

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,736

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,258

Журнал издается с 2001 г.

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

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

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – П7816

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,736.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,258.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

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

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

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

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

Подписано в печать – 29.11.2019

Дата выхода номера – 29.12.2019

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

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

Техническая редакция и верстка

Байгузова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 23,88

Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/11-2019

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

ФИТОСАНИТАРНЫЙ МОНИТОРИНГ В ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	
<i>Комарова О.П.</i>	9
ИЗУЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ГЕНОФОНДА ХЛОПЧАТНИКА (<i>GOSSYPIUM L.</i>) ПО ХОЗЯЙСТВЕННЫМ И КАЧЕСТВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ ВОЛОКНА	
<i>Назарова А.Б., Акперов З.И., Мамедова Р.Б., Гусейнова Л.А., Абдулалиева Г.С., Мамедова З.Б.</i>	15
ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ В СТЕРИЛЬНУЮ КУЛЬТУРУ <i>IN VITRO</i> САДОВЫХ ЛИЛИЙ ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ	
<i>Панкратова А.А.</i>	20
ПАРАМЕТРЫ СО ₂ /Н ₂ О-ОБМЕНА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ	
<i>Придача В.Б., Ольчев А.В., Сазонова Т.А., Тихова Г.П.</i>	25
АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ <i>MATRICARIA CHAMOMILLA L.</i> НА ПОСЕВНЫЕ И РАННИЕ РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ И РЖИ ПОСЕВНОЙ	
<i>Чегодаева Н.Д., Маскаева Т.А., Лабутина М.В.</i>	31
МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) МЕТОДАМИ ГИС	
<i>Янец П.К., Гадаль С.Ж., Иванова С.А.</i>	37

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТОПЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)	
<i>Андреев Д.В.</i>	43
ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ КОМФОРТНОСТЬ КЛИМАТА ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН	
<i>Андреева Е.С., Андреев С.С.</i>	48
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА ВОРОНЕЖА	
<i>Ашихмина Т.В., Овчинникова Т.В., Сушко Е.А.</i>	54
МОНИТОРИНГ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧЕРНОГО УГЛЕРОДА В ПРИЗЕМНОМ ВОЗДУХЕ В РАЙОНЕ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА	
<i>Виноградова А.А., Копейкин В.М., Смирнов Н.С.</i>	64
ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКО-МОНГОЛЬСКОГО ПРИГРАНИЧЬЯ В РАМКАХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КОРИДОРА КИТАЙ – МОНГОЛИЯ – РОССИЯ	
<i>Жамьянова Ю.Б., Осодоев П.В.</i>	70
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ: ОЦЕНКА И СТРАТЕГИИ РОСТА (НА ПРИМЕРЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА)	
<i>Иванищева Н.А.</i>	76

<hr/>	
ВЛИЯНИЕ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПРИДОРΟЖНЫХ ПРОСТРАНСТВ	
<i>Кайгородов Р.В.</i>	83
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШАННЫХ КОАГУЛЯНТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СВИНЦОВОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД АККУМУЛЯТОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Качалова Г.С.</i>	89
АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ОБЩИХ, БИОХИМИЧЕСКИХ И ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ВОДЕ РЕКИ ВОЛГА И КАНАЛАХ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА БАЛАХНЫ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Козлов А.В., Вершинина И.В.</i>	95
ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Лазарева Ж.В., Демешко В.Н.</i>	101
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ БАКТЕРИЙ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП В МИКРОБНЫХ МАТАХ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОСТРОВА САХАЛИН (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ)	
<i>Лебедева Е.Г., Харитоновна Н.А., Челноков Г.А., Брагин И.В.</i>	107
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ СРЕДНЕЙ ШИРИНЫ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ ОКОЛО МАКСИМУМА РОСТА В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД	
<i>Мазуркин П.М., Кудряшова А.И.</i>	113
ГЕОХИМИЯ, ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ НИЖНЕСИЛУРИЙСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЛАОЕЛИН- ГРОДЕКОВСКОГО ТЕРРЕЙНА (ПРИМОРЬЕ)	
<i>Малиновский А.И., Голозубов В.В., Касаткин С.А.</i>	121
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО УРОВНЮ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ	
<i>Мальшикин Н.Г., Петров Г.Л., Петрова Е.Ю.</i>	128
ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ПОНУРА	
<i>Мамась Н.Н.</i>	134
ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ПРОБЛЕМЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОЛЕНЕКСКОГО УЛУСА С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ	
<i>Николаев А.А.</i>	140
СУММЫ АКТИВНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА (ВЫШЕ 10 °С) НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ	
<i>Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Рахманова Н.В.</i>	148
ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ СОЧЕТАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЯПОНСКОГО МОРЯ	
<i>Ткаченко Г.Г.</i>	154
О НОВОМ АСПЕКТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА	
<i>Топчан В.А., Кривошапкина О.М.</i>	161
ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ГИДРОЗОЛОТВАЛА ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1	
<i>Усманова Л.И.</i>	166

ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ УРБАНИЗАЦИИ И РУРАЛИЗАЦИИ
НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ

Чибилёв А.А. (мл.), Григорьевский Д.В., Мелешкин Д.С.173

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ СНЕГА
ВОКРУГ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Яковлев Е.Ю., Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Очеретенко А.А.179

ОБЗОРЫ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕЩИН В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ
ОТЛОЖЕНИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Прудецкий Н.Д., Соколов К.О., Федорова Л.Л.185

CONTENTS
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)
ARTICLES

PHYTOSANITARY MONITORING IN IRRIGATED AGRICULTURAL LANDSCAPES OF LOWER VOLGA REGION <i>Komarova O.P.</i>	9
STUDYING DIVERSITY OF COTTON PLANT (<i>GOSSYPIUM</i> L.) GENOFUND BY ECONOMIC AND QUALITATIVE CHARACTERSITCIS OF FIBRE <i>Nazarova A.B., Akperov Z.I., Mamedova R.B., Guseynova L.A., Abdulalieva G.S., Mamedova Z.B.</i>	15
FEATURES OF INTRODUCTION OF GARDEN LILIES INTO STERILE CULTURE <i>IN VITRO</i> AT CLONAL MICRO REPRODUCTION <i>Pankratova A.A.</i>	20
PARAMETERS OF CO ₂ /H ₂ O-EXCHANGE IN WOODY PLANTS AS AN INSTRUMENT TO MONITOR AND EVALUATE ENVIRONMENTAL CONDITIONS <i>Pridacha V.B., Olchev A.V., Sazonova T.A., Tikhova G.P.</i>	25
ALLELOPATHIC EFFECT OF <i>MTRICARIA CHAMOMILLA</i> L. UPON SEED AND EARLY GROWTH RATE OF WHEAT AND RYE <i>Chegodaeva N.D., Maskaeva T.A., Labutina M.V.</i>	31
GEOINFORMATION MODELING OF FOREST FIRE RISK IN THE SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA) <i>Yanets P.K., Gadal S.Zh., Ivanova S.A.</i>	37

Earth sciences (25.00.00)
ARTICLES

APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES TO DETERMINE FLOODING IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA) <i>Andreev D.V.</i>	43
ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL COMFORT CLIMATE OF THE ISLAND WEST SPITSBERGEN <i>Andreeva E.S., Andreev S.S.</i>	48
ECOLOGICAL CONDITIONS FOR THE FORMATION OF A COMFORTABLE ENVIRONMENT OF THE CITY OF VORONEZH <i>Ashikhmina T.V., Ovchinnikova T.V., Sushko E.A.</i>	54
MONITORING OF BLACK CARBON CONCENTRATION IN NEAR SURFACE AIR IN THE PECHORA-ILYCH BIOSPHERE RESERVE <i>Vinogradova A.A., Kopeykin V.M., Smirnov N.S.</i>	64
DEMOGRAPHIC POTENTIAL OF THE RUSSIAN-MONGOLIAN BORDER ZONE WITHIN THE FRAMEWORK ECONOMIC CORRIDOR CHINA – MONGOLIA – RUSSIA <i>Zhamyanova Yu.B., Osodoev P.V.</i>	70
INDUSTRIAL POTENTIAL OF THE ORENBURG REGION: EVALUATION AND STRATEGIES OF GROWTH (ON THE EXAMPLE OF A FUEL AND ENERGY COMPLEX) <i>Ivanishcheva N.A.</i>	76

<hr/>	
IMPACT OF WOOD WASTE ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF TECHNOGENIC SURFACE FORMATIONS OF ROADSIDE AREAS	
<i>Kaygorodov R.V.</i>	83
INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF MIXED COAGULANTS IN TREATMENT OF LEAD-CONTAINING WASTE WATER OF ACCUMULATOR PRODUCTION	
<i>Kachalova G.S.</i>	89
ANALYSIS OF VARIABILITY OF GENERAL, BIOCHEMICAL AND ECOTOXICOLOGICAL INDICES IN VOLGA RIVER WATER AND CHANNELS OF BALAKHNA CITY DRAINAGE SYSTEM IN NIZHNY NOVGOROD REGION	
<i>Kozlov A.V., Vershinina I.V.</i>	95
TERRITORIAL ORGANIZATION OF THE INDUSTRIAL TRANSPORT COMPLEX OF THE OMSK REGION	
<i>Lazareva Zh.V., Demeshko V.N.</i>	101
CHEMICAL COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF BACTERIA OF VARIOUS ECOLOGICAL-TROPHIC GROUPS IN MICROBIAL MATS OF MINERAL SPRINGS OF SAKHALIN ISLAND (FAR EAST OF RUSSIA)	
<i>Lebedeva E.G., Kharitonova N.A., Chelnokov G.A., Bragin I.V.</i>	107
REGULARITIES OF THE DYNAMICS OF THE AVERAGE WIDTH OF THE LEAVES OF SILVER BIRCH NEAR THE MAXIMUM GROWTH IN THE VEGETATION PERIOD	
<i>Mazurkin P.M., Kudryashova A.I.</i>	113
GEOCHEMISTRY, POWER SOURCES AND GEODYNAMIC SETTINGS OF THE FORMATION OF UPPER SILURIAN TERRIGENOUS DEPOSITS OF THE LAOELING-GRODEKOVO TERRANE (PRIMORYE)	
<i>Malinovskiy A.I., Golozubov V.V., Kasatkin S.A.</i>	121
ECOLOGICAL-ECONOMIC ZONING OF THE TYUMEN REGION BY LEVEL OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS	
<i>Malyshev N.G., Petrov G.L., Petrova E.Yu.</i>	128
RESEARCH OF THE CONTENT OF ORGANIC MATTER IN BOTTOM SEDIMENTS ON THE EXAMPLE OF THE PONURA RIVER	
<i>Mamas N.N.</i>	134
NATURAL CONDITIONS AND PROBLEMS OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OLENEKSKY ULUS WITH INDUSTRY	
<i>Nikolaev A.A.</i>	140
AMOUNTS OF ACTIVE AIR TEMPERATURES (ABOVE 10 °C) IN THE TERRITORY OF TRANS-BAIKAL TERRITORY	
<i>Noskova E.V., Vakhnina I.L., Rakhmanova N.V.</i>	148
TERRITORIAL COMBINATIONS OF DEPOSITS OF CONSTRUCTION RESOURCES OF THE RUSSIAN PART OF THE COASTAL ZONE OF THE SEA OF JAPAN	
<i>Tkachenko G.G.</i>	154
ABOUT A NEW ASPECT OF ECOLOGICAL TOURISM	
<i>Topchan V.A., Krivoshapkina O.M.</i>	161
HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE WATERS OF INFLUENCED ZONE OF THE CHITA TPP-1 ASH DUMP	
<i>Usmanova L.I.</i>	166
<hr/>	

THE PROCESSES DYNAMICS OF URBANIZATION AND RURALIZATION
IN THE TERRITORY OF THE WESTERN PART OF THE SOUTH PRIURALS

Chibilev A.A. (jr.), Grigorevskiy D.V., Meleshkin D.S.173

SPATIAL DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SNOW SAMPLES AROUND
THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA

Yakovlev E.Yu., Zykova E.N., Zykov S.B., Ocheretenko A.A.179

REVIEWS

ANALYTICAL REVIEW OF RESEARCH METHODS IN QUATERNARY
FRACTURES DEPOSITS OF PERMAFROST ZONE

Prudetskiy N.D., Sokolov K.O., Fedorova L.L.185

СТАТЬИ

УДК 633.3:631.67: 632.7(470.4)

ФИТОСАНИТАРНЫЙ МОНИТОРИНГ В ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Комарова О.П.

ФГБНУ «Всероссийский НИИ орошаемого земледелия», Волгоград, e-mail: komarova62@rambler.ru

В статье рассмотрено влияние орошения на формирование энтомокомплексов. Показано, что орошение является одним из ведущих факторов, способствующих стабилизации фитосанитарной обстановки в агроценозах. В полидоминантных энтомологических комплексах в Нижнем Поволжье в орошаемых агроландшафтах насчитывается 1712 видов насекомых, из которых 1432 вида зарегистрированы в агроценозах и 1579 видов – в сопутствующих биотопах. Представлены данные, показывающие значительные отличия орошаемых и богарных агроценозов по метеорологическим показателям. Так, в течение вегетационного периода среднесуточные температуры воздуха в орошаемых посевах на 2–4 °С ниже в сравнении с неорошаемыми. Показано, что орошение способствует сохранению и частично расширению биоразнообразия энтомокомплексов за счет возрастания численности и видового обилия мезофильных насекомых и, в меньшей степени, гигрофильных видов. Возрастание видового разнообразия и численности мезо- и гигрофилов в посевах орошаемых сельскохозяйственных культур связано в том числе с появлением дополнительных микростаций на орошении (водосбросы, оросительные каналы, пруды-накопители и т.д.), что приводит к повышению общего разнообразия условий среды обитания насекомых. В орошаемых агроландшафтах возрастает устойчивость агроэкосистемы за счет формирования полидоминантной структуры с достаточно большим количеством входящих в нее элементов в сравнении с неорошаемыми. Наряду с отмеченным нами возрастанием биоразнообразия энтомокомплексов, в условиях орошения значительно изменяется их трофическая структура. Анализ данных сравнительных учетов численности энтомофауны показал увеличение на орошаемых посевах относительной численности хищных и паразитических видов насекомых.

Ключевые слова: энтомофауна, фитосанитарный мониторинг, видовой состав, численность, агроландшафты, орошение, Нижнее Поволжье

PHYTOSANITARY MONITORING IN IRRIGATED AGRICULTURAL LANDSCAPES OF LOWER VOLGA REGION

Komarova O.P.

The All-Russian scientific research institute of the irrigated agriculture, Volgograd, e-mail: komarova62@rambler.ru

The article considers the influence of irrigation upon formation of entomocomplexes, shows that irrigation is one of the leading factors, contributing to stabilization of phytosanitary situation in agroecosystem. In polydominant entomological complexes of Lower Volga region in irrigated agricultural landscapes there are 1712 species of insects, of which 1432 species are registered in agroecosystem and 1579 species-in associated bio-topes. The data showing significant differences between irrigated and rain-fed agroecosystem according to meteorological indicators is presented. Thus, during growing season, average daily air temperatures in irrigated crops are 2–4 °C lower in comparison to non-irrigated ones. It is shown that irrigation contributes to conservation and partly to expansion of biodiversity of entomocomplexes due to increase in number and species abundance of mesophilic insects and, to a lesser extent, hygrophilous species. The increase in species diversity and number of meso- and hygrophils in irrigated crops is associated, among other things, with the phenomenon of additional microstations in irrigation (spillways, irrigation canals, storage ponds, etc.), which leads to an increase in the overall diversity of the habitat conditions of insects. In irrigated agricultural landscapes, stability of the agroecosystem increases due to formation of a polydominant structure with a sufficiently large number of elements entering it in comparison to non-irrigated ones. Along with increase in biodiversity of entomocomplexes noted by us, their trophic structure changes significantly in irrigation conditions. Analysing data of comparative studies of entomofauna demonstrated an increase in relative number of predatory and parasitic insect species on irrigated crops.

Keywords: entomofauna, phytosanitary monitoring, species composition, number, agricultural landscapes, irrigation, Lower Volga region

Загрязнение природной среды в последние годы приобрело глобальный характер [1]. Во всех развитых странах мира в настоящее время проявляются отрицательные последствия такого загрязнения. Для контроля состояния окружающей среды одним из приоритетных направлений признано ведение экологического мониторинга, важнейшей частью которого в сельском хозяйстве является фитосанитарный

мониторинг [2, 3]. Эти вопросы чрезвычайно актуальны в связи с огромными масштабами ущерба от вредных организмов, достигающего уровня 20–35, а в отдельных случаях и 100% [4, 5].

В защите растений, как в России, так и за рубежом, ведется постоянный поиск нехимических способов борьбы с вредными организмами [6, 7]. Среди актуальных направлений защиты растений на сегодня

нышнем этапе выделяется направление экологической защиты растений, в которой основным принципом является усиление саморегулирования энтомокомплексов в основном за счет применения нехимических способов защиты посевов, при которых на поле сохраняются полезная энтомофауна и опылители. В этом случае ограниченное применение пестицидов допускается только при превышении плотности популяций вредных организмов выше экономических порогов вредоносности (ЭПВ).

Особенно важна эта проблема в условиях орошения, поскольку орошение земель, благодаря оптимизации водного режима почвы в сочетании с внесением удобрений, способствует не только повышению продуктивности сельскохозяйственных культур в 2,5–4,0 раза и более, но и активизации жизнедеятельности и вредоносности фитофагов.

Цель исследования заключается в поиске путей управления составом и структурой энтомокомплексов в орошаемых полевых севооборотах для формирования стабильных саморегулируемых энтомоценозов и, соответственно, снижения пестицидной нагрузки на агроценозы.

Материалы и методы исследования

Изучение биоразнообразия и численности насекомых в целях мониторинга фитосанитарного состояния в агроландшафтах проводились нами в 1988–2018 гг. в ФГУП «Орошаемое» (Волгоград), являющемся экспериментальной базой ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия». Способ полива – дождевание, режимы орошения, рекомендованные для зоны Нижнего Поволжья: для зерновых культур – предпосевной порог влажности 70% НВ, кормовых культур – 80% НВ.

Для изучения видового состава и динамики численности энтомофауны фитояруса и напочвенного яруса использовали соответственно метод кошения энтомологическим сачком и учета почвенными ловушками по общепринятым и усовершенствованным методикам [8, 9]. Учеты проводили еженедельно в течение вегетационного сезона (с апреля по сентябрь). Почвы опытного участка светло-каштановые тяжелосуглинистые.

Результаты исследования и их обсуждение

Орошение в аридных условиях юга европейской части России является ве-

дущим фактором, позволяющим стабилизировать фитосанитарную обстановку. Устойчивое развитие энтомоценозов здесь определяется повышением их биоразнообразия и оптимизацией трофической структуры. На орошении отмечено формирование преимущественно полидоминантных энтомологических комплексов. За годы наших многолетних исследований (1989–2018 гг.) установлено, что на европейской части России в регионе Нижнего Поволжья, охватывающем Саратовскую, Волгоградскую и Астраханскую области и Республику Калмыкия, в орошаемых агроландшафтах насчитывается 1712 видов насекомых, из которых 1432 вида зарегистрированы в агроценозах и 1579 видов – в сопутствующих биотопах.

Многолетние исследования, начатые нами с 1982 г., позволили получить данные, показывающие значительные отличия орошаемых и богарных агроценозов по метеорологическим показателям. Так, параметры микроклимата, складывающегося в агроценозе люцерны, показывают значительные отличия температуры воздуха в приземном слое (до 0,5 м) орошаемых с использованием дождевания и неорошаемых посевов. Так, разница температуры воздуха в первые 3–4 дня после полива достигала 7–8 °С, в последующие дни эта разница сглаживалась, однако в течение вегетационного периода показатели среднесуточных температур воздуха в орошаемых посевах были ниже на 2–4 °С в сравнении с неорошаемыми. Вместе с тем в орошаемых посевах отмечено повышение относительной влажности воздуха на 20% внутри травостоя и заметное снижение суточных амплитуд температуры воздуха. Такое сглаживание экстремумов температуры воздуха и повышение относительной влажности в условиях орошения за счет улучшения микроклимата повышает комфортность условий обитания насекомых. Микроклимат, складывающийся внутри травостоя в условиях орошения, более комфортен для насекомых – обитателей фитояруса и герпетобия.

Таким образом, можно сказать, что орошение в аридных условиях юга России является одним из основных факторов оптимизации условий жизнедеятельности биоты агроландшафтов. Соответственно, орошение способствует сохранению и частично расширению их биоразнообразия за счет возрастания численности и видового обилия мезофильных насекомых и, в меньшей степени, гигрофильных видов.

Подтверждением высказанного является отмеченная нами приуроченность отдельных видов насекомых, таких, например, как клубеньковые долгоносики, к определенным экологическим условиям. По нашим данным, на орошаемых участках люцерны, наряду с сухолюбивым видом *Sitona crinitus* Hbst., который на посевах без орошения составил 100% сборов всех клубеньковых долгоносиков, часть его экологической ниши занял вид *S. lineatus* L.

Возрастание видового разнообразия и численности мезо- и гигрофилов в посевах орошаемых сельскохозяйственных культур также связано и с появлением новых микростаций на орошении (водосбросы, оросительные каналы, пруды-накопители и т.д.), что приводит к повышению общего разнообразия условий среды обитания насекомых. Таким образом, при орошении появляются дополнительные экологические ниши для гигрофильных насекомых, которые обитают в околводных стациях, а также для ксерофилов, концентрирующихся на неорошаемых участках, таких, например, как углы квадратов при орошении дождевальными машинами кругового действия. В результате благодаря этому в значительной степени растет биологическое разнообразие энтомокомплексов.

В целом на орошении зафиксировано формирование в основном полидоминантных энтомокомплексов, отличающихся высоким видовым разнообразием. По нашим данным, на посевах орошаемой люцерны комплекс энтомофауны насчитывает 254 вида фитофагов, энтомофагов, паразитов и опылителей. Из этого числа видов к доминирующим и субдоминирующим (не менее 5 и 2,5% численности в структуре энтомокомплекса соответственно) относятся 12–15 видов, тогда как на неорошаемых посевах из 159 отмеченных видов преобладают 6–8.

Отмеченное благодаря орошению увеличение видового разнообразия комплексов насекомых обусловливается стабилизацией микроклиматической обстановки в агроценозах. Известно, что способность к саморегулированию и устойчивость агроэкосистемы возможна только при полидоминантной структуре с достаточно большим количеством входящих в нее элементов [5]. Тогда как в монодоминантных сообществах, имеющих невысокое видовое разнообразие, устойчивость биосистем не обеспечивается и здесь возможны вспышки численности фитофагов. В агроландшафтах

с орошением, напротив, в сформированных полидоминантных энтомологических комплексах за счет усиления биоценологических связей численность вредителей, как правило, не достигает экономических порогов вредоносности.

Создание полидоминантной структуры энтомологических сообществ особенно актуально для засушливых агроландшафтов на юго-востоке России, которые находятся на стыке степной и полупустынной зон, агроценозы которых отличаются обедненностью видового состава насекомых.

Изменяющаяся в орошаемых агроландшафтах экологическая обстановка, с одной стороны, обуславливает выращивание качественно новых растений, с другой, непосредственно влияет на развитие и численность вредителей, что отражается на взаимоотношениях между фитофагом и растением, а также на биоэкологических особенностях насекомых, таких как плодовитость, выживаемость, продолжительности отдельных фаз, а также других биологических особенностях популяции.

В растениях, обеспеченных влагой, оптимизируются концентрация клеточного сока и сосущая сила листьев, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности насекомых с колюще-сосущим ротовым аппаратом.

Так, средняя численность люцернового клопа на орошении, по данным наших многолетних исследований, выше в 4,4 раза по сравнению с обилием на неорошаемых посевах, различных видов тлей – в 3,3, цикад – более чем в 3 раза. Орошение люцернового агроценоза также положительно сказалось и на концентрации в посевах мезофильных видов насекомых. Например, численность люцерновой толстоножки на орошении возросла в 2,6 раза по сравнению с богарными посевами. Вследствие этого поврежденность семян брuxофагусом увеличилась в 2,3, а суммарные потери – в 2,4 раза.

Вместе с тем хотелось бы отметить, что создание на орошаемых землях благоприятных для роста и развития растений микроклиматических условий благоприятно воздействовало на морфологические, органообразовательные, физиологические и биохимические процессы растения, что способствовало тем самым значительному росту продуктивности. При этом отмечено и более интенсивное формирование генеративных органов. В целом результаты исследований показывают рост урожайности

семян люцерны за счет усиления репродуктивных функций растений, повышения их компенсаторных свойств. И, таким образом, несмотря на рост вредоносности фитофагов, повреждающих семена, урожайность семенной люцерны, благодаря орошению, увеличилась в 3,5 раза.

Еще одним аспектом влияния изменения микроклиматических параметров почвы и приземного слоя воздуха в условиях орошения является также и изменение фенологии как кормового растения, так и фитофагов. На орошаемых участках, как правило, продолжительность межфазных периодов увеличивается. Так, продолжительность периода до фазы созревания бобов на орошаемой люцерне по нашим наблюдениям увеличивается на 18–20 дней по сравнению с богарными посевами. При этом фенология вредителей на орошении сохраняет свою синхронизацию с фенологическим циклом кормового растения, удлиняясь в среднем до 20–25 дней. Увеличение периода активного питания как личинок и взрослых особей люцернового клопа, так и личинок фитонюса в условиях растянутости за счет орошения фаз ветвления и бутонизации растений, а также удлинение длительности фазы созревания семян, к которой приурочена откладка яиц люцерновой толстоножкой и желтым тихиусом, привела к росту вредоносности всех изучавшихся видов вредителей на 30–40% по сравнению с неорошаемым вариантом.

Орошаемые посева являются также более благоприятным местом обитания для хищных и паразитических насекомых, выполняющих благодаря уничтожению вредителей роль биологической защиты от колюще-сосущих и других вредных для посевов насекомых. Как уже было отмечено, в связи с расширением параметров экологической валентности, а также за счет появления новых экологических ниш и возрастания разнообразия условий в условиях орошения увеличивается видовое обилие энтомофагов, паразитов и опылителей, в числе которых важную роль в качестве полезного компонента энтомокомплексов играют энтомофаги напочвенного яруса. Данные учетов ловушками Барбера показывают, что в среднем за вегетационный сезон на различных культурах численность герпетобионтов в орошаемых агроценозах оказалась в 2,5–12,4 раз выше, чем на богарных вариантах. По нашим данным, в комплексах напочвенных энтомофагов преобладали по численности хищники

из семейства жужелиц (Carabidae). В комплексе напочвенной фауны на орошении представители этого семейства составляли 82,1%, а на неорошаемых – 85,02%.

При этом следует отметить, что на орошаемых посевах в первую очередь численность жужелиц возрастала за счет увеличения численности видов со смешанным типом питания, таких как *Poecilus cupreus* L., *Harpalus (pseudoophonus) rufipes* Deg., *Bembidion properans* Steph., *Clivina fossor* L., *Poecilus nitens* Shaud., *Harpalus distinguendus* Duft. По данным карабидологов, все эти виды жужелиц отмечены как активные хищники фитофагов в агроценозах [8, 9]. И можно говорить о том, что увеличение суммарной плотности жужелиц является одним из наиболее положительных результатов воздействия орошения на карабидофауну.

Основными причинами возрастания обилия полезной биоты под влиянием орошения можно считать значительное изменение микроклимата в фитоярусе и напочвенном ярусе посевов сельскохозяйственных культур в сторону повышения мезофитности, что увеличивает количество экологических ниш для энтомофагов и паразитов, подавляющее большинство которых предпочитают мезофитные и гигрофитные биотопы. Кроме того, в орошаемых агроценозах значительно возрастает общее число беспозвоночных, многие из которых являются кормовой базой для хищников и паразитов [10, 11]. Таким образом, общее увеличение численности энтомофагов при орошении, кроме благоприятного микроклимата, обусловлено также и достаточным количеством питания.

Наряду с отмеченным нами возрастанием биоразнообразия энтомокомплексов, в условиях орошения значительно изменяется их трофическая структура. Анализ данных сравнительных учетов численности энтомофауны показал увеличение на орошаемых посевах относительной численности хищных и паразитических видов насекомых. Так, соотношение общей численности энтомофагов и фитофагов составляет здесь 1:1,9, а в неорошаемых условиях оно увеличивается до 1:6,1. При отмеченном соотношении тлевых (божьих) коровок и фитонюса на орошаемых посевах (1:0,1) хищники полностью уничтожают вредителя. В условиях орошения наблюдается также оптимальное соотношение между численностью энтомофагов (хищные клопы набисы и ориусы, личинки

златоглазок, сирфид) и растительоядных клопов – 1:9. При этом оптимальным считается такое соотношение, когда на одного хищника приходится не более 13 личинок растительоядных клопов [12]. На основании этих данных можно сделать вывод, что в данном случае популяция слепняков подавляется энтомофагами.

На орошаемых посевах соотношение энтомофагов (хищные клопы, златоглазки) и клубеньковых долгоносиков не выходит за пределы 1:0,5. При таком соотношении осуществляется подавление численности вредителя [12]. Соотношение энтомофагов (кокциnellиды, личинки златоглазок, сирфид, хищные клопы) и тлей колеблется от 1:4,2 до 1:6,6, что позволяет хищным насекомым снижать численность афиид до хозяйственно неощутимого уровня.

На неорошаемых посевах при значительном ухудшении соотношений между энтомофагами и вредителями (по фитомусу 1:1,9; растительоядным клопам – 1:19,7; тлям – 1:16,6; клубеньковым долгоносикам – 1:7) естественного регулирования численности вредителей не происходит и при превышении численности фитофагов показателей экономических порогов вредоносности необходимо применение пестицидов для защиты посевов от вредных насекомых.

Заключение

В результате исследований отмечено возрастание в условиях орошения сбалансированности агроэкосистем, их способности к саморегуляции. Стабильность энтомокомплексов агроценозов, что как раз и является целью экологизированной защиты растений, обеспечивается за счет формирования полидоминантных энтомологических комплексов с высоким биоразнообразием и оптимизации их трофической структуры. Несмотря на то, что на орошении зафиксировано увеличение численности фитофагов, на орошаемых посевах складывается более благоприятное соотношение между энтомофагами и вредителями, благодаря чему появляется возможность саморегулирования энтомофауны за счет усиления активности энтомофагов. Тем самым создается реальная возможность сохранения урожая и снижения на орошаемых посевах кормовых культур пестицидной нагрузки на 40–50%.

Список литературы / References

1. Семеренко С.А. Экология и защита растений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всерос-

сийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015. № 4 (164). С. 103–137.

Semerenko S.A. Ecology and plant protection // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. 2015. № 4 (164). P. 103–137 (in Russian).

2. Долженко В.И. Фитосанитарное районирование вредных для сельского хозяйства организмов // «Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов». Материалы V международной научно-практической конференции. 13–17 июня 2011 г. Краснодар: КубГАУ, 2011. С. 24–30.

Dolzhenko V.I. Phytosanitary zoning of organisms harmful to agriculture // «Agrotehnicheskij metod zashhity rastenij ot vrednyh organizmov». Materialy V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 13–17 ijunja 2011 g. Krasnodar: KubGAU, 2011. P. 24–30 (in Russian).

3. Подгорная М.Е., Якуба Г.В., Холод Н.А., Черкезова С.Р., Прах С.В., Талаш А.И., Мищенко И.Г. Закономерности формирования энтомо-акаро-патосистем многолетних насаждений под влиянием абиотических и техногенных факторов и фитосанитарный мониторинг // Научные труды Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. 2015. Т. 7. С. 159–166.

Podgornaja M.E., Jakuba G.V., Holod N.A., Cherkezoza S.R., Prah S.V., Talash A.I., Mishhenko I.G. Regularities of formation of entomo-acaro-pathosystems of perennial plantings under the influence of abiotic and technogenic factors and phytosanitary monitoring // Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo zonal'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva i vinogradarstva. 2015. T. 7. P. 159–166 (in Russian).

4. Захаренко В.А. Рынок пестицидов в России и перспективы его развития // Защита и карантин растений. 2014. № 11. С. 3–6.

Zakharenko V.A. Pesticide market in Russia and prospects of its development // Zashhita i karantin rastenij. 2014. № 11. P. 3–6 (in Russian).

5. Чернышев В.Б. Экологическая защита растений. Членистоногие в агроэкосистеме: учебное пособие. М.: Изд. МГУ, 2001. 136 с.

Chernyshev V.B. Environmental protection of plants. Arthropods in the agroecosystem: a textbook. M.: Izd. MGU, 2001. 136 p. (in Russian).

6. Артохин К.С. Метод кошения энтомологическим сачком // Защита и карантин растений. 2010. № 11. С. 45–48.

Artohin K.S. Entomological sweep-net method // Zashhita i karantin rastenij. 2010. № 11. P. 45–48 (in Russian).

7. Mykhailenko I.L., Smetana O.M. Method to study soil mesofauna as part consortium ecosystem // Pitannja bioindikacii ta ekologii. 2014. № 19–1. P. 151–156 (in Ukrainian).

8. Мелихов В.В., Комаров Е.В., Комарова О.П. Орошение – основа повышения стабильности энтомоценозов в аридных условиях Юго-Востока России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 34–39. DOI: 10.12737/article_5ccedba9876757.12168511.

Melikhov V.V., Komarov E.V., Komarova O.P. Irrigation is the basis for increasing the stability of entomocenoses in arid conditions of the South-East of Russia // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. T. 14. № 1 (52). P. 34–39 (in Russian).

9. Friche T., Egerer S., Matezki S., Pick Ch., Wogram J. 5-Point programme for sustainable plant protection. Environmental Sciences Europe. 2018. Vol. 30. Article 8. DOI: 10.1186/s12302-018-0136-2.

10. Комаров Е.В., Каложная Н.С., Черезова Л.Б. Состав и структура сообществ жесткокрылых насекомых (Coleoptera) как показатель состояния степных экосистем Юго-Востока европейской части России // «Степи северной Евразии: стратегия сохранения природного разнообразия и степного природопользования в XXI веке». Материалы международного симпозиума. Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2000. С. 189–190.

Komarov E.V., Kaljuzhnaya N.S., Cherezova L.B. Composition and structure of Coleoptera communities as an indicator of the state of steppe ecosystems in The South-East of the European part of Russia // «Stepi severnoj Evrazii: strategija sohraneniya prirodnogo raznoobrazija i stepnogo prirodopol'zovanija v XXI veke». Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg: Institut stepi UrO RAN, 2000. P. 189–190 (in Russian).

11. Комаров Е.В., Карпова Т.Л. Состав, структура, распределение комплексов герпетобионтных жесткокрылых (Coleoptera) в орошаемом агроландшафте // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–11. С. 2350–2356.

Komarov E.V., Karpova T.L. Composition, structure, distribution of herpetobiont Coleoptera (Carabidae) in irrigated agricultural landscape // Fundamental research. 2014. № 12–11. P. 2350–2356 (in Russian).

12. Демчук А.Т., Дядечко Н.П., Рубан М.Б. Трипсы на посевах семенной люцерны // Интегрированная защита растений от вредителей и болезней с.-х. культур: сборник научных трудов УСХА. Киев, 1983. С. 11–13.

Demchuk A.T., Djadechko N.P., Ruban M.B. Thrips on seed alfalfa crops // The integrated protection of plants against wreckers and diseases of agricultural cultures: collection of scientific works USHA. Kiev, 1983. P. 11–13 (in Russian).

