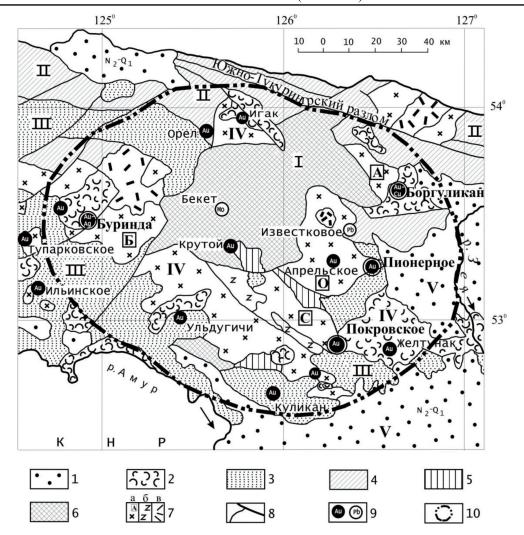


Рис. 2. Структурно-металлогеническая схема Гонжинского рудного района. По [9] с некоторыми уточнениями. 1–7 – разновозрастные геологические комплексы: 1–4 – стратифицированные: 1 – неоген-четвертичный терригенный, 2 – меловой эффузивно-пирокластический, 3 – юрский терригенный; 4 – нижне-среднепалеозойский вулканогенно-осадочный метаморфизованный, включающий одновозрастные магматические образования; 5–6 – интрузивно-метаморфические: 5 – нижнепалеозойско-верхнепротерозойский, 6 – нижнепротерозойско-среднеархейский; 7 – позднемезозойские интрузивные: а – верхнеамурский монцодиоритовый, гранодиорит-гранитный (K₁v), 6 – магдагачинский граносиенит-порфировый (уξπI₃m), в – гранит-порфировый (субвулканический, уπК₂); 8 – крупные разломы; 9 – месторождения и некоторые крупные рудопроявления золота (Au) и других металлов (Cu, Mo, Pb); 10 – контур центра овально-кольцевого сооружения. I–V – Главные тектонические сооружения: I – Гонжинский выступ; II — Монголо-Охотская складчатонадвиговая система; III — Осежинский позднемезозойский (I₂) прогиб, IV — вулкано-плутоническое (I₃–K₂) обрамление выступа, V — кайнозойская Амуро-Зейская депрессия. А–С (в квадратах) крупные интрузивные массивы: А — Арбинский, Б — Буриндинский, О — Ольгинский, С — Сергеевский

- в ПРП молибденит-кварцевой минерализации, свидетельствуют и такие поисковооценочные признаки, как:
- существование надрудного ореола вкрапленной сульфидизации и верхнерудного ореола метасоматического окварцевания (вплоть до вторичных кварцитов и аргилизитов);
- присутствие вблизи современной поверхности, под аллювием, некоторых водотоков (ручьи Сергеевский, Покровский), элювиальных развалов пористого грязносерого халцедоновидного кварца;
- убогосульфидность эпитермальной Au-Ag минерализации Покровского месторождения;

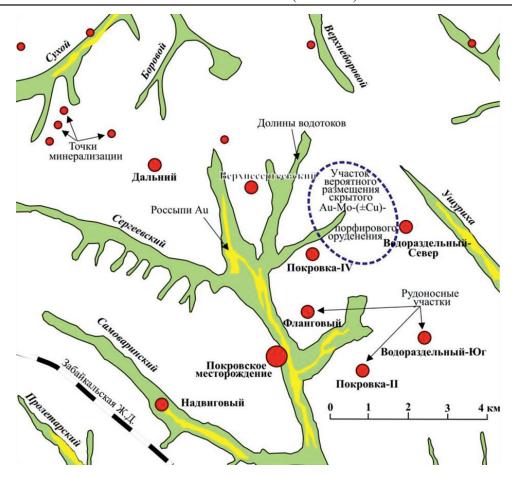


Рис. 3. Схема размещения коренных проявлений и россыпей золота на площади Покровского рудного поля. По материалам геологической службы OAO «Петропавловск»

- наличие на участках Покровска-II и Водораздельный-Юг субэпитермальных галенит-сфалерит-кварцевых прожилковожильных тел:

— обилие даек, силло-, куполо- и неккообразных тел дацитов (ξK_2) и андезитов (αK_1 t), андезибазальтов ($\alpha \delta K_2$?) и гранитпорфиров магдагачинского ($\gamma \pi I_3$ m), верхнеамурского ($\gamma \pi K_1$ v) и гранодиоритов буриндинского ($\gamma \delta K_1$ b) комплексов, а также разновременных (до-, син- и пострудных) тел эксплозивных брекчий и, конечно же, палеовулканических жерловин и штоков [9].

– очевидность формирования порфировой минерализации по двустадийной модели [10]. Очень важным представляется и существование у современной поверхности площадного ореола огипсования метасоматически преобразованных галькинских вулканитов.