УДК 633.511:575.113:631.52

**ИЗУЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ГЕНОФОНДА ХЛОПЧАТНИКА
(*GOSSYPIUM* L.) ПО ХОЗЯЙСТВЕННЫМ
И КАЧЕСТВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ ВОЛОКНА**

**Назарова А.Б., Акперов З.И., Мамедова Р.Б., Гусейнова Л.А.,
Абдулалиева Г.С., Мамедова З.Б.**

Институт генетических ресурсов НАН, Баку, e-mail: vusalam_genetic@mail.ru

Представлены результаты трехлетнего (2016–2018) изучения генетического разнообразия хлопчатника (*Gossypium* L.) различного географического происхождения, сохраняемого в Генбанке Института генетических ресурсов НАН Азербайджана. Проведена сравнительная оценка 135 образцов хлопчатника по продуктивным и качественным признакам волокна в полевых и лабораторных испытаниях. Характеристика отобранных для исследования образцов была дополнена новыми данными с включением таких базовых качественных признаков волокна, как верхняя средняя длина (Upper Half Mean Length, UHML), удельная разрывная нагрузка, или прочность (Strength, Str), и микронейр (Micronaire, Mic), тестируемых на электронной системе большого объема HVI (High Volume Instrument) в соответствии с единой международной классификацией. Изучение коллекционного материала выявило, что амплитуда колебания качественных и, особенно хозяйственных признаков чрезвычайно широка. На основании средних статистических данных проведена группировка образцов по степени сходства и различия изучаемых признаков. Для полного представления о потенциале генетического разнообразия местной коллекции изучали корреляционные зависимости между парными признаками. В частности, установлены положительные корреляции в слабой степени (0,15–0,22) между урожаем хлопка-сырца с одного растения и верхней средней длиной (UHML) и средней силы (0,30–0,38) с удельной разрывной нагрузкой (Str) и (0,32–0,44) с микронейром (Mic). В процессе исследования константные генотипы, характеризующиеся комплексным сочетанием качественных и хозяйственных признаков, переданы в местный Генбанк на сохранение. В настоящее время отобранные нами перспективные линии используются в научных исследованиях в качестве исходного материала для эффективной реализации программ различных направлений.

Ключевые слова: хлопчатник, коллекция, генофонд, генетическое разнообразие, микронейр волокна, разрывная нагрузка, корреляция

**STUDYING DIVERSITY OF COTTON PLANT (*GOSSYPIUM* L.) GENOFUND
BY ECONOMIC AND QUALITATIVE CHARACTERSITCIS OF FIBRE**

**Nazarova A.B., Akperov Z.I., Mamedova R.B., Guseynova L.A.,
Abdulaliev G.S., Mamedova Z.B.**

Institute of Genetic Resources of NAS, Baku, e-mail: vusalam_genetic@mail.ru

The results of three-year (2016–2018) study of genetic diversity of cotton (*Gossypium* L.) from various geographical origin, preserved in Gene fund of Genetic Resources Institute of NAS of Azerbaijan are presented. Comparative estimation of 135 samples of cotton by economic and qualitative traits of fibre in field and laboratory researches was undertaken. Characteristic of the samples, selected for research was complemented with new data with inclusion of such basic qualitative traits of fiber as Upper Half Mean Length (UHML), Strength (Str) and Micronaire (Mic), tested on the electronic system of large volume HVI (High Volume Instrument) according to uniform international classification. Studying collection material has revealed that amplitude of fluctuation in qualitative and especially economic traits is extremely wide. At the basis of average statistical data grouping of samples according degree of similarity and distinction of studied traits is presented. A complete presentation of potential of genetic variety of local collection we studied correlation dependences between pair traits. In particular, small positive correlations (0.15–0.22) between crops from one plant and UHML and average force (0.30–0.38) with strength and (0.32–0.44) micronair were established. In course of researching constant genotypes, characterised by complex combination of qualitative and economic traits, were transferred in local Gene bank to preservation. Now the perspective lines selected by us, are used in scientific researches as initial material for effective realisation of programs of various directions.

Keywords: cotton, collection, genofund, genetic diversity, micronaire of fibre, strength, correlation

Хлопчатник систематически относится к биологическому роду Госсипиум (*Gossypium* L.) семейства Мальвовые (*Malvaceae* L.), насчитывающий 51 диплоидный ($2n = 2x = 26$) и тетраплоидный ($2n = 4x = 52$) вид. Эта техническая культура является наиболее важным источником натурального волокна, известного как «Король волокон», пользуется большим спросом на мировом рынке [1, 2]. Хлопковое волокно вносит существенный вклад в экономику многих хлопкосеющих стран мира, в том числе и Азербайджана.

Для удовлетворения непрерывно растущих требований к качеству хлопкового волокна перед селекционерами стоит важная проблема – выведение генетически новых сортов, обладающих качеством во-

Для удовлетворения непрерывно растущих требований к качеству хлопкового волокна перед селекционерами стоит важная проблема – выведение генетически новых сортов, обладающих качеством во-

локна, соответствующим лучшим международным аналогам. Для решения сложной проблемы по созданию более урожайных с улучшенным качеством волокна и устойчивых к болезням сортов хлопчатника необходимо располагать широким генетическим фондом [3–5]. Нехватка генетического разнообразия является препятствием для улучшения культивируемых сортов и видов хлопчатника.

Так, ученые из Узбекистана считают, что сохраняемый генофонд хлопчатника является национальным богатством страны, основой для успешного развития хлопководства, источником полезных признаков для передачи их культивируемым сортам, а также для создания конкурентоспособных сортов, поставляемых на международный рынок [6].

Научные исследования по разработке инновационных методов биотехнологии могут способствовать созданию новых трансгенных сортов хлопчатника. Однако, несмотря на это, проблема качества производимого волокна до сих пор окончательно не решена. Поэтому, наряду с молекулярными методами, исследователи основных хлопковых стран применяют классические методы гибридизации, нацеленные на создание исходного материала, его тщательное изучение, и на этой базе выявляют доноры и сорта с новыми хозяйственно ценными признаками [7].

Изучение биоразнообразия среди 378 сортообразцов хлопчатника, созданных в регионах США различными общественными и частными программами, раскрыло их генетическую структуру, с помощью 120 маркеров SSR и на этой основе идентифицирована степень сходства селекционного материала. Вместе с тем имеется мнение [8] о том, что хотя эти исследования в какой-то степени свидетельствуют об уровнях генетического разнообразия, однако всестороннее исследование все еще необходимо, чтобы полностью охарактеризовать генетическую структуру и эффективнее использовать гермоплазму американских сортов.

В Институте генетических ресурсов НАН Азербайджана в течение многих лет, параллельно с другими культурами, создавалась коллекция хлопчатника различного генетического и экологического происхождения, насчитывающая свыше 1500 образцов, которые признаны национальным достоянием и охраняются законом [9]. Вместе с тем, чтобы служить эффективным источ-

ником для использования в различных научных программах, собранное разнообразие должно постоянно обновляться и сохранять генетическую целостность, согласно международным дескрипторам. Следует отметить, что качественные признаки волокна сортообразцов, сохраняемых в Генбанке, ранее были определены частично, используя национальные стандарты и методы. Поэтому целесообразность изучения сортового генофонда по качественным признакам, тестируемым на электронной системе большого объема типа HVI (High Volume Instrument) в соответствии с единичными Универсальными стандартами разработанными Министерством сельского хозяйства США, является обоснованной. Следовательно, изучение и обогащение генофонда новыми генотипами является приоритетной в сфере хлопководства. С учетом сказанного выше, цель данного исследования – дополнить новыми характеристиками и расширить представление об обновленном генетическом разнообразии хлопчатника, сохраняемом в Генбанке Института генетических ресурсов НАН Азербайджана. В задачу входило отобрать сортообразцы с улучшенным качественным и количественным потенциалом и рекомендовать их для эффективного использования, как в научных исследованиях, так и в практической селекции.

Материалы и методы исследования

Материалом для данного исследования служили 135 сортообразцов хлопчатника (*Gossypium* L.), отобранных из более чем 1500 местных и зарубежных сортов и линий, сохраняемых в национальном Генбанке Института генетических ресурсов АН Азербайджана. Полевые опыты были заложены на территории Апшеронской экспериментальной базы (АЭБ) названного института в 2016–2018 гг. Методология работы разрабатывалась в соответствии с поставленными целями и задачами исследования. В период вегетации агротехника, применяемая на экспериментальном участке, соответствовала общепринятой для выращивания хлопчатника. Впервые тестирование качественных признаков волокна изучаемого сортового разнообразия проводили на электронной системе HVI (High Volume Instrument), в соответствии с Универсальными стандартами США, принятыми всеми хлопковыми странами как международный стандарт. Статистическую обработку полученных результатов про-

водили с использованием компьютерных программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Для развития селекционно-генетических программ по выведению перспективных сортов хлопчатника актуальны исследования, направленные на улучшение потенциала генофонда. Как известно, ценность генетических ресурсов определяется степенью их изученности по комплексу признаков. Это означает, что сохраняемые генетические ресурсы целесообразно периодически корректировать и дополнять новыми сведениями, чему и посвящено данное исследование. В частности, в зависимости от времени формирования местного генофонда качественные признаки волокна оценивались на основе разрозненных методов, тогда как эти признаки являются важнейшими составляющими, от которых зависит стоимость на мировом рынке. Учитывая сказанное выше, впервые представилась реальная возможность обновить характеристику изучаемых образцов в соответствии с единой мировой классификацией.

Одним из главных компонентов качества считается верхняя средняя длина (Upper Half Mean Length, UHML). Это средняя длина самых длинных волокон, составляющих по массе половину испытуемой пробы, выраженная в дюймах. Международные контракты по продаже хлопкового волокна типичны для волокна с показателем, равным 1,10 дюйма, или 28,0 мм. По мнению американских авторов [10], средневолокнистые сорта (*G. hirsutum* L.) с верхней средней длиной (UHML), равной 30,0 мм, считаются уникальными.

Результаты трехлетнего изучения местных и зарубежных сортообразцов хлопчатника выявили достаточно большие колебания этого признака – от 0,96 дюйма, или $24,6 \pm 1,3$ мм у линии K-152 AP-62 до 1,28 дюйма, или $32,7 \pm 1,7$ мм – у местного образца Гянджа 183. Разница является достоверной на 5%-ном уровне значимости. Оценка всего исходного материала показала, что длина волокна у 40 сортообразцов была ниже установленного оптимального предела.

Удельная разрывная нагрузка (Strength, Str) является признаком, характеризующим прочность хлопкового волокна. Абсолютный показатель ее может служить критерием добротности волокна при обязательном учете другого важного свойства

качества – коэффициента зрелости [11]. Волокно считается очень слабым с показателем 23 g/tex и очень прочным с показателем 31 g/tex и выше. При определении цены на хлопковое волокно базисной считается удельная разрывная нагрузка в интервале 23,5–26,4 g/tex. При прочности выше этого интервала за каждый 1 g/tex производится надбавка к цене, а ниже – скидка. Международные контракты при определении цены на хлопковое волокно требуют минимальной величины, равной 28 g/tex. У изученных образцов удельная разрывная нагрузка характеризуется очень широкой амплитудой изменчивости. В частности, минимальная прочность волокна в среднем за 3 года равна $23,7 \pm 0,64$ g/tex у образца K-431 Serman, а максимальная $32,9 \pm 0,9$ g/tex (с колебанием по годам 31,6–34,5 g/tex) – у образца Гянджа 183. Следует отметить, что из всех изученных образцов генетической коллекции выделена группа, состоящая из 18 образцов, разрывная нагрузка волокна которых варьирует в диапазоне $28,5 \pm 1,5 - 32,9 \pm 0,9$ g/tex, как видно, показатели в той или иной степени превышают требуемый норматив.

Микронейр (Micronaire, Mic) также является важным признаком качества, ввиду его прямого влияния на обработку волокна и конечный продукт [12]. Измерительная система типа HVI обеспечивает определение тонины (диаметр) волокна совместно с коэффициентом зрелости. В отличие от других параметров качества, микронейр – единственный признак, который исследователи не стремятся максимально увеличить, как, например, длину волокна, или до минимума уменьшить, как индекс коротких волокон. Ему достаточно оставаться в определенном диапазоне. Базовым считается интервал от 3,5 до 4,9 unit. Микронейр ниже оптимального предела указывает на незрелость волокна, а выше – на грубое волокно, мало пригодное для производства товаров высокого качества. Поэтому в целях приведения качества волокна к международным стандартам введены скидки цен при уменьшении или увеличении установленных норм по 1% на каждые 0,1 значения микронейра. Международные контракты при покупке хлопкового волокна типичны для волокна с показателем микронейра между 3,8–4,6 unit. Сравнительная оценка изучаемых образцов в среднем за 3 года показала широкий размах изменчивости от $3,8 \pm 0,30$ unit (с вариацией по годам 3,5–4,4 unit) у образца Azerb.1/4 до $5,3 \pm 0,06$ unit (с небольшой вариацией по годам 5,2–5,4 unit) – у образца

ГАА- 093 L-8005. В целом основная часть образцов не превышала показатель $4,6 \text{ unit}$, что указывает на оптимальную тонины (диаметр) и зрелость волокна в совокупности. На основе полученных результатов в таблице представлены лишь те сортообразцы ($12,6\%$ от общего количества исследованных), у которых все показатели качественных признаков превосходят международные стандарты.

Однако для полноценной оценки изучаемых образцов, наряду с качественными признаками необходима информация об их продуктивности. Общая урожайность хлопка-сырца является структурно сложным признаком, зависящим от таких компонентов, как масса одной коробочки и количество коробочек на растении. Варьирование крупности коробочки показало разную степень выраженности признака в зависимости от изучаемых сортообразцов. Так, в среднем за три года масса коробочки колебалась от $4,5 \pm 0,04$ до $5,8 \pm 0,07$ г. У образцов, представленных в таблице, минимальной величиной ($4,7 \pm 0,08$ г) характеризуются сортообразцы К-489 Pima-32, ГАА-0977 и Nd 5/40, тогда как максимальный показатель ($5,5 \pm 0,10$ г) – у сортообразцов Гянджа-183 и Nd 5/16. Отмечено, что число коробочек является главным компонентом, опреде-

ляющим хозяйственную продуктивность хлопчатника [13]. Результаты данного исследования свидетельствуют, что количество коробочек в среднем за три года варьирует от $9,0 \pm 0,14$ до $14,6 \pm 0,50$ шт. Образцы Гянджа-120, 95/1 Termez-7, ГАА-0977 и Nd 5/40 отличаются высокими ($12,8 \pm 0,38$ – $13,5 \pm 0,34$ шт.) показателями признака.

Вычисление средних значений урожая хлопка-сырца из расчета на одно растение выявило, что показатели в зависимости от генотипа имеют как оптимальные ($54,7 \pm 1,20$ – $62,3 \pm 1,12$ г), так и высокие ($67,4 \pm 1,19$ – $75,8 \pm 1,72$ г) величины. Следует отметить, что высокий урожай формируется в основном за счет количества коробочек.

Значительный интерес представляет определение корреляционных связей между изучаемыми признаками. Важным фактором является формирование пропорционального соотношения качественных признаков к урожайности. Образцы, сочетающие высокие показатели базовых качественных признаков волокна с оптимальной продуктивностью, являются наиболее эффективным источником при выборе селекционно-генетического направления исследования и подборе исходного материала для гибридизации.

Показатели качественных признаков волокна и урожайность хлопка-сырца коллекционных сортообразцов хлопчатника

№	Наименование сортообразцов	Верхняя средняя длина (UHML)		Удельная разрывная нагрузка (Str), g/tes	Микронейр (Mic), unit	Урожайность хлопка-сырца с одного растения, г
		X, дюйм	X ± Sx, мм			
1	Гянджа-120	1,20	30,4 ± 1,2	28,5 ± 1,5	4,6 ± 0,06	72,1 ± 1,98
2	Гянджа-125	1,22	31,1 ± 0,8	29,9 ± 2,0	4,5 ± 0,17	58,2 ± 0,66
3	Гянджа-156	1,19	30,3 ± 1,0	29,7 ± 1,2	4,6 ± 0,13	67,4 ± 1,19
4	Гянджа-183	1,29	32,7 ± 1,7	32,9 ± 0,9	4,3 ± 0,00	62,3 ± 1,12
5	Гянджа-205	1,15	29,2 ± 0,6	29,0 ± 1,4	4,8 ± 0,13	69,8 ± 1,65
6	ГАА-0977	1,13	28,6 ± 0,8	27,1 ± 1,0	4,3 ± 0,23	73,3 ± 2,07
7	ГАА-09110	1,13	28,7 ± 0,8	29,3 ± 1,7	4,5 ± 0,10	69,6 ± 1,93
8	95/1 Termez-7	1,20	30,6 ± 0,3	29,1 ± 0,54	4,3 ± 0,10	74,8 ± 1,12
9	К-210 504-V	1,27	32,3 ± 0,7	29,8 ± 1,12	4,2 ± 0,10	67,3 ± 1,93
10	К-216 S-6022	1,20	30,6 ± 2,3	29,7 ± 2,52	4,2 ± 0,23	68,2 ± 1,77
11	К-489 Pima-32	1,22	30,9 ± 1,4	29,8 ± 0,71	4,1 ± 0,20	54,7 ± 1,20
12	К-491 Todlo-8	1,16	29,4 ± 2,3	28,7 ± 2,18	4,2 ± 0,71	69,3 ± 1,19
13	К-85 10964	1,21	30,7 ± 0,5	32,3 ± 1,02	4,8 ± 0,13	75,8 ± 1,72
14	Nd 5/40	1,12	28,5 ± 0,3	29,9 ± 0,6	4,6 ± 0,06	70,2 ± 1,55
15	Na 7/64	1,16	29,5 ± 0,7	28,5 ± 1,74	4,6 ± 0,03	67,3 ± 1,43
16	Na 9/32	1,18	30,0 ± 0,6	28,0 ± 1,57	4,9 ± 1,15	65,5 ± 1,86
17	Nd 5/16	1,23	31,2 ± 0,9	27,8 ± 1,53	4,4 ± 1,15	62,3 ± 1,11

Нами установлено, что урожай хлопка-сырца с одного растения по годам в слабой степени (0,15–0,22) положительно коррелирует с верхней средней длиной (UHML), со средней силой (0,30–0,38) – с удельной разрывной нагрузкой (Str) и с микронейром (Mic) (0,32–0,44). Однако по данным ряда исследователей [14] не отмечено никакой корреляции ни с одним из указанных качественных признаков волокна, а по данным других – связи слабые отрицательные [15]. Из данных таблицы можно видеть, что сортообразцы Гянджа-120, 95/1 Termez-7, K-85 10964 и другие образцы с аналогичными данными в течение трех лет сочетали высокое качество волокна с высокой урожайностью, что подтверждает определенную константность независимо от разных годов выращивания растений.

Таким образом, обобщая полученные результаты, изученное разнообразие хлопчатника по степени выраженности признаков можно разделить на группы. Одна группа включает образцы с очень высокими отдельными показателями, которые можно рекомендовать к использованию в селекции на улучшение конкретных признаков. Другая, наиболее ценная, группа образцов характеризуется комплексом положительных признаков, которые способны составить важный генетический резерв местного Генбанка, пригодный для успешного и эффективного использования в селекционно-генетических исследованиях.

Закключение

На основе полученной информации о характеристике изученных признаков можно сделать предварительные выводы о том, что генетические ресурсы значительно различались по качественным и особенно по хозяйственным признакам волокна. Выделено небольшое количество образцов с комплексом положительных признаков, которые могут служить базисом для теоретических и прикладных исследований.

Широкий спектр варьирования исследуемых признаков, установленных только по фенотипическому проявлению, обеспечил общее представление об исходном материале, поэтому для подтверждения полученных результатов будут дополнительно использованы молекулярные технологии. Это позволит с уверенностью установить степень сходства и различия между исследуемыми образцами, открыть новые возможности в обогащении, расширении структуры генофонда и в конечном счете идентифицировать генотипы, пред-

ставляющие практическую значимость для улучшения признаков у будущих сортов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке, оказанной Фондом развития науки при Президенте Азербайджанской Республики, проект (№ EIF-1(1)-40/23-3.).

Список литературы / References

1. Kumbhalkar H.B., Gawande V.L., Gahukar S.J., Waghmare V.N., Mawle S.R., Ingle K.P. Molecular Profiling of Cotton Genotypes for Fibre Properties Using Diagnostic Set of Microsatellite (SSR) Markers. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 2018. Vol. 29. No. 3. P. 1–16. DOI: 10.9734/CJAST/2018/44497.
2. Mohamed W.G., Ibrahim A.E., Abdelsalam N.R. Assessment of Genetic Diversity in some Egyptian Cotton Varieties Based on Molecular and Technological Characteristics. *Egypt*. 2018. Vol. 39. P. 112–123. DOI: 10.21608/ASEJAIQISAE.2018.5797.
3. Bukhari S.A., Iqbal M.A., Naz S., Rahman M.U. Studies on Genetic Diversity of Cotton Using RAPD Markers. *Pure Appl. Bio*. 2014. Vol. 3. No. 3. P. 95–100. DOI: 10.19045/bspab.2014.33002.
4. Khan M.I., Haq H.A., Ullah K., Arshad M., Majid A. Genetic Diversity and Correlation Studies for Cotton Leaf Curl Disease (CLCuD), Fiber & Yield Related Attributes in Exotic Lines of *Gossypium arboreum* L. *AJPS*. 2017. Vol. 8. No. 3. P. 615–624. DOI: 10.4236/ajps.2017.83042.
5. Shakeel A., Azhar M.T., Ali I., Ain G.U., Zia Z.U., Anum W., Ammar A., Zafar A. Genetic diversity for seed cotton yield parameters, protein and oil contents among various Bt cotton cultivars. *Int. J. Bio. Sci*. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 242–251. DOI: 10.12692/ijb/12.1.242-251.
6. Abdullaev F.H., Salahutdinov I.B., Arslanov D.M., Muminov H.A. National information system on a cotton genofund – a basis of its effective utilization. *Materials of Republican scientifically-practical Conference. Institute of genetics and experimental plant biology of AN RUZ. Tashkent*, 2015. P. 164–167.
7. Abdurakhmonov I.Y., Saha S., Jenkins J.N., Buriev Z.T., Shermatov S.E., Scheffler B.E., Pepper A.E., Yu J.Z., Kohel R.J., Abdurakhmonov A. Linkage Disequilibrium Based Association Mapping of Fiber Quality Traits in *G. hirsutum* L. Variety Germplasm. *Journal Genetics*. 2009. Vol. 136. P. 401–417. DOI: 10.1007/s10709-008-9337-8.
8. Tyagi P. The Structure of Genetic Diversity in Upland Cotton (*G. hirsutum* L.) Cultivars and Dissecting the Components of Hybrid Cotton Yield. *Journal of Crop Science*. 2013. P. 47.
9. Акперов З.И., Мамедова С.А., Мамедов А.Т. Мобилизация и сохранение семенного фонда генетических ресурсов растений Азербайджана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 3. С. 655–659.
10. Акперов З.И., Мамедова С.А., Мамедов А.Т. Mobilisation and preservation of seed fund of genetic resources of plants of Azerbaijan // Vavilov journal of genetics and selection. 2012. Vol. 16. № 3. P. 655–659 (in Russian).
11. Smith C.W., Braden C.A., Hequet E.F. Generation Mean Analysis of Near-Long-Staple Fiber Length in TAM 94L-25 Upland Cotton. *Journal of Crop Science*. 2009. Vol. 49. P. 1638–1646.
12. Zeng L., Meredith W.R.Jr. Associations among gLintYield, Yield Components, and Fiber Properties in an Introgressed Population of Cotton. *Journal of Crop Science*. 2009. Vol. 49. P. 1647–1654. DOI: 10.2135/cropsci2008.09.0547.
13. Nafissatou N.L., Hassedine D.F., Olivier K.N., Guy M. Production of New Cotton Interspecific Hybrids with Enhanced Fiber Fineness. *Journal of Agricultural Science*. 2016. Vol. 8. No. 2. P. 46–56. DOI: 10.5539/jas.v8n2p46.
14. Khan N.U., Hassan G., Marwat K.B., Farhatullah B.S., Makhdoom K., Khan I., Khan I.A., Ahmad W. Genetic Variability and Heritability in Upland Cotton. *Pakistan Journal of Botany*. 2009. Vol. 41. No. 4. P. 1695–1705.
15. Rathore P., Gard H.R., Pathak D., Makwana M.C. Association among seed cotton yield and fiber quality traits in American Cotton. *Journal of Crop Improvement*. 2004. Vol. 31. No. 1. P. 107–112.
16. Yaqoob M., Fiaz S., Ijaz B. Correlation analysis for yield and fiber quality traits in Upland cotton. *Communications in Plant Sciences*. 2016. Vol. 6. Issues 3–4. P. 55–60.

УДК 635.9:631.52:581.143.6

ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ В СТЕРИЛЬНУЮ КУЛЬТУРУ *IN VITRO* САДОВЫХ ЛИЛИЙ ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ**Панкратова А.А.***ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Кострома, e-mail: pankratova.anna@yandex.ru*

В статье представлены результаты исследовательских работ по изучению особенностей введения в стерильную культуру *in vitro* садовых лилий на примере азиатской лилии сорта Марлен с целью дальнейшего клонального микроразмножения полученных растений-регенерантов. Исследовательские работы проводились на базе лаборатории биотехнологии растений ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА». В качестве объектов исследований выступали луковицы лилии садовой сорта Марлен. В качестве стерилизующих агентов исходного растительного материала, а именно луковиц, применялись сочетания: этилового спирта и пероксида водорода, этилового спирта и гипохлорита натрия, этилового спирта, гипохлорита натрия и растворов антибиотиков тетрациклина и ампициллина в разных концентрациях и с разной экспозицией. Также дополнительно был проведен сравнительный анализ наилучшего месторасположения вычлняемого экспланта в чешуйках луковиц. Отработана методика введения в стерильную культуру *in vitro* и дальнейшего клонального микроразмножения регенерированных из выделенных эксплантов растений лилий на питательной среде стандартного минерального состава Мурасиге и Скуга. В результате проведенных исследований были установлены: наилучший вариант стерилизации исходного донорского материала лилий – сочетание 70,0% этанола и 20,0% гипохлорита натрия (выход стерильных жизнеспособных эксплантов на данном варианте составил 80,0%) и месторасположение вычлняемого экспланта – в нижней базальной части чешуйки луковицы. Подтверждено оптимальное содержание регуляторов роста в составе питательной среды для регенерации растений, их активного роста и дальнейшего размножения – цитокинин 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л, образования микролуковичек – сочетание цитокинина 6-БАП и ауксина НУК в концентрации каждого регулятора роста 0,5 мг/л.

Ключевые слова: клональное микроразмножение, растение-регенерант, лилия, стерилизация, эксплант, коэффициент размножения

FEATURES OF INTRODUCTION OF GARDEN LILIES INTO STERILE CULTURE *IN VITRO* AT CLONAL MICRO REPRODUCTION**Pankratova A.A.***Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, e-mail: pankratova.anna@yandex.ru*

The article presents the results of research on the study of the features of the introduction of sterile culture *in vitro* garden lilies at the example of Asian lilies Marlene varieties, with the aim of further clonal micro-reproduction of the obtained plants-regenerants. Research was conducted at the laboratory of plant biotechnology of the Kostroma state agricultural Academy. The objects of research were bulbs of lilies garden varieties Marlene. Combinations of ethyl alcohol and hydrogen peroxide, ethyl alcohol and sodium hypochloride, ethyl alcohol, sodium hypochloride and solutions of antibiotics tetracycline and ampicillin in different concentrations and with different exposures were used as sterilizing agents of the original plant material, as well as bulbs. In addition, a comparative analysis of the best location of the extracted Explant in the bulb scales was carried out. The technique of introducing *in vitro* into sterile culture and further clonal micropropagation of lilies regenerated from isolated explants on nutrient medium of standard mineral composition Murashige and Skoog was worked out. As a result of the researches the best variant of sterilizing initial donor material of lilies – a combination of 70,0% ethanol and 20,0% hypochloride of sodium (the yield of sterile viable explants on this variant made 80.0%) and a location of the isolated Explant – in the lower basal part of scales of a bulb was established. The optimal content of growth regulators in the nutrient medium for plant regeneration, their active growth and further reproduction – cytokinin 6-BAP at a concentration of 0.5 mg/l, the formation of micro – bulbs-a combination of cytokinin 6-BAP and auxin NAC in the concentration of each growth regulator 0.5 mg/l was confirmed.

Keywords: clonal micro-reproduction, regenerant plant, Lily, sterilization, Explant, reproduction coefficient

К основным недостаткам традиционных способов размножения лилий относят сравнительно невысокий выход качественного посадочного материала и большую инфекционность растений болезнями.

Метод клонального микроразмножения растений *in vitro* широко применяется для быстрого тиражирования ценных генотипов растений, он является обязательной частью в технологической цепочке по получению оздоровленного посадочного мате-

риала любой культуры. Оздоровление путем стерилизации и дальнейшее введение в культуру *in vitro* растений, полученных из естественных условий произрастания – процесс достаточно трудоемкий и длительный. Основная задача при выполнении работ такого типа должна быть направлена на получение стерильных растительных эксплантов, освобожденных от любого вида инфекции, присутствующей на поверхности и внутри растений, с максимально воз-

можным количеством получаемых стерильных растений-регенерантов.

Введение в культуру *in vitro* растений лилии осуществляется методом вычленения экспланта из чешуек луковицы. Вариантов и методов стерилизации растительного материала существует достаточно много. В литературных источниках встречаются рекомендации применения для этих целей различных стерилизующих растворов и детергентов (в различных концентрациях, с разной экспозицией в зависимости от применяемого вещества и исходного вводимого в стерильную культуру растительного материала).

Цель проводимых нами исследований заключалась в усовершенствовании и оптимизации способов и приемов введения в стерильную культуру *in vitro* садовых лилий с целью последующего клонального микроразмножения культуры.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории биотехнологии растений ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА». В качестве объектов наших исследований служили луковицы азиатской лилии сорта Марлен. Все исследования выполняли в соответствии с общепринятыми методиками [1–3].

Для выполнения работ использовали луковицы лилий, прошедших после осенней уборки период покоя в течение 2 месяцев при температуре + 4 – 6 °С. Для очистки исходного материала от загрязнений и удаления внешней инфекции луковицы предварительно отмывали водопроводной водой с добавлением коммерческого препарата Доместос хлор. Дальнейшую стерилизацию подготовленных луковиц проводили в стерильных условиях ламинар-бокса по следующей схеме (табл. 1).

После проведения поверхностной стерилизации чешуи луковиц разрезали на сегменты, для чего базальную часть каждой

чешуйки с помощью скальпеля разрезали поперечно на три сегмента: нижний, средний, верхний. Из каждого сегмента вырезали экспланты величиной 0,3–0,5 см, которые затем помещали на питательную среду внешней поверхностью вниз. Для культивирования эксплантов за основу брали питательную среду, состоящую из минеральных солей по прописи Мурасиге – Скуга. В качестве регуляторов роста использовали цитокинин 6-бензиламинопурин (6 – БАП) в концентрации, рекомендованной для клонального микроразмножения большинства культур – 0,5 мг/л [3–5]. Первую пересадку на свежую питательную среду микрорастений-регенерантов проводили через 6 недель культивирования.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведения серии исследовательских работ было подтверждено, что успех введения в культуру тканей в большей степени определяется эффективностью стерилизации. Как показал сравнительный анализ, действие различных сочетаний стерилизующих агентов было отличным в зависимости от используемого варианта стерилизации (табл. 2). В нашем случае наиболее удачным вариантом стерилизации исходного материала лилий было сочетание этилового спирта и раствора гипохлорита натрия (вариант стерилизации № 2 – см. табл. 1). Проведение стерилизации данным способом обеспечивало достаточную стерильность материала – количество стерильных эксплантов, образующих почки и микропобеги, достигало 80,0%. Однако до 15,0% растительного материала не удавалось освободить от грибной и бактериальной инфекции, 5,0% введенного в стерильную культуру материала не имели видимых признаков инфицированности, но были нежизнеспособными, т.е. дальнейшая регенерация на них не отмечалась.

Таблица 1

Схема стерилизации исходного растительного материала

Вариант стерилизации	Стерилизующий агент	Концентрация, %	Экспозиция, мин/сек
1	Этиловый спирт	70,0	10 с
	Пероксид водорода	3,0	25 мин
2	Этиловый спирт	70,0	10 с
	Гипохлорит натрия	20,0	7 мин
3	Этиловый спирт	70,0	10 с
	Гипохлорит натрия	20,0	10 мин
	Тетрациклин, ампициллин	5,0	7 мин

Таблица 2

Жизнеспособность выделенных эксплантов лилий в условиях *in vitro*, %

Вариант стерилизации	Стерилизующий агент	Выход стерильных эксплантов	Число инфицированных эксплантов	Число нежизнеспособных эксплантов
1	Этиловый спирт	2,0	90,0	8,0
	Пероксид водорода			
2	Этиловый спирт	80,0	15,0	5,0
	Гипохлорит натрия			
3	Этиловый спирт	72,0	8,0	20,0
	Гипохлорит натрия			
	Тетрациклин, ампициллин			

Совместное применение этилового спирта, растворов гипохлорита натрия, растворов антибиотиков тетрациклина и ампициллина (вариант стерилизации № 3 – см. табл. 1) обеспечивало стерилизующий эффект растительного материала несколько ниже по сравнению с предыдущим вариантом стерилизации – 72,0%. Несмотря на то, что антибиотики губительно действуют на микроорганизмы, в нашем случае они оказывали токсическое влияние непосредственно и на сами экспланты. Число нежизнеспособных эксплантов составляло 20,0%, число инфицированных эксплантов – 8,0%.

Среди всех изученных стерилизующих агентов 3,0% раствор пероксида водорода показал наименьший стерилизующий эффект, инфицированность эксплантов составляла 90,0%, которая состояла в основном из грибной микрофлоры и введенные побеги через 5–7 суток погибали – 8,0%. Количество полученных стерильных эксплантов на данном варианте не превышало 2,0% (вариант стерилизации № 1 – см. табл. 1).

Инфицированность и жизнеспособность эксплантов отмечалась, независимо от изначального их месторасположения в чешуе луковицы.

Таким образом, было установлено, что наилучшим вариантом для стерилизации чешуй луковиц в наших исследованиях оказался вариант № 2, т.е. сочетание 70,0%-ного этанола с экспозицией 10 с и использование в качестве основного стерилизующего агента 20,0% гипохлорита натрия с экспозицией 7 мин.

Начало развития адвентивных микропобегов наблюдали через 2 недели после введения в культуру на всех вариантах опыта, более активная регенерация которых отмечалась на эксплантах, вырезанных из нижней базальной части чешуи по сравнению

с сегментами, вырезанными из средней и верхней частей – 98,0%, (табл. 3).

Таблица 3

Регенерация растений лилий после введения в стерильную культуру *in vitro*, %

Расположение экспланта в чешуе	Процент регенерированных растений
нижнее	98,0
среднее	77,0
верхнее	54,0

На протяжении этапа «собственно микроразмножение» растений из биометрических показателей проводили учет прироста растений в высоту (рис. 1). Через месяц после начала активной регенерации высота растений варьировала от 3,5 до 6,0 см, каждый последующий месяц высота растений увеличивалась в среднем на 2 см и через 3 месяца составляла в среднем 7,5–9,0 см.

Наглядно поэтапное развитие растений-регенерантов лилий после введения эксплантов в стерильную культуру, а также на этапе «собственно микроразмножение» представлено на рис. 2, 3.

Для последующего формирования микролуковичек использовали питательную среду Мурасиге и Скуга, содержащую в своем составе кроме цитокинина 6 – БАП (0,5 мг/л) также ауксин НУК (нафтилуксусную кислоту) в концентрации 0,5 мг/л.

Более высокие значения основных анализируемых показателей развития растений-регенерантов, а именно, значения коэффициента размножения – 5,0 шт. микролуковичек/эксплант и размера образовавшихся луковичек – в среднем 2,8 мм также были отмечены на эксплантах вырезанных с нижней части чешуи по сравнению с эксплантами со средних и верхних сегментов чешуи (табл. 4).

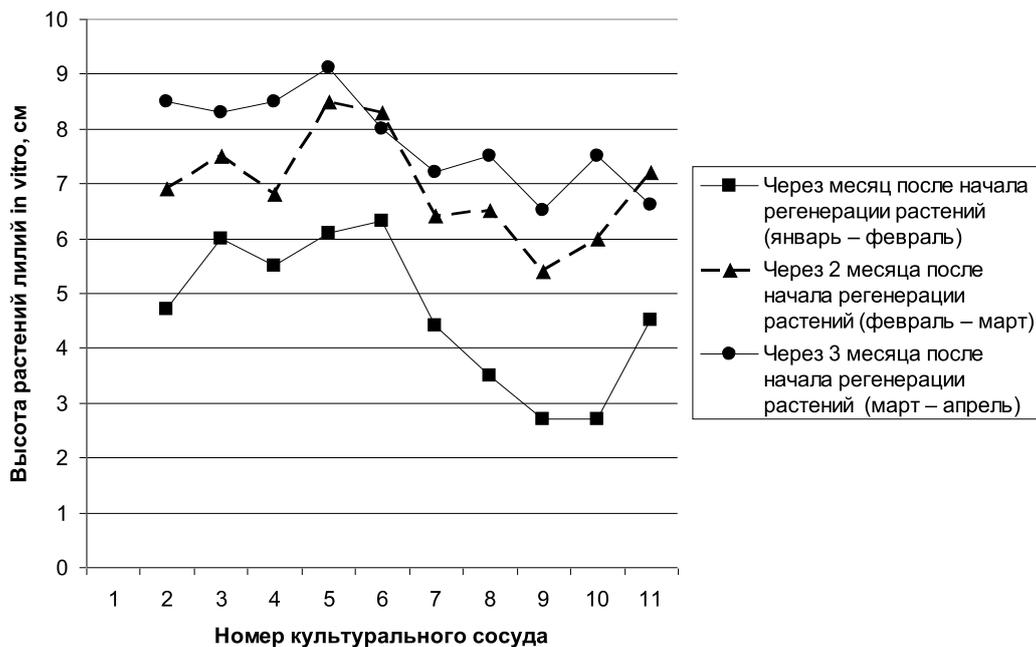


Рис. 1. Динамика увеличения высоты растений-регенерантов лилий на этапе «собственно микроразмножение», см

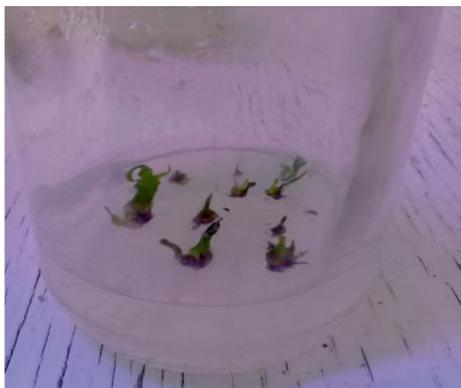


Рис. 2. Регенерация растений лилий на эксплантах (через 2 недели после начала регенерации)



Рис. 3. Микрорастения лилий, регенерированные из эксплантов (через 1,5 месяца после начала регенерации)

Таблица 4

Показатели развития растений-регенерантов лилий после введения в стерильную культуру *in vitro*

Расположение экспланта в чешуе	Коэффициент размножения, шт. микролуковичек/эксплант	Средний размер луковичек, мм
нижнее	5,0	5,5
среднее	2,5	4,3
верхнее	2,0	1,8
НСР ₀₅	1,07	0,83

Таким образом, было установлено, что при наличии достаточного количества исходного донорского материала для введения в стерильную культуру предпочтительней использовать только базальную часть чешуй луковиц размером, не превышающим 1,0–1,5 см.

Наглядно конгломерат растений-регенерантов лилий с формирующимися микролуковицами представлен на рис. 4.



Рис. 4. Формирование микролуковиц на растениях лилий сорта Марлен

Устойчиво растущая стерильная культура лилий *in vitro* представлена на рис. 5.



Рис. 5. Устойчиво растущая стерильная культура *in vitro* лилий сорта Марлен

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что для введения в стерильную культуру лилий, путем вычленения эксплантов из чешуй луковиц наиболее эф-

фективно применение сочетания 70,0%-ного этанола с экспозицией 10 с и 20,0%-ного гипохлорита натрия – 7 мин, что обеспечивало более высокий выход стерильных жизнеспособных растений – 80,0% по сравнению с другими испытуемыми вариантами. Также было подтверждено, что вычленять экспланты предпочтительней из нижней части чешуй луковицы, что в свою очередь позволяет получать до 98,0% успешно регенерированных растений с более качественными биометрическими показателями, а именно размером микролуковичек *in vitro* 5,5 мм и коэффициентом размножения – 5,0 шт./эксплант.

Таким образом, применение метода клонального микроразмножения может оказаться весьма полезным и перспективным направлением в размножении ценных сортов и гибридов лилий, особенно если в качестве исходного донорского материала имеется ограниченное количество луковиц. Кроме того, постоянное поддержание растений в стерильной культуре *in vitro* может служить своеобразным банком для сохранения и поддержания генофонда наиболее ценных сортов и гибридов культуры.

Список литературы / References

1. Калашникова Е.А., Кочиева Е.З., Миронова О.Ю. Практикум по сельскохозяйственной биотехнологии. М.: КолосС, 2006. 144 с.
2. Kalashnikova E.A., Kochieva E.Z., Mironova O.Y. Workshop on agricultural biotechnology. M.: KolosS, 2006. 144 p. (in Russian).
3. Соколова М.А. Некоторые аспекты клонального микроразмножения лилий // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 65. С. 125–129.
4. Sokolova M.A. Some aspects of clonal micro-reproduction of lilies // Subtropical and ornamental gardening. 2018. № 65. P. 125–129 (in Russian).
5. Мокшин Е.В., Лукаткин А.С. Клональное микроразмножение ценных гибридов лилий // Патент РФ № 2384050. Патентообладатель ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева». 2010. Бюл. 8.
6. Mokshin E.V., Lukatkin A.S. Clonal micropropagation of valuable Lily hybrids // Patent RF № 2384050. Patentobladatel' GOU VPO «Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogareva». 2010. Byul. 8. (in Russian).
7. Мокшин Е.В. Морфо-физиологические особенности клонального микроразмножения *in vitro* различных сортов лилий (*Lilium* L.) и гладиолусов (*Gladiolus* L.): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Нижний Новгород, 2005. 20 с.
8. Mokshin E.V. Morpho-physiological features of clonal micro-reproduction *in vitro* of different varieties of lilies (*Lilium* L.) and gladiolus (*Gladiolus* L.): avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Nizhny Novgorod, 2005. 20 p. (in Russian).
9. Шестибратов К.А., Салмова М.А., Алпатова А.А., Азаров А.Б. Способ клонального микроразмножения сирени // Патент РФ № 2457669. Патентообладатель ООО Научно-производственное предприятие «МИКРОКЛОН». 2012.
10. Shestopalov K.A., Salimova M.A., Alpatova A.A., Azarov A.B. Method of clonal micropropagation of lilac // Patent RF № 2457669. Patentobladatel' OOO Nauchno-proizvodstvennoye predpriyatiye «MIKROKLON». 2012. (in Russian).

УДК 630.181:574.24

**ПАРАМЕТРЫ CO₂/H₂O-ОБМЕНА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ
КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА
И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

¹Придача В.Б., ²Ольчев А.В., ¹Сазонова Т.А., ¹Тихова Г.П.

¹*Институт леса, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск, e-mail: pridacha@krc.karelia.ru;*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, e-mail: aoltche@gmail.com*

Представлены результаты экспериментальных и модельных исследований составляющих углеродного и водного обмена древесных растений таежной зоны европейской территории России, а также оценки возможного отклика лесных экосистем региона на изменения климата в будущем. Для решения поставленных задач исследовано влияние абиотических факторов на суточную изменчивость составляющих CO₂/H₂O-обмена, а также водного потенциала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) на протяжении вегетационного периода в среднетаежном сосняке черничном свежем (Южная Карелия). Программа измерений параметров CO₂-газообмена в полевых условиях включала получение углекислотных и световых кривых фотосинтеза при разных температурах воздуха и температурных зависимостей темнового дыхания. В ходе измерений выявлено сходство влияния абиотических факторов на величину водного потенциала хвойных и лиственных видов, в частности в июле – фотосинтетически активной радиации (ФАР), в августе – дефицита упругости водяного пара (VPD), в сентябре – температуры воздуха, что указывает на сходные механизмы адаптации систематически разных видов, произрастающих в одном климатическом регионе. Выявленные в июне межвидовые отличия доминирующего влияния факторов среды на водный обмен сосны (VPD) и березы (ФАР) обусловлены биологическими особенностями формирования побегов и листьев исследуемых видов в период интенсивного роста. Анализ показателей CO₂-газообмена выявил у сосны более низкие значения параметров фотосинтеза по сравнению с березой, что, вероятно, обусловлено более эффективной работой фотосинтетического аппарата лиственных пород в условиях Карелии. Полученные результаты изменчивости составляющих CO₂/H₂O-обмена древесных растений были использованы для модельного исследования возможного отклика CO₂/H₂O-обмена сосновых лесов Карелии на будущие климатические изменения, показавшего тенденцию к увеличению интегрального CO₂ обмена и эвапотранспирации сосняков при сценарии климата, имитирующем умеренный рост температуры воздуха в регионе к концу 21 века (A1B).

Ключевые слова: сосна обыкновенная, береза повислая, водный потенциал, устьичная проводимость, фотосинтез, изменения климата, CO₂/H₂O-обмен таежных лесов

**PARAMETERS OF CO₂/H₂O-EXCHANGE IN WOODY
PLANTS AS AN INSTRUMENT TO MONITOR
AND EVALUATE ENVIRONMENTAL CONDITIONS**

¹Pridacha V.B., ²Olchev A.V., ¹Sazonova T.A., ¹Tikhova G.P.

¹*Forest Research Institute, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Science,
Petrozavodsk, e-mail: pridacha@krc.karelia.ru;*

²*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: aoltche@gmail.com*

The results of experimental and modeling studies of the components of carbon and water exchange in woody plants of the taiga zone of European Russia, as well as assessment of the possible response of the region's forest ecosystems to future climate change are presented. To achieve the main objective of the study the possible effects of various abiotic factors on the daily variation of CO₂/H₂O exchange and the water potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth) trees during a growing season in a fresh bilberry pine forest in middle taiga (South Karelia) were researched. During the field measurements the main attention was paid to the response of the leaf photosynthesis to incoming solar radiation and air temperature, as well as of the influence of the air temperature upon dark respiration variation. The results of the field measurements revealed a similar effect of different abiotic factors upon water potential of both coniferous and deciduous species: PAR rate mainly influenced the water potential in July, water vapor deficit – in August, and air temperature – in September. It suggests that taxonomically different species growing in the same climatic region may have similar adaptation mechanisms. The discovered interspecies differences in the response of water exchange to environmental factors in June that are manifested in the prevailed influence of water vapor deficit on the water exchange of pine and PAR on the water exchange of birch occur due to biological traits of the formation of shoots and leaves (needles) the trees during the period of their intensive growth. Analysis of key CO₂ exchange parameters revealed lower photosynthesis rates of pine needles in comparison to birch leaves, probably due to higher photosynthetic efficiency of leaves of deciduous tree species in Karelia. Analysis of the possible response of the CO₂/H₂O exchange of the Karelian pine forests to future climate change showed that increased air temperature and precipitation accompanied by decreased incoming solar radiation (SRES A1B scenario) may result in increase in net CO₂ exchange and evapotranspiration rate of Karelian pine forests by the end of the 21st century.

Keywords: scots pine, silver birch, water potential, stomatal conductance, photosynthesis, climate change, CO₂/H₂O exchange of boreal forests

Бореальные леса покрывают значительные площади поверхности суши северного полушария, оказывая существенное влияние на региональные и глобальные климатические условия [1]. На территории России сосредоточено более половины всех бореальных лесов планеты. В последнее время исследованию бореальных экосистем северного полушария уделяется повышенное внимание, поскольку для этой зоны прогнозируются наиболее значительные климатические изменения, сопровождаемые ростом температуры, изменением режима осадков и ростом повторяемости аномальных явлений погоды, что, как следствие, может привести к существенным изменениям в структуре и функционировании таежных экосистем. В этой связи особую актуальность получает задача исследования возможных ответных реакций наземной растительности на изменения условий внешней среды (температуру воздуха, газовый состав атмосферы, влагообеспеченность почвы и др.) [2, 3]. Метаболический отклик на воздействие факторов внешней среды у отдельных видов растений зависит как от интенсивности и направленности этих воздействий, так и от физиологических характеристик самих растений [4, 5]. Поэтому межвидовая оценка адаптивного потенциала растений представляет особый интерес при прогнозировании их возможного отклика на изменения природной среды и климата. Следует отметить, что отклик растений на изменения внешних условий проявляется в первую очередь в изменении интенсивности протекания их основных физиологических процессов, прежде всего углеродного и водного обмена. Для прогноза возможной реакции различных растительных сообществ на внешние воздействия необходимо оценить масштабы природной изменчивости, а также чувствительность этих процессов к различным внешним факторам. Полученные показатели могут быть использованы в качестве параметров в математических моделях продукционного процесса и водного цикла наземных экосистем [6, 7].

Цель нашей работы – определение количественных значений параметров углеродного и водного обмена сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth), как наиболее широко представленных видов древесных растений в условиях среднетаежной зоны Северо-Запада России, и оценка возможных изменений потоков CO_2 и H_2O в сосновых лесных

экосистемах Карелии при изменении климатических условий в будущем по результатам модельных расчетов.

Материалы и методы исследования

Объекты и методика измерений $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -обмена растений. Полевые исследования $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -обмена проводились в сосняке черничном свежем европейской части средней тайги (Южная Карелия, 62°13'N, 34°10'E). Состав древостоя 9С1Б, где С – сосна, Б – береза, II–III класс бонитета – возник после беглого пожара в середине прошлого века. Почва – песчаный иллювиально-гумусово-железистый подзол. Основная масса корней сосредоточена в почвенной толще от 2 до 20 см. Грунтовые воды залегают на глубине 1,5–1,7 м [8].

Объектами исследования в зависимости от поставленных задач были подрост и деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) без внешних признаков угнетения. Исследования параметров углеродного и водного обмена деревьев сосны и березы проводились в течение вегетационных периодов 2007–2017 гг. Для измерения показателей $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -обмена растений в исследованиях использовалась фотосинтетическая система Li-6400XT (Li-Cor Inc., США) и камера давления Plant Moisture Vessel SKPM 1400 (Skye Instruments Ltd., Великобритания). Программа измерений параметров CO_2 -газообмена в полевых условиях включала получение углекислотных и световых кривых фотосинтеза при разных температурах воздуха и температурных зависимостей темнового дыхания [5]. Для исследования вегетационной динамики суточного ритма водного потенциала охвоенных (облиственных) побегов сосны и березы отбор образцов проводили с интервалом в 1 час в течение суток с июня по сентябрь в дни с разными погодными условиями. В каждый срок наблюдения проводили для 6 деревьев; с каждого дерева отбирали по 3 побега со средней части кроны. Для регистрации интенсивности света, температуры и относительной влажности воздуха, дефицита упругости водяного пара использовали стандартные метеорологические приборы, систему Li-6400XT (Li-Cor Inc., США) и автономную систему непрерывной регистрации температуры и относительной влажности ТРВ-2 (Инженерные технологии, Россия). Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального иссле-

довательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

Для обработки экспериментальных данных использовали корреляционный, регрессионный и дисперсионный анализы. Проверку гипотез и оценку существенных различий между средними величинами осуществляли с помощью критерия Стьюдента и критерия Фишера при 5%-ном уровне значимости. Статистическую обработку и анализ данных проводили с использованием программ Microsoft Excel и Statistica v.10.

Описание модели и сценарии модельных экспериментов. Для проведения модельных экспериментов по оценке возможных изменений потоков CO_2 и H_2O в сосновых лесных экосистемах при изменении климатических условий была использована модель MixFog-SVAT [7]. Одномерная процесс-ориентированная математическая модель MixFog-SVAT была разработана для расчета потоков радиации, тепла, H_2O и CO_2 как в монодоминантных, так и в смешанных древостоях. В качестве основной концепции модели используется сопряженное описание физико-биологических процессов, протекающих в лесной экосистеме от уровня отдельного листа до уровня отдельного дерева, древостоя и всей экосистемы в целом. Модель состоит из тесно взаимосвязанных блоков, описывающих: перенос солнечной радиации; атмосферной турбулентности; транспирацию; испарение задержанных растительностью атмосферных осадков; испарение с поверхности почвы; фотосинтез, гетеротрофное и автотрофное дыхание растений и почвы; перенос тепла и влаги в почве. Основным преимуществом модели является ее способность не только определить интегральные потоки H_2O и CO_2 на уровне всей экосистемы, но также и адекватно оценить вклад почвы, лесной подстилки, а также деревьев разных пород в суммарные потоки парниковых газов с учетом их индивидуальной реакции на изменения условий внешней среды, фенологии, а также различий в структуре и биофизических свойствах [9].

Верификация модели была проведена в ходе многочисленных экспериментов, с использованием экспериментальных данных в различных типах лесных экосистем, и в том числе в сосняках автоморфного ряда в условиях Южной Карелии, и показала ее способность адекватно описывать атмосферные потоки и их изменчивость в лесных экосистемах в широком спектре метеорологических условий.

Для прогноза будущих климатических условий были использованы расчеты по глобальной климатической модели ECHAM5 для сценария A1B [10]. Модельные эксперименты были проведены для двух сценариев возможных изменений растительности. Первый сценарий предусматривал сохранение современной структуры древостоя в будущем. Второй сценарий предполагал изменение надземной и подземной биомассы деревьев (величины листового индекса LAI , диаметра стволов и плотности тонких корней деревьев), рассчитываемой в зависимости от изменения величины первичной нетто продуктивности (NPP) древостоя при будущих климатических условиях. Оба сценария предполагали наличие достаточного количества доступного почвенного азота как при современных условиях, так и в будущем.

Результаты исследования и их обсуждение

Параметры водного обмена. Проведенное исследование влияния интенсивности ФАР, температуры и дефицита упругости водяного пара на вегетационную динамику суточного ритма водного потенциала побегов хвойного и лиственного видов древесных растений в условиях сосняка черничного свежего позволило построить множественную регрессионную модель взаимосвязи водного потенциала сосны и березы от ключевых параметров внешней среды:

$$\Psi = a_0 + a_1 \cdot T + a_2 \cdot VPD + a_3 \cdot PAR,$$

где Ψ – водный потенциал (МПа); T – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$); VPD – дефицит упругости водяного пара (кПа); PAR – интенсивность ФАР ($\text{мкмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$); a_0 – a_3 – коэффициенты модели (табл. 1).

Рассчитанные стандартизированные коэффициенты регрессионной модели были сопоставлены друг с другом для последующего ранжирования соответствующих им факторов по значимости воздействия на исследуемую переменную. Анализ модельных данных показал, что вклады выделенных внешних факторов в изменчивость величины Ψ для сосны и березы хорошо сопоставимы, и межвидовые различия незначительны. Так, например, установлено сходство доминирования ведущих факторов для обоих видов, в частности в июле – интенсивности ФАР, августе – дефицита влажности воздуха, сентябре – температуры воздуха. Однако в июне нами были выявлены

значимые межвидовые отличия ($p < 0,05$) вклада средообразующих факторов в формирование величины Ψ , которые зависели у сосны и березы от VPD и PAR соответственно. Этот факт, вероятно, обусловлен биологическими особенностями роста побегов и развития хвои сосны и листьев березы, в частности формирования ассимиляционной и транспирирующей поверхности в период интенсивного роста растений.

по сравнению с сосной ($-0,6 \dots -0,95$ МПа). Также анализ наших многолетних данных суточной динамики водного потенциала охвоенных (облиственных) побегов хвойного и лиственного видов показал постоянство диапазонов их предрассветных ($\Psi_{ноб. max}$) и дневных ($\Psi_{ноб. min}$) значений, которые составили для сосны $-0,3 \dots -0,7$ и $-0,65 \dots -1,5$ МПа и березы $-0,1 \dots -0,45$ и $-0,5 \dots -1,6$ МПа соответственно.

Таблица 1

Коэффициенты регрессионной модели взаимосвязи водного потенциала побегов сосны обыкновенной (над чертой) и березы повислой (под чертой) с параметрами внешней среды

Месяц	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
Июнь	$-1,631^{***}$	$0,017^{***}$	$0,011^{***}$	$-0,375^{***}$	$0,89^*$
	$-0,664^{***}$	<i>ns</i>	$0,004^{***}$	$-0,330^{***}$	$0,87^*$
Июль	$-0,604^{***}$	$-0,012^{***}$	$0,004^{***}$	$-0,349^{***}$	$0,85^*$
	$-0,115^{***}$	$-0,009^{***}$	<i>ns</i>	$-0,384^{***}$	$0,86^*$
Август	$-1,951^{***}$	$0,017^{***}$	$0,014^{***}$	$-0,305^{***}$	$0,82^*$
	$-2,664^{***}$	<i>ns</i>	$0,025^{***}$	$-0,287^{***}$	$0,81^*$
Сентябрь	$-1,130^{***}$	$0,017^{***}$	$0,006^{***}$	$-0,231^{***}$	$0,79^*$
	$-0,880^{***}$	$0,017^{***}$	$0,005^{***}$	$-0,309^{***}$	$0,74^*$

Примечание: R^2 – коэффициент детерминации; * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, *ns* – неизвестно ($p > 0,05$).

Следует также отметить некоторую инертность отклика водного потенциала исследуемых растений на резкие изменения абиотических факторов в течение суток, что обусловлено механизмом эндогенной регуляции водного обмена. Так, при определенной величине Ψ начинается устьичное ограничение процесса транспирации, что снижает интенсивность дегидратации водопроводящих путей. Степень и интенсивность такой гидравлической регуляции варьирует среди видов и зависит от возраста, структуры и функционального типа растения [4, 3]. Критический порог потери влаги также связывают с величиной Ψ , индуцирующего потерю гидравлической проводимости ксилемы ствола хвойных и лиственных древесных растений на 50 и 80% соответственно [11]. Согласно нашим данным [8] у сосны обыкновенной ограничение транспирационных расходов влаги посредством закрытия устьиц начинается при значениях Ψ $-1,0 \dots -1,1$ МПа. Снижение оводненности ствола у березы повислой происходит при более высоких значениях Ψ облиственного побега [12], поскольку диапазон величин Ψ , которому соответствует максимальная скорость водного потока у березы, сдвинут в сторону более высоких значений ($-0,4 \dots -0,6$ МПа)

Параметры CO_2 -газообмена. Для характеристики CO_2 -газообмена листа мы использовали классический подход Фаркхара [13], предполагающий, что нетто фотосинтез листа зависит от скорости карбоксилирования рибулозобифосфаткарбоксилазы/оксигеназы (РБФК/О) (Vc_{max}), скорости транспорта электронов при световом насыщении для регенерации акцептора рибулозо-бифосфата (J_{max}), темнового дыхания (R_d) и фактора, характеризующего доступность внутренних неорганических фосфатов для цикла Кальвина (TPU).

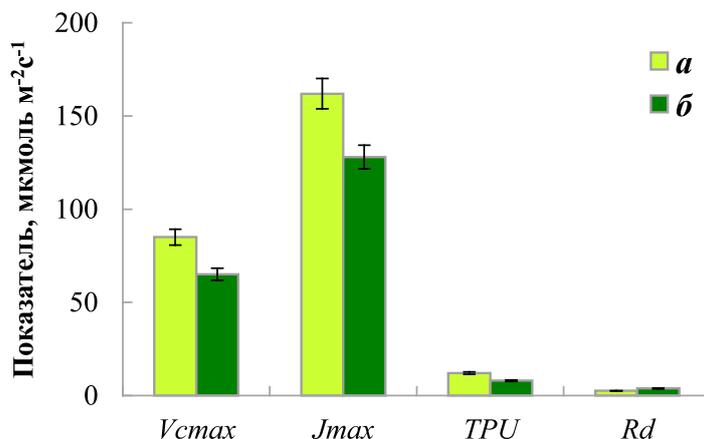
На основе полученных в ходе измерений углекислотных кривых CO_2 -газообмена согласно методике, описанной Шаркей с соавторами [14], были рассчитаны значения максимальной скорости карбоксилирования РБФК/О, скорости транспорта электронов для регенерации акцептора РБФ при световом насыщении и скорости утилизации триозофосфатов. Температурные зависимости Vc_{max} , J_{max} и TPU были получены путем статистического анализа множества значений параметров фотосинтеза и дыхания при разных температурах листа. На основании температурных зависимостей были получены значения Vc_{max} , J_{max} и TPU для выбранной референтной температуры 25 °С. Результаты расчета параметров фотосинтеза показали,

что хвоя сосны характеризуется более низкими значениями $V_{c\max}$, J_{\max} и TPU по сравнению с листом березы (рисунок). В качестве рабочей гипотезы можно сделать предположение, что более высокие значения скорости фотосинтеза у лиственных пород могут быть связаны с более эффективной работой их фотосинтетического аппарата.

Оценка потоков CO_2 и H_2O в лесных экосистемах при будущих изменениях климата. Результаты полевых исследований составляющих CO_2/H_2O -обмена хвойных и лиственных видов древесных растений в разных условиях произрастания [8, 12, 15] были использованы для параметризации скорости фотосинтеза, дыхания и устьичной проводимости сосны и березы в модели MixFog-SVAT и проведения расчетов возможных изменений потоков CO_2 и H_2O в сосновых лесных экосистемах Карелии при изменении климатических условий в будущем (табл. 2).

Результаты модельных экспериментов показали, что прогнозируемый рост температуры и увеличение количества осадков, сопровождаемое возможным изменением

видового состава и общей фитомассы растительности может оказать существенное влияние на величины нетто экосистемного обмена CO_2 (NEE), валовой первичной продукции (GPP), нетто первичной продукции (NPP) древостоев и экосистемного дыхания (RE) в условиях Северо-Запада России. На фоне роста GPP , RE и NEE прогнозируемое относительное увеличение годового испарения (E), несмотря на прогнозируемый рост температуры и количества осадков, будет довольно незначительным. Это может быть обусловлено прогнозируемым снижением приходящей солнечной радиации, которое, несмотря на увеличение продолжительности вегетационного периода и температуры, может вызвать даже незначительное снижение транспирации (TR) древостоя. Прогнозируемое увеличение влагосодержания почвы и поверхностного стока, за счет роста к концу XX в. количества осадков и незначительного изменения испарения, может также привести к снижению влияния атмосферных засух на лесные экосистемы.



Параметры модели фотосинтеза ($V_{c\max}$ – скорость карбоксилирования РБФК/О, J_{\max} – скорость транспорта электронов для регенерации акцептора РБФ при световом насыщении, TPU – скорость утилизации триозофосфатов, R_d – скорость темного дыхания) березы повислой (а) и сосны обыкновенной (б) при температуре листа 25 °С

Таблица 2

Современная и спрогнозированная на конец XXI в. (ECHAM5, SRES A1B) годовая изменчивость E , TR , NEE , GPP , RE и NPP соснового леса подзоны средней тайги европейской территории России при современных и прогнозируемых будущих климатических условиях на конец XXI в.

	E	TR	NEE	GPP	RE	NPP
	(мм год ⁻¹)		(г С м ⁻² год ⁻¹)			
Современные условия	418,5	263,7	-312,9	1441,1	1128,2	599,1
Сценарий A1B	437,6	247,3	-433,7	1895,2	1461,5	787,8

Заключение

Проведенные эксперименты показали высокую чувствительность составляющих $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -обмена сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) к изменению факторов внешней среды, что позволило спрогнозировать возможные будущие изменения составляющих углеродного и водного баланса сосновых и березовых древостоев при разных сюжетных линиях климатических изменений в XXI в. Поддержание экологического равновесия растительного сообщества на фоне изменения CO_2 в атмосфере требует строго сбалансированного поступления и потребления элементов минерального питания, воды, света для продукционного процесса. Любой дисбаланс этого комплекса факторов может привести к нарушению устойчивости и повлиять на продуктивность растений. Это обуславливает важность проводимых исследований для построения более точных прогнозов динамики лесных экосистем в будущем и оценки роли лесов в глобальной климатической системе.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (тема № 0220-2017-0002) и при финансовой поддержке РФФИ (грант 17-04-01087-а).

Список литературы / References

- Crowther T.W., Glick H.B., Covey K.R., Bettigole C., Maynard D.S., Thomas S.M., Smith J.R., Hintler G., Du-guid M.C., Amatulli G., Tuanmu M.N., Jetz W., Salas C., Stam C., Piotta D., Tavani R., Green S., Bruce G., Williams S.J., Wiser S.K., Huber M.O., Hengeveld G.M., Nabuurs G.J., Tikhonova E., Borchardt P., Li C.F., Powrie L.W., Fischer M., Hemp A., Homeier J., Cho P., Vibrans A.C., Umunay P.M., Piao S.L., Rowe S.W., Ashton M.S., Crane P.R., Bradford M.A. Mapping tree density at a global scale. *Nature*. 2015. V. 525. P. 201–205. DOI: 10.1038/nature14967.
- Bonan G.B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*. 2008. V. 320. P. 1444–1449. DOI: 10.1126/science.1155121.
- Faticchi S., Pappas C., Ivanov V. Modeling plant–water interactions: an ecophysiological overview from the cell to the global scale. *WIREs Water*. 2016. V. 3. P. 327–368. DOI: 10.1002/wat2.1125.
- Domec J.C., Schäfer K., Oren R., Kim H.S., McCarthy H.R. Variable conductivity and embolism in roots and branches of four contrasting tree species and their impacts on whole-plant hydraulic performance under future atmospheric CO_2 concentration. *Tree Physiology*. 2010. V. 30. P. 1001–1015. DOI: 10.1093/treephys/tpq054.
- Pridacha V.B., Bolondinskii V.K., Olchev A.V., Sazonova T.A. Structural and functional peculiarities of plants from the genus *Betula* L. at early stages of ontogenesis. *Biology Bulletin*. 2017. V. 44 (2). P. 144–149. DOI: 10.1134/S1062359017020157.
- Корзухин М.Д., Цельникер Ю.Л. Модельный анализ современных ареалов лесных древесных пород на территории России и их вариаций при возможных изменениях климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2010. Т. 23. С. 248–267.
- Korzukhin M.D., Tselniker Yu.L. Model analysis of present ranges for forest tree species in Russia and their changes under two climatic scenarios // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. 2010. V. 23. P. 248–267 (in Russian).
- Olchev A.V., Dshcherevskaya O.A., Kurbatova Y.A., Molchanov A.G., Novenko E.Y., Pridacha V.B., Sazonova T.A. CO_2 and H_2O exchange in the forest ecosystems of southern taiga under climate change. *Doklady Biological Sciences*. 2013. V. 450. P. 173–176. DOI: 10.1134/S0012496613030216.
- Сазонова Т.А., Болондинский В.К., Придача В.Б. Эколого-физиологическая характеристика сосны обыкновенной. Петрозаводск: Verso, 2011. 207 с.
- Sazonova T.A., Bolondinskij V.K., Pridacha V.B. Ecophysiological characteristics of Scots pine. Petrozavodsk: Verso, 2011. 207 p. (in Russian).
- Ольчев А.В., Авилев В.К., Байбар А.С., Белотелов Н.В., Болондинский В.К., Иванов Д.Г., Кузьмина Е.В., Курбатова Ю.А., Левашова Н.Т., Мамкин В.В., Мангура П.А., Молчанов А.Г., Мухартова Ю.В., Никитин М.А., Новенко Е.Ю., Придача В.Б., Ривин Г.С., Розинкина И.А., Сазонова Т.А., Сандлерский Р.Б., Суркова Г.В., Холопцева Е.С. Леса Европейской территории России в условиях меняющегося климата. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 276 с.
- Olchev A.V., Avilov V.K., Bajbar A.S., Belotelov N.V., Bolondinskij V.K., Ivanov D.G., Kuz'mina E.V., Kurbatova Y.A., Levashova N.T., Mamkin V.V., Mangura P.A., Molchanov A.G., Muhartova Y.V., Nikitin M.A., Novenko E.Y., Pridacha V.B., Rivin G.S., Rozinkina I.A., Sazonova T.A., Sandlerskij R.B., Surkova G.V., Holopceva E.S. Forests of European Russia under climate changes. M.: Tovarishstvo nauchnykh izdaniy KMK, 2017. 276 p. (in Russian).
- Roeckner E., Bäuml G., Bonaventura L., Brokopf R., Esch M., Giorgetta M., Hagemann S., Kirchner I., Kornblüeh L., Manzini E., Rhodin A., Schlese U., Schulzweida U., Tompkins A. The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART I: Model description. Report 349. Hamburg, 2003. 127 p. DOI: 10.17617/2.995269.
- Martín-Gómez P., Aguilera M., Pemán J., Gil-Pelegrin E., Ferrio J.P. Contrasting ecophysiological strategies related to drought: the case of a mixed stand of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and a submediterranean oak (*Quercus subpyrenaica*). *Tree Physiology*. 2017. V. 37. P. 1478–1492. DOI: 10.1093/treephys/tpx101.
- Сазонова Т.А., Позднякова С.В., Придача В.Б. Особенности водного режима *Betula pendula* (Betulaceae) с нормальной и аномальной древесиной ствола в онтогенезе // Ботанический журнал. 2012. № 11. P. 1435–1447.
- Sazonova T.A., Pozdnyakova S.V., Pridacha V.B. Water regime features of *Betula pendula* (Betulaceae) with normal and abnormal trunk wood structure in the ontogeny // Botanicheskiy Zhurnal. 2012. № 11. P. 1435–1447 (in Russian).
- Farquhar G.D., Caemmerer S., Berry J.A. Models of photosynthesis. *Plant Physiology*. 2001. V. 125. P. 42–45. DOI: 10.1104/pp.125.1.42.
- Sharkey T.D., Bernacchi C.J., Farquhar G.D., Singaas E.L. Fitting photosynthetic carbon dioxide response curves for C_3 leaves. *Plant, Cell and Environment*. 2007. V. 30. P. 1035–1040. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01710.x.
- Придача В.Б., Новичонков Е.В., Сазонова Т.А. Влияние азота на водный и углеродный обмен листа *Betula pendula* и *B. pubescens* (BETULACEAE) // Растительные ресурсы. 2014. № 2. С. 194–204.
- Pridacha V.B., Novichonok E.V., Sazonova T.A. Effects of nitrogen on water and carbon exchange in the *Betula pendula* and *B. pubescens* (Betulaceae) leaf // Rastitel'nye Resursy. 2014. № 2. P. 194–204 (in Russian).

УДК 632.51:633.11:633.14

**АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ *MATRICARIA CHAMOMILLA* L.
НА ПОСЕВНЫЕ И РАННИЕ РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ И РЖИ ПОСЕВНОЙ**

Чегодаева Н.Д., Маскаева Т.А., Лабутина М.В.

*ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: masckaeva.tania@yandex.ru*

Ромашка лекарственная (*Matricaria chamomilla* L.) на территории республики Мордовия как малолетний зимующий сорняк встречается очень часто в посевах яровых, озимых и многолетних культур. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния водных вытяжек ромашки лекарственной на энергию прорастания, всхожесть и ранние ростовые показатели *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L. Полученные данные указывают на то, что все органы ромашки лекарственной обладают высокой аллелопатической активностью. При минимальной концентрации в вытяжках из корней отмечается стимулирование роста корешков на 6,2–10,4, роста проростков *Secale cereale* на 10,3%. Вытяжки из наземных органов уже при малых концентрациях угнетают все исследуемые показатели. Суммарное действие всех органов ромашки лекарственной при минимальной концентрации вытяжек подавляет энергию прорастания озимых культур на 4,1–7,6%, всхожесть семян – на 3,3–6,3%, рост корешков – на 1,2–2,4%, рост проростков – на 0,7–4,7%. В вытяжках максимальной концентрации при суммарном действии всех органов ромашки лекарственной отмечается ингибирование энергии прорастания семян ржи посевной на 25,4%, пшеницы мягкой на 25,3%. Всхожесть семян *Secale cereale* ингибируется на 23,8%, у *Triticum aestivum* на 23,6%. Существенно угнетается сила начального роста корешков и проростков. Рост четырехдневных корешков ржи посевной подавляется на 77,2%, у пшеницы мягкой – 80% по сравнению с контролем. Рост проростков ржи посевной ингибируется на 81,9%, у пшеницы мягкой – 71,3%. Минимальное ингибирование ростовых показателей отмечается в вытяжках из корней. Максимальная аллелопатическая активность характерна для листьев ромашки лекарственной.

Ключевые слова: аллелопатия, озимые культуры, энергия прорастания, всхожесть семян, ранние ростовые показатели

**ALLELOPATHIC EFFECT OF *MATRICARIA CHAMOMILLA* L. UPON SEED
AND EARLY GROWTH RATE OF WHEAT AND RYE**

Chegodaeva N.D., Maskaeva T.A., Labutina M.V.

Mordovian State Pedagogical Institute of M.E. Evsevev, Saransk, e-mail: masckaeva.tania@yandex.ru

As a small wintering weed, Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) is a very common spring, winter or perennial crop at the territory of Republic of Mordovia. The article presents results of studies on the effect of water extracts of chamomile officinalis upon germination energy, germination and early growth indicators of *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L. The obtained data indicates that all organs of chamomile officinalis have a high allelopathic activity. At a minimum concentration in extracts from the roots, stimulation of root growth by 6.2–10.4 and growth of *Secale cereale* seedlings by 10.3% is registered. Extracts from ground organs even in low concentrations inhibit all the studied parameters. The total effect of all organs of chamomile officinalis with a minimum concentration of extracts suppresses the germination energy of winter crops by 4.1–7.6%, seed germination by 3.3–6.3%, root growth by 1.2–2.4%, seedling growth – by 0.7–4.7%. In extracts of maximum concentration with the combined action of all organs of the chamomile officinalis, inhibition of germination energy of seeds of sowing rye by 25.4% is registered, in soft wheat by 25.3%. Seed germination of *Secale cereale* is inhibited by 23.8%, in *Triticum aestivum* by 23.6%. The strength of the initial growth of roots and seedlings is substantially inhibited. The growth of four-day roots of seed rye is suppressed by 77.2%, in soft wheat – 80%, in comparison to the control. Growth of seedlings of rye seed is inhibited by 81.9%, in soft wheat – 71.3%. Minimal inhibition of growth indicators is noted in extracts from the roots. Maximum allelopathic activity is characteristic of chamomile leaves.

Keywords: allelopathy, winter crops, vigour, germination, early growth rates

Между растениями, совместно произрастающими в сообществах, складываются разные виды конкурентных отношений, одним из которых является аллелопатическое влияние растений друг на друга, за счет которого растения отвоевывают свою территорию произрастания. Разные виды сорных растений, выделяя широкий спектр химических соединений, оказывают влияние на процессы прорастания, роста и развития культурных растений. Они могут

влиять не только на вегетирующие растения, но оказывают существенное влияние на прорастание семян и раннее развитие растений. Выделения одних растений способны в некоторой степени стимулировать рост и развитие рядом произрастающих видов, а другие, наоборот, частично или полностью подавлять их [1, 2].

В агроценозах на рост культурных растений оказывает влияние множество других факторов, в том числе степень и характер

засоренности посевов. Разные виды сорняков обладают различной аллелопатической активностью, что не может не отразиться на продуктивности культурных растений. Например, двудольные многолетние сорняковые растения оказывают сильное аллелопатическое действие на всхожесть семян яровой пшеницы. Действие малолетних двудольных сорняков выражено в меньшей степени. Минимальной активностью обладают малолетние однодольные сорняки [3, 4].

Многие авторы указывают на то, что аллелопатическое действие сорняковых растений зависит не только от видовой принадлежности, но и органов растений, концентрации экстрактов. Выделения надземных органов и корней в разной степени отражаются на всхожести семян и скорости роста надземных органов и корней. В природных условиях на действии выделений растений отражается влияние физических, химических свойств и биологической активности почвы [4–7]. Некоторыми авторами отмечается, что разные виды культурных растений могут подавлять развитие сорняковых растений, а сорняковые растения – стимулировать ранние ростовые показатели культурных [2, 4, 5].

Ромашка лекарственная (*Matricaria chamomilla* L.) на территории республики Мордовия является распространенным видом, не только заселяющим рудеральные территории, но и встречающимся как сорняк очень часто в посевах как яровых, озимых, так и многолетних культур. Данный вид относится к группе малолетних зимующих сорняков. Растения высотой 40–50 см. Стебель прямой, ветвистый, корневая система стержневая, маловетвистая. Семена могут прорасти как весной, так и в августе – сентябре. Соцветия корзинки конической формы диаметром до 25 мм, цветоложе голое, покое внутри. Цветет с весны до осени, семена созревают в июле – сентябре, семенная продуктивность растений более пяти тысяч семян, которые сохраняют свою всхожесть до 11 лет [8].

Цель исследования: изучение влияния водных вытяжек *Matricaria chamomilla* L. разной концентрации на прорастание семян и ранние ростовые показатели озимых культур.

Материалы и методы исследования

Аллелопатическое влияние ромашки лекарственной (*Matricaria chamomilla* L.) оценивалось методом биотестов [9]. В качестве тест-объектов выбраны семена озимых культур:

пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.), ржи посевной (*Secale cereale* L.).

Аллелопатическая активность исследуемого растения оценивалась по влиянию суточных водных вытяжек из надземных органов и корней в соотношении 1:100, 1:50, 1:10 на энергию прорастания, всхожесть, длину проростков и корешков тест-объектов. Вытяжки готовились из воздушно-сухой массы всех органов растения [10]. Семена тест-объектов дезинфицировались предварительно в растворе перманганата калия, для предотвращения развития патогенных грибов. Для проращивания семена тестируемых растений размещали на тканевые полоски, смачиваемые водными вытяжками определенной концентрации. За контроль брали образцы, пророщенные в дистиллированной воде. Опыты проводились в трехкратной повторности.

Энергия прорастания и всхожесть семян определены согласно ГОСТ 12038-84. Оценка ранних ростовых показателей производилась методом морфофизиологического анализа проростков 4-дневного возраста. В ходе эксперимента поддерживалась влажность за счет увлажнения проростков соответствующими вытяжками. Длину проростков и корешков опытных образцов выражали в процентах к длине контрольных, которые принимали за 100%. Анализ результатов исследования проводили методами математической статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

Действие вытяжек ромашки лекарственной разной концентрации на энергию прорастания семян озимых культур отражается следующим образом (табл. 1).

На контроле энергия прорастания тест-объектов составляла 100%. При концентрации водных вытяжек 1:100 уже видно влияние ромашки лекарственной на энергию прорастания семян озимых культур. У ржи посевной в вытяжках из корней энергия прорастания семян не изменяется, а в вытяжках надземных органов она ингибируется на 9,7–12,9%, а при суммарном действии всех органов растения на 7,6%. Наблюдается аналогичное действие и на энергию прорастания семян пшеницы мягкой. Соответственно, в вытяжках надземных органов она подавляется на 5,3–6,9%, а суммарно растением на 4,1%.

При концентрации вытяжек 1:50 наблюдается более выраженное аллелопатическое действие. Энергия прорастания

семян *S. cereale* в вытяжках разных органов ромашки лекарственной подавляется на 10,6–16,8%, а суммарно растением на 13,7%. У семян *T. aestivum* она ниже контроля на 2,7–13,8%, суммарно растение ингибирует на 8,4%.

При концентрации вытяжек 1:10 у семян ржи посевной ингибирование энергии прорастания достигает 16,5–32,6%. Самая низкая энергия прорастания семян ржи посевной наблюдается в вытяжке из листа. Суммарно растением энергия прорастания семян ржи ингибируется на 25,4%. У пшеницы мягкой при данной концентрации она подавляется на 15,9–34,2%. В целом растением – на 25,3%.

Всхожесть семян – одно из важных полевых качеств семян, обеспечивающих равномерные всходы и развитие озимых культур. Аллелопатическое влияние ромашки лекарственной на всхожесть ржи посевной и пшеницы мягкой отражается аналогичным образом (табл. 2).

Уже при концентрации вытяжек 1:100 всхожесть семян озимых хлебов снижается, причем разные органы растений подавляют с неодинаковой интенсивностью. У *S. cereale* всхожесть семян в вы-

тяжках из корня при данной концентрации остается практически неизменной. В вытяжках из листа всхожесть ингибируется на 10,9%, в вытяжках из соцветия – на 6,4%, в вытяжках из стеблей – на 7,8%. При суммарном действии всех органов растения ромашки лекарственной при данной концентрации вытяжек всхожесть семян *S. cereale* ингибируется на 6,3%. У семян *T. aestivum* в вытяжках из корня также ингибирования не наблюдается. Вытяжки из надземных органов подавляют всхожесть семян пшеницы мягкой на 4–5,8%, при суммарном действии всех органов растения на 3,3%.

При увеличении концентрации вытяжек до 1:50 всхожесть семян *S. cereale* разными органами ромашки лекарственной ингибируется на 9,7–15,2%, а растением в целом на 12,3%. Аллелопатическое действие вытяжек на всхожесть семян *T. aestivum* при данной концентрации выражено несколько в меньшей степени. В вытяжках из корня ингибирование всхожести составляет всего 3,1%, а в вытяжках из листьев – 12,3%. Суммарно растением при данной концентрации вытяжек всхожесть семян пшеницы мягкой угнетается на 8,1%.

Таблица 1

Влияние водных вытяжек *Matricaria chamomilla* L. на энергию прорастания семян пшеницы мягкой и ржи посевной, %

Концентрация вытяжки	Вид растения	Контроль	Корень	Стебель	Лист	Соцветие	Растение
1:100	<i>S. cereale</i>	100	100 ± 1,21	90,3 ± 1,03	87,1 ± 1,03	92,2 ± 1,02	92,40 ± 3,80
	<i>T. aestivum</i>	100	100 ± 1,02	94,7 ± 0,56	93,1 ± 1,03	95,8 ± 0,87	95,90 ± 2,05
1:50	<i>S. cereale</i>	100	89,4 ± 0,93	87,6 ± 1,02	83,2 ± 0,63	85,1 ± 0,65	86,33 ± 2,18
	<i>T. aestivum</i>	100	97,3 ± 0,69	93,4 ± 0,89	86,2 ± 0,84	89,5 ± 0,74	91,60 ± 3,75
1:10	<i>S. cereale</i>	100	83,5 ± 0,93	74,1 ± 0,56	67,4 ± 0,67	73,3 ± 0,56	74,58 ± 4,46
	<i>T. aestivum</i>	100	84,1 ± 0,96	77,0 ± 0,96	65,8 ± 0,45	71,7 ± 1,20	74,65 ± 5,90

Таблица 2

Влияние водных вытяжек *Matricaria chamomilla* L. на всхожесть семян пшеницы мягкой и ржи посевной, %

Концентрация вытяжки	Вид растения	Контроль	Корень	Стебель	Лист	Соцветие	Растение
1:100	<i>S. cereale</i>	100	100 ± 0,41	92,2 ± 0,21	89,1 ± 0,14	93,6 ± 1,04	93,73 ± 3,14
	<i>T. aestivum</i>	100	100 ± 0,32	96,0 ± 1,21	94,2 ± 1,25	96,7 ± 1,20	96,73 ± 1,64
1:50	<i>S. cereale</i>	100	90,3 ± 0,41	89,1 ± 0,39	84,8 ± 0,69	86,5 ± 0,23	87,68 ± 2,03
	<i>T. aestivum</i>	100	96,9 ± 1,02	93,2 ± 1,02	87,3 ± 1,23	90,2 ± 1,26	91,90 ± 3,15
1:10	<i>S. cereale</i>	100	85,3 ± 0,76	75,4 ± 0,54	69,1 ± 0,32	75,0 ± 0,65	76,20 ± 4,55
	<i>T. aestivum</i>	100	86,2 ± 0,53	79,1 ± 1,03	66,4 ± 0,23	73,7 ± 0,45	76,35 ± 6,30

Таблица 3

Влияние водных вытяжек *Matricaria chamomilla* L. на длину корешка пшеницы мягкой и ржи посевной, %

Концентрация вытяжки	Вид растения	Контроль	Корень	Стебель	Лист	Соцветие	Растение
1:100	<i>S. cereale</i>	5,31 ± 1,28	5,86 ± 1,75	5,18 ± 0,72	4,58 ± 0,26	5,08 ± 0,77	5,18 ± 0,35
	<i>T. aestivum</i>	5,50 ± 0,77	5,84 ± 1,06	5,56 ± 1,03	4,72 ± 1,40	5,83 ± 0,56	5,49 ± 0,38
1:50	<i>S. cereale</i>	5,31 ± 1,28	4,30 ± 1,60	3,82 ± 1,21	3,07 ± 0,61	4,04 ± 1,12	3,81 ± 0,37
	<i>T. aestivum</i>	5,50 ± 0,77	4,41 ± 0,95	4,20 ± 0,94	3,15 ± 0,83	4,09 ± 0,74	3,96 ± 0,41
1:10	<i>S. cereale</i>	5,31 ± 1,28	1,37 ± 0,81	1,25 ± 1,14	0,98 ± 0,76	1,02 ± 0,29	1,21 ± 0,13
	<i>T. aestivum</i>	5,50 ± 0,77	1,11 ± 1,38	1,08 ± 0,47	0,89 ± 0,76	1,20 ± 0,29	1,10 ± 0,02

При концентрации водных вытяжек 1:10 всхожесть семян озимых культур подавляется довольно существенно. Максимальным аллелопатическим действием обладают наземные органы растения, особенно вытяжки из листьев, где всхожесть семян ржи посевной угнетается на 30,9%. В меньшей степени выражено действие вытяжек из корня ромашки лекарственной, где ингибирование достигает 14,7%. При суммарном действии всех органов растения всхожесть семян ржи посевной подавляется на 23,8%. У пшеницы мягкой при данной концентрации в вытяжках разных органов всхожесть семян подавляется на 13,8–33,6%, а при суммарном действии всех органов растения на 23,6%.

Аллелопатическое влияние растений ромашки лекарственной распространяется и на ранние ростовые показатели *T. aestivum* и *S. cereale*. Быстрое развитие корневой системы озимых культур способствует формированию крепких и здоровых растений. Ингибирование роста ювенильных органов будет тормозить нормальный рост и развитие растений, что в дальнейшем не может не отразиться на урожайности озимых культур.

Полученные данные указывают на то, что все органы ромашки лекарственной оказывают аллелопатическое влияние на рост и развитие корешков. При концентрации водных вытяжек 1:100 наблюдается уменьшение длины 4-дневных корешков в вытяжках надземных органов и некоторое стимулирование в вытяжках из корней ромашки лекарственной (табл. 3).

Рост корешков ржи посевной при данной концентрации в вытяжках из корней стимулируется на 10,4%, а в вытяжках всех надземных органов подавляется. Так, в вытяжках из стебля ингибирование составляет 2,4%, в вытяжках из листьев – 13,8%. Суммарно растением рост корешков ингибируется на 2,4%. У пшеницы мягкой в вы-

тяжках из корней, стеблей и соцветий наблюдается некоторое стимулирование роста корешков, а в вытяжках из листа, наоборот, ингибирование на 14%. При этом в совокупности рост корешков пшеницы отстает от контроля всего на 1,2%.

С повышением концентрации вытяжек до 1:50 рост 4-дневных корешков исследуемых культур значительно замедляется. У *S. cereale* рост корешков в вытяжках всех органов ромашки лекарственной подавляется. Минимальное ингибирование наблюдается в вытяжках из корней, где оно достигает 19%. Максимальное подавление роста корешков при данной концентрации наблюдается в вытяжках из листьев, где длина корешков меньше на 42,2% по сравнению с контролем. При суммарном действии всех органов растения рост корешков угнетается на 28,25%. Влияние вытяжек данной концентрации аналогично сказывается на росте корешков *T. aestivum*. Длина корешков в вытяжках разных органов ингибируется на 19,8–42,7%. Суммарное аллелопатическое действие всех органов ромашки лекарственной на рост корешков пшеницы достигает 28%.

При концентрации водных вытяжек 1:10 показатели роста корешков исследуемых растений сводятся к минимуму. Рост корешков проросших семян ржи посевной, по сравнению с контролем, в вытяжках разных органов ромашки лекарственной ингибируется очень существенно. В вытяжках из корней подавление роста корней достигает 74,2%, а в вытяжках из листьев оно выражено максимально и достигает 81,5%. При суммарном действии всех органов рост корешков ржи остается всего на уровне 22,8% от контроля. У пшеницы мягкой ингибирование роста корешков выражено несколько в большей степени. В вытяжках из корней при данной концентрации подавляется на 78,2%, а в вытяжках из листьев на 83,2%.

При суммарном действии всех органов ромашки лекарственной длина корешков пшеницы составляет всего 20% от контроля. Все вышеуказанные данные указывают на высокую аллелопатическую активность растений ромашки лекарственной.

Развитие озимых культур во многом определяется силой начального роста надземных органов. Полученные результаты указывают на то, что уже при минимальных концентрациях водных вытяжек растений ромашки лекарственной наблюдается подавление роста проростков озимых культур (табл. 4).

При минимальной концентрации рост проростков *S. cereale* в вытяжках корня несколько стимулируется, а в вытяжках наземных органов, наоборот, угнетается. Суммарное ингибирование растением составляет всего 0,7%. У *T. aestivum* подавление роста проростков наблюдается в вытяжках всех органов ромашки лекарственной. Минимальное действие оказывают также вытяжки из корней, где ингибирование роста проростков всего 1,4%, а максимальное – в вытяжках из листьев, где оно выражено в несколько раз больше – 10,7%. Суммарное действие всех органов подавляет рост проростков пшеницы мягкой на 4,7%.

Повышение концентрации вытяжек до 1:50 приводит к большему угнетению роста проростков озимых культур по сравнению с предыдущим вариантом. У озимой ржи в вытяжках разных органов ромашки лекарственной рост проростков ингибируется на 12,7–30,2%. При суммарном действии всех органов растения ингибирование достигает 23,9%.

Аналогичное аллелопатическое действие оказывается на рост проростков пшеницы мягкой. В вытяжках разных органов угнетение доходит до 20,7–25,6%, а суммарное действие всех органов подавляет рост проростков *T. aestivum* на 22,8%. Мак-

симальное ингибирование начального роста проростков характерно также в вытяжках из листа.

При максимальной концентрации вытяжек рост проростков исследуемых культур сводится к минимуму. Ингибирование роста проростков *S. cereale* в вытяжках разных органов достигает 77,3–88,2%. При суммарном действии всех органов ромашки лекарственной длина проростков ржи посевной составляет всего 18,1% от контроля.

Аналогичная картина наблюдается и у *T. aestivum*. Так, в вытяжках разных органов подавление роста проростков по сравнению с контролем достигает 59,7–81,3%. При суммарном действии всех органов ромашки лекарственной длина проростков пшеницы мягкой остается всего на уровне 28,7% от контроля. Все вышеизложенное подтверждает высокую аллелопатическую активность растений ромашки лекарственной.

Заключение

Экспериментально доказано, что все органы *Matricaria chamomilla* L. обладают высокой аллелопатической активностью. Отмечено ингибирование энергии прорастания и всхожести семян *Secale cereale* и *Triticum aestivum*, а также угнетение роста корешков и проростков в водных вытяжках всех органов ромашки лекарственной. Максимальная аллелопатическая активность характерна для вытяжек из листьев растения.

Установлена зависимость действия водорастворимых веществ разных органов *M. chamomilla* L. от концентрации вытяжек, с увеличением которой аллелопатическое действие повышается. При максимальных концентрациях водных вытяжек энергия прорастания озимых культур подавляется на 25%, всхожесть семян на 24%, рост проростков на 71,3–81,9%, рост корешков на 77,2–80%.

Таблица 4
Влияние водных вытяжек *Matricaria chamomilla* L. на длину проростков культур, пшеницы мягкой и ржи посевной, %

Концентрация вытяжки	Вид растения	Контроль	Корень	Стебель	Лист	Соцветие	Растение
1:100	<i>S. cereale</i>	5,43 ± 2,20	5,99 ± 1,65	5,17 ± 4,61	5,14 ± 1,85	5,27 ± 2,06	5,39 ± 0,30
	<i>T. aestivum</i>	4,29 ± 0,92	3,97 ± 1,84	4,12 ± 1,09	3,83 ± 1,02	4,23 ± 0,98	4,09 ± 0,19
1:50	<i>S. cereale</i>	5,43 ± 2,20	4,74 ± 2,41	3,94 ± 2,07	3,79 ± 1,19	4,03 ± 0,89	4,13 ± 0,51
	<i>T. aestivum</i>	4,29 ± 0,92	3,36 ± 1,07	3,40 ± 1,15	3,19 ± 0,96	3,28 ± 0,78	3,31 ± 0,57
1:10	<i>S. cereale</i>	5,43 ± 2,20	1,23 ± 1,08	1,05 ± 0,78	0,64 ± 0,26	0,98 ± 0,20	0,98 ± 0,67
	<i>T. aestivum</i>	4,29 ± 0,92	1,73 ± 0,72	1,02 ± 0,58	0,8 ± 0,13	1,37 ± 0,45	1,23 ± 0,53

Работа выполнена в рамках внутривузовского гранта Мордовского государственного педагогического института имени М.Е. Евсевьева по теме «Разработка научно- и учебно-методического обеспечения дисциплины «Основы сельского хозяйства» направления подготовки Педагогическое образование» (руководитель Н.Д. Чегодаева), приказ № 1930 от 01.08.2019 г.

Список литературы / References

1. Власова О.И., Вольтерс И.А., Трубачева Л.В. Выявление аллелопатических свойств сорных растений в условиях длительного стационарного опыта зоны достаточного увлажнения Ставропольского края // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=6990> (дата обращения: 24.07.2019).
2. Moxammaddustchamanabad X., Tulikov A.M. Identification of the allelopathic properties of weeds in a long-term stationary experience of the zone of sufficient moisture in the Stavropol Territory // Modern problems of science and education. 2012. № 5. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=6990> (date of access: 24.07.2019) (in Russian).
3. Мохаммадустчаманабад Х., Туликов А.М. Аллелопатическое влияние сорняков на прорастание семян озимой ржи и ячменя // Известия ТСХА. 2005. № 4. С. 40–46.
4. Moxammaddustchamanabad X., Tulikov A.M. Allelopathic effect of weeds on the germination of seeds of winter rye and barley // Izvestiya TSKHA. 2005. № 4. P. 40–46 (in Russian).
5. Рзаева В.В. Влияние вытяжки сорных растений на всхожесть семян яровой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2012. № 1 (93). С. 20.
6. Rzaeva V.V. The influence of extraction of weed plants on the germination of seeds of spring wheat // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 1 (93). P. 20 (in Russian).
7. Медведева Л.М., Косова В.Н. Аллелопатические свойства *Helianthus annuus* L. // Вестник Челябинской агроинженерной академии. 2013. Т. 63. С. 107–110.
8. Medvedeva L.M., Kosova V.N. Allelopathic properties of *Helianthus annuus* L. // Vestnik Chelyabinskoy agroinzhenernoy akademii. 2013. T. 63. P. 107–110 (in Russian).
9. Турсумбекова Г.Ш. Аллелопатическое влияние вытяжек сорных растений на проростки сортов яровой пшеницы // Наука на службе сельского хозяйства: сборник научных трудов. Тюмень: Вектор Бук, 2007. С. 69–72.
10. Tursumbekova G.Sh. Allelopathic effect of weed extracts on seedlings of spring wheat varieties // Science in the Service of Agriculture: collection of scientific papers. Tyumen: Vector Buk, 2007. P. 69–72 (in Russian).
11. Передериева В.М., Власова О.И., Шутко А.П. Аллелопатические свойства сорных растений и их растительных остатков в процессе минерализации // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2011. № 73 (09). С. 482–492. [Электронный ресурс]. URL: ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/11.pdf (дата обращения: 23.07.2019).
12. Perederieva V.M., Vlasova O.I., Shutko A.P. Allelopathic properties of weeds and their plant-rgb mod in mineralization // Politematicheskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal KubGAU. 2011. № 73 (09). P. 482–492. [Electronic resource]. URL: ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/11.pdf (date of access: 18.09.2019) (in Russian).
13. Глубшева Т.И. Влияние настоя из амброзии полыннолистной на важнейшие сельскохозяйственные культуры // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2010. № 9 (80). С. 55–58.
14. Glubsheva T.I. Influence of ambrosia artemisiifolia infusion on the main agricultural crops // Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2010. № 9 (80). P. 55–58 (in Russian).
15. Фисюнов А.В. Сорные растения. М.: Колос, 1984. 320 с.
16. Fisyunov A.V. Weed plants. M.: Kolos, 1984. 320 p. (in Russian).
17. Чегодаева Н.Д., Маскаева Т.А., Лабутина М.В. Аллелопатическое влияние василька синего (*Centaurea cyanus* L.) на кормовые злаки // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 71–76.
18. Chegodaeva N.D., Maskaeva T.A., Labutina M.V. Allelopathic effect of blue cornflower (*Centaurea cyanus* L.) On forage cereals // Advances in current natural sciences. 2018. № 7. P. 71–76 (in Russian).
19. Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев: Наукова Думка, 2013. 198 с.
20. Grodzinskiy A.M. Allelopathy in the life of plants and their communitie. Kiev: Naukova Dumka, 2013. 198 p. (in Russian).

УДК 630*431.5(571.56)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) МЕТОДАМИ ГИС

Янец П.К., Гадал С.Ж., Иванова С.А.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
Якутск, e-mail: sviv@mail.ru

В данной статье рассматриваются лесные пожары в Якутии как один из основных видов стихийных угроз природного характера, а также факторы их возникновения и предлагаются методы геоинформационного моделирования риска лесных пожаров на территории Республики Саха (Якутия). Леса Якутии занимают значительную площадь. Лесные пожары ежегодно охватывают территории площадью сотни тысяч гектаров. В статье проанализировано воздействие различных факторов на риск возникновения лесных пожаров с помощью линейного коэффициента корреляции и коэффициента детерминации. Для прогнозирования риска возникновения лесных пожаров использовалось ГИС-моделирование. Оно осуществлялось поэтапно: сбор различных типов данных и их интегрирование в базу ГИС, проверка влияния отдельных факторов на возникновение пожаров, оценка риска возникновения лесных пожаров с применением средств искусственного интеллекта и машинного обучения. В исследовании использовались глобальные источники информации о пожарах – Система управления информацией о пожарах (СУИП). Данные, доступные в сервисе, собраны со спутниковых систем и MODIS Collection 6 Active Fire Product, а также VIIRS 375 м, 750 м. В статье приведены результаты оценки влияния воздействия отдельных факторов на возникновение лесных пожаров. Проведенный анализ показал, что наибольшее влияние оказали такие факторы, как солнечная радиация, максимальная температура (июля), индекс NDVI, высота над уровнем моря, уклон, человеческий фактор (расстояние до дорог, удаленность от населенных пунктов и рек). Для оценки риска возникновения пожаров использовались следующие методы искусственного интеллекта и машинного обучения: методы случайного леса и максимальной энтропии. С помощью ГИС-моделирования созданы географические карты риска возникновения лесных пожаров в Якутии. На картах выделены зоны очень низкой, низкой, средней, высокой, очень высокой и экстремально высокой вероятности возникновения лесных пожаров.

Ключевые слова: Республика Саха, Якутия, лесные пожары, риск лесных пожаров, геоинформационное моделирование, лесопожарное прогнозирование

GEOINFORMATION MODELING OF FOREST FIRE RISK IN THE SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA)

Yanets P.K., Gadal S.Zh., Ivanova S.A.

North-Eastern Federal University named M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: sviv@mail.ru

This article describes forest fires in Yakutia as one of the main types of natural hazards, as well as the factors of their occurrence and proposes methods of geoinformation modeling of forest fire risk in the Republic of Sakha (Yakutia). Forests of Yakutia occupy a significant area. Forest fires annually cover an area of hundreds of thousands of hectares. The article analyzes the impact of various factors on the risk of forest fires using the linear correlation coefficient and the coefficient of determination. GIS modeling was used to predict the risk of forest fires. It was carried out in stages: the collection of different types of data and their integration into the GIS database, checking the impact of individual factors on the fire occurrence, assessing the risk of forest fires using artificial intelligence and machine learning. The study used global sources of fire information - the fire information management system (FMS). The data available in the service are collected from satellite systems and MODIS Collection 6 Active Fire Product, as well as VIIRS 375 m, 750 m. The article presents the results of assessing the impact of individual factors on the occurrence of forest fires. The analysis showed that the greatest influence was exerted by such factors as solar radiation, maximum temperature (July), NDVI index, altitude, slope, human factor (distance to roads, distance from settlements and rivers). The following artificial intelligence and machine learning methods were used to assess fire risk: random forest and maximum entropy methods. With the help of GIS modeling, geographical maps of the risk of forest fires in Yakutia were created. The maps highlight areas of very low, low, medium, high, very high and extremely high probability of forest fires.

Keywords: Sakha Republic, Yakutia, forest fires, forest fire risk, geoinformational modeling, forest fire forecasting

Лесные пожары в России в целом и в Республике Саха (Якутия) в частности являются одной из основных и наиболее распространенных стихийных угроз природного характера. Ежегодно в Якутии горят сотни тысяч гектаров леса. В настоящее время площадь, охваченная лесными пожарами, сильно возросла. По результатам научных исследований, не последнюю роль в распространении пожаров играет

человеческий фактор. Почти половина всех лесных пожаров, произошедших в Якутии, вызвана человеком [1].

На возникновение и распространение лесных пожаров оказывает воздействие комплекс различных факторов, которые взаимно усиливают друг друга и формируют условия, содействующие возгоранию лесов. Геоинформационные системы и современные методы дистанционного зонди-

рования являются востребованным и эффективным средством выделения наиболее важных факторов, влияющих на пожары. ГИС-технологии эффективны для построения необходимых долгосрочных моделей пожарной безопасности.

Цель исследования: геоинформационное моделирование риска лесных пожаров в Республике Саха (Якутия).

Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала были использованы данные полевых исследований, спутниковые снимки Modis, GMTED2010, Landsat 5, TERRA, VII RS, имеющие разное пространственное и спектральное разрешение, векторные изображения (OpenStreetMap), климатические и метеорологические данные (WORLDCLIM), а также итоги опросов местного населения.

ГИС-моделирование риска возникновения лесных пожаров осуществлялось поэтапно. На первом этапе производился сбор различных типов данных: растровые, векторные файлы, количественные и качественные индикаторы, которые затем вводились в базу геоданных геоинформационной системы. Сведения о пожарах были получены из Системы управления информацией о пожарах (СУИП), это наиболее доступный современный глобальный источник информации о пожарах. Данные, представленные в СУИП, получены со спутников MODIS Collection 6 Active Fire Product, VIIRS 375 м, 750 м.

На втором этапе данные обрабатывались, классифицировались, извлекались результаты классификации для огневых точек и с помощью коэффициентов корреляции оценивались взаимосвязи между точками возгорания и отобранными факторами.

Далее для оценки риска лесных пожаров рассматривались различные методы искусственного интеллекта и машинного обучения. В результате проведенного анализа было отобрано два метода:

- 1) метод максимальной энтропии;
- 2) метод случайного леса.

Лес является сложной природной системой, объектом исследования разных научных направлений. В данной работе мы воспользуемся определением, которое дала Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО). Эта организация трактует понятие лес следующим образом: «Лес – это участок земной поверхности с деревьями высотой выше 5

м (или способными достичь этой высоты в данном месте в процессе роста), который занимает площадь более 0,5 га. В понятие «лес» не включаются участки, которые используются под сельскохозяйственные цели или как городские земли» [2]. При этом указывается, что в площадь леса входят и створевшие участки.

Далее, рассмотрим понятие «лесной пожар». Все та же ФАО отмечает, что лесной пожар представляет собой неконтролируемое человеком горение и распространение огня на лесной территории. Это стихийное явление, которое с трудом поддается тушению и может принимать катастрофические масштабы.

Для предупреждения лесных пожаров необходимо определить риск их возникновения. Согласно ФАО, риск лесного пожара – это вероятность возникновения пожара, которая определяется наличием и активностью какого-либо лесопожарного фактора [2]. Риск возникновения пожара зависит от сочетания пожарной опасности и источников возгорания. Другими словами, риск пожаров определяется как совокупность двух факторов: *вероятности* возникновения пожара и *последствий* пожара. В данной работе мы не рассматриваем последствия, только вероятность. Таким образом, мы можем предположить, что пожарный риск – это вероятность пожара, интегрированная в математическую формулу, которая включает в себя все потенциально переменные (факторы), влияющие на вероятность пожара [3, с. 10].

Лесные пожары могут распространяться с вариативной скоростью, охватывать разные площади, то есть иметь разный режим. На режим лесных пожаров воздействуют метеорологические явления, горючесть материалов, рельеф и другие факторы [4]. К. Чендлер указывает: «Огневая опасность является результатом как постоянных, так и переменных факторов пожарной опасности, влияющих на начало, распространение и трудность контроля пожаров и причиняемого им ущерба» [5].

К. Чендлер выделил два типа факторов: постоянные и переменные (рис. 1).

Постоянные факторы не меняются на протяжении многих лет. Количество горючего материала является главным параметром, от которого зависит пожар [6]. Переменные факторы, могут меняться практически ежечасно. Эти показатели должны постоянно измеряться и анализироваться в течение всего пожарного сезона [7].

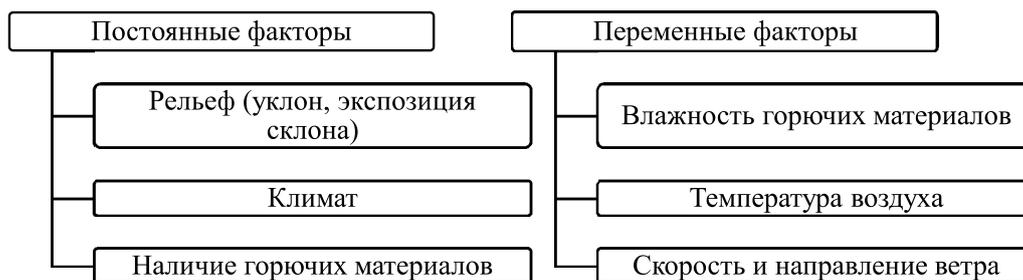


Рис. 1. Факторы, влияющие на режим лесных пожаров

Антропогенный фактор также оказывает большое влияние на риск возникновения и на распространение лесных пожаров. Хотя деятельность человека изменчива, однако нельзя сказать, что ее характер меняется очень быстро. Поэтому мы использовали антропогенный фактор как постоянный.