Заключение

Обилие на площади Покровского рудного поля специфических поисково-оценоч-

ных признаков, характерных для геологогенетических моделей порфировых РМС, свидетельствует, по мнению авторов, о высокой вероятности существования золото-молибден-порфировой минерализации, не только обнаруженной у современной поверхности на северо-западном фланге Покровской площади, но и скрытого на глубине, не подвергшегося денудации крупнообъемного Au-Mo-(±Cu)-порфирового оруденения в прикровельной части Сергеевского гранитоидного плутона. Один из потенциально перспективных объектов такого типа находится по приведенным выше данным под участком развития ореола огипсования метасоматически преобразованных галькинских вулканитов умеренно кислого и кислого состава. Последние, в полном соответствии с моделью порфировой РМС, продуцировавшей во многих регионах мира, и эпитермальное золото-серебряное оруденение, представлены покровами афировых фельзитов и экструзивными куполами риолито-дацитов и порфировых дацитов.

Работа выполнена при частичной поддержке комплексной программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток», проект № 18-2-015.

Список литературы

- 1. Медно-порфировые месторождения / А.И. Кривцов, В.С. Звездов, И.Ф. Мигачев [и др.]. М.: ЦНИГРИ, 2001. 232 с.
- 2. Sinclair W.D. Porphyry deposits. Geological Association of Canada // Mineral. Dep. Division. Spec. publ. 2007. Vol. 5. P. 223–243.
- 3. Hedenquist J.W. Variable characteristics of ore deposits in the epithermal environment: causes, and exploration implications // Acta Geologica Sinica (English Edition). 2014. Vol. 88. Supp. 2. P. 736–737.
- 4. Sillitoe R.H. Porphyry copper systems // Economic Geology. 2010. Vol. 105. N2 1. P. 3–41.
- 5. Бескин С.М. Медно-порфировое оруденение России: перспективные регионы и площади / С.М. Бескин, А.К. Алексеева. М.: Научный мир, 2016. 78 с.
- 6. Хомич В.Г. Совершенствование минерагенического районирования Восточного Забайкалья на основе геофизических исследований / В.Г. Хомич, Н.Г. Борискина // Геология и геофизика. -2017.-T.58, № 7.-C.1029–1046.
- 7. Пересторонин А.Е. Боргуликанская золото-медная рудно-магматическая система в Приамурской золотоносной провинции / А.Е. Пересторонин // Руды и металлы. -2016. № 1.-C.63—77.
- 8. Малмыж новая крупная золото-медно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине / А.В. Читалин [и др.] // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 3. С. 65—69.
- 9. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Геологическая позиция благороднометалльных месторождений интрузивно-вулканогенного обрамления Гонжинского выступа докембрия (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 3. С. 53—65.
- 10. Плечов П.Ю. Сравнение одно- и двустадийной моделей формирования меднопорфировых месторождений /

П.Ю. Плечов, Н.А. Некрылов, Д. Бланди // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. — 2017. — № 4. — С. 31–38.

References

- 1. Medno-porfirovy`e mestorozhdeniya / A.I. Krivczov, V.S. Zvezdov, I.F. Migachev [i dr.]. M.: CzNIGRI, 2001. 232 p.
- 2. Sinclair W.D. Porphyry deposits. Geological Association of Canada // Mineral. Dep. Division. Spec. publ. 2007. Vol. 5. P. 223–243.
- 3. Hedenquist J.W. Variable characteristics of ore deposits in the epithermal environment: causes, and exploration implications // Acta Geologica Sinica (English Edition). 2014. Vol. 88. Supp. 2. P. 736–737.
- 4. Sillitoe R.H. Porphyry copper systems // Economic Geology. 2010. Vol. 105. N $\!\!$ 1. P. 3–41.
- 5. Beskin S.M. Medno-porfirovoe orudenenie Rossii: perspektivny`e regiony` i ploshhadi / S.M. Beskin, A.K. Alekseeva. M.: Nauchny`j mir, 2016. 78 p.
- 6. Xomich V.G. Sovershenstvovanie mineragenicheskogo rajonirovaniya Vostochnogo Zabajkal`ya na osnove geofizicheskix issledovaniya / V.G. Xomich, N.G. Boriskina // Geologiya i geofizika. 2017. T. 58, № 7. P. 1029–1046.
- 7. Perestoronin A.E. Borgulikanskaya zoloto-mednaya rudno-magmaticheskaya sistema v Priamurskoj zolotonosnoj provincii / A.E. Perestoronin // Rudy` i metally`. – 2016. – № 1. – P. 63–77
- 8. Malmy`zh novaya krupnaya zoloto-medno-porfirovaya sistema mirovogo klassa na Sixote`-Aline / A.V. Chitalin [i dr.] // Mineral`ny`e resursy` Rossii. E`konomika i upravlenie. 2013. № 3. P. 65–69.
- 9. Xomich V.G., Boriskina N.G. Geologicheskaya poziciya blagorodnometall`ny`x mestorozhdenij intruzivno-vulkanogennogo obramleniya Gonzhinskogo vy`stupa dokembriya (Verxnee Priamur`e) // Tixookeanskaya geologiya. − 2006. − T. 25, № 3. − P. 53–65.
- 10. Plechov P.Yu. Sravnenie odno- i dvustadijnoj modelej formirovaniya mednoporfirovy`x mestorozhdenij / P.Yu. Plechov, N.A. Nekry`lov, D. Blandi // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4. Geologiya. 2017. № 4. P. 31–38.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 622.8:662.642

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ САМОВОЗГОРАНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ

Громыка Д.С., Кремчеев Э.А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург, e-mail: poloronta@yandex.ru