В данном исследовании мы рассматриваем только долгосрочные факторы пожара, которые разделили на 4 группы:

- рельеф (высота, направление склона, уклон);
- климат (среднегодовое количество осадков, температура воздуха: среднегодовая и максимальная, солнечная радиация (излучение);
- наличие горючих материалов (биомасса);
- антропогенный фактор (расстояние от дорог, удаленность от населенных пунктов и рек).

Результаты исследования и их обсуждение

Республика Саха (Якутия) – крупнейший регион Российской Федерации. Она расположена в северо-восточной части страны и занимает 1/5 территории Российской Федерации. Общая площадь лесного фонда Республики Саха (Якутия) составляет 256102,7 тыс. га, или 82,5% её территории. Лесистость Республики Саха (Якутия) составляет 51,3%. По всей территории республики преобладают лиственные леса – 90,5% от площади основных лесобразующих пород и 77,6% от всей покрытой лесной растительностью площади республики [8, с. 120]. Доминирующее положение светлохвойных лесов Якутии обусловлено не только биологическими свойствами видов. Имеются сведения, что эти леса имеют пирогенное происхождение [9].

Леса Якутии неустойчивы и чутко реагируют на любые изменения. Деградация многолетней мерзлоты приводит к появлению просадок, которые позднее превращаются в термокарстовые озера, а затем в зрелые аласы, на которых формируется луговая растительность [10].

Пожары воздействуют на температуру грунтов. Поверхность горельников теплее. Пожары, уничтожая травяно-кустарничковый покров и повреждая древостой, резко изменяют структуру теплового баланса. В результате общего разреживания общего растительного покрытия приход солнечной радиации на поверхность заметно возрастает, а ее зачернение снижает отражательную способность поверхности. Поэтому тепловой поток в почву увеличивается и усиливается протаивание грунтов [11, с. 889]. Усиление глобального потепления и влияния человеческого фактора приводит к росту частоты и площади пожаров.

Рост числа лесных пожаров, увеличение их площади негативно сказываются не только на состоянии экосистем Якутии, но и на жизни населения. Поэтому разработка модели риска возникновения лесных пожаров необходима для планирования и проведения превентивных мероприятий.

В условиях засушливого климата, преобладания светлохвойных пород, большими равнинными пространствами леса Якутии становятся чрезвычайно горимыми. Пожары возникают как по природным причинам (грозовые разряды), так и по антропогенным, среди которых немаловажную роль играют сельхозпалы [8].

Воздействие различных факторов на возникновение пожаров было оценено с помощью линейного коэффициента корреляции и коэффициента детерминации (таблица).

Степень воздействия факторов на риск возникновения лесных пожаров
в Республике Саха (Якутия) [3, с. 71]

Factor	Линейный коэффициент корреляции, R	Коэффициент детерминации, R ²
Солнечная радиация (излучение)	0,97	0,94
Максимальная температура воздуха	0,93	0,86
Вегетационный индекс (NDVI)	0,91	0,83
Удаленность от рек	0,91	0,83
Среднегодовое количество осадков	-0,33	0,11
Среднегодовая температура воздуха	-0,41	0,17
Направление склона	-0,43	0,19
Абсолютная высота	-0,76	0,58
Удаленность от дорог	-0,80	0,65
Угол наклона (уклон)	-0,97	0,94
Удаленность от населенных пунктов	-0,97	0,94

Как показал проведенный анализ показателей корреляции, не все климатические факторы одинаково влияют на риск возникновения лесных пожаров в Якутии. Солнечная радиация хорошо коррелирует с пожарами: по мере ее увеличения растет количество пожаров. Вероятно, с возрастанием солнечного излучения более благоприятными становятся условия для возгорания. Горючие материалы при этом высыхают быстрее и могут самовозгораться.

С увеличением количества осадков риск возникновения пожара снижается, что показывает умеренная отрицательная корреляция.

Лесные пожары являются сугубо летним явлением. Для общей характеристики лета мы отобрали показатель максимальной температуры воздуха. Он сильно воздействует на возникновение пожаров, что показал коэффициент корреляции 0,93. С ростом летних температур, количество возгораний тоже возрастает.

Как мы и предполагали, количество горючих материалов (биомасса) сильно влияет на возникновение пожаров. Для характеристики данного показателя мы использовали индекс NDVI – количество фотосинтетически активной биомассы. С его ростом возрастает количество пожаров, то есть наблюдается положительная корреляция. Учитывая, что объем биомассы увеличивается с возрастом леса, можно предположить, что риск возникновения пожаров в зрелых древостоях повышен.

Еще одним фактором, воздействующим на лесные пожары, является рельеф земной поверхности. Первый показатель, характеризующий рельеф – это абсолютная высо-

та. Тут мы видим, что количество пожаров уменьшается с набором высоты: коэффициент корреляции равен $-0,76$. При анализе данного показателя следует учитывать, что с высотой снижается температура воздуха и снижается количество биомассы.

Земная поверхность редко бывает абсолютно ровной. С увеличением уклона число пожаров снижается – корреляция обратна. Участки, имеющие большой угол наклона, являются барьером для распространения огня, так как на крутых склонах условия для роста растений неблагоприятны и биомасса накапливается слабо. Кроме того, под действием силы тяжести отмершие остатки растений перемещаются вниз. Абсолютно иная картина наблюдается на ровных участках, что приводит к быстрому распространению по ним лесных пожаров.

Экспозиция склона также влияет на лесные пожары. Южные и западные склоны получают больше солнечного света и тепла, нежели северные и восточные. Соответственно, на южных и западных склонах растения развиваются лучше и увеличивается биомасса растений. Кроме того, здесь под действием солнечных лучей быстрее высыхают горючие материалы. В таких условиях огонь может вспыхнуть и распространиться очень быстро.

Кроме участков со значительными углами наклона, роль барьеров в распространении пожаров играют водные объекты – реки, озера, болота. Их воздействие мы оценивали с помощью показателя удаленности от рек. Он показал сильную положительную корреляцию 0,91, то есть чем дальше от рек, тем больше возникает пожаров.

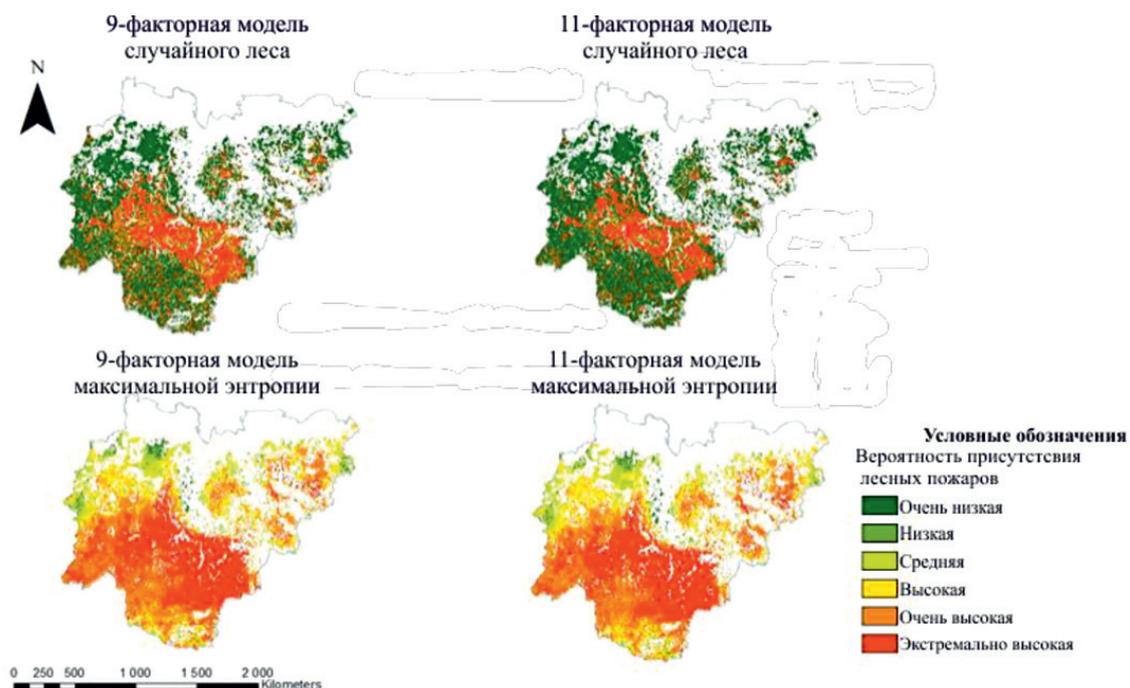


Рис. 2. Моделирование вероятности возникновения лесных пожаров в Республике Саха (Якутия)

Проведенный анализ продемонстрировал большое воздействие антропогенного фактора на возникновение лесных пожаров. Территории, удаленные от поселений и дорог, как правило, не подвергаются воздействию огня: с удалением от дорог снижается число пожаров (коэффициент корреляции составляет $-0,80$). А удаленность от поселений показала практически функциональную зависимость: $-0,97$.

Далее проанализируем результаты моделирования риска лесных пожаров в Республике Саха (Якутия). В данном исследовании использовались две модели: модель случайного леса и модель максимальной энтропии, включающие по 9 и 11 факторов.

Мы можем наблюдать существенные различия в пространственном распределении вероятности присутствия пожаров (рис. 2).

С помощью модели случайного леса по пожарному риску территория Якутии была разделена на 2 класса. Экстремально высокая вероятность возникновения пожара наблюдается в бассейне реки Вилюй, Лено-Алданском междуречье и в среднем течении реки Алдан. Небольшие по территории участки также наблюдаются в среднем течении р. Яна и Колымы, то есть там, где в основном проживает население. Также точно наблюдаются участки с экстре-

мальной высокой вероятностью возникновения пожаров на юго-западе республики. На остальной территории Якутии вероятность возникновения пожаров существенно ниже.

9-факторная модель случайного леса показала хорошую дифференциацию территории на разные классы по вероятности возгорания. 11-факторная модель разделила Якутию практически лишь на две части: экстремально высокого и низкого рисков возникновения пожаров.

Модели, созданные с использованием метода максимальной энтропии, показали, что территория Якутии находится в зоне высокой, очень высокой и экстремально высокой вероятности возникновения лесных пожаров. При этом больших различий между 9- и 11-факторными моделями нет. Зона экстремально высокой вероятности возникновения пожаров широкой полосой протянулась с запада на восток, охватив бассейны р. Вилюй, Алдан и среднее течение р. Лена. Очень высокий риск наблюдается в бассейне р. Яна, Индигирка (район Оймякона) и Колымы. Участки со средней, низкой и очень низкой вероятностью возникновения пожаров встречаются на севере в зоне северной тайги и тундры, а также в горных областях.

Заключение

Проведенный анализ показал, что метод случайного леса дал более точные результаты и гораздо более узкую территорию возможности возникновения пожаров, что позволяет предложить данную модель как более предпочтительную. Модель, созданная с помощью метода максимальной энтропии, имеет малую дифференциацию на зоны. Это не позволяет использовать ее в практической деятельности как малоинформативную.

Список литературы / References

1. The Far North: plant biodiversity and ecology of Yakutia. Dordrecht; New York: Springer, 2010. 390 p.
2. FRA 2015 Terms and Definitions. Forest Resources Assessment Working Paper 180. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. 31 p.
3. Янец П. Долгосрочное геоинформационное моделирование риска лесных пожаров в Республики Саха (Российская Федерация): дис. ... магистра географии. Северо-Восточный фед. университет. Якутск, 2019. 53 с.
4. Yanets P. Long-term GIS modeling of forest fire risk in the Republic of Sakha (Russian Federation): dis. ... magistra geographii. Severo-Vostochnyy fed. universitet. Yakutsk, 2019. 53 p. (in Russian).
5. Gralwicz N.J., Trisalyn A.N., Michael A. Wulder. Factors influencing national scale wildfire susceptibility in Canada. *Forest Ecology and Management*. 2012. no 265. P. 20–29. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.10.031.
6. Chandler C., Cheney P., Thomas P., et. al. *Fire in Forestry*. Vol. 1. Forest Fire Behavior and Effects. N.Y.: Wiley-Interscience. John Wiley and Sons. 1983. 450 p.
7. Гришин А.М., Пугачева П.В. Анализ воздействия лесных и степных пожаров на города и поселки и новая детерминированно-вероятностная модель прогноза пожарной опасности в населенных пунктах // *Вестник Томского государственного университета. Серия: Математика и механика*. 2009. № 3. С. 99–108.
8. Grishin A.M., Pugacheva P.V. Analysis of the impact of forest and steppe fires on cities and towns and a new deterministic-probabilistic model of fire hazard prediction in settlements // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Matematika i mekhanika*. 2009. № 3. P. 99–108 (in Russian).
9. López A.S., Jesús S-M-A., Robert E.B. Integration of satellite sensor data, fuel type maps and meteorological observations for evaluation of forest fire risk at the pan-European scale. *International Journal of Remote Sensing*. 2002. vol. 23. no. 13. P. 2713–2719. DOI: 10.1080/01431160110107761.
10. Протопопова В.В., Габышева Л.П. Лесопожарное районирование лесного фонда республики Саха (Якутия) // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 8. С. 120–125.
11. Protopopova V.V., Gabysheva L.P. Forest fire zoning of the forest Fund of the Republic of Sakha (Yakutia) // *Advances in current natural sciences*. 2016. № 8. P. 120–125 (in Russian).
12. Габышева Л.П. Роль пожаров в возобновлении лесов Центральной Якутии // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2014. № 1. С. 154–166.
13. Gabysheva L.P. The role of fires in the renewal of forests in Central Yakutia // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2014. № 1. P. 154–166 (in Russian).
14. Лес и вечная мерзлота: Особенности состава и структуры лесов мерзлотного региона, проблемы рационального ведения хозяйства и охраны. Сборник научных трудов. / Под ред. А.П. Исаева, Л.Г. Михалевой. Якутск: Изд. Якутского ун-та, 2000. 190 с.
15. Forest and permafrost: features of the composition and structure of forests in the permafrost region, problems of rational management and protection. Collection of scientific papers. / Pod red. A.P. Isayeva, L.G. Mikhalevoy. Yakutsk: Izd. Yakutskogo un-ta, 2000. 190 p. (in Russian).
16. Николаев А.Н. Дендрохронологические исследования послепожарной реакции древесных пород в Центральной Якутии // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010. Т. 12. № 1–3. С. 888–891.
17. Nikolaev A.N. Dendrochronological studies of post-fire reaction of wood species in Central Yakutia // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2010. T. 12. № 1–3. P. 888–891 (in Russian).

СТАТЬИ

УДК 528.9(571.56)

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЗАТОПЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)****Андреев Д.В.***ФГБОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: verviL@List.ru*

В данной статье рассмотрены настоящее состояние и перспектива использования геоинформационных технологий (ГИС-технологии, ГИС-пакеты) на основе картографического метода в качестве средства прогнозирования и моделирования одной из острых проблем экологии и сферы чрезвычайных ситуаций Республики Саха (Якутия) – экстремальных гидрологических явлений – наводнений, вызываемых ежегодными паводками в период таяния снега. Представлена статистика последствий весенних половодий в регионе за последнее время для жилых, сельскохозяйственных объектов и объектов инженерно-технической инфраструктуры. Проанализированы текущий масштаб применения ГИС-технологий и стадия создания на их основе единой корпоративной информационной системы по водным и водохозяйственным объектам в Республике Саха (Якутия). Описаны геоинформационные компоненты информационно-моделирующей системы ГИС-пакета для прогноза наводнений и инструментарий ГИС-технологий для решения прогностических задач такого рода, а именно аппаратно-программные комплексы, которые обеспечивают сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Представлены достоинства ГИС-технологий при создании модели областей затопления, отличающие их от сложных методик математического моделирования: простота использования и возможность моделирования движения воды и его последствий при конкретном развитии событий (например, в зависимости от погодных условий). Наряду с этим описан и текущий недостаток большинства ГИС-пакетов – это недостаточность информативности выходных картографических данных моделирования, поскольку они представлены в двухмерном пространстве. В связи с этим предлагается использование 3D визуализации посредством использования программных средств ArcGIS для получения наиболее точной и детальной картины подтопления территорий Республики Саха (Якутия).

Ключевые слова: геоинформационные технологии, геоинформационное моделирование, IT-технологии, картографические данные, экологическая ситуация, паводок, наводнение, зона затопления

**APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES TO DETERMINE FLOODING
IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)****Andreev D.V.***Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «M.K. Ammosov North-Eastern
Federal University», Yakutsk, e-mail: verviL@List.ru*

This article considers the present state and prospects of using geoinformation technologies (GIS-technologies, GIS-packages) based on the cartographic method as a means of forecasting and modeling one of the most acute problems of ecology and emergency situations of the Republic of Sakha – Yakutia) – extreme hydrological phenomena-floods caused by annual floods during snowmelt. The article presents the statistics of the consequences of spring floods in the region in recent years for residential, agricultural and engineering infrastructure. The current scale of application of GIS technologies and the stage of creation on their basis of a single corporate information system on water and water management facilities in the Republic of Sakha (Yakutia) are analyzed. The article describes the geoinformation components of the information modeling system GIS-package for flood forecasting and GIS-technology tools for solving predictive tasks of this kind, namely hardware and software systems that provide the collection, processing, display and distribution of spatially coordinated data. The advantages of GIS technologies in creating a model of flooding areas that distinguish them from complex methods of mathematical modeling are presented: ease of use and the ability to simulate the movement of water and its consequences in a particular development of events (for example, depending on weather conditions). Along with this, the current drawback of most GIS packages is the lack of information content of the output mapping data of the simulation, since they are presented in two-dimensional space. In this regard, it is proposed to use 3D visualization through the use of ArcGIS software to obtain the most accurate and detailed picture of the flooding of the territories of the Republic of Sakha (Yakutia).

Keywords: geoinformation technologies, geoinformation modeling, IT-technologies, cartographic data, ecological situation, flood, flood zone

В Республике Саха (Якутия) ежегодно присутствует большая опасность подтопления территорий и наводнения, которые вызываются весенним снеготаянием, что обостряет экологическую ситуацию региона. Данные экстремальные явления

являются одними из опаснейших стихийных бедствий, поскольку наносят республике огромный социально-экономический ущерб. В зоне затопления оказываются сельскохозяйственные и жилые объекты, а также объекты инженерно-технической

инфраструктуры. Для ликвидации этих негативных последствий требуются огромные финансовые вложения. Одно из наиболее эффективных средств купирования последствий таких природных явлений – это система раннего предупреждения. Прогнозирование и моделирование гидрологических явлений может быть обеспечено применением новых IT-технологий, одними из которых являются геоинформационные технологии (ГИС-технологии), основанные на картографическом методе.

Цель исследования: проанализировать перспективу использования ГИС-технологий как средства прогнозирования и моделирования одной из острых экологических проблем Республики Саха (Якутия) – наводнений, вызываемых ежегодными паводками в период весеннего снеготаяния.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования были изучены фактические данные об остроте последствий наводнений в Республике Саха (Якутия), вызванных таянием снега в весенний сезон, и в связи с этим проанализирован вопрос об использовании возможностей использования ГИС-технологий в решении проблемы предупреждения данного природного явления с помощью моделирования паводка. С целью оптимизации процесса использования ГИС-технологий потребовалось сравнение 2D визуализации и 3D визуализации процессов затопления территорий.

Результаты исследования и их обсуждение

В Республике Саха (Якутия) во время весеннего половодья происходит затопление территорий, прилегающих к поймам рек. Данная проблема актуальна для региона ежегодно, поскольку является следствием естественных природных процессов. Однако в прошлом году ситуация значительно обострилась: в республике в связи с данным явлением вводился режим чрезвычайной ситуации.

Согласно официальным данным в Республике Саха (Якутия) в 2018 г. в зоне затопления оказалось 15 муниципальных образований и 45 населенных пунктов региона, было подтоплено множество жилых домов с общим количеством населения более 5,1 тыс. чел. Общая площадь зоны чрезвычайной ситуации составила более 19,6 тыс. чел. Временно отселено было свыше 4,8 тыс. чел, а также эвакуирова-

но более 4,5 тыс. голов скота [1, с. 37]. Для исключения возможности подобных масштабных последствий, которые наносят весенние паводки, требуется более эффективная система определения и прогнозирования наводнений в Республике Саха (Якутия).

Стратегические решения данной проблемы требуют внедрения и использования современных IT-технологий, а именно – ГИС-технологий, что обусловлено возможностями визуализации и географического анализа экстремальных гидрологических ситуаций, которые предоставляет электронная карта [2, с. 967].

ГИС-технологии – это быстрый и эффективный подход к осуществлению анализа проблем наводнений и применению автоматизации процедуры прогноза, что особенно актуально для территории Республика Саха (Якутия), которой присуща «редкая сеть гидрологических постов» [2, с. 967].

Надо отметить, что в целом применение ГИС-технологий для прогнозирования и моделирования природных явлений на сегодняшний день является далеко не редкостью, они достаточно распространены, при этом ежегодно разрабатываются все новые ГИС-пакеты, однако они используются для выборочных целей и задач.

На территории Республики Саха (Якутия) ГИС-технологии уже давно используются Государственным комитетом по геологии и недропользованию, научно-исследовательскими институтами. Однако до недавнего времени их применение присутствовало в процессе выявления закономерностей развития мерзлотных ландшафтов региона. Для диагностики же зон затопления на территории республики они применяются сравнительно недавно. При этом единая корпоративная информационная система по водным и водохозяйственным объектам на территории Республики Саха (Якутия), основанная на базе ГИС-технологий, находится в процессе своего создания [3].

Обычно представляется, что прогнозирование наводнений связано с применением сложнейших аналитических процедур и обработкой больших массивов статистических данных.

Действительно, для подобных прогнозов применяют графоаналитические методы (например, метод кривых добегаания) и математические модели (например, модель формирования талого стока), которые позволяют давать достаточно точный прогноз, но на практике даже он может быть

осложнен непредвиденным ухудшением погодных условий (аномальное количество осадков, экстремально низкие температуры и т.п.). Тогда первостепенным становится не прогнозирование наводнения, а оперативное моделирование движения воды и последствий подтоплений при развитии событий в реальном времени.

Для моделирования речного наводнения требуется большое количество информации. Необходимо знать, что происходит в русле и на пойме в зоне разливов, но, прежде всего, условия формирования большой воды на всей площади водосбора. Для этого надо иметь сведения о множестве гидрологических характеристик: снеготпасы и интенсивность снеготаяния, зоны осадков и интенсивность ливней, влажность почвы и характеристики почвогрунтов, величины испарения, виды растительности, время добегаия воды по склонам и в руслах и т.п. К тому же не разработана пока еще вполне обоснованная теория формирования речного стока. Тем не менее многие гидрологические прогнозы составляются и даже часто оправдываются. Для этого используют выявленные заранее региональные регрессии и эмпирические зависимости, основанные на учете одного или нескольких ведущих факторов, широко применяется метод аналогов [4].

Исчерпывающим инструментарием для решения таких задач обладают ГИС-пакеты, которые обеспечивают сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Отличительной чертой подобных ГИС-пакетов от трудоемких методик математического моделирования является достаточно простое создание модели зон затопления.

ГИС-технологии используются на этапе подготовки исходных данных для моделирования, а также при анализе результатов прогнозирования развития гидрологической обстановки на территории региона для определения потенциальных социальных и экономических последствий наводнений [5].

Геоинформационная компонента интегральной микросхемы предназначена для:

- сбора, хранения и графической визуализации пространственно-координированных данных и информации об объектах;
- формирования картографических представлений результатов оценки территории по степени опасности затопления;
- графического отображения результатов расчетов, выполненных моделирующими блоками;

- управления геоинформационными объектами и слоями (публикации, группировки, доступа, отображения слоев и атрибутивной информации).

Весь процесс анализа с использованием ГИС-технологий упрощенно можно разбить на три этапа [6]:

- подготовку данных;
- моделирование зон затопления;
- оценку последствий.

С первым и третьим этапом справляются практически все ГИС-пакеты, то есть их возможностей вполне достаточно для этих функций, а вот моделирование затопления территорий чаще всего вызывает определенные трудности. Тем более что для прогнозирования речных подтоплений просто пересечение зеркала водной поверхности и рельефа не может полностью решить вопрос, так как для любой реки имеет место быть неравномерный гидравлический уклон и, следовательно, зеркало речной поверхности тоже должно быть в определенном виде наклонено.

Вообще, на сегодняшний день используется два подхода к моделированию наводнения: геометрический и гидродинамический.

Геометрический подход – определение границ водной поверхности посредством сопоставления наклонного уровня воды (уровень реки плюс уровень подъема воды) и высоты рельефа. Из этих границ формируется полигон зоны затопления и определяется его глубина. Однако данный подход представляет довольно статичную картину происходящего, так как не учитывает предыдущее состояние поверхности суши, а также не предоставляет возможности оценить скорость и направления течений [4].

В связи с этим и возник второй подход – гидродинамический, который использует систему дифференциальных уравнений (так называемые уравнения мелкой воды), с помощью которых определяются потоки воды в режиме и пространства, и времени. Конечно, второй подход обеспечивает более точное решение, однако требует глубоких гидрологических изысканий для получения необходимой информации о характеристиках поверхности и гидрологических зависимостях, а также является и очень ресурсозатратным.

В целом конечно, в гидродинамике используют и двумерные модели, и трехмерные модели, а также их комбинации, однако разница между ними довольно значительная.



Рис. 1. Фрагмент карты зон затопления Республики Саха (Якутия) посредством 2D моделирования

Основная идея 2D моделирования зон затоплений – это построение определенного количества наклонных плоскостей для описания пересечения поднявшейся водной поверхности и модели рельефа местности, то есть при данном моделировании зона затопления формируется за счет сопоставления уклона зеркала поднявшейся реки и местного рельефа. Важно отметить, что 2D моделирование зон затоплений возможно на небольших участках [6].

В целом такой подход дает возможность с использованием электронных карт территории Республики Саха (Якутия) построить зону затопления (рис. 1).

Надо отметить, что 2D моделирование позволяет смоделировать зону подтопления сравнительно за непродолжительное время и с приемлемой достоверностью [6]. Однако данный подход, хоть и реализуется во многих ГИС-пакетах, но часто является малоинформативным с точки зрения определения затопления. Зачастую, кроме трехмерного географического измерения смотря (долгота, широта, высота), для точного определения наносимого ущерба объектам в зоне затопления, необходима дополнительная информация: соотношение

поднятия воды и расположения потенциально возможных затопляемых объектов.

Соответственно, для получения полной детальной картины затопления территорий требуется комплексный подход, учитывающий сразу все перечисленные аспекты, который обеспечивается 3D визуализацией. В качестве программных средств, отвечающих этой задаче, следует рассмотреть ArcGIS, которая сочетает возможности геопространственного анализа и 3D-визуализацию [6].

Большим преимуществом ArcGIS в отличие от других ГИС-пакетов является возможность использования программы не только при моделировании небольших участков территории затопления, но и при моделировании на всей протяженности зоны затопления. Данный пространственный анализ может быть осуществлен, например, с помощью результатов LIDAR-съемки (дистанционное зондирование посредством лазеров). Другими словами, кроме традиционной карты местности ArcGIS позволяет получить более содержательное и информативное изображение под названием «сцена» – максимально реальное 3D-представление местности (рис. 2).



Рис. 2. Фрагмент модели 3D-сцены зоны наводнения Республики Саха (Якутия)

Кроме максимальной визуализации, протяженного пространственного анализа и диагностики пересечений зеркала поднявшейся реки и местного рельефа, еще одно важное преимущество 3D моделирования зон затоплений – это возможность интеграции 3D-сцен, полученных в ArcGIS, и картографических веб-порталов с целью получения веб-сцен, которые могут максимально оперативно использоваться для пользовательского анализа.

Выводы

Различные подходы к представлению результатов моделирования зон затопления с помощью ГИС-технологий делают противопаводковые мероприятия более наглядными и эффективными. В результате такого моделирования создается достаточно полная и гибкая геоинформационная поддержка принятия решений в условиях чрезвычайной ситуации. Поэтому применение ГИС-технологий с целью определения затопления в Республике Саха (Якутия) должно стать стратегически важной необходимостью. При этом для большей точности и детализации информации о наводнении необходимо использовать не подход 2D визуализации, а 3D визуализацию процессов затопления территорий, поскольку она не только описывает пересечения зеркала поднявшейся речной поверхности и цифровой моделью местности на небольших участках, но и соотношение двух разных высот: поднятия воды и расположения потенциально возможных затопляемых объектов на всей протяженности пространственного анализа.

Список литературы / References

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных

ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019. 344 с.

State report «On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from natural and man-made emergencies in 2018». M.: MChS Rossii. FGBU VNIИ GOChS (FCz), 2019. 344 p. (in Russian).

2. Ноговицын Д.Д., Шеина З.М., Сергеева Л.П. Применение ГИС-технологий при определении зоны затопления в Якутии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1–4. С. 967–969.

Nogovicyn D.D., Sheina Z.M., Sergeeva L.P. Application of GIS-Technologies in determining the flooding zone in Yakutia // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2010. V. 12. № 1–4. P. 967–969 (in Russian).

3. Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 27 мая 2010 года № 253 Об утверждении Концепции защиты населенных пунктов и объектов экономики Республики Саха (Якутия) от наводнений и других видов негативного воздействия вод. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/815003558> (дата обращения: 11.10.2019).

Resolution of the Government of the Republic of Sakha (Yakutia) of may 27, 2010 № 253 about the approval of the Concept of protection of settlements and objects of economy of the Republic of Sakha (Yakutia) from floods and other types of negative impact of waters. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/815003558> (date of access: 11.10.2019).

4. Усачев В.Ф., Бурда Н.Ю. Наводнения и геоинформационные технологии / Государственный гидрологический институт. [Электронный ресурс]. URL: <http://old.hydrology.ru/depart/dep/lgis/literature/28.pdf> (дата обращения: 11.10.2019).

Usachev V.F., Burda N.Yu. Floods and Geoinformation technologies / Gosudarstvenny' j gidrologicheskij institute. [Electronic resource]. URL: <http://old.hydrology.ru/depart/dep/lgis/literature/28.pdf> (date of access: 11.10.2019) (in Russian).

5. Новаковский Б.А., Колесникова О.Н., Прасолова А.И. Геоинформационное моделирование наводнений по материалам космической съемки (на примере г. Бийска, Алтайский край) // Геоинформатика. 2015. № 1. С. 15–20.

Novakovskij B.A., Kolesnikova O.N., Prasolova A.I. Geoinformation modeling of floods on materials of space survey (on the example of Biysk, Altai Krai) // Geoinformatika. 2015. № 1. P. 15–20 (in Russian).

6. Стахан Т.Н. Моделирование наводнений с использованием геоинформационных систем (ГИС) // Студенческий форум. 2019. № 2 (73). [Электронный ресурс]. URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/73/54767> (дата обращения: 11.10.2019).

Staxan T.N. Flood modeling using geographic information systems (GIS) / Studencheskij forum. Студенческий форум. 2019. № 2 (73). [Electronic resource]. URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/73/54767> (date of access: 11.10.2019) (in Russian).

УДК 551.5:574.24

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ КОМФОРТНОСТЬ КЛИМАТА ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН

Андреева Е.С., Андреев С.С.

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону,
e-mail: espmeteo@yandex.ru;

²ЧОУ ВО «Ростовский институт защиты предпринимателя», Ростов-на-Дону,
e-mail: rggmurd@yandex.ru

Статья посвящена изучению особенностей биоклимата о. Шпицберген, формирующихся на фоне особенностей погодно-климатического режима острова в целом и вклада метеорологических параметров в рассеивание антропогенных примесей приземного слоя воздуха атмосферы. Архипелаг Свальбард (его западная часть) является одним из стратегических районов российского сектора Арктики, имеющего не только важное экономическое, но и уникальное научно-теоретическое значение, что актуализирует тему исследования. В настоящее время к основным факторам, оказывающим влияние на окружающую среду острова, относятся добыча угля и, в последнее время, увеличение туристической индустрии. Поэтому одной из наиболее важных проблем западной части архипелага можно считать загрязнение воздушной среды. Существенную роль в формировании качества окружающей среды играют погодно-климатические условия, которые определяют условия накопления и рассеивания загрязняющих веществ и качество атмосферного воздуха и соответственно имеют немаловажное значение в формировании эколого-географической комфортности климата. Отсюда цель исследования связана с осуществлением оценки эколого-географической комфортности климата в российском арктическом секторе архипелага (поселок Баренцбург). Для достижения цели работы были рассмотрены физико-географические условия острова Западный Шпицберген; проведено исследование погодно-климатического режима острова за 2006 – 2015 гг.; определены основные источники воздействия на воздушный бассейн. Оценено формирование эколого-географической комфортности климата о. Западный Шпицберген по данным за 2006–2015 гг. Авторам представляется, что исследования метеорологического потенциала рассеивания антропогенных примесей в арктической зоне Российской Федерации весьма актуальны, имеют практическое значение и перспективы для дальнейшего промышленного освоения указанной зоны.

Ключевые слова: эколого-географическая комфортность климата, метеорологические параметры, рассеивание антропогенных примесей, качество атмосферного воздуха, погодно-климатический режим, метеорологический потенциал рассеивания антропогенных примесей, оценка комфортности климата, арктическая атмосфера

ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL COMFORT CLIMATE OF THE ISLAND WEST SPITSBERGEN

Andreeva E.S., Andreev S.S.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: espmeteo@yandex.ru;

²Rostov Institute of Entrepreneur Protection, Rostov-on-Don, e-mail: rggmurd@yandex.ru

The article is devoted to studying of features of the bioclimate of the island of Spitsbergen, formed on the background of the peculiarities of the climatic regime of the island as a whole and the contribution of meteorological parameters in the dispersion of anthropogenic pollutants of the surface layer of the atmosphere. The Svalbard archipelago (its Western part) is one of the strategic areas of the Russian sector of the Arctic, which has not only an important economic but also a unique scientific and theoretical significance, which actualizes the research topic. Currently, the main factors affecting the environment of the island include coal mining and, more recently, the increase in the tourism industry. Therefore, one of the most important problems of the Western part of the archipelago can be considered air pollution. A significant role in shaping the quality of the environment playing weather conditions that define the conditions of accumulation and dispersion of pollutants and air quality, and therefore are of great importance in the formation of ecological-geographical comfort climate. Hence, the aim of the study is to assess the ecological and geographical comfort of the climate in the Russian Arctic sector of the archipelago (Barentsburg settlement). To achieve the goal of the work, the physical and geographical conditions of the island of West Svalbard were considered; a study of the weather and climatic regime of the island for 2006-2015 was conducted; the main sources of influence on the air basin were determined. The formation of ecological and geographical comfort of the climate of the island of West Svalbard according to the data for 2006-2015 is estimated. The authors believe that studies of the meteorological potential of anthropogenic impurities dispersion in the Arctic zone of the Russian Federation are very relevant, have practical significance and prospects for further industrial development of this zone.