Открытая разработка пластовых месторождений полезных ископаемых характеризуется значительным уровнем негативного воздействия на атмосферный воздух, источниками которого могут быть как природные, так и техногенные явления. При оценке экологической нагрузки многие авторы зачастую не принимают во внимание явление эндогенного самовозгорания угля, которое может привести к выделению в атмосферу различных токсичных веществ. В случаях несовершенства системы контроля за данным процессом и несвоевременным принятием противопожарных мер процесс самовозгорания может стать причиной возникновения катастрофических последствий. Особенно остро данная проблема проявляется на объектах, выведенных из эксплуатации, где, в результате отсутствия наблюдения за состоянием очагов горения в пластах и насыпях, происходит бесконтрольный рост температуры в очаге с образованием пожара, площадь которого ежедневно увеличивается. Подобная ситуация наблюдается в зоне влияния буроугольного разреза «Коркинский», где уже более 25 лет наблюдаются очаги эндогенного горения бурого угля. В связи с выводом разреза из эксплуатации необходима разработка мероприятий по его рекультивации, включающих комплекс работ по изоляции очагов эндогенного горения. Проведение данных работ на современном уровне требует создания математической модели процесса, обеспечивающей всестороннее изучение основных параметров процесса самовозгорания, а также оценки интенсивностей выделения основных пожарных газов при разных температурах. В данной работе представлены результаты анализа опыта проведения экспериментальных исследований процессов самовозгорания бурого угля, послуживших основой для создания экспериментальной установки по исследованию процессов самовозгорания и эндогенного горения бурых углей Коркинского разреза.

Ключевые слова: Коркинский разрез, эндогенная пожароопасность, эндогенный пожар, самовозгорание угля, пожарные индикаторные газы

THE APPLICABILITY OF LIGNITE SPONTANEOUS COMBUSTION PROCESS IDENTIFICATION METHODS REVIEW

Gromyka D.S., Kremcheev E.A.

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, e-mail: poloronta@yandex.ru

Strip mining of mineral deposits can have a significant environmental impacts on the atmosphere, which can be technological or natural. While making an environmental impact assessment, many authors disregards coal endogenic spontaneous combustion process, which can lead to emission of toxic constituents. Self-combustion of coal may cause environmental disaster in cases when this process is controlled inadequately or when fire-preventing measures are taken tardily. This problem is particularly acute for retired facilities where uncontrolled rise of the fire source's temperature is taken place as a result of the absence of stockpiles and dumps fire hazard control. Area of those fires extends on a day-to-day basis. Similar situation is presented on Korkinsk's coal mine zone of influence where lignite endogenic combustion sources are observed over the period of 25 years. Due to coal mine in coming retirement, the preparation of its reclamation measures, including endogenic sources isolation is requisite. However, the implementation of this measures is impossible if the advance research of key parameters of self-combustion processes is not conducted, as well as its mathematical model creation and fire gases key compounds different temperature emission analysis. In this article, results of current experience of lignite spontaneous combustion processes experimental researches conduction are presented. This researches may serve as the basis of experimental facility development, which will be used to analyze Korkinsk coal mine lignite.

Keywords: Korkinsk coal mine, endogenic fire hazard, endogenic fire, self-combustion of coal, fire indication gases

Еще с начала XVII века многие ученые занимались изучением причин самовозгорания угля. Многие ученые связывают активизацию данного процесса с каким-то определенным фактором: содержанием в углях пирита, фенолов, бактерий и т.д.; другие ученые используют комплексный подход.

По результатам исследований последних лет [1–4], параметры, определяющие эндогенную пожароопасность, делят на природные и горно-технические. Основным природным фактором является химическая

активность угля к кислороду, а факторы, влияющие на данный параметр, делят на интенсивные (зольность, влажность, теплопроводность, содержание пирита и др.) и экстенсивные (толщина пласта, горное давление и др.). К горно-техническим факторам относят скорость отработки, способ управления кровлей и т.д. [3]. Однако для каждого конкретного месторождения число таких факторов, равно как и количественная оценка степени их влияния на эндогенную пожароопасность, различно, что не

позволяет создать обобщенную модель развития процессов самовозгорания и эндогенного горения.

В связи с отсутствием единого подхода и разрозненностью сведений относительно динамики процессов самонагревания и самовозгорания, в условиях высокой востребованности этих данных, необходимыми видятся новые поисковые исследования.

Материалы и методы исследования

С точки зрения термодинамики процесса самовозгорания, выделяют 3 стадии его протекания: стадия низкотемпературного окисления, стадия самонагревания и стадия самовозгорания [4, 5]. При изучении процесса самовозгорания обычно рассматривается только фаза самонагревания. Эта стадия является самой ранней стадией эндогенного пожара, ее продолжительность определяется инкубационным периодом, то есть отрезком времени, за который температура угля изменится от естественной до критической температуры самонагревания (КТС). Под КТС угля понимают предельное значение температуры в очаге, при достижении которой процесс самонагревания принимает необратимый характер и переходит в возгорание [6].

Для определения продолжительности инкубационного периода существуют как экспериментальные, так и аналитические методы. Так, в работе [7] представлена аналитическая модель для расчета продол-

жительности инкубационного периода, включающая определение константы скорости сорбции кислорода углем в зависимости от ряда параметров: температуры, размера частиц, относительной влажности, времени протекания реакции и степени дезактивации угля во времени. График зависимости, полученный с использованием предложенной модели, представлен на рис. 1. По итогам исследования [7] был сформулирован вывод, что конец инкубационного периода самовозгорания угля можно рассматривать не как достижение КТС, а как достижение им критической влажности, при которой происходит резкое увеличение константы скорости сорбции кислорода углем и, как следствие, быстрый рост температуры угля.