Keywords: ecological and geographical comfort of climate, meteorological parameters, dispersion of anthropogenic impurities, atmospheric air quality, weather and climatic regime, meteorological potential of dispersion of anthropogenic impurities, assessment of climate comfort, Arctic atmosphere

В настоящее время проблемы загрязнения окружающей среды приобретают все большую актуальность. Несмотря на то, что архипелаг Шпицберген (Западный Шпиц-

берген является территорией Российской Федерации) находится в непосредственном удалении от промышленных районов Европы и Америки, он также подвержен антропо-

погенному преобразованию [1]. Так, основными факторами, оказывающими влияние на окружающую среду острова, на данный момент являются добыча угля и, в последнее время, увеличение туристической индустрии. Поэтому одной из наиболее актуальных проблем острова можно считать, загрязнение воздушной среды. Ухудшение состояния атмосферного воздуха на Шпицбергене или Свальбарде (норв.) имеет особое значение, так как в силу своего географического положения он является одним из уникальных регионов стратегического назначения современной России, на территории которого также осуществляются различные комплексные научные исследования в Арктике [2], осуществляются мероприятия в области обеспечения защиты окружающей среды Свальбарда от антропогенного воздействия, опираясь на законодательную базу Норвегии и России [3].

Существенную роль в формировании качества окружающей среды играют природно-климатические условия, которые определяют условия накопления и рассеивания загрязняющих веществ и качество атмосферного воздуха и, соответственно, имеют немаловажное значение в изменении уровня загрязнения атмосферного воздуха [4].

Цель исследования: изучение особенностей климата российской части острова Западный Шпицберген и его эколого-географической комфортности.

Материалы и методы исследования

В основу данной статьи положены данные, предоставленные Северо-Западным отделением ФГБУ НПО «Тайфун» за 2006–2015 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Климат острова Западный Шпицберген уникален и зависит прежде всего от его физико-географических условий. Так, Шпицберген, или Свальбард, или Грумант, как известно, представляет собой достаточно обширный полярный архипелаг, расположенный в Северном Ледовитом океане между 76026' и 80050' северной широты и 100 и 320 восточной долготы, в состав которого входят как крупные острова: Западный Шпицберген (площадь 37 673 км²), Северо-Восточная Земля (14 443 км²), остров Эдж (более 5 000 км²); так и более мелкие, площадью от 1288 до 120 км²: остров Баренца, Белый, Земля Принца Карла, Конгсёйа, Медвежий, Свенскёйа, остров Вильгельма;

а также группы островов, мелкие островки и шхеры общей площадью около 621 км² [4].

Уникальность Свальбарда заключается не только в его расположении вблизи Северного полюса (расстояние до полюса около 1050 км), но и в размещении на территории архипелага 7 национальных парков, 6 природных и 15 птичьих заповедников; потому практически 65% площади Свальбарда находится под защитой государства Норвегия.

Архипелаг был известен русским поморам и викингам, как показывают исторические летописные документы, с XII в. В более позднее время в районе Свальбарда активно развивался китобойный промысел, научные исследования. Экономический интерес в смысле развития горнодобывающей отрасли к архипелагу Шпицберген со стороны ряда европейских стран был проявлен в начале XX в. Тогда же, в 1920 г., в Париже был подписан так называемый Шпицбергенский трактат, который закрепил суверенитет Норвегии над архипелагом, определив условия хозяйственного использования территории Свальбарда.

В настоящее время наряду с туризмом и научными исследованиями на землях природоохранного назначения в пределах архипелага ведется и хозяйственная деятельность, связанная прежде всего с добычей каменного угля как со стороны Норвегии, так и со стороны России в разведанных каменноугольных толщах мезозойского и кайнозойского возраста. Рельеф острова представлен как островершинными зубчатыми хребтами на северо-востоке и северо-западе острова Западный Шпицберген высотой от 800 до 1200 м, так выложенными плато в центре. Возможно, наблюдение этих «острых гор» («spitz» – острый; «berg» – гора) позволило голландскому мореплавателю Виллему Баренцу в 1596 г. назвать архипелаг «Spitzbergen» или «Шпицберген» в русском варианте. На всей территории Свальбарда в геоморфологическом отношении развиты все виды ледниковой работы, включая ледниковую экзарацию, а также солифлюкцию, усиливаемую вечной мерзлотой.

Близость к Арктике, в свою очередь, и обуславливает уникальные особенности климата архипелага, которые для реализации цели исследования необходимо рассмотреть далее. Основными климатообразующими факторами арктических регионов, как и любых других на земном шаре, являются: солнечная радиация, циркуляция атмосферы, характер рельефа и влияние морей и океанов.

Так, баланс солнечной радиации в арктических условиях определяется ледяным покровом, существующим в течение всего года, добавляя затраты тепла на таяние снега, льда и многолетней мерзлоты. Следует отметить, что приход солнечной радиации на Свальбарде в период полярных ночей отсутствует, а в период полярного дня весьма высокий, однако практически 80% его отражается от поверхности снега и льда. Не менее важным климатообразующим фактором является циркуляция атмосферы, которая обуславливает перенос воздушных масс с разными физическими свойствами, то есть в конечном итоге иницируя перенос тепла и влаги. Наличие ледовых плато в центральных частях островов архипелага способствует формированию местной циркуляции, представленной холодными воздушными массами. В свою очередь над прибрежными районами архипелага, находящимися под воздействием северной ветви Гольфстрима, формируются теплые воздушные массы, что в свою очередь вызывает значительные контрасты в температурном режиме Свальбарда.

По классификации климатов, предложенной Б.П. Алисовым, Шпицберген (Западный Шпицберген) относится к арктическому климату.

Анализ основных метеорологических характеристик исследуемой территории, обеспечивающих эколого-географические обстоятельства его комфортности, произведем на основании данных, предоставленных Северо-Западным отделением ФГБУ НПО «Тайфун» за 2006–2015 гг. В частности, отмечены следующие уникальные особенности климата острова:

- преобладание антициклонального режима в течение года способствует накоплению примесей в приземном слое воздуха [5–8];

- смягчающее влияние на температурный режим острова оказывает северная ветвь Гольфстрима (среднегодовая температура воздуха достигает $-5,9^{\circ}\text{C}$);

- содержание влаги воздуха в течение всего года достаточно велико (до 83%);

- среднегодовая скорость ветра на острове достигает 3,4 м/с, при порывах может превышать 13 м/с;

- в течение года преобладают восточные ветры (повторяемость более 38%);

- нередко штили (повторяемость до 11% в году), способствующие накоплению примесей в нижнем слое воздуха в пределах острова;

- осадки выпадают преимущественно в твердом виде в холодную половину года.

Для реализации цели исследования далее рассмотрим не только биоклиматические особенности острова Западный Шпицберген.

Обычно в научных исследованиях для изучения и оценки биоклиматических условий применяют так называемые биоклиматические индексы или показатели, которые, в свою очередь, представляют собой своего рода индикаторы среды, характеризую прежде всего ее физические свойства: тепловые, влажностные, циркуляционные. Следует отметить при этом, что на организм человека среда оказывает воздействие всей совокупностью метеорологических элементов, по этой причине при оценке биоклиматических условий, как правило, рассчитывают и анализируют значения индекса метеорологической ситуации (I , баллы), который был предложен в конце XX в. В.Г. Бокшей и Б.В. Богуцким и позволил учитывать эффекты взаимодействия таких метеорологических величин, как температура воздуха, относительная влажность, скорость ветра, атмосферное давление и прочие на фоне суточной динамики. Полная формула для расчетов индекса метеорологической ситуации предусматривает учет возмущенности электромагнитного поля Земли.

В настоящее время известно более 30 биоклиматических индексов или показателей, условно разделенных на 7 групп [9].

Как показано в более ранних работах авторов [9–10], наибольшей весомостью из всего разнообразия известных биоклиматических показателей отличаются следующие: эквивалентно-эффективная температура, биологически активная температура, радиационная эквивалентно-эффективная температура, сальдо теплового баланса тела человека, индекс патогенности метеорологической ситуации, потенциал самоочищения атмосферы (K_m , абсолютные величины). Интересно отметить, что потенциал самоочищения атмосферы, разработанный в 1990 г. Т.С. Селегей и И.П. Юрченко, в первую очередь является тем физическим параметром, который показывает динамическое состояние нижнего слоя атмосферы в аспекте возможных аккумуляции/диффузии примесей, в том числе антропогенного происхождения. В математическом выражении потенциал самоочищения атмосферы (K_m , абсолютные величины) достаточно прост: он учитывает числа дней с туманами и штилем, а также с осадками, выпавшими слоем более 0,5 мм и скоростью ветра бо-

лее 0,6 м/с. Несмотря на дискуссионную формулу указанного показателя, логична мысль предложивших его авторов учитывать число дней со штилями и туманами, соотнося их с количеством выпавших осадков и интенсивностью ветрового потока в нижнем слое, так как существенное увеличение скорости ветра у земной поверхности будет способствовать активизации диффузии примесей.

Для адекватной интерпретации полученных в результате расчетов значений упомянутых выше биоклиматических показателей следует обозначить далее смысл понятий биоклиматический «комфорт», «субкомфорт», «дисконфорт». Так, физически «комфортные» биоклиматические условия обеспечивают оптимальное психофизиологическое состояние человека, при котором возможна его нормальная жизнедеятельность при краткосрочном или постоянном пребывании. «Субкомфортные» биоклиматические условия создают слабораздражающий организм человека фон, при котором еще возможна относительно нормальная жизнедеятельность при соблюдении определенных требований. Наконец, «дисконфортные» условия формируют крайне раздражающий фон, когда механизмы адаптации человеческого организма не в состоянии обеспечить ему нормальную жизнедеятельность.

В численном выражении «комфортные» или оптимальные с точки зрения психофизиологического состояния человека условия достигаются при описанном авторами [11–12] сочетании указанных выше биоклиматических показателей: для эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ, °С) +18 °С; радиационной эквивалентно-эффективной температуры (РЭЭТ, °С) +21 °С; биологически активной температуры (БАТ, °С) +10 °С;

сальдо теплового баланса тела человека (Q_s , кВт/м²) –0,06 кВт/м²; индекса патогенности метеорологической ситуации (I , баллы) от 0 до 9 баллов; потенциала самоочищения атмосферы (K_m , абсолютные величины) менее 0,6 в абсолютных единицах.

Анализ полученных графиков динамики значений указанных выше показателей: эквивалентно-эффективной температуры, биологически активной температуры, радиационной эквивалентно-эффективной температуры, сальдо теплового баланса тела человека, индекса патогенности метеорологической ситуации, потенциала самоочищения атмосферы – не позволяет сделать вывод об эколого-географической комфортности климата острова Западный Шпицберген практически в отношении всех рассматриваемых биоклиматических показателей.

В частности, весьма далеки от «комфортных» значения рассчитанного за период времени с 2006 по 2015 г. индекса патогенности метеорологической ситуации, в сотни раз превышающие приемлемые значения в отдельные месяцы 2010 г., достигая 250 баллов при комфорте в 9 баллов, как показано на графике 1. «Комфорт» или, скорее, «субкомфорт» в отношении значений индекса патогенности метеорологической ситуации был зафиксирован лишь в течение небольшого числа месяцев внутри отдельных лет за рассматриваемый промежуток с 2006 по 2015 г. (рис. 1).

Представленные ниже (рис. 2) значения сальдо теплового баланса тела человека, кВт/м² также удалены от зоны «комфорта», что свидетельствует о необходимости интенсификации теплотворной функции организма в связи с превалированием холодной нагрузки практически в течение всего года периода 2006–2015 г. (рис. 2).

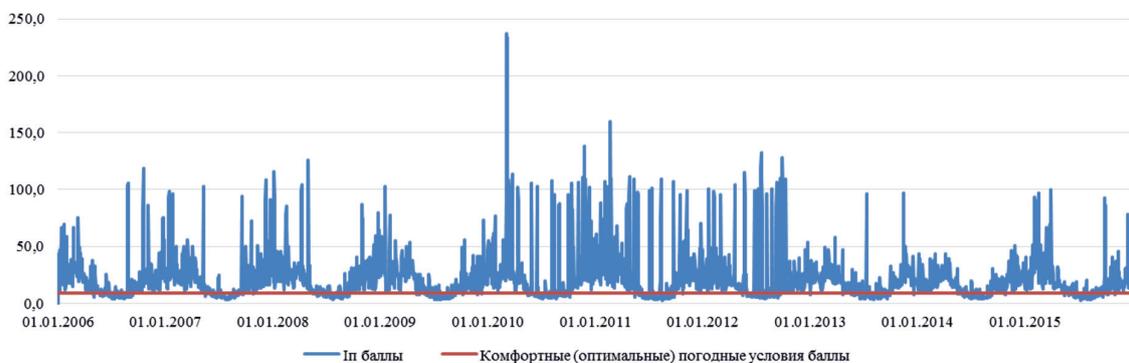


Рис. 1. Динамика значений индекса патогенности метеорологической ситуации, баллы за 2006–2015 гг.

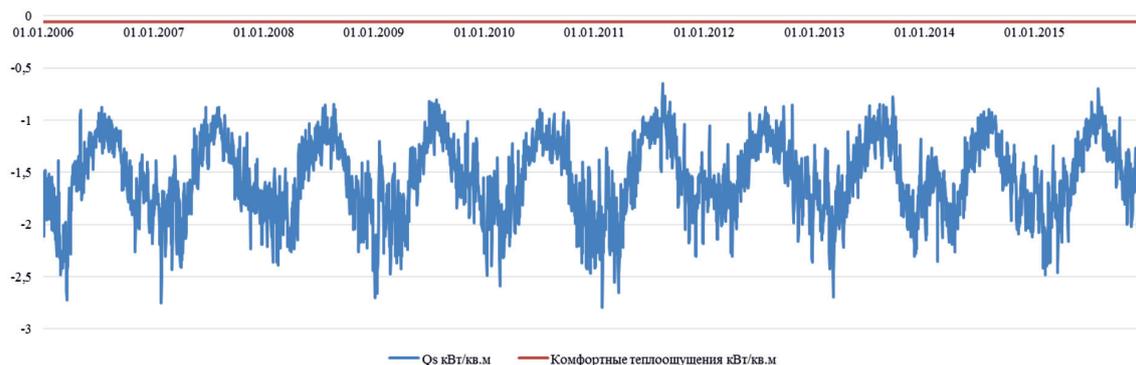


Рис. 2. Динамика значений сальдо теплового баланса тела человека, кВт/м² за 2006–2015 гг.

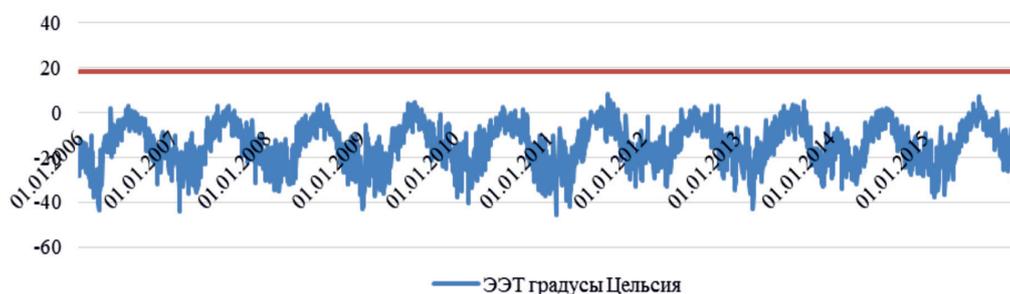


Рис. 3. Динамика значений эквивалентно-эффективной температуры, °С за 2006–2015 гг.

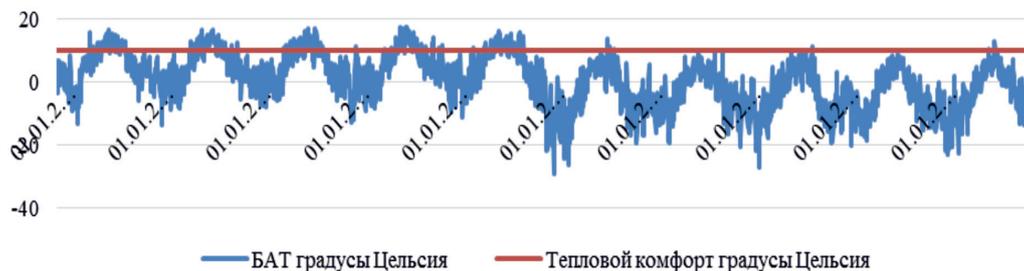


Рис. 4. Динамика значений биологически активной температуры, °С за 2006–2015 гг.

Однако на графиках биологически активной температуры (БАТ, °С), радиационной эквивалентно-эффективной температуры (РЭЭТ, °С) можно видеть в отдельные периоды 2006–2015 гг. кратковременное достижение «комфортных» условий (рис. 3, 4).

В этой связи общий вывод о «дискомфортности» климатических условий острова Западный Шпицберген выглядит не так однозначно. Представляется, что на фоне объективно неблагоприятных погодно-климатических особенностей острова его эколого-географическая «комфортность» вполне достижима в отношении ряда временных периодов. Последний вывод обуславливает

необходимость проведения дальнейших исследований климата острова и его биоклиматических особенностей.

Заключение

Основываясь на полученных результатах, можно видеть, что наиболее «дискомфортные» эколого-географические особенности климата острова обеспечиваются не только неблагоприятными значениями индекса патогенности метеорологической ситуации, но и выявленной за период времени с 2006 по 2015 г. особенностью нижнего слоя атмосферы аккумулировать загрязняющие вещества на фоне действия

арктических и гренландских антициклонов, установления безветренной погоды с отсутствием осадков. Стоит отметить, что выводы и результаты данного исследования имеют практическое значение и их целесообразно учитывать при дальнейшем развитии производственной деятельности на Западном Шпицбергене.

Список литературы / References

1. Демешкин А.С. Геоэкологическая оценка состояния природной среды в районе расположения Российского угледобывающего рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. Санкт-Петербург, 2017. 181 с.
2. Demeshkin A.S. Geoecological assessment of the state of the natural environment in the area of the Russian coal mine Barentsburg in the Svalbard archipelago: dis. ... kand. geogr. nauk: 25.00.36. SPb, 2017. 181 p. (in Russian).
3. Svalbard, Statistisk sentralbyrå. Population in the settlements. Oslo-Kongsvinger, 2017. 398 p.
4. Мохов И.И. Диагностика и моделирование особенностей арктического климата и его изменений. М.: Институт физики и атмосфера им. А.М. Обухова РАН, 2013. 120 с.
5. Mokhov I.I. Diagnostics and simulation features of the Arctic climate and its changes. M.: Institut fiziki i atmosfera im. A.M. Obuhova RAN, 2013. 120 p. (in Russian).
6. Клячкин С.В. Численное моделирование динамики ледяного покрова в районе архипелага Шпицберген // Метеорология и гидрология: сборник статей. М.: ФГБУ НИЦ «Планета», 2017. Вып. 4. С. 7–15.
7. Klyachkin S.V. Numerical modeling of ice cover dynamics in the area of Svalbard archipelago // Meteorologiya i gidrologiya: sbornik statej. M.: FGBU NIC «Planeta», 2017. Вып. 4. P. 7–15 (in Russian).
8. Лазарева Е.О., Попова Е.С. Особенности пространственно-временной динамики антропогенных примесей воздуха г. Санкт-Петербурга за период времени с 1980 по 2012 гг. (на примере оксида углерода, диоксида азота, взвешенных веществ) // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 37. С. 204–215.
9. Lazareva E.O., Popova E.S. Features of space-time dynamics of anthropogenic air impurities in St. Petersburg for the period from 1980 to 2012 (on the example of carbon monoxide, nitrogen dioxide, suspended solids) // Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. 2014. № 37. P. 204–215 (in Russian).
10. Андреев С.С., Попова Е.С. Оценка климатической комфортности прибрежной территории на примере г. Туапсе // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Серия 7. Геология. География. 2015. № 4. С. 144–149.
11. Andreev S.S., Popova E.S. Assessment of the climatic comfort of the coastal area on the example of Tuapse // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta, seriya 7 «Geologiya. Geografiya». 2015. № 4. P. 144–149 (in Russian).
12. Селегей Т.С. Разработка усовершенствованного комплексного метеорологического показателя рассеивающий способности атмосферы. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 1.43.15. Новосибирск: ФГБУ «СибНИГМИ», 2014. 131 с.
13. Seleguei T.S. Development of an improved integrated meteorological measure the scattering power of the atmosphere. Related Research Report 1.43.15. Novosibirsk: FGBU «SibNIGMI», 2014. 131 p. (in Russian).
14. Русанов В.В. Метеорологические условия загрязнения атмосферы // География и природные ресурсы. 1992. № 1. С. 60–65.
15. Rusanov V.V. Meteorological conditions of atmospheric pollution // Geografiya i prirodnye resursy. 1992. № 1. P. 60–65 (in Russian).
16. Андреев С.С., Андреева Е.С. Биоклиматическая характеристика Ростовской области по индексу патогенности метеорологической ситуации // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2003. № 9. С. 67.
17. Andreev S.S., Andreeva E.S. Bioclimatic characteristics of the Rostov region on the index of pathogenicity of the meteorological situation // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki. 2003. № 9. P. 67 (in Russian).
18. Андреева Е.С., Климов П.В., Липовицкая И.Н., Андреев С.С., Денисов О.В. Подходы к оценке неонкогенного риска здоровью населения г. Ростова-на-Дону. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2019. T. 19. № 5–2. P. 115–122. DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.015.
19. Andreeva E.S., Klimov P.V., Lipovitskaya I.N., Andreev S.S., Denisov O.V. Approaches to the assessment of non-carcinogenic risk to public health on the city of Rostov-on-Don. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2019. T. 19. № 5–2. P. 115–122. DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.015.
20. Андреев С.С., Попова Е.С. Эколого-географическая оценка климатической комфортности Ростова-на-Дону. European Journal of Natural History. 2013. № 5. P. 32–34.
21. Андреева Е.С., Лазарева Е.О., Липовицкая И.Н. Прогноз уровня загрязнения воздуха в Санкт-Петербурге с применением алгоритма принятия решений // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2019. № 2. С. 55–60.
22. Andreeva E.S., Lazareva E.O., Lipovickaya I.N. Prediction of air pollution level in St. Petersburg using decision-making algorithm // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. 2019. № 2. P. 55–60 (in Russian).

УДК 502.36(282.247.361.3)

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА ВОРОНЕЖА****Ашихмина Т.В., Овчинникова Т.В., Сушко Е.А.***ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж,
e-mail: u00075@vgasu.vrn.ru*

В статье рассматриваются изменения экосистемы г. Воронежа, проведен анализ качественного состояния факторов экологического благополучия городской среды. Ключевым аспектом, определяющим комфортность урбанизированной среды, являются климатические и гидрографические условия рассматриваемой территории. Формирование природно-экологического комфорта проживания людей в городской среде обеспечивается следующими природными факторами: рельеф местности, гидрографические объекты, температурный режим, скорость и направление ветра. В процессе исследования был проведен мониторинг экологических и техногенных факторов, рассмотрены изменения состояния окружающей среды г. Воронежа, которые обусловлены высокой степенью техногенной нагрузки. Приведены наблюдения по превышению ПДК приоритетных загрязняющих веществ на исторически сформированных территориях промышленно-производственных комплексов, где расположены заводы машиностроительного, радиотехнического и строительного профилей. Анализ показал, что для решения задач по формированию комфортной городской среды требуется принятие соответствующих мер по разработке и реализации целого ряда целевых программ, направленных на обеспечение комфортной среды проживания и экологической безопасности городского населения; обновление нормативно-правовой базы, которое позволит установить жесткую экономическую ответственность за загрязнение городской среды и связанные с этим правонарушения: перенос, реформирование или ликвидацию экологически опасных предприятий в центральных зонах города и рекультивацию освободившихся территорий; увеличение темпов модернизации инженерных сетей; строительство подземных и многоэтажных гаражей и стоянок; строительство необходимых тоннелей, мостов, эстакадных переездов, подземных пешеходных переходов; постоянное совершенствование системы сбора и транспортировки бытовых отходов; улучшение системы организации дорожного движения и парковки автотранспорта; оптимизация сети общественного транспорта; развитие сети велосипедных дорожек в городской черте; развитие дорожной сети, включая элементы скоростных автомобильных трасс радиальных и объездных дорог; разработка организационно-экономических действий, способствующих обязательному использованию экологически приемлемых видов моторного топлива; перевод предприятий ТЭК на экологически чистые источники энергии; оснащение промышленных предприятий эффективными системами газо- и дымоочистки; создание сети локального автоматизированного контроля за качеством атмосферного воздуха.

Ключевые слова: городская среда, загрязнения, экология, техносфера

**ECOLOGICAL CONDITIONS FOR THE FORMATION
OF A COMFORTABLE ENVIRONMENT OF THE CITY OF VORONEZH****Ashikhmina T.V., Ovchinnikova T.V., Sushko E.A.***Voronezh State Technical University, Voronezh, e-mail: u00075@vgasu.vrn.ru*

The article discusses the ecosystem changes in the Voronezh city, analyzes factors of ecological well-being of the urban environment. The key aspect that determines the comfort of an urbanized environment is climatic and hydrographic conditions of the territory in question. The formation of natural and ecological comfort of people living in an urban environment is ensured by the following natural factors: terrain, hydrographic objects, temperature conditions, wind speed and direction. In the course of the study, environmental and technogenic factors were monitored, changes in the environment of the city of Voronezh, which are caused by a high degree of technogenic load, were examined. Observations on exceeding MAC of priority pollutants in territories of industrial complexes where plants of engineering plant, radio-technical and building profiles are located are located. The analysis showed that to solve the problems of creating a comfortable urban environment, appropriate measures are required to develop and implement a number of targeted programs aimed at creating a comfortable living environment and environmental safety of the urban population; updating the regulatory framework, which will establish a strict economic responsibility for the pollution of the urban environment and related offenses: transfer, reform or liquidation of environmentally hazardous facilities in the central parts of city and the restoration of vacated territories; increase in pace of modernization of engineering networks; construction of underground and multi-storey garages and parking lots; construction of the necessary tunnels, bridges, elevated crossings, underground pedestrian crossings; continuous improvement of the collection system and transportation of household waste; improving the system of traffic management and parking; optimization of the public transport network; development of bike paths in the city; development of the road network, including elements of highways, radial and bypass roads; organizing economic actions that contribute to the mandatory use of environmentally acceptable types of motor fuel; transfer of energy companies to environmentally friendly energy sources; equipping industrial facilities with efficient gas and smoke decontamination systems; creation of a network of local automated control over the quality of atmospheric air.

Keywords: urban environment, pollution, ecology, technosphere

Одной из важнейших составляющих градостроительства является формирование комфортной и экологически безопасной среды жизнедеятельности населения. Урбанизированные территории представляют собой особый тип природно-техногенных геосистем, концентрирующих максимальное разнообразие видов антропогенного воздействия на окружающую среду. Вместе с тем природная среда урбанизированных территорий подвергается значительной трансформации, обусловленной глобальными общепланетарными процессами. В этой связи особенно важным представляется изучение и постоянный мониторинг антропогенных факторов, влияющих на деградацию и функционирование природно-техногенных геосистем урбанизированных территорий.

Цель исследования: анализ экологических условий формирования городской среды, а также последствий урбанизации и влияния антропогенной деятельности на геосистему территории г. Воронежа.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – факторы, формирующие природно-техническую геосистему г. Воронежа.

Предмет исследования – анализ качественного состояния факторов экологического благополучия городской среды.

Материалами для анализа послужили опубликованные данные Департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области, метеоданные Воронежского гидрометеоцентра за десятилетний период наблюдений, данные госстатотчетности по форме 2ТП (водхоз), официальные статистические публикации Воронежстата, данные экологических исследований, отчетов сторонних организаций, результаты научных исследований ученых – географов, климатологов, гидрологов, в частности А.И. Воейкова, В.М. Смольянинова, В.М. Мишона, С.А. Куролапа и др. Авторами сгруппированы и проанализированы метеорологические параметры, сформированы графические иллюстрации динамики концентраций основных загрязняющих веществ, проведен анализ загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов на территории городского округа г. Воронежа, предложена блок-схема бассейновой гидрологической природно-технической системы, произведен расчет коэффициента антропогенного давления на водные ресурсы, дана оценка экологического состояния водных объектов с использованием системы экспертных баллов [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Формирование условий городской среды происходит под влиянием различных факторов: природных, техногенных, инфраструктурных и экологических. Факторами комфортности природно-экологических условий для населения города являются: температурный режим местности, скорость и направление ветра, рельеф местности. Ключевым аспектом, определяющим комфортность урбанизированной среды, являются климатические условия местности.

Географическое месторасположение г. Воронежа в западном лесостепном климатическом районе обуславливает умеренный континентальный климат на его территории. Среднестатистические температурные показатели холодного периода года изменяются от +8 до –10°C, теплого – от +19 до +21°C (табл. 1).

Годовая сумма осадков на территории города колеблется от 450 до 550 мм (табл. 2). Примерно 2/3 годового количества осадков выпадает в теплый период. Снежный покров устанавливается в конце декабря – начале января и имеет толщину порядка 30 см. Длительность зимнего периода составляет порядка 120 дней.

Климатические условия в Воронеже формируются в основном под воздействием региональных умеренных воздушных масс, кроме того, нередко отмечается влияние континентального воздуха из центральных регионов Евразии, а также холодного арктического и жаркого тропического воздуха. Воздушные массы с высокой температурой поступают в Воронеж из Северной Африки и Казахстана. Иногда отмечается поступление теплых атлантических воздушных потоков (табл. 3).

Наибольшая скорость ветра наблюдается в осенне-зимний период года (табл. 4).

Сезонные особенности циркуляции воздушных масс обуславливают неустойчивость погодных условий. Так, например, имеет место резкое снижение количества осадков с условной периодичностью 2–3 раза в десять лет, что приводит к засухам.

В переходные периоды года – весение и осенние месяцы – наблюдается частая смена ветров северо-западного и юго-восточного направления, что приводит к повторному возвращению холодов и заморозков весной и частым оттепелям с последующим оледенением зимой.

Таблица 1

Средние месячные и годовые температуры воздуха в Воронеже

Год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	средняя
2000	-6,5	-2,8	-0,2	12,4	11,6	17,2	20,5	19,3	11,7	7,7	-0,6	-0,8	7,5
2001	-2,4	-4,9	-0,2	11,1	14,0	16,9	24,1	20,1	13,3	5,6	1,4	-9,9	7,4
2002	-5,7	0,6	4,2	8,9	14,5	18,0	23,9	19,3	14,4	5,8	1,0	-11,7	7,8
2003	-6,2	-9,9	-3,6	6,1	16,8	15,0	20,2	18,7	12,7	6,8	1,5	-2,5	6,3
2004	-3,8	-4,9	2,3	7,1	13,5	16,7	19,0	20,0	14,1	7,4	0,7	-2,5	7,5
2005	-2,2	-8,5	-5,1	9,0	17,3	17,3	20,0	19,7	15,2	7,9	1,7	-2,9	7,5
2006	-11,4	-12,3	-2,8	8,1	14,6	19,9	18,9	20,9	14,4	8,4	1,5	0,6	6,7
2007	0,1	-7,6	3,8	7,1	17,0	19,2	21,0	22,4	14,1	8,5	-1,1	-4,2	8,4
2008	-8,5	-2,8	4,0	11,2	13,7	17,2	21,1	21,0	13,1	9,7	2,7	-3,3	8,3
2009	-5,4	-4,4	-0,2	7,4	14,6	20,2	21,6	17,5	16,6	8,8	2,8	-5,4	7,8
2010	-14,8	-6,4	-1,3	9,4	17,3	22,4	26,4	25,4	14,6	5,1	5,9	-3,3	8,4
2011	-8,7	-11,8	-3,4	7,3	17,1	20,6	23,7	20,2	14,0	7,0	-1,0	-0,2	7,1
2012	-6,8	-12,1	-2,5	11,9	18,4	20,1	22,1	20,3	14,4	9,8	2,7	-5,9	7,7
2013	-5,5	-3,2	-3,3	9,7	19,5	21,2	20,1	20,5	11,6	7,4	4,8	-2,5	8,4
2014	-8,6	-4,1	2,9	8,8	18,5	17,9	22,3	21,8	14,4	5,9	-0,8	-3,4	8,0
2015	-4,7	-3,3	1,7	8,1	16,3	20,7	21,1	19,8	17,6	5,1	2,4	0,0	8,7
2016	-8,0	0,5	2,6	10,3	15,2	19,6	22,6	21,9	13,0	6,1	-1,1	-5,9	8,1
2017	-6,4	-5,4	3,7	8,5	14,0	17,2	20,4	21,6	15,1	6,6	0,6	1,5	8,1
2018	-5,1	-7,5	-5,9	8,8	18,2	19,0	22,0	21,4	17,6	9,4	-1,5	-5,1	7,6
2019	-6,8	-2,5	1,3	10,2	17,1	22,2	19,2	19,4	—	—	—	—	—

Таблица 2

Месячные и годовые суммы выпавших осадков в Воронеже

Год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	сумма
2000	29	38	57	27	18	115	112	34	70	9	11	47	568
2001	43	62	48	54	37	82	71	28	84	48	57	55	669
2002	18	61	12	3	13	69	50	28	144	57	47	19	522
2003	27	9	12	17	19	74	109	133	26	60	31	49	567
2004	58	73	54	65	85	53	109	17	76	42	24	51	706
2005	74	43	29	48	109	113	32	72	5	47	35	82	688
2006	48	31	66	17	26	50	78	92	73	77	81	16	655
2007	52	53	17	22	38	64	28	43	72	37	71	18	514
2008	37	13	50	78	67	24	47	30	65	18	35	21	486
2009	41	44	45	7	45	44	41	50	7	29	37	59	448
2010	57	36	36	39	55	36	33	29	41	65	65	115	607
2011	44	24	14	26	26	65	47	97	17	19	21	62	461
2012	45	45	47	72	21	117	64	186	38	139	26	31	829
2013	31	14	72	12	64	18	78	87	130	46	26	14	591
2014	61	27	23	33	31	100	2	47	5	18	6	67	419
2015	25	62	4	62	22	72	50	30	16	20	97	67	527
2016	88	43	64	164	75	45	38	64	33	25	79	49	766
2017	57	29	33	46	26	62	62	46	47	58	86	92	644
2018	70	41	85	71	51	35	79	19	45	38	4	74	612
2019	47	19	42	33	91	12	100	25	—	—	—	—	—

Таблица 3

Повторяемость различных направлений ветра, %

Направл.	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
С	7	7	7	9	12	11	16	14	12	8	7	7	10
СВ	6	7	8	11	11	9	13	12	10	7	6	5	9
В	7	13	16	17	14	12	10	11	10	8	9	10	11
ЮВ	14	18	19	18	15	13	9	10	13	16	17	17	15
Ю	12	12	11	11	10	8	7	6	10	13	14	15	11
ЮЗ	16	12	11	9	9	10	7	8	10	13	15	13	11
З	26	20	19	16	17	21	20	23	22	23	22	22	21
СЗ	12	11	9	9	12	16	18	16	13	12	10	11	12
штиль	8	7	9	12	16	17	20	19	18	11	9	7	13

Таблица 4

Скорость ветра, м/с

янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	год
3,8	3,8	3,7	3,3	3,1	2,8	2,6	2,6	2,8	3,2	3,5	3,7	3,2

Таблица 5

Колебания среднемесячных температур в течение календарного года на территории городского округа г. Воронежа

Год проведения наблюдений	Среднемесячный температурный минимум, °С	Среднемесячный температурный максимум, °С	Амплитуда температур, °С
2000	-6,5	+20,5	27,0
2001	-9,9	+24,1	34,0
2002	-11,7	+23,9	35,6
2003	-9,9	+20,2	30,1
2004	-4,9	+20,0	24,9
2005	-8,5	+20,0	28,5
2006	-12,3	+20,9	33,2
2007	-7,6	+22,4	30,0
2008	-8,5	+21,1	29,6
2009	-5,4	+21,6	27,0
2010	-14,8	+26,4	41,2
2011	-11,8	+23,7	35,5
2012	-12,1	+22,1	34,2
2013	-5,5	+21,2	26,7
2014	-8,6	+22,3	30,9
2015	-4,7	+21,1	25,8
2016	-8,0	+22,6	30,6
2017	-6,4	+21,6	28,0
2018	-7,5	+22,0	29,5

Параметром комфортности для физиологических процессов организма человека принята температура воздуха +20 °С. Значительная протяженность территории РФ обуславливает разнообразие климатических условий и, соответственно, существенную изменчивость годовых температур. В связи с этим условия жизненной среды населения с минимальной амплитудой колебания температур являются более благоприятными [2]. На территории г. Воронежа максимальная амплитуда среднемесячных температур в течение года за период с 2000 г. по настоящее время наблюдалась в 2010 г. и составила 41,2 °С (табл. 5), минимальная амплитуда 24,9 °С.