Похожая модель описывается и в методике расчета инкубационного периода самовозгорания угля, приведенной в приказе Ростехнадзора № 680 [8]. В данной методике продолжительность инкубационного периода определяется по формуле

$$\tau_{\text{\tiny HHK}} = \sum \frac{\Delta T}{Q_{\text{\tiny PEH.}} - Q_{\text{\tiny BMII.}} - Q_{\text{\tiny HCII.}}}, \text{ cyt,} \qquad (1)$$

где ΔT — изменение температуры скопления угля за единичный отрезок времени, $K;\ Q_{\rm reh}$ — скорость генерации тепла при взаимодействии кислорода с углем, град/с; $Q_{\rm вып.}$ — скорость выноса тепла воздухом, град/с; $Q_{\rm исп.}$ — скорость выноса тепла за счет испарения, град/с.

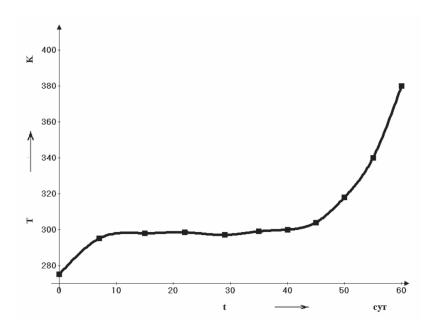


Рис. 1. График расчета инкубационного периода при влажности подаваемого воздуха 100% [7]

В этом же документе представлена экспериментально-аналитическая модель определения константы скорости сорбции кислорода углем. В сорбционные сосуды при температуре 18–20 °С загружается исследуемый уголь фракции 1–3 мм, массой от 50 до 120 г. Сосуды герметично закрываются и термостатируются при температуре 10–20 °С. Через определенные промежутки времени (1, 3 и 5 сут.) из сосудов отбираются пробы и определяется в них убыль кислорода.

Константа скорости определяется по формуле

$$K_{c} = -\frac{V}{H} \cdot \ln \frac{(100 - C_{0}) * C_{\kappa}}{C_{0} * (100 - C_{\kappa})}, \qquad (2)$$

где V- объем воздуха в сосуде, м³; H- масса навески угля, кг; C_0- начальная концентрация кислорода, %; $C_{\rm k}-$ конечная концентрация кислорода, %.

Следует отметить, что экспериментальные методы оценки параметров процесса самонагревания угля основаны на различных видах его анализа. В источнике [9] предложено классифицировать такие методы, разделив на 4 группы:

- 1) классические методы, основывающиеся на определении скорости нагревания при адиабатических условиях;
- 2) термические методы, в основе которых лежит анализ потерь массы при нагревании угля при разных скоростях (при реализации данных методов в качестве приборной базы чаще всего применяют термогравиметрические анализаторы и дифференциальные сканирующие спектрометры ТГА-ДСК);
 - 3) методы анализа энергии активации;
- 4) изотермические методы, использующиеся чаще всего для определения температуры самонагревания угля.

В работе [10] представлена экспериментальная модель, относящаяся к первой группе методов анализа из приведенных в классификации. В данном исследовании изучалась зависимость достигаемой степени конверсии от зольности углей разных месторождений. В работе было установлено, что величина конверсии линейно уменьшается при росте зольности угля при условии, что доля углерода в сростках пропорциональна зольности.

В другом исследовании [11] проведён анализ влияния влажности на скорость температурного окисления угля при его хранении посредством анализа ИК-спектров навесок углей, подвергавшихся окислению атмосферным воздухом. Экспериментально установлено, что изменение степени окисленности угля при экспозиции кислородом в сухой атмосфере при длительном хранении (более 5 месяцев) больше, чем при экспозиции во влажной атмосфере.

Первая группа методов часто используется для определения скорости роста температуры, а также продолжительности инкубационного периода. Например, в работе [9] описывается так называемая R70 модель, которая позволяет оценить среднюю скорость процесса самонагревания в диапазон температур от 40 до 70°С. При этом экспериментальным путем получают график зависимости, отражающий изменение температуры угля во времени (рис. 2).

Термические методы анализа позволяют оценить величину потери массы при различных скоростях нагрева, а также исследовать химические процессы, протекающие при температурах, при которых происходит потеря массы. Например, в работе [12] приведены графики потери массы бурых углей месторождения в штате Гуджарат, Индия. В ходе работы установлено, что величина энергии активации угля падает при росте скорости нагрева.

Помимо кинетических исследований, оцениваются параметры процессов выделения индикаторных пожарных газов при повышении температуры очага самонагревания угля. Подобные исследования в нашей стране чаще всего применяются для торфяных месторождений [13]. Широкая распространенность данного полезного ископаемого на территории России и ряд проблем, проявившихся в последние годы в связи с сокращением объемов добычи и выводом большого числа участков из эксплуатации, требуют разработки научно обоснованных, комплексных мероприятий по снижению пожароопасности. Результаты исследований, представленные в работе [14], указывают, что при нагревании торфа до температуры 250°C в атмосферу выделяются такие газы, как монооксид и диоксид углерода, фенолы, кислородсодержащие соединения. В этом же источнике указывается на зависимость полноты выхода указанных газов от температуры торфа. Таким образом, газовый мониторинг участков торфяных месторождений может стать основой для объективной идентификации эндогенного пожара на ранней стадии с оценкой температурных интервалов в очаге на основе качественной идентификации и количественного анализа индикаторных газов.

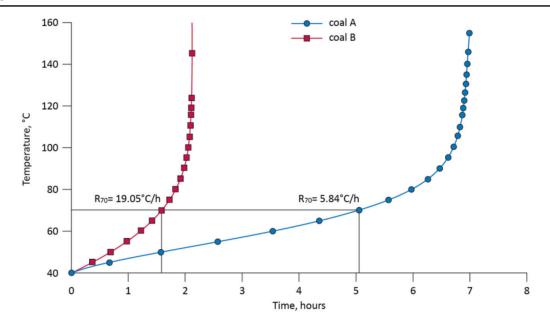


Рис. 2. Кривая самонагревания двух видов угля по модели R70 [9]

Значения индикаторных коэффициентов, полученных в ходе газометрического анализа [16]

Temperature (°C)	47,80	65,40	85,20	105,80	129,60	154,70	173,50	211,00
O ₂ deficency	0,18	0,34	0,96	3,16	6,79	13,79	19,42	20,47
Graham's ratio	1,10	1,50	1,78	2,20	3,13	4,23	6,27	9,11
Morris ratio	5,34	11,60	18,00	24,04	23,23	19,66	14,08	9,46
CO/O ₂ ratio	0,03	0,06	0,08	0,13	0,19	0,22	0,24	0,25
Young's ratio	0,27	0,23	0,20	0,16	0,16	0,18	0,25	0,36

В ряде работ [15–17] предлагается проводить оценку интенсивности роста концентрации угарного газа и уменьшения концентрации кислорода в зависимости от температуры очага самовозгорания. Авторами были использованы следующие критерии, служащие для индикации и прогнозирования параметров процесса самовоз-

горания: коэффициент Грэхема
$$\left(\frac{100 \text{*CO}}{O_{def}}\right)$$

варьируется от 0,4 при нормальном состоянии до 3,0 – в зоне активного горения); ко-

эффициент Юнга
$$\left(\frac{\mathrm{CO_2}}{O_{\mathit{def}}}\right)$$
, а также коэффи-

циент Морриса
$$\left(\frac{N_{excess}}{\text{CO}_2 + \text{CO}}\right)$$
.

Примечание: CO – концентрация угарного газа в воздухе, %; Odef – уменьшение концентрации кислорода в воздухе, %; CO, –

концентрация углекислого газа в воздухе, $N_{\rm excess}$ — прирост концентрации азота по сравнению с фоновыми значениями, %.

Экспериментально были получены сведения о содержании индикаторных газов при различных температурах, а также значения приведенных коэффициентов (таблица).

Указанный метод газового анализа нашел широкое применение в Австралии, где существует рабочая модель СВЗ, использующаяся для анализа газового состава и определения температуры очага [18]. В методе используется расчетная оценка индикаторных коэффициентов, а концентрации исследуемых газов определяются с помощью газового хроматографа (пробоподготовка проводится так же как для теста R70).

Исследование концентрация индикаторных пожарных газов часто проводится в нашей стране для локации очагов эндогенных пожаров при подземной разработке угля. Методы газового мониторинга эндогенной

пожароопасности можно встретить во многих отечественных исследованиях [7, 19]. Суть методов заключается в исследовании зависимости определенного параметра газового состава (влажности, концентрации угарного газа, метана, аэрозоля) от температуры очага подземного пожара. Так как проведенные авторами исследования концентраций общепринятых пожарных газов оказались неудовлетворительны вследствие незначительного изменения их концентраций при температурах ниже КТС, то в некоторых исследованиях в качестве анализируемого параметра предлагается определение концентрации радона [20].

Также перспективным направлением обнаружения очагов самовозгорания является применение геофизических методов [21, 22]. Сущность методов заключается в применении дипольного электропрофилирования и дипольного электропросвечивания штабелей угля. При реализации данного метода электрическое поле создается и регистрируется синхронно перемещаемыми питающим и измерительным диполями, расположенными в разных выработках и ориентированными по высоте выработки [21, 22].

Помимо электроразведки используются и другие физические методы, например оптические и термоакустоэмиссионные [23, 24]. Суть методов заключается в регистрации акустической эмиссии в образце при его нагревании. Так, по результатам исследования [24] была предложена классификация термальной устойчивости углей в зависимости от коэффициента термальной деструкции.

Как обобщение результатов вышеперечисленных методов, а также в качестве самостоятельной группы методов, выступает многомерная классификация. Применение данной методики описано в источнике [25]. В работе были определены эталонные значения параметров, влияющих с различной степенью (вес признака) на эндогенную пожароопасность. По отклонению параметров от эталонных, предложено ранжировать угли по степени опасности самовозгорания.

Результаты исследования и их обсуждение

Выполненный обзор существующих методов исследования процессов самонагревания и эндогенного горения бурого угля различных месторождений позволил оценить возможность применения ранее разработанных методов для реализации более де-

тальных экспериментальных исследований бурого угля Коркинского разреза.