Амплитуда средних температур в течение календарного месяца за период с 2000 года по настоящее время составляет от 6,3 °С до 14,9 °С (табл. 6).

Самая низкая среднемесячная температура воздуха в Воронеже за период наблюдений составила -14,8 °С, максимальная - +26,4 °С.

Колебания температурного режима часто отрицательно сказываются на здоровье

людей и требуют проведения дополнительных организационно-социальных и лечебных мероприятий.

Степень экологической комфортности во многом определяется также режимом переноса воздушных масс. Возрастание скорости ветра усиливает физический и психологический дискомфорт, тем не менее условия штиля снижают экологическую комфортность за счет торможения процессов естественного самоочищения атмосферы.

Рельеф территории, как фактор экологической комфортности среды, определяется градусом продольного уклона. Оптимальное значение уклона лежит в области 1–5°. Если градус уклона выше обозначенного диапазона, то возникают неудобства перемещения людей, отсутствие же уклона препятствует естественному стоку воды, что ведет к застаиванию воды на поверхности уличного покрытия, создающему неудобства для населения, а также повышению общей влажности приземного слоя воздуха.

Таблица 6

Колебания средних температур в течение календарного месяца за период 2000–2018 гг. на территории городского округа г. Воронежа

Месяц проведения наблюдений	Среднемесячный температурный минимум за период наблюдений, °С	Среднемесячный температурный максимум за период наблюдений, °С	Амплитуда температур, °С
Январь	–14,8	+0,1	14,9
Февраль	–12,3	+0,6	12,9
Март	–5,9	+4,2	10,1
Апрель	+6,1	+12,4	6,3
Май	+11,6	+19,5	7,9
Июнь	+15,0	+22,4	7,4
Июль	+18,9	+26,4	7,5
Август	+17,5	+22,4	4,9
Сентябрь	+11,6	+17,6	6,0
Октябрь	+5,1	+9,8	4,7
Ноябрь	–1,5	+4,8	6,3
Декабрь	–11,7	+1,5	13,2

Географическое положение и геофизические условия территории Воронежского городского округа соответствуют Левобережному террасовому типично-лесостепному физико-географическому району [3]. Данный район расположен между Правобережным типично-лесостепным физико-географическим районом (на западе) и Окско-Донским плоскостным типично-лесостепным физико-географическим районом (на востоке).

Территория городского округа г. Воронежа отличается неоднородным рельефом: часть города, располагающаяся на правом берегу водохранилища, относится к второй и четвертой надпойменной террасам с абсолютными отметками от 100 до 160 м, а левобережная территория городского округа – к пониженной плоскоравнинной поверхности, которая постепенно переходит в речную террасу [4]. Таким образом, рельеф правобережной части Воронежа отличается повышенными значениями продольного уклона, что создает определенную степень дискомфорта экологической среды города.

В современном крупном промышленно развитом городе, каковым и является Воронеж, отмечаются существенные изменения состояния окружающей природной среды, обусловленные высокой степенью техногенной нагрузки. В первую очередь это касается воздушной среды города. Критерием комфортности воздушной среды урбанизированной территории является соответствие качественного и количественного состава атмосферы нормативным показателям, обеспечивающим необходимые

санитарно-гигиенические и экологические условия.

Загрязнение воздушной среды города обусловлено функционированием объектов промышленности, строительства, транспортной инфраструктуры.

Индустриальная составляющая г. Воронежа включает предприятия различных отраслей: теплоэнергетики, машиностроения, химической, пищевой и строительной промышленности. Промышленно-коммунальные территории занимают более семи процентов от общей площади застройки города [5].

Основная масса загрязняющих веществ приземного слоя воздуха имеет техногенно-транспортное происхождение. 350000 единиц транспортных средств выбрасывают в атмосферу города порядка 90% поллютантов [6].

Приоритетными загрязняющими веществами города от всех источников загрязнения являются диоксид азота, пыль (взвешенные вещества), формальдегид (канцероген).

Графическая иллюстрация динамики концентраций основных загрязняющих веществ в атмосфере г. Воронежа представлена на рис. 1.

Наиболее высокие показатели загрязнения воздушной среды города пылью, диоксидом азота, оксидом углерода, формальдегидом отмечаются в юго-восточной левобережной части города, где расположены промпредприятия ТЭЦ-1, ОАО «Воронежсинтезкаучук», ЗАО «Воронежский шинный завод», а также проходят магистрали с интенсивным движением авто-

транспорта [7]. Здесь же отмечаются максимальные значения индекса загрязнения атмосферы, что обусловлено как эмиссией загрязняющих веществ индустриальными объектами, так и ландшафтно-экологическими особенностями, в первую очередь ровной пониженной поверхностью, над которой отмечается слабая конвекция воздушных масс [8].

Длительные наблюдения за атмосферой Воронежа позволяют отметить постоянное превышение предельно допустимых концентраций приоритетных загрязняющих веществ на территории исторически сформировавшихся промышленно-производственных комплексов не только левобережного, но и правобережного района, где расположены промышленные объекты, относящиеся в основном к отраслям машиностроения, радиотехники и строительства.

Необходимо отметить, что значения показателей загрязнения воздушного бассейна города Воронежа обусловлены как особенностями функционально-планировочной инфраструктуры, так и природно-экологическими факторами (сезонными и стратификационными характеристиками). В целом по городу уровень загрязнения атмосферы значительно повышается в теплое время года, когда концентрации загрязняющих веществ достигают максимальных значений вследствие устойчивой стратификации атмосферы (инверсия), а в осенне-зимний период года, при активизации конвекционных атмосферных процессов,

отмечается снижение показателей загрязнения атмосферы Воронежа [9].

К факторам, усугубляющим неблагоприятную ситуацию, можно отнести существенную плотность автомобильных потоков на улицах города, загруженность дворовых территорий города автотранспортом, плохое состояние дорожного покрытия, недостаточную наполненность городской территории объектами озеленения, недостатки планировочных решений, приближающих территории жилой застройки к проезжей части. Таким образом, можно отметить необходимость корректировки организационно-планировочных решений по формированию комфортной городской среды.

Важнейшим экологическим фактором городской среды является гидрографическая сеть. Выдающимся географом и климатологом А.И. Воейковым обосновано очень важное положение: «Реки и озера – продукт климата». В свою очередь водные объекты также существенно влияют на климатические условия местности, являются источниками питьевого и хозяйственного водоснабжения, используются как рекреационные и транспортные ресурсы.

Гидрография городского округа представлена Воронежским водохранилищем, реками Дон, Воронеж и Усмань. Водохранилище образовано в 1972 г. путем перекрытия р. Воронеж (левого притока р. Дон) и является наиболее крупным водным объектом рассматриваемой территории. Вне территории города река Воронеж находится в естественном русле.

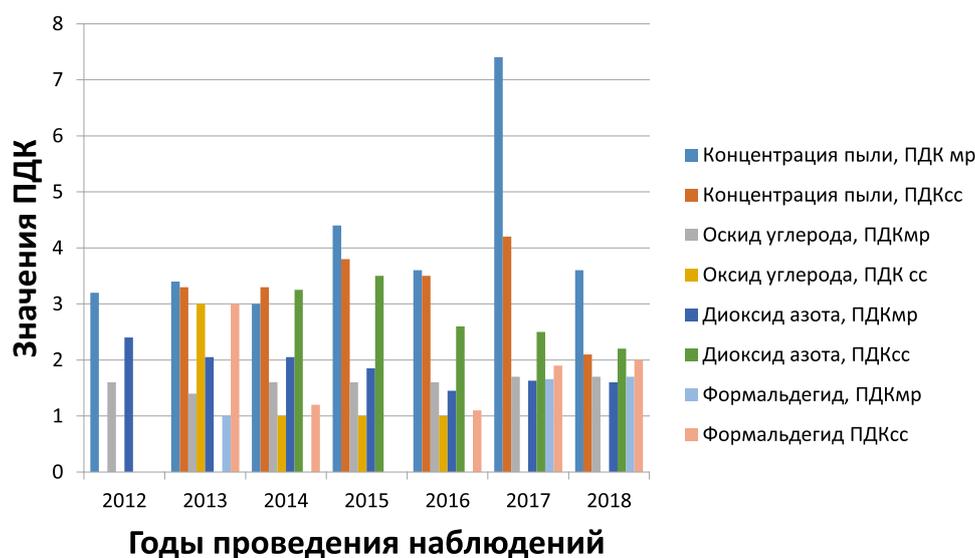


Рис. 1. Концентрации ЗВ в летний период (доли ПДК) в атмосфере г. Воронежа

Параметры водохранилища имеют следующие показатели: длина объекта с севера на юг составляет 35 км, площадь поверхности – 70 кв. км, ширина – 2 км (средняя величина), глубина – 2,9 м (средняя величина), объем воды – 204 млн куб. м. Питание водохранилища происходит за счет поверхностного стока, что и определяет химический состав воды. Основной приток воды в водохранилище (55–65% годового притока) происходит за счет весеннего стока снеговых вод [9].

Река Дон огибает Воронежский городской округ вдоль западной границы. Русло Дона отличается извилистостью, имеются частые изгибы. Длина реки Усмань – левого притока р. Воронеж – в границах городской территории составляет порядка 18 км, площадь водосбора 2840 км².

В результате антропогенного водопользования в условиях городских агломераций изменяется количество воды в поверхност-

ных и подземных водных объектах, нарушается установившийся водный баланс, изменяется гидрологический режим. При этом значительно изменяется качественный состав воды. Гидрологическая сеть в пределах городского округа г. Воронеж испытывает значительную техногенную нагрузку, следствием которой является длительное существенное загрязнение водных объектов органическими и неорганическими, а также синтетическими загрязняющими веществами. Многолетние наблюдения за качественным и количественным составом поверхностных вод на территории г. Воронеж показали многократное превышение предельно допустимых концентраций таких веществ, как соединения меди, нефтепродукты, нитриты, фосфаты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), а также легко- и трудно-окисляемые органические вещества (рис. 2–4).

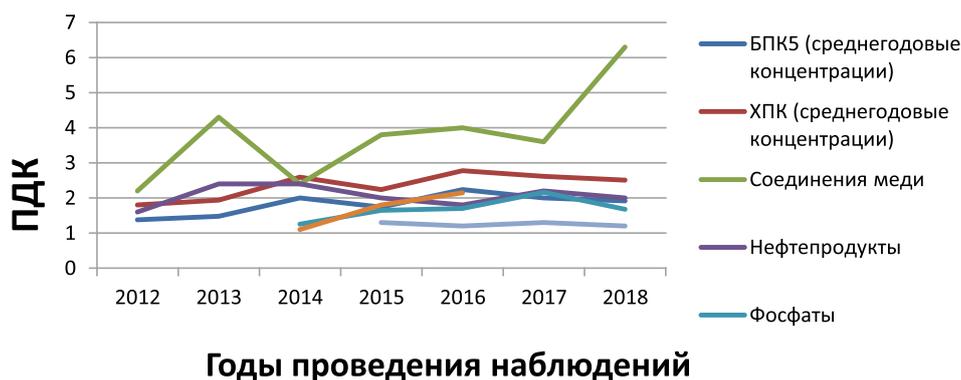


Рис. 2. Загрязнение водных объектов – вдр. Воронежское – г. Воронеж (1-й контрольный створ в 2,5 км ниже г. Воронеж, 1,2 км ниже пос. Песчанка)

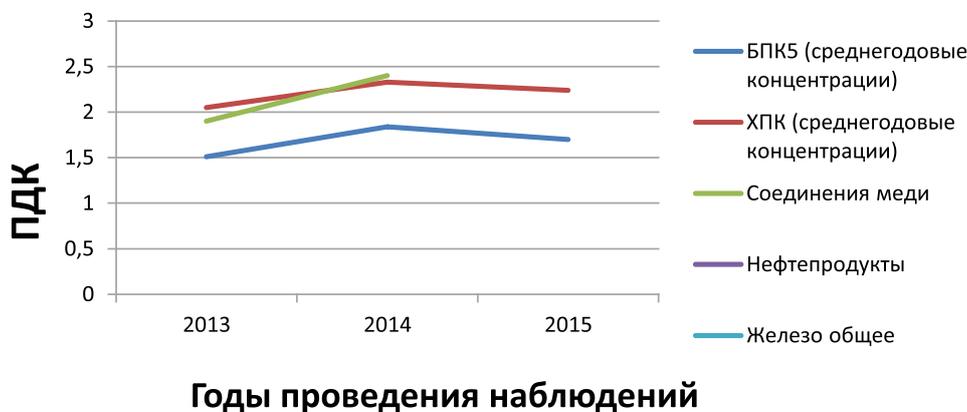


Рис. 3. Загрязнение водных объектов – вдр. Воронежское – г. Воронеж (2-й контрольный створ, 7 км ниже города в створе плотины гидроузла)

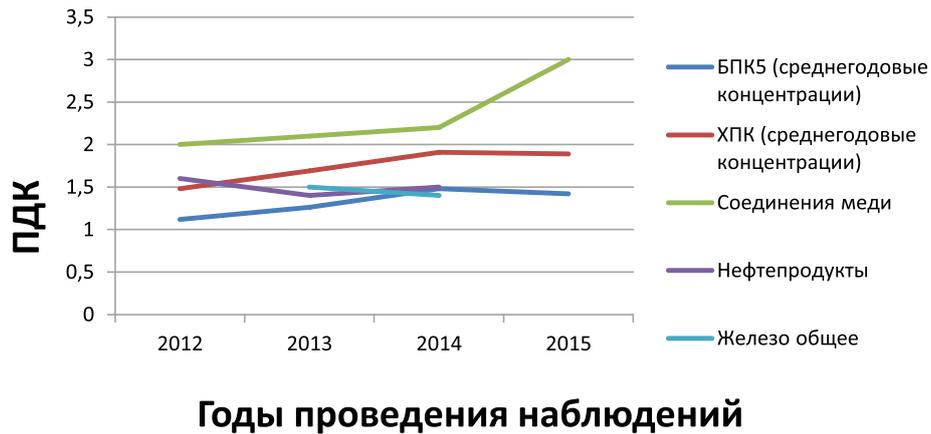


Рис. 4. Загрязнение водных объектов – р. Дон – г. Воронеж (контрольный створ у с. Мальшицево, ниже сброса сточных вод МУП «Водоканал»)

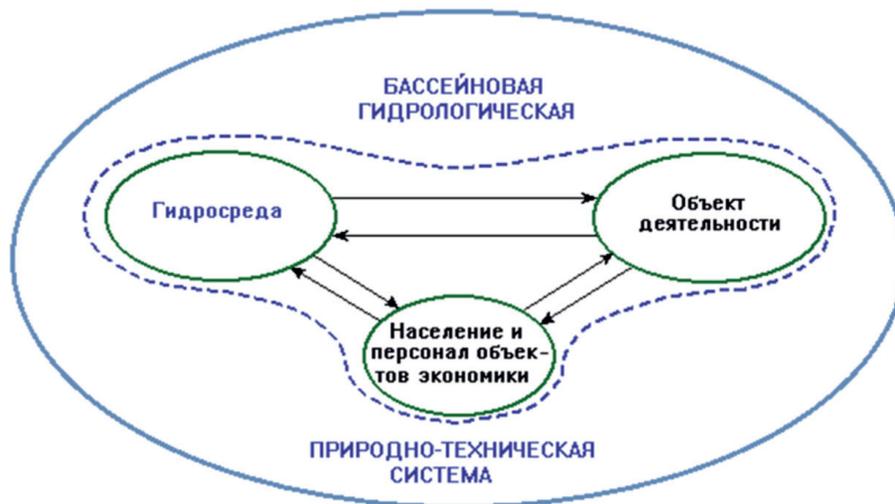


Рис. 5. Блок-схема бассейновой гидрологической природно-технической системы

Источниками загрязнения водных объектов Воронежа являются промышленные предприятия, осуществляющие сброс в них недостаточно очищенных или неочищенных сточных вод, городские водоочистные сооружения, а также поверхностный сток с уличной сети города, особенно насыщенный загрязняющими веществами в период весеннего снеготаяния.

Согласно данным госстатотчетности по форме 2ТП (водхоз) 51 предприятие Воронежской области осуществляло сброс сточных вод в поверхностные водные объекты, имеют очистные сооружения – 36 [9, 10]. Среди основных загрязнителей

природных вод по Воронежской области предприятия г. Воронежа:

- ООО «РВК-Воронеж» – объект загрязнения – река Дон;
- ООО «Левобережные очистные сооружения» г.о. г. Воронеж – объект загрязнения – Воронежское водохранилище.

Чрезмерное антропогенное давление на водные объекты в условиях урбанизированной территории приводит к трансформации природных водных объектов речного бассейна в природно-технические системы, постоянно изменяющиеся под влиянием природных факторов и антропогенных вмешательств (рис. 5).

Для оценки антропогенного давления на различные территории, в том числе на водосборные бассейны морей, озер, рек и водохранилищ может быть использован коэффициент, рассчитываемый по формуле [11]:

$$\lg K = 0,90 \cdot \lg ПН - 0,97,$$

где ПН – плотность населения, чел/км².

Коэффициент антропогенного давления на водные ресурсы для г. Воронежа составляет 1,95. При плотности населения в г. Воронеже 1743 чел/км² экологическое состояние рек оценивается в 6 баллов (сильно зависит от плотности населения, потребительские свойства значительно снижены под влиянием жизнедеятельности населения).

Заключение

В процессе формирования среды г. Воронежа принимают участие разнообразные факторы: производственно-транспортный комплекс, особенности географического положения и климатических условий. Природно-экологические условия испытывают значительные техногенные нагрузки, приводящие к загрязнению важнейших составляющих окружающей среды – атмосферного воздуха и водных объектов.

Для решения задач по формированию комфортной городской среды требуется принятие соответствующих мер.

К административно-правовым мерам можно отнести:

- разработку и реализацию целевых программ, направленных на обеспечение комфортной среды обитания и экологической безопасности населения;
- обновление нормативно-правовой базы, которое позволит установить жесткую экономическую ответственность за загрязнение городской среды и связанные с этим правонарушения.

Градостроительные и инженерно-технические меры предполагают:

- перенос, реформирование или ликвидацию экологически опасных предприятий в центральных зонах городов и рекультивацию освободившихся территорий;
- увеличение темпов модернизации инженерных сетей;
- строительство подземных и многоэтажных гаражей и стоянок;
- строительство необходимых тоннелей, мостов, эстакадных переездов, подземных пешеходных переходов;
- постоянное совершенствование системы сбора и транспортировки бытовых отходов.

Меры по улучшению состояния атмосферного воздуха:

- улучшение системы организации дорожного движения и парковки автотранспорта;
- оптимизация сети общественного транспорта;
- развитие сети велосипедных дорожек в городской черте;
- развитие дорожной сети, включая элементы скоростных автомобильных трасс радиальных и объездных дорог;
- разработка организационно-экономических действий, способствующих обязательному использованию экологически приемлемых видов моторного топлива;
- перевод предприятий ТЭК на экологически чистые источники энергии;
- оснащение промышленных предприятий эффективными системами газо- и дымоочистки;
- создание сети локального автоматизированного контроля за качеством атмосферного воздуха.

Меры по сохранению зеленых насаждений:

- увеличение площадей зеленых насаждений и улучшение условий ухода за ними;
- принятие соответствующих мер, направленных на охрану зеленых насаждений.

Список литературы / References

1. Абдуев М.А. Оценка антропогенного давления на территорию речных бассейнов Большого Кавказа (в пределах Азербайджана) // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и Геоэкология. 2019. № 1 (25). С. 39–49.
- Abdudev M.A. Assessment of anthropogenic pressure on the territory of river basins of the Greater Caucasus (within Azerbaijan) // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya i Geoekologiya. 2019. № 1 (25). P. 39–49 (in Russian).
2. Епринцев С.А. Оценка экологической комфортности населения урбанизированных территорий // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С. 1410–1412.
- Eprintsev S.A. Assessment of ecological comfort of the population of urban areas // Vestnik Tambovskogo universiteta, Seriya: yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. 2014. V. 19. № 5. P. 1410–1412 (in Russian).
3. Мильков Ф.Н., Михно В.Б., Поросёнков Ю.В. География Воронежской области. Воронеж: ВГУ, 1992. 132 с.
- Milkov F.N., Mikhno V.B., Porosenkov Yu.V. The geography of the Voronezh region. Voronezh: VGU, 1992. 132 p. (in Russian).
4. Серeda Л.О., Яблонских Л.А., Куролап С.А. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2015. № 4. С. 59–65.
- Sereda L.O., Yablonskikh L.A., Kurolap S.A. Assessment of the ecological and geochemical state of the soil cover of the city district of Voronezh // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2015. № 4. P. 59–65 (in Russian).
5. Медико-экологический атлас города Воронежа. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.files/page0046.htm> (дата обращения: 08.10.2019).

The medical-ecological Atlas of the city of Voronezh. [Electronic resource]. URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.files/page0046.htm> (date of access: 08.10.2019) (in Russian).

6. Куролап С.А., Попова И.В., Сарычев Д.В., Клепиков О.В., Виноградов П.М. Оценка техногенного загрязнения воздушного бассейна и микроклиматической комфортности городской среды // Сборник научных статей. Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа. Воронеж, 2018. С. 34–56.

Kurolap S.A., Popova I.V., Sarychev D.V., Klepikov O.V., Vinogradov P.M. Assessment of technogenic pollution of the air basin and microclimatic comfort of the urban environment // Collection of scientific articles. Environmental situation and health risks of the Voronezh city population. Voronezh, 2018. P. 34–56 (in Russian).

7. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2018 году. Воронеж, 2019. 240 с.

Report on the state of the environment in the Voronezh region in 2018. Voronezh, 2019. 240 p. (in Russian)

8. Русское географическое общество, Воронежский государственный университет, Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области «Медико-экологический атлас города Воронежа». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.files/page0046.htm> (дата обращения: 08.10.2019).

Russian geographical society, Voronezh state University, center of hygiene and epidemiology in the Voronezh region «Medical and environmental Atlas of the city of Voronezh».

[Electronic resource]. URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.files/page0046.htm> (date of access: 08.10.2019). (in Russian).

9. Смольянинов В.М., Овчинникова Т.В., Ашихмина Т.В., Куприенко П.С. Прогнозирование изменений гидролого-гидрогеологической обстановки в районе водозаборов на примере водоснабжения г. Воронежа // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 2 (78). С. 50–58. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.2.50-58.

Smolyaninov V.M., Ovchinnikova T.V., Ashikhmina T.V., Kuprienko P.S. Prediction of changes in the hydrological-hydrogeological situation in the water intake area on the example of water supply in Voronezh // Water and ecology: problems and solutions. 2019. № 2 (78). P. 50–58 (in Russian).

10. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2017 году. Воронеж, 2018. 220 с.

Report on the state of the environment in the Voronezh region in 2017. Voronezh, 2018. 220 p. (in Russian).

11. Разиньков Н.Д., Овчинникова Т.В., Куприенко П.С., Ашихмина Т.В., Корпусов А.Ю. Гидрологические природно-технические системы: проблемы и региональный опыт управления: монография. Воронеж: Изд. «Цифровая полиграфия», 2019. 132 с.

Razinkov N.D., Ovchinnikova T.V., Kuprienko P.S., Ashikhmina T.V., Korpusov A. Yu. Hydrological natural-technical systems: problems and regional management experience: Monograph. Voronezh: Izd. «Tsifrovaya poligrafya», 2019. 132 p. (in Russian).

УДК 551.510.41

МОНИТОРИНГ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧЕРНОГО УГЛЕРОДА В ПРИЗЕМНОМ ВОЗДУХЕ В РАЙОНЕ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

¹Виноградова А.А., ¹Копейкин В.М., ²Смирнов Н.С.

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, Москва,
e-mail: anvinograd@yandex.ru;

²Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник, Якша

Приводятся результаты непрерывного круглогодичного мониторинга содержания черного углерода (black carbon – BC) в приземном воздухе на территории Печоро-Илычского биосферного заповедника – с октября 2017 г. по сентябрь 2018 г. с временным разрешением в один сутки. Средние значения концентрации BC (плюс-минус стандартное отклонение) составляют (296 ± 172) нг/м³ и (175 ± 82) нг/м³ в холодную часть года в приземном воздухе в поселке Якша и вне его соответственно, и (81 ± 38) нг/м³ – в теплую часть года вне поселка. Таким образом, вклад поселка в содержание BC в атмосфере можно оценить примерно в 120 нг/м³. Анализ траекторий дальнего переноса воздушных масс к пункту наблюдений показал, что основные источники BC для района Печоро-Илычского заповедника удалены от него на расстояния до 500 км. Это антропогенные источники, связанные с промышленностью и отоплением в городах и поселках Свердловской области, Пермского края, Удмуртской Республики, Республики Коми, с добычей углеродсодержащего топлива на территориях ЯНАО и ХМАО, а также летом – с лесными пожарами на территориях всех ближайших регионов. Рассматриваются распределения эмиссии BC в атмосферу от антропогенных источников и пожаров – на координатной сетке $1^\circ \times 1^\circ$ по спутниковым данным. Сравнение измеренных среднемесячных величин концентрации BC в приземном воздухе с оценками этой же характеристики по спутниковым наблюдениям (реанализ MERRA-2) показывает хорошее соответствие, что можно считать взаимной верификацией и подтверждением достоверности данных измерений *in situ* и дистанционных наблюдений.

Ключевые слова: Печоро-Илычский заповедник, загрязнение, черный углерод в атмосфере, спутниковая информация, реанализ MERRA-2

MONITORING OF BLACK CARBON CONCENTRATION IN NEAR SURFACE AIR IN THE PECHORA-ILYCH BIOSPHERE RESERVE

¹Vinogradova A.A., ¹Kopeykin V.M., ²Smirnov N.S.

¹A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow,
e-mail: anvinograd@yandex.ru;

²Pechora-Ilych State Nature Biosphere Reserve, Yaksha

The results of continuous monitoring of black carbon (BC) in the surface air on the territory of Pechora-Ilych Nature Biosphere Reserve from October 2017 till September 2018 are presented. Air sampling was carried out during the year with a time resolution of one day. The mean concentrations (\pm standard deviation) are (296 ± 172) ng/m³ and (175 ± 82) ng/m³ in the cold part of the year in and outside the settlement Yaksha, respectively, and (81 ± 38) ng/m³ in the warm part of the year outside Yaksha. Thus, the input of the settlement Yaksha to air BC concentration is about 120 ng/m³. Analysis of the trajectories of long-range air masses transport to the observation point showed the main BC sources placed at distances up to 500 km from the point of observation. They are a lot of anthropogenic sources associated with industries, transportation, and heating in Sverdlovskaya region, Perm Krai, Udmurt Republic, Republic of Komi, with oil/gas mining in YANAO and KHMAO, as well as summer wildfires on the territories of these regions. The distributions of BC emissions into the atmosphere from anthropogenic sources and wildfires are analyzed on $1^\circ \times 1^\circ$ coordinate grid. Comparison of monthly averaged measured BC concentrations in surface air with estimates of the same characteristic from satellite observations (from MERRA-2 reanalysis data) shows good agreement, which can be considered as a joint verification and validation of data measured *in situ* and remote observations.

Keywords: Pechora-Ilych Nature Reserve, pollution, black carbon in the atmosphere, satellite information, MERRA-2 reanalysis

Изучение процессов антропогенного загрязнения природных экосистем удаленных территорий чрезвычайно важно как для понимания сопутствующих природных явлений, так и с точки зрения оценки состояния окружающей среды, выявления источников и минимизации последствий загрязнения. Черный углерод (black carbon – BC) – один из короткоживущих климатически значимых компонентов атмосферы [1] – об-

разуется в результате неполного сгорания углеродсодержащих веществ, в частности органического топлива. В холодную часть года источники BC в атмосфере преимущественно антропогенные (отопление, транспорт, энергетика и т.д.), тогда как летом к ним добавляются природные пожары, сильно модулирующие поле эмиссий BC как в пространстве, так и в разные месяцы и годы. Влияние атмосферного BC на кли-

мат обусловлено поглощением черными частицами солнечной радиации (прямые радиационные эффекты) и его физическими и химическими свойствами, меняющими состав и микрофизику атмосферы (косвенные эффекты) [2, 3].

Измерения концентрации ВС в атмосфере проводятся как в городах [4, 5], так и в труднодоступных районах [6–8], но редко непрерывно в течение года и более [8–10]. Кроме того, в последние годы очень расширилась сеть спутникового мониторинга параметров и состава атмосферы, выходные данные которой теперь включают и содержание ВС в приземной атмосфере [11].

Цель работы: анализ и обсуждение результатов непрерывного мониторинга концентрации ВС в приземной атмосфере, полученных в течение года (октябрь 2017 – сентябрь 2018) в новой точке наблюдений в центральной России (Печоро-Илычский биосферный заповедник), а также их сравнение с данными реанализа спутниковой информации.

в поселке Якша, а затем (примерно через два месяца) перенесен на 1,8 км восточнее в ближайший лесной массив. Высота размещения воздухозаборника над землей в обоих случаях составляет примерно 2 м. Пробы атмосферного аэрозоля отбираются путем непрерывного прокачивания воздуха через перхлорвиниловые фильтры АФА-ХП-20, длительность сбора каждой пробы одни сутки, смена фильтра производится около 8 часов по местному времени. Определение массы черного углерода, собранного на фильтр, производится в Москве фотометром, разработанным в ИФА им. А.М. Обухова РАН [9], по ослаблению экспонированным фильтром излучения в красной области спектра (0,6–0,8 мкм).

Результаты измерения концентрации ВС, перенос воздушных масс и источники ВС

На рис. 2 приведены результаты ежедневных измерений концентрации ВС в приземном воздухе в районе пос. Якша. Вертикальной чертой рисунок разделен



Рис. 1. Положение пункта наблюдений (звёздочка) на схеме

Объект исследований, методы и подходы

Работы по отбору проб воздуха проведены вблизи поселка Якша на территории Печоро-Илычского государственного природного биосферного заповедника [12] (далее – ПИГПБЗ), вдали от крупных промышленных центров и больших городов (рис. 1). Климат этого района довольно суров – снег лежит больше полугода (с середины октября почти до конца апреля), средняя температура воздуха в январе $-17,6^{\circ}\text{C}$, в июле $+16,5^{\circ}\text{C}$.

Пробоотборник атмосферного аэрозоля сначала был установлен непосредственно

на две области: когда наблюдения проводились в поселке и вне его. Средние (за первые 2 месяца и последующие 5 холодных месяцев) значения плюс-минус стандартное отклонение составляют (296 ± 172) $\text{нг}/\text{м}^3$ и (175 ± 82) $\text{нг}/\text{м}^3$ соответственно. Достоверность различия этих значений около 90% (по критерию Стьюдента). Разницу в загрязнении воздуха черным углеродом в холодное время года между двумя пунктами – около $120 \text{нг}/\text{м}^3$ – можно отнести на вклад местных источников ВС, расположенных в самом поселке, где отопление дровяное. В теплую часть года концентрация ВС в воздухе

(81 ± 38) нг/м³, что примерно вдвое ниже, чем в холодное время года. Относительное стандартное отклонение круглый год выше 40%, что говорит о больших межсуточных вариациях измеряемой концентрации ВС.

Средние распределения направлений поступления воздушных масс к пункту отбора аэрозольных проб (по 5-суточным траекториям переноса воздушных масс, рассчитанным с помощью программы HYSPLIT на сайте [13]) представлены на диаграмме рис. 3. В целом в течение года воздух в пункт наблюдений поступал преимущественно из западного и южного секторов, особенно в холодную часть года. Одна-

ко условия циркуляции атмосферы сильно менялись от месяца к месяцу. Именно вариации процессов циркуляции атмосферы, при условии постоянства пространственного распределения мощностей источников эмиссии ВС в атмосферу (рис. 4) определяют колебания величины концентрации ВС в пункте наблюдений.

Зона влияния источников эмиссий ВС примерно охватывает территорию с географическими координатами в пределах $(52-72)^\circ\text{с.ш.}$, $(46-66)^\circ\text{в.д.}$ Средние эмиссии ВС в атмосферу от антропогенных источников и от пожаров в этой зоне показаны на рис. 4 – по данным [14, 15].