Для получения предварительных сведений о продолжительности инкубационного периода нами было принято решение воспользоваться методикой, приведенной в [7, 8]. Опираясь на материалы исследований качественных характеристик угля Челябинского угольного бассейна [26], влажность угля была принята равной 17%, начальная и критическая температуры — 12 и 60°C соответственно.

Оценка технических возможностей приборной базы Горного университета, и состав экспериментальных установок, описанных в [6, 9, 12], позволили предложить для оценки параметров углей проведение эксперимента по методике, приведенной в [12], с использованием TGA-анализатора, обеспечивающего контроль термического режима при скорости нагрева менее 6°С/мин, и дополнительно соединенным с модулем ДСК, для анализа термических эффектов при основных химико-термических преобразованиях угля. В соответствии с результатами, полученными в работах [6, 14, 16, 20], ожидается обнаружение следующих индикаторных пожарных газов: радон, угарный газ, водород, фенолы, углекислый газ. Также для прогнозирования самовозгорания следует использовать коэффициентыиндикаторы, описанные в работе [16].

Заключение

Проведенные обзорные исследования по методам оценки параметров процессов эндогенного горения позволили разработать план экспериментальных исследований, суть которых заключается в моделировании условий самонагревания бурого угля Коркинского разреза, с оценкой качественного и количественного составов выделяющихся пожарных газов.

В результате планируемого эксперимента ожидается получить зависимости значений концентраций пожарных газов от температуры источника эндогенного горения, на основе которых, опираясь на результаты исследований кинетики процесса, будет проведена оценка продолжительности времени достижения критических значений температуры очага саморазогревания. Эти данные в дальнейшем позволят обоснованно выстраивать логистику комплекса горнотехнических мероприятий по локализации и ликвидации очагов самовозгорания угля на Коркинском буроугольном разрезе, что не только улучшит экологическую ситуа-

цию в районе воздействия открытой горной выработки, но и обеспечит возможность проведения работ по ликвидации и техническому этапу рекультивации открытой горной выработки.

Список литературы

- 1. Ерастов А.Ю. Влияние горного давления на возникновение очагов самовозгорания угля в выработанных пространствах выемочных участков / А.Ю. Ерастов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности 2013.- N = 1.1-C.5--8.
- 2. Минеральные и валентные формы железа и их влияние на окисление и самовозгорание углей / В.В. Коровушкин [и др.] // Горный журнал. 2015. № 11. C. 70—74.
- 3. Сидоренко А.А. Эндогенная пожароопасность шахт Кузбасса / А.А. Сидоренко // Записки Горного института. 2014. № 207. С. 66–69.
- 4. Торро Т.В. Методика, ход и результаты исследования процесса самовозгорания угля / Т.В. Торро, А.В. Ремезов, Г.Н. Роут // Вестник Кузбасского государственного технического университета. -2016. -№ 4. -C. 18–26.
- 5. Jun Deng, Changkui Lei, Yang Xiao, Kai Cao, Li Ma, Weifeng Wang, Bin Laiwang. Determination and prediction on «three zones» of coal spontaneous combustion in a gob of fully mechanized caving face // Fuel. 2018. Vol. 211. P. 458–470.
- 6. Выделение индикаторных пожарных газов при окислении угля на стадиях самонагревания и беспламенного горения / В.Г. Игишев [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. -2015. -№ 4. -C. 55–59.
- 7. Ворошилов А.С. Моделирование самонагревания угля с учетом дезактивации и влияния изменения влажности угля / А.С. Ворошилов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2011. N0 1. C0. 123—130.
- 8. Приказ Ростехнадзора от 01.12.2011 № 680 (ред. от 08.08.2017) «Об утверждении Инструкции по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок» (Зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2011 № 22815). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125667 (дата обращения: 24.05.2018).
- 9. Dr L.L. Sloss. Assessing and managing spontaneous combustion of coal. UK: IEA Clean Coal Centre, 2015, 55 c.
- 10. Чернявский Н.В. Характер выгорания коксов энергетических углей различной зольности в кипящем слое / Н.В. Чернявский, А.Ю. Майстренко, И.Л. Голенко // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2009. № 3. С. 4–11.
- 11. Патраков Ю.Ф. Изменение химического состава и поверхностных свойств при атмосферном окислении угля / Ю.Ф. Патраков, С.А. Семенова, А.С. Усанина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. -2017. -№ 2. -C. 131-139.
- 12. Vimal R. Patel, Rajesh N. Patel, Vandana J. Rao. Kinetic parameter estimation of lignite by thermo-gravimetric analysis // Procedia Engineering. 2013. Vol. 51. P. 727–734.
- 13. Kremcheev E.A., Nogornov D.O. Environmentally Compatible Technology of Peat Extraction // Life Science Journal. 2014. Vol.11. P: 453–456.
- 14. Misnikov, O.S., Dmitriev, O.V., Popov, V.I. et al. The use of peat-based water repellants to modify fire-extinguishing powders // Polym. Sci. Ser. D. 2016. Vol. 9. P. 133.
- 15. Греков С.П. Определение температуры самонагревания угля по соотношению оксида углерода и убыли кислорода на аварийном участке / С.П. Греков, П.С. Пашковский, В.П. Орликова // BEZPIECZENSTWO I TECHNIKA POZARNICZA. -2015. -№ 3. -C. 119–127.

- 16. Moria R., Balusu R., Tanguturi K., Khanal M. Prediction and control of spontaneous combustion in thick coal seams // 13th Coal Operators' Conference, University of Wollongong, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy & Mine Managers Association of Australia. 2013. P. 232–239.
- 17. Tao Xu. Heat effect of the oxygen-containing functional groups in coal during spontaneous combustion processes // Advanced Powder Technology. 2017. Vol. 28 (8). P. 1841–1848.
- 18. Beamish B., Beamish R. Testing and sampling requirements for input to spontaneous combustion risk assessment // Proceedings of the Australian Mine Ventilation Conference. 2012. Vol. 1. P. 15–21.
- 19. Портола В.А. Обнаружение процесса самонагревания угля по содержанию жидкого аэрозоля / В.А. Портола, С.Н. Лабукин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2010. N 2. C. 14–19.
- 20. Контроль очагов самовозгорания на угольных шахтах с помощью измерения плотности потока радона / Г.И. Коршунов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал). -2012. -№ 6. -C. 194–196.
- 21. Опыт применения геофизической съемки и тепловозионного контроля для выявления очагов самонагревания на угольных складах и выбора способа их тушения / А.Ю. Ерастов [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2012. – № 2. – С. 152–156.
- 22. Пат. 2340002 Российская Федерация, МПК G08В 17/117 G08В 25/10. Способ раннего обнаружения пожара и устройство для его реализации. / Дикарев В.И.; заявитель и патентообладатель: Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского. № 2007130046/09; заявл. 06.08.2007; опубл. 27.11.2008; бюл. № 33.
- 23. Нестерова В.Г. Об использовании оптического и термоакустоэмиссионного методов для оценки окисленности ископаемых углей / В.Г. Нестерова, К.Е. Пономарев, Ю.С. Бахтина // Горный информационно-аналитический боллетень (Научно-технический журнал). 2011. № 4. С. 180–187.
- 24. Novikov E.A., Oshkin R.O., Shkuratnik V.L., et al. Application of thermally stimulated acoustic emission method to assess the thermal resistance and related properties of coals. 2018 // International Journal of Mining Science and Technology [electronic source] mode of access: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095268617308959 (date of access: 16.03.2018).
- 25. Голынская Ф.А. Применение метода многомерной классификации по эталонным точкам для определения степени самовозгораемости бурых утлей / Ф.А. Голынская, О.С. Смирнова, Р.А. Никонов // Новые идеи в геологии нефти и газа 2017: сборник научных трудов (по материалам Международной научно-практической конференции). Отв. редактор А.В. Ступакова. 2017. С. 67—71.
- 26. Смолин Д.В. Анализ качества бурых углей и возможности их сжигания на ТЭЦ Челябинской области / Д.В. Смолин, Л.Е. Лымбина // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. 2017.- № 1.- C. 206-210.

References

- 1. Erastov A.Yu. Vliyanie gornogo davleniya na vozniknovenie ochagov samovozgoraniya uglya v vy`rabotanny`x prostranstvax vy`emochny`x uchastkov / A.Yu. Erastov // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol`noj promy`shlennosti – 2013. – № 1.1 – P. 5–8.
- 2. Mineral`ny`e i valentny`e formy` zheleza i ix vliyanie na okislenie i samovozgoranie uglej / V.V. Korovushkin [i dr.] // Gorny`j zhurnal. 2015. № 11. P. 70–74.
- 3. Sidorenko A.A. E`ndogennaya pozharoopasnost` shaxt Kuzbassa / A.A. Sidorenko // Zapiski Gornogo instituta. − 2014. № 207. P. 66–69.

- 4. Torro T.V. Metodika, xod i rezul`taty` issledovaniya processa samovozgoraniya uglya / T.V. Torro, A.V. Remezov, G.N. Rout // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2016. № 4. P. 18–26.
- 5. Jun Deng, Changkui Lei, Yang Xiao, Kai Cao, Li Ma, Weifeng Wang, Bin Laiwang. Determination and prediction on «three zones» of coal spontaneous combustion in a gob of fully mechanized caving face // Fuel. 2018. Vol. 211. P. 458–470.
- 6. Vy`delenie indikatorny`x pozharny`x gazov pri okislenii uglya na stadiyax samonagrevaniya i besplamennogo goreniya / V.G. Igishev [i dr.] // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol`noj promy`shlennosti. 2015. № 4. P. 55–59.
- 7. Voroshilov A.S. Modelirovanie samonagrevaniya uglya s uchetom dezaktivacii i vliyaniya izmeneniya vlazhnosti uglya / A.S. Voroshilov // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol`noj promy`shlennosti. 2011. № 1. P. 123–130.
- 8. Prikaz Rostexnadzora ot 01.12.2011 № 680 (red. ot 08.08.2017) «Ob utverzhdenii Instrukcii po primeneniyu sxem provetrivaniya vy'emochny'x uchastkov shaxt s izolirovanny'm otvodom metana iz vy'rabotannogo prostranstva s pomoshh'yu gazootsasy'vayushhix ustanovok» (Zaregistrirovano v Minyuste Rossii 29.12.2011 № 22815). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125667 (date of access: 24.05.2018).
- 9. Dr L.L. Sloss. Assessing and managing spontaneous combustion of coal. UK: IEA Clean Coal Centre, 2015, 55 s.
- 10. Chernyavskij N.V. Xarakter vy`goraniya koksov e`nergeticheskix uglej razlichnoj zol`nosti v kipyashhem sloe / N.V. Chernyavskij, A.Yu. Majstrenko, I.L. Golenko // E`nergotexnologii i resursosberezhenie. 2009. № 3. P. 4–11.
- 11. Patrakov Yu.F. Izmenenie ximicheskogo sostava i poverxnostny'x svojstv pri atmosfernom okislenii uglya / Yu.F. Patrakov, S.A. Semenova, A.S. Usanina // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. − 2017. № 2. P. 131–139.
- 12. Vimal R. Patel, Rajesh N. Patel, Vandana J. Rao. Kinetic parameter estimation of lignite by thermo-gravimetric analysis // Procedia Engineering. 2013. Vol. 51. P. 727–734.
- 13. Kremcheev E.A., Nogornov D.O. Environmentally Compatible Technology of Peat Extraction // Life Science Journal. 2014. Vol.11. P: 453–456.
- 14. Misnikov, O.S., Dmitriev, O.V., Popov, V.I. et al. The use of peat-based water repellants to modify fire-extinguishing powders // Polym. Sci. Ser. D. 2016. Vol. 9. P. 133.
- 15. Grekov S.P. Opredelenie temperatury` samonagrevaniya uglya po sootnosheniyu oksida ugleroda i uby`li kisloroda na avarijnom uchastke / S.P. Grekov, P.S. Pashkovskij, V.P. Orlikova // BEZPIECZENSTWO I TECHNIKA POZARNICZA. − 2015. № 3. P. 119–127.
- 16. Moria R., Balusu R., Tanguturi K., Khanal M. Prediction and control of spontaneous combustion in thick coal seams // 13th Coal Operators' Conference, University of Wol-

- longong, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy & Mine Managers Association of Australia. 2013. P. 232–239.
- 17. Tao Xu. Heat effect of the oxygen-containing functional groups in coal during spontaneous combustion processes // Advanced Powder Technology. 2017. Vol. 28 (8). P. 1841–1848.
- 18. Beamish B., Beamish R. Testing and sampling requirements for input to spontaneous combustion risk assessment // Proceedings of the Australian Mine Ventilation Conference. 2012. Vol. 1. P. 15–21.
- 19. Portola V.A. Obnaruzhenie processa samonagrevaniya uglya po soderzhaniyu zhidkogo ae`rozolya / V.A. Portola, S.N. Labukin // Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Gorny`j zhurnal. – 2010. – № 2. – P. 14–19.
- 20. Kontrol` ochagov samovozgoraniya na ugol`ny`x shaxtax s pomoshh`yu izmereniya plotnosti potoka radona / G.I. Korshunov [i dr.] // Gorny`j informacionno-analiticheskij byulleten` (Nauchno-texnicheskij zhurnal). 2012. N 6. P. 194–196.
- 21. Opy't primeneniya geofizicheskoj s'`emki i teplovozionnogo kontrolya dlya vy`yavleniya ochagov samonagrevaniya na ugol'ny'x skladax i vy' bora sposoba ix tusheniya / A. Yu. Erastov [i dr.] // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promy'shlennosti. − 2012. − № 2. − P. 152–156.
- 22. Pat. 2340002 Rossijskaya Federaciya, MPK G08B 17/117 G08B 25/10. Sposob rannego obnaruzheniya pozhara i ustrojstvo dlya ego realizacii. / Dikarev V.I.; zayavitel` i patentoobladatel`: Voenno-kosmicheskaya akademiya im A.F. Mozhajskogo. № 2007130046/09; zayavl. 06.08.2007; opubl. 27.11.2008; byul. № 33.
- 23. Nesterova V.G. Ob ispol`zovanii opticheskogo i termoakustoe`missionnogo metodov dlya ocenki okislennosti iskopaemy`x uglej / V.G. Nesterova, K.E. Ponomarev, Yu.S. Baxtina // Gorny`j informacionno-analiticheskij byulleten` (Nauchno-texnicheskij zhurnal). − 2011. − № 4. − P. 180–187.
- 24. Novikov E.A., Oshkin R.O., Shkuratnik V.L., et al. Application of thermally stimulated acoustic emission method to assess the thermal resistance and related properties of coals. 2018 // International Journal of Mining Science and Technology [electronic source] mode of access: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095268617308959 (date of access: 16.03.2018).
- 25. Goly`nskaya F.A. Primenenie metoda mnogomernoj klassifikacii po e'talonny`m tochkam dlya opredeleniya stepeni samovozgoraemosti bury`x uglej / F.A. Goly`nskaya, O.S. Smirnova, R.A. Nikonov // Novy`e idei v geologii nefti i gaza 2017: sbornik nauchny`x trudov (po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii). Otv. redaktor A.V. Stupakova. 2017. P. 67–71.
- 26. Smolin D.V. Analiz kachestva bury`x uglej i vozmozhnosti ix szhiganiya na TE`Cz Chelyabinskoj oblasti/D.V. Smolin, L.E. Ly`mbina// E`nergo- i resursosberezhenie v teploe`nergetike i social`noj sfere: materialy` mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii studentov, aspirantov, ucheny`x. -2017.-N 1.-P. 206-210.