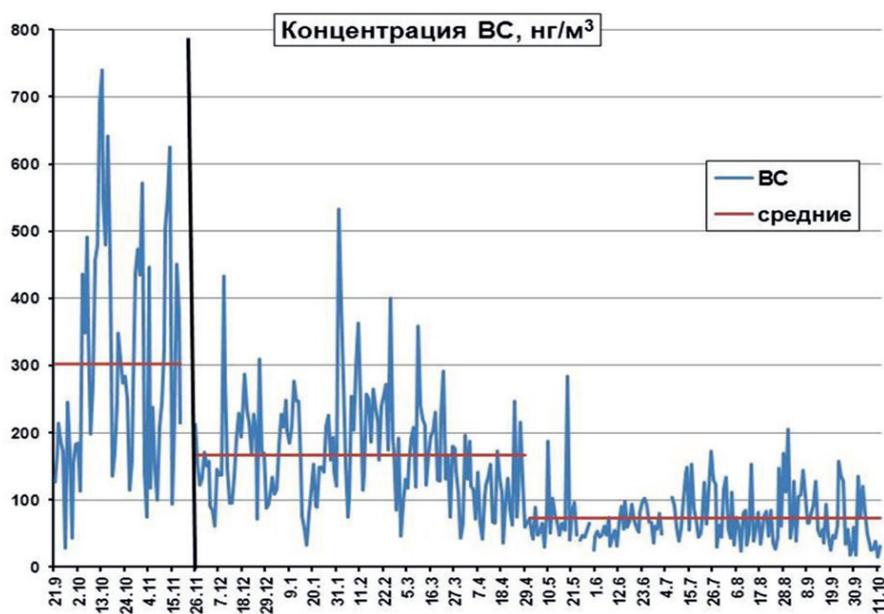


Рис. 2. Ежесуточные величины концентрации ВС в приземном воздухе пункта наблюдений. Вертикальная черта – время изменения положения точки отбора проб, красные горизонтальные прямые – средние значения для разных временных отрезков (см. текст)

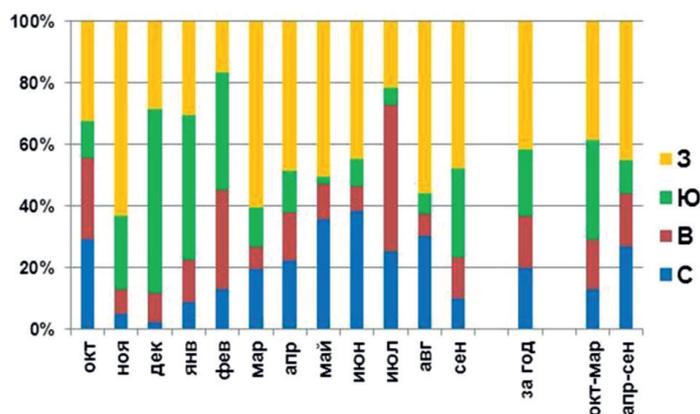


Рис. 3. Средние распределения воздушных масс, приходящих к району отбора проб, по сторонам горизонта (З – запад, Ю – юг, В – восток, С – север): по месяцам, за год и за холодное и теплое полугодия

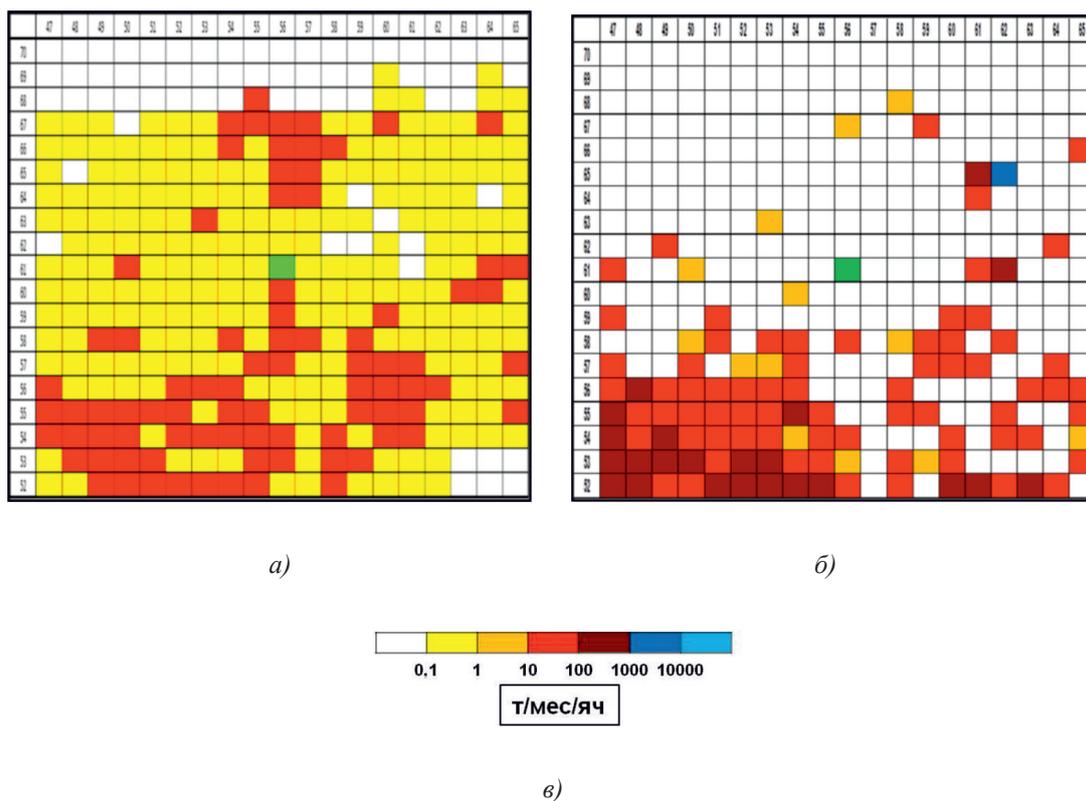


Рис. 4. Мощности эмиссий ВС в атмосферу в центре России на географической сетке $1^\circ \times 1^\circ$: а – антропогенные (в среднем за 2010–2014 гг.); б – от пожаров (в июле – августе 2018 г.); в – шкала, т/мес/яч. Пункт наблюдений расположен в зеленой ячейке

Сопоставляя распределения траекторий, рассчитанных по программе HYSPLIT, с распределениями источников ВС, можно выявить основные удаленные от пункта наблюдений источники, ответственные за загрязнение изучаемого района. Для ПИГПБЗ это промышленные районы севера Свердловской области (Нижний Тагил, Красноуральск, Ревда, Алапаевск и др.) и Пермского края (Березники, Краснокамск, Соликамск, Красновишерск и др.), северо-западные районы ХМАО и ЯНАО (г. Салехард, Воркута, Нягань, Нарьян-Мар и др.), а также факелы сжигания попутного газа при добыче нефти и газа), города и поселки Республики Коми (Троице-Печорск, Ухта, Сыктывкар и др.). Изредка в район наблюдений черный углерод поступает от источников Удмуртской Республики и Татарстана. Для конкретных дней лета 2018 г. с максимальными значениями концентрации ВС в заповеднике можно по рис. 4, б, также определить положение конкретных пожаров, ответственных за это загрязнение. Расположение и интенсивность пожаров сильно разнятся год от года, что должно сказываться на меж-

годовых вариациях концентрации ВС в теплое время.

В работе [16], где обсуждаются результаты измерений ВС в ПИГПБЗ только за холодное полугодие, приводится сводная таблица измеренных величин концентрации ВС в разных районах мира и России, из которой очевидно, что полученные в данном исследовании значения вполне реальны и закономерно отражают ситуацию, свойственную центральным непромышленным районам России. Результаты измерений ВС в приземном воздухе за год, которые обсуждаются в данной работе, также хорошо вписываются в общую картину распределения этого показателя по территории России.

Сравнение с данными реанализа спутниковой информации MERRA-2

Интересно сравнить полученные результаты непосредственного мониторинга концентрации ВС в приземном воздухе в пункте наблюдений с данными реанализа спутниковой информации (MERRA-2 [11]) – рис. 5. Видно, что средние месячные результаты сходятся в целом очень

неплохо. Это можно считать взаимной верификацией спутниковых и измеренных данных и подтверждением их достоверности. Таким образом, для оценок сезонных и межгодовых вариаций концентрации ВС в приземной атмосфере можно пользоваться спутниковой информацией, которая открыта для использования в [11].

и посёлках (с их промышленностью, транспортом и бытовым отоплением) Пермского края, Удмуртской Республики, Республики Коми. Результаты измерений ВС в приземном воздухе ПИГПБЗ, которые обсуждаются в данной работе, хорошо вписываются в общую картину распределения этого показателя по территории России.

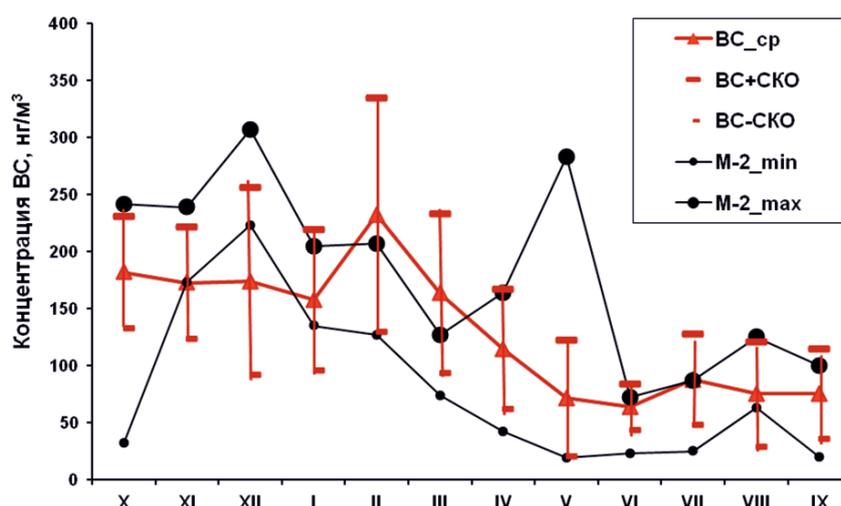


Рис. 5. Средние значения концентрации ВС по месяцам: BC_cp – результаты измерения со стандартными отклонениями (BC+CKO, BC-CKO – вертикальные границы); M-2_min и M-2_max – минимальные и максимальные оценки реанализа MERRA-2

Выводы

– Представлена точка круглогодичного ежедневного мониторинга (с временным разрешением в одни сутки) концентрации ВС в приземном воздухе труднодоступного района Северного Урала (на территории Печоро-Илычского природного заповедника), где получены новые данные об уровне содержания черного углерода (BC) в приземной атмосфере и об источниках этого загрязнения. Проведен анализ результатов измерений в течение года – с октября 2017 по сентябрь 2018 г. Средние значения концентрации ВС (плюс-минус стандартное отклонение) составляют в холодную половину года (296 ± 172) $\text{нг}/\text{м}^3$ и (175 ± 82) $\text{нг}/\text{м}^3$ в приземном воздухе в поселке Якша и вне его соответственно, а в теплую часть года (81 ± 38) $\text{нг}/\text{м}^3$ вне поселка.

– Основные антропогенные источники ВС в атмосфере в районе Печоро-Илычского заповедника удалены от пункта наблюдений на расстояние не больше 500 км и расположены на территориях Свердловской области, районов добычи углеродсодержащего топлива ЯНАО и ХМАО, в городах

– Сравнение среднемесячных результатов измерений концентрации ВС в приземном воздухе с оценками этой же характеристики по спутниковым данным (реанализ MERRA-2) показывает удовлетворительное соответствие, что можно считать их взаимной верификацией и подтверждением достоверности.

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ – грант № 17-05-00245. Авторы благодарят организаторов сайта Лаборатории воздушных ресурсов за возможность свободно использовать модель HYSPLIT.

Список литературы / References

1. AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo, Norway. 2015. 116 p.

2. Панченко М.В., Журавлева Т.Б., Козлов В.С., Насртдинов И.М., Польшкин В.В., Терпугова С.А., Чернов Д.Г. Оценка радиационных эффектов аэрозоля в фоновых и задымленных условиях атмосферы Сибири на основе эмпирических данных // Метеорология и гидрология. 2016. № 2. С. 45–54.

Panchenko M.V., Zhuravleva T.B., Kozlov V.S., Nasrtdinov I.M., Pol'skin V.V., Terpugova S.A., Chernov D.G. Estimation of Aerosol Radiation Effects under Background and Smoke-

- haze Atmospheric Conditions over Siberia from Empirical Data. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016. vol. 41. no. 2. P. 104–111. DOI: 10.3103/S1068373916020047.
3. Bond T.C., Doherty S.J., Fahey D.W., Forster P.M., Bernsten T., DeAngelo B.J., Flanner M.G., Ghan S., Kärcher B., Koch D., Kinne S., Kondo Y., Quinn P.K., Sarofim M.C., Schultz M.G., Schulz M., Venkataraman C., Zhang H., Zhang S., Bellouin N., Guttikunda S.K., Hopke P.K., Jacobson M.Z., Kaiser J. W., Klimont Z., Lohmann U., Schwarz J.P., Shindell D., Storelvmo T., Warren S.G., Zender C.S. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *J. Geophys. Res. Atmos.* 2013. vol. 118. no. 11. P. 5380–5552. DOI: 2169-897X/13/10.1002/jgrd.50171.
4. Копейкин В.М. Наблюдение сажевого аэрозоля в атмосфере над Россией в международных экспедициях TROICA // *Оптика атмосферы и океана*. 2007. Т. 20. № 7. С. 641–646.
- Kopeykin V.M. Observation of the submicron aerosol content in the atmosphere over Russia in the TROICA international experiments // *Optika atmosfery i okeana*. 2007. vol. 20. № 7. P. 641–646 (in Russian).
5. Limon-Sanchez M.T., Carbajal-Romero P., Hernandez-Mena L., Saldarriaga-Norena H., Lopez-Lopez A., Cosio-Ramirez R., Arriaga-Colina J.L., Smith W. Black carbon in PM_{2.5}, data from two urban sites in Guadalajara, Mexico during 2008. *Atmospheric Pollution Research* 2011. vol. 2. P. 358–365. DOI: 10.5094/APR.2011.040.
6. Schmeisser L., Backman J., Ogren J.A., Andrews E., Asmi E., Starkweather S., Uttal T., Fiebig M., Sharma S., Eleftheriadis K., Vratolis S., Bergin M., Tunved P., Jefferson A. Seasonality of aerosol optical properties in the Arctic. *Atmos. Chem. Phys.* 2018. vol. 18. no. 16. P. 11599–11622. DOI: 10.5194/acp-18-11599-2018.
7. Popovicheva O., Diapouli E., Makshtas A., Shonija N., Manousakas M., Saraga D., Uttae T., Eleftheriadis K. East Siberian Arctic background and black carbon polluted aerosols at HMO Tiksi. *Sci. Total Environ.* 2019. vol. 655. no. 3. P. 924–938. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.165.
8. Gong S.L., Zhao T.L., Sharma S., Toom-Sauntry D., Lavoué D., Zhang X.B., Laitch W.R., Barrie L.A. Identification of trends and interannual variability of sulfate and black carbon in the Canadian High Arctic: 1981–2007. *J. Geophys. Res.* 2010. vol. 115. no. D7. D07305. DOI: 10.1029/2009JD012943.
9. Копейкин В.М., Емиленко А.С., Исаков А.А., Лоскутова О.В., Пономарева Т.Я. Изменчивость сажевого и субмикронного аэрозоля в Московском регионе в 2014–2016 гг. // *Оптика атмосферы и океана*. 2018. Т. 31. № 1. С. 5–10.
- Kopeykin V.M., Emilenko A.S., Isakov A.A., Loskutova O.V., Ponomareva T.Ya. et al. Variability of Soot and Fine Aerosol in the Moscow Region in 2014–2016. *Atmos. Ocean Opt.* 2018. vol. 31. no. 3. P. 243–249. DOI: 10.1134/S1024856018030089.
10. Eleftheriadis K., Vratolis S., Nyeki S. Aerosol black carbon in the European Arctic: Measurements at Zeppelin station, Ny-Ålesund, Svalbard from 1998–2007. *Geophys. Res. Lett.* 2009. vol. 36. no. 2. L02809. DOI:10.1029/2008GL035741.
11. Access NASA Earth Science Data [Electronic resource]. URL: <http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni> (date of access: 16.10.2019).
12. Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pechora-reserve.ru> (дата обращения: 16.10.2019).
- Pechora-Ilych State Nature Biosphere Reserve. [Electronic resource]. URL: <https://www.pechora-reserve.ru> (date of access: 16.10.2019).
13. Air Resources Laboratory [Electronic resource]. URL: <http://www.arl.noaa.gov> (date of access: 16.10.2019).
14. Air Quality Engineering & Climate Studies Research Group [Electronic resource]. URL: <http://acs.engr.utk.edu/Data.php> (date of access: 16.10.2019).
15. Global Fire Emissions Database. [Electronic resource]. URL: <http://www.globalfiredata.org> (date of access: 16.10.2019).
16. Виноградова А.А., Копейкин В.М., Смирнов Н.С., Васильева А.В., Иванова Ю.А. Черный углерод в приземном воздухе в районе Печоро-Илычского заповедника: измерения и источники // *Оптика атмосферы и океана*. 2019. Т. 32. № 6. С. 430–436. DOI: 10.15372/AOO20190602.
- Vinogradova A.A., Kopeykin V.M., Smirnov N.S., Vasileva A.V., Ivanova Yu.A. Black carbon in near-surface air in Pechora-Ilych nature reserve: measurements and sources. *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2019. vol. 32. no. 5. P. 521–527. DOI: 10.1134/S102485601905018X.

УДК 911.3

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКО-МОНГОЛЬСКОГО ПРИГРАНИЧЬЯ В РАМКАХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КОРИДОРА КИТАЙ – МОНГОЛИЯ – РОССИЯ

Жамьянова Ю.Б., Осодоев П.В.

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: osodoev@binm.ru

В статье рассматриваются особенности демографического развития приграничных регионов России и Монголии. Стратегическое значение данных территорий особенно значимо в рамках создаваемого «Экономического коридора Китай – Монголия – Россия», который в ближайшей перспективе может стать одним из факторов развития экономики, притяжения населения. На основе данных официальной статистики с 1990 по 2017 г. проанализированы особенности расселения, динамики численности, естественного и механического движения населения, продолжительности жизни. Демографические процессы в российском и монгольском приграничье рассматриваются в сравнении с общим положением в национальных системах и между собой. Российско-монгольское приграничье состоит из четырех субъектов России и восьми сопредельных аймаков Монголии. Данная территория отличается слабой заселенностью, низким уровнем урбанизации регионов, крупными городами в которых являются региональные центры. В ходе исследования определены основные причины сокращения населения, перспективы изменения демографического потенциала. В российских приграничных субъектах снижение демографического потенциала обусловлено значительным миграционным оттоком и спадом естественного прироста. Демографический потенциал монгольского приграничья выше российского вследствие высокого уровня рождаемости, низкой смертности и низких показателей демографической нагрузки. В российском и монгольском приграничье отмечается значительный миграционный отток в центральные регионы страны. За рассматриваемый период индексы изменения численности населения в приграничных регионах составили 90,5% в России и 102,8% в Монголии. На монгольской стороне значительный отток населения компенсируется высоким естественным приростом. Одними из основных стратегических задач государства в контексте приграничных территорий становятся повышение качества жизни, воплощение проектов в области экономики в целях закрепления населения на местах, уменьшения миграционного оттока.

Ключевые слова: приграничные территории, демографический потенциал, расселение, миграция, Россия, Монголия

DEMOGRAPHIC POTENTIAL OF THE RUSSIAN-MONGOLIAN BORDER ZONE WITHIN THE FRAMEWORK ECONOMIC CORRIDOR CHINA – MONGOLIA – RUSSIA

Zhamyanova Yu.B., Osodoev P.V.

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: osodoev@binm.ru

The features of the demographic development of the border regions of Russia and Mongolia are discussed in the article. The strategic importance of these territories is especially significant within the framework of the created «China – Mongolia – Russia Economic Corridor», which in the short term may become a one of the factor for economic development and population attraction. Based on official statistics from 1990 to 2017 the features of settling, population dynamics, natural and mechanical movement of the population, life expectancy were analyzed. Demographic processes in the Russian and Mongolian border zones are considered in comparison with the general situation in national systems and among themselves. The Russian-Mongolian border zone consists from four subjects of Russia and eight adjacent aimags of Mongolia. This territory is notable for its low population, low level of urbanization, and regional centers are major cities. The study identified the main causes of population decline, the prospects for demographic potential changing. In the Russian border regions, a decrease in the demographic potential is due to a significant migration outflow and a decline in natural growth. The demographic potential of the Mongol border zone is higher than the Russian one due to the high birth rate, low mortality rate and low demographic burden. In the Russian and Mongolian border zones there is a significant migration outflow to the central regions of the country. Over the period under review, population change indices in the border regions amounted to 90.5% in Russia and 102.8% in Mongolia. On the Mongolian side, a significant outflow of the population is offset by high natural growth. The strategic objectives of the state are to improve the quality of life, implement projects in the field of economics in the border areas to consolidate the population, and to reduce migration outflows.

Keywords: border areas, demographic potential, settling, migration, Russia, Mongolia

В последние годы происходит переориентация приоритетов сотрудничества со странами Восточной Азии, развития и укрепления связей с Монголией и Китаем. Приграничные регионы являются зоной контакта с сопредельными странами, форпостами развития сотрудничества. Россий-

ские и монгольские приграничные регионы имеют долгие и прочные связи. Формирующийся экономический коридор Китай – Монголия – Россия в ближайшей перспективе может стать одним из факторов развития экономики, притяжения населения. Активно идет обсуждение проектных возможностей

и условий формирования данного коридора. Имея прогнозные данные социально-экономического и демографического развития приграничья можно более четко определить перспективы интеграции в экономическое пространство России – Монголии – Китая.

В данном исследовании проведен анализ сопредельных регионов стран для выявления сходств и различий в их демографическом развитии, особенностей и дальнейших перспектив. Определение особенностей количественных и качественных характеристик населения направлено на определение проблемных точек развития регионов, разработку подходов к совершенствованию демографической политики государств. Демографические процессы выступают своего рода индикатором состояния протекающих на территории социально-экономических процессов. Демографические процессы в российско-монгольском приграничье рассматриваются в сравнении с общим положением в национальных системах и между собой по обе стороны границы [1].

Цель исследования: оценка демографического потенциала российского и монгольского приграничья, сравнение демографического развития регионов по показателям естественного и механического движения населения, продолжительности жизни, демографической нагрузки.

Материалы и методы исследования

Информационной базой исследования послужили статистические данные национальных служб статистики России и Монголии, территориальных органов статистики республик Бурятия, Тыва, Алтай и Забайкальского края с 1990 по 2017 г. Анализ потенциала воспроизводственных возможностей и перспектив демографического развития российско-монгольского приграничья был сделан на основе совокупности научных методов и подходов: системный, статистический, сравнительно-географический и картографический.

Объектом исследования является население российско-монгольского приграничья, состоящего из четырех российских субъектов: республик Алтай, Бурятия, Тыва, Забайкальского края и восьми аймаков Монголии: Баян-Улгий, Увс, Завхан, Хувсгел, Булган, Сэлэнгэ, Хэнтий и Дорнод. Общая площадь российского приграничья занимает 1044,7 тыс. км² (6,1% территории страны). На приграничных территориях России проживает 2598,8 тыс. чел., что составляет 1,7% от общей численности населения государства [2]. Приграничные территории Монго-

лии занимают 592,2 тыс. км² или более трети национальной территории (38,7%) и концентрируют 714,4 тыс. чел., что составляет 22,4% от численности населения [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Система расселения приграничных территорий России и Монголии сильно дифференцирована по природно-географическим условиям, уровню освоенности, социально-экономическому развитию и состоянию инфраструктуры. Российско-монгольское приграничье характеризуется слабой заселенностью, средняя плотность населения приграничья составляет 2,3 чел/км², монгольского – 1,3 чел/км² (таблица). Наибольшая плотность наблюдается в районах, где проходят автомобильные и железнодорожные магистрали. На российской стороне – районы прохождения Транссибирской железнодорожной магистрали, на монгольской – автомагистраль Алтанбулаг – Сухэ-Батор – Дархан – Улан-Батор.

Динамика численности населения российско-монгольского приграничья с 1990 г. характеризуется значительным сокращением. За этот период население приграничных субъектов России уменьшилось на 9,5% (273 тыс. чел.). Убыль населения произошла в Забайкальском крае на 18,6%, в Республике Бурятия – 6,4%. При этом в Республике Алтай население увеличилось на 11,3%, в Республике Тыва на 5,8% [2]. Население монгольского приграничья увеличилось на 2,8% (19,8 тыс. чел.). Так, численность населения увеличилась в аймаке Хувсгел на 22,4%, Сэлэнгэ – 18,4%, Булган – 11,1%, Баян-Улгий – 3,6%. Население аймаков Завхан и Увс уменьшилось на 22,4% и 6,9% [3].

По степени урбанизации монгольская сторона приграничья уступает российской, удельный вес городского населения составляет 34,6% и 52,5%. Наибольший процент городских жителей в Забайкальском крае – 68,2%, в Республике Бурятия – 58,9%, низкие показатели в Республике Алтай – 29,0%. В приграничной Монголии концентрация городского населения наиболее высока в аймаке Дорнод – 56,4%, наименьшая в аймаке Булган – 18,8%. Крупными городами российско-монгольского приграничья являются региональные центры. В российском приграничье это города: Улан-Удэ с численностью 434,8 тыс. чел., Чита – 349,0 тыс. чел., Кызыл – 117,0 тыс. чел., Горно-Алтайск – 63,2 тыс. чел. На монгольской стороне крупными городами яв-

ляются Чойбалсан – 44,8 тыс. чел., Мурэн – 42,4 тыс. чел., Сухэ-Батор – 40,8 тыс. чел., Улгий – 37,0 тыс. чел. В сельском расселении Монголии особенностью является кочевое население, которое занимается пастбищным животноводством и несколько раз в год перекечивается на сезонные пастбища. Кочевники монгольского приграничья составляют около трети сельского населения (126,8 тыс. чел.) [3].

Динамика изменений естественного прироста свидетельствует об асимметрично-

сти, разнонаправленности процессов естественного движения в изучаемых регионах. Как видно из рис. 1, демографические показатели российских регионов значительно «отстают» от монгольских. На монгольской территории высокими показателями естественного прироста выделяются такие аймаки, как Баян-Улгий – 24,3%, Увс – 20,2%. На российской территории естественный прирост в Республике Тыва – 13,2%, Республике Алтай – 6,1%, Республике Бурятия – 3,8%, Забайкальском крае – 1,7%.

Основные демографические показатели по приграничным регионам России и Монголии в 2017 г. [2, 3]

	Численность населения, тыс. чел.	Плотность, чел/км ²	Коэффициент естествен. прироста на 1000 чел.	Коэффициент миграционного прироста на 10 тыс. чел.	Коэффициент демографической нагрузки на 1000 чел.
Республика Алтай	217,1	2,3	6,1	-13,0	876
Республика Тыва	318,5	1,9	13,2	-33,0	854
Республика Бурятия	984,3	2,8	3,8	-35,0	807
Забайкальский край	1078,9	2,5	1,7	-74,0	764
Приграничные субъекты	2598,8	2,3	6,2	-38,8	825
Баян-Улгий	102,6	2,2	24,3	-3,5	610
Завхан	71,5	0,9	15,1	-9,2	516
Увс	82,7	1,2	20,2	-29,4	575
Булган	61,3	1,3	14,8	-35,1	484
Хувсгел	131,6	1,3	15,9	7,4	520
Сэлэнгэ	109,6	2,7	16,2	30,0	495
Дорнод	79,4	0,6	18,8	48,7	536
Хэнтий	75,7	0,9	16,9	100,7	521
Приграничные аймаки	714,4	1,3	17,8	13,7	532



Рис. 1. Динамика коэффициента естественного прироста в российско-монгольском приграничье с 1990 по 2017 г., на 1000 чел. населения

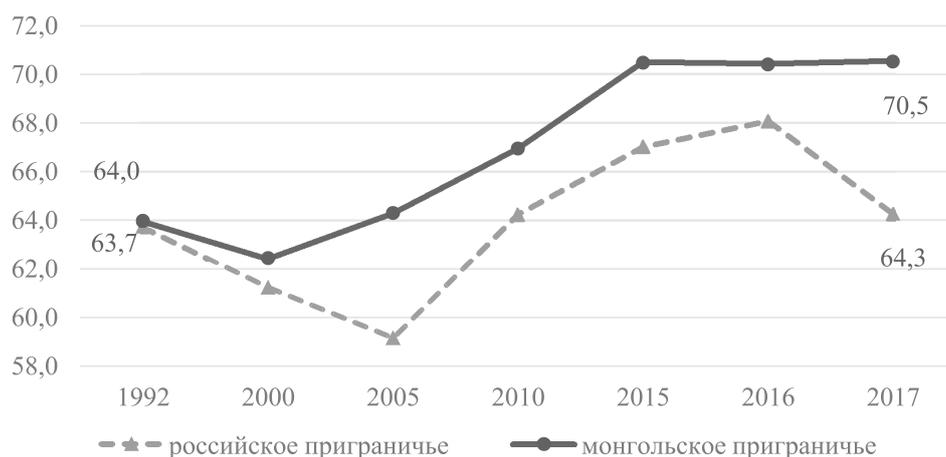


Рис. 2. Ожидаемая продолжительность жизни населения в российско-монгольском приграничье с 1992 по 2017 г., лет

Рассматриваемые нами приграничные субъекты являются одними из «лидеров» в России по уровню рождаемости: так, среднее значение по приграничью составляет 16,4 родившихся на 1000 чел., при средней по стране – 11,5. Рождаемость с 1990-х по 2000-е гг. с 20,1 снизилась до 13,1, затем максимальное значение наблюдалось в 2012 г. – 20,7, после чего показатели понизились до 16,4. В 2017 г. высокая рождаемость отмечается в Республике Тыва 21,9 на 1000 чел., Республике Алтай – 15,8, Республике Бурятия – 14,5, Забайкальском крае – 13,4 [2]. По монгольскому приграничью наибольшие показатели рождаемости были отмечены в 1990 г. – 37,8 на 1000 чел., затем постепенно снижались до 20,1‰ (2005 г.), и далее повышение до 23,6‰ в 2017 г. По уровню рождаемости выделяются такие аймаки, как Баян-Улгий – 28,7‰, Увс – 25,9‰, Дорнод – 24,9‰ [3].

Факт дифференциации в воспроизводственном потенциале регионов по обе стороны границы подтверждают показатели условного коэффициента депопуляции. В 2017 г. условный коэффициент депопуляции в приграничных регионах России был равен 0,7, в монгольских аймаках – 0,3. Уровень смертности в монгольском приграничье отличается достаточно низкими показателями – 5,8 умерших на 1000 чел., по сравнению с российским приграничьем, в котором он составляет 10,2. На российской стороне высоким уровнем смертности характеризуется Забайкальский край (11,7 на 1000 чел.), в Монголии – аймак Хувсгел (6,5 на 1000 чел.). Основными факторами смертности являются заболевания

кровообращения, новообразования и внешние причины, также немаловажное значение имеют социальные болезни – суициды, алкоголизм.

Одним из показателей, отражающих состояние и качество жизни населения, является ожидаемая продолжительность жизни. По продолжительности жизни приграничные регионы России относительно Монголии характеризуются более низкими показателями и занимают в России одни из последних позиций [4]. Средние значения по приграничью в России достигают 64,3 лет, в Монголии – 70,5 (рис. 2). В целом же по странам немного иная картина – среднее значение в России составляет 72,9 лет, в Монголии 69,9 лет.

Большое значение в оценке демографического потенциала имеет половозрастная структура общества, которая определяет перспективы воспроизводства населения и формирование трудовых ресурсов. Изменения в процессах естественного движения в приграничных субъектах России нашли отражение в снижении численности населения трудоспособного возраста. Так, на данный момент приграничные российские регионы характеризуются преобладанием «немолодого» населения относительно показателей монгольской стороны. Наиболее высокий удельный вес населения моложе трудоспособного возраста отмечается в Республике Тыва, наименьший в Забайкальском крае. В целом в российском приграничье на 1000 чел. трудоспособного возраста приходится 825 чел. нетрудоспособного, при средней по России – 785 чел. [2]. Отмечается большой процент пожилого насе-

ления в России, нежели молодого – 25,1% и 18,3% соответственно. Сравнительно с российским уровнем, в приграничных районах процент населения моложе трудоспособного населения составляет 27,4%, старше трудоспособного – 4,0%. В 2017 г. демографическая нагрузка по монгольскому приграничью составляла 532 на 1000 чел. трудоспособного населения [3]. Снижение числа населения трудоспособного возраста российского приграничья негативно будет сказываться на трудовых ресурсах.

Важное место в развитии сотрудничества и интеграции сопредельных регионов занимает этнокультурная близость народов, этническая структура населения. В приграничных районах с Республикой Бурятия и Забайкальским краем буряты расселены в основном в сопредельных районах Дорнод и Хэнтий, а также в приграничных сомонах районов Сэлэнгэ, Булган и Хувсгел. В сомонах районов Увс и Завхан, приграничных с Республикой Тыва, проживают представители тувинского этноса.

Одной из главных проблем демографического развития приграничных регионов является значительная миграционная убыль. За период с 1990 г. по настоящее время среднегодовые показатели коэффициента миграционной убыли монгольского приграничья оказались выше российского в 3 раза – 145,0 на 10 тыс. чел. и 50,5 на 10 тыс. чел. соответственно. Межрегиональные миграционные потоки по обе стороны границы имеют одинаково центростремительные направления, отток направлен в центральные регионы страны [5]. Так, население российских приграничных субъектов в большинстве случаев переезжает на постоянное место жительства в европейскую часть страны. Из приграничных субъектов России с 2010 г. сальдо миграции в другие регионы составило 58,7 тыс. чел. Ежегодно в среднем с 2010 г. российское приграничье теряет более 13 тыс. чел., из них Забайкальский край – 7,3 тыс. чел., Республика Тыва – 3,2 тыс. чел., Республика Бурятия – 2,5 тыс. чел., Республика Алтай – 0,2 тыс. чел. [6]. Внутренняя миграция в приграничных субъектах направлена в региональные центры. Так, с 1990 г. население увеличилось в г. Горно-Алтайск на 36,4%, г. Кызыл – 34,1%, г. Улан-Удэ – 20,6%, г. Чита – 6,1%. Миграционная убыль монгольского приграничья с 1990 г. составила 262,5 тыс. чел. Наибольшие миграционные потери составили: в районах Булган – 57,9 тыс. чел., Баян-Улгий – 50,6 тыс. чел., Завхан – 41,1 тыс. чел.,

Дорнод – 36,8 тыс. чел. [3]. Однако в 2017 г. впервые за последние 20 лет наблюдался миграционный прирост, который составил 1,0 тыс. чел. Основные миграционные потоки в приграничных районах Монголии направлены в центральные регионы – г. Улан-Батор, Дархан, Эрдэнэт, районы Сэлэнгэ, Туве и др. Основные причины миграции в сопредельных регионах схожи по своей обусловленности и степени остроты. Среди доминирующих факторов миграции выделяются высокий уровень безработицы, неразвитость социально-экономической инфраструктуры, низкое качество жизни.

Заключение

Сравнительный анализ аспектов демографического развития приграничных регионов позволил определить существующие проблемы на данных территориях. Изменения в демографической структуре населения регионов взаимосвязаны с процессами социально-экономического развития рассматриваемых стран. Демографический потенциал приграничья России и Монголии характеризуется неоднородными и разнонаправленными показателями. В российских приграничных субъектах отмечается тенденция снижения демографического потенциала, вследствие миграционного оттока и продолжающегося процесса депопуляции. В сопредельных районах Монголии отток населения в центральные районы компенсируется высокими значениями естественного прироста. В отличие от монгольской части приграничья демографический потенциал российской части формируется в условиях суженного воспроизводства населения, высокой демографической нагрузки и миграционной убыли.

Как мы видим, асимметрия развития приграничных регионов складывается не в пользу российской стороны, поэтому необходимо усилить стратегические задачи не только в сфере демографической политики, но и экономики. В случае повышения рождаемости кардинальной и быстрой реакции в воспроизводственном процессе ожидать не приходится, а вот коррекция миграционной политики вполне может сыграть решающую роль. В связи с этим целесообразны разработка и проведение дополнительных стратегических мер государственной региональной политики в области экономического развития, закрепления населения на данных территориях.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН, проект № 0339-2016-0002.

Список литературы / References

1. Базарова А.Г. Демографические процессы в Бурят-Монгольском трансграничном регионе // Приграничные и трансграничные территории Азиатской России и сопредельных стран (проблемы и предпосылки устойчивого развития). Монография. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2010. С. 515–525.
Bazarova A.G. Demographic processes in the Buryat-Mongolian transboundary region // Prigranichnye i transgranichnye territorii Aziatskoj Rossii i sopredel'nyh stran (problemy i predposylki ustojchivogo razvitiya). Monografiya. Novosibirsk: Izd. SO RAN, 2010. P. 515–525 (in Russian).
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Регионы России. Социально-экономические показатели 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://gks.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 09.09.2019).
The official site of Federal State Statistic Service. Regions of Russia. Socio-economic indicators. [Electronic resource]. URL: <https://gks.ru/folder/210/document/13204> (date of access: 09.09.2019) (in Russian).
3. The official site of National statistical office of Mongolia information service. Population. [Electronic resource]. URL: http://1212.mn/stat.aspx?LIST_ID=976_L03 (date of access: 09.09.2019).
4. Кылгыдай А.Ч. Демографическая ситуация в приграничных регионах Южной Сибири // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 5. С. 54–59.
Kylgydai A.Ch. The demographic situation in the border regions of South Siberia // Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'. 2014. № 5. P. 54–59 (in Russian).
5. Гончиков Ц.Д., Урбанова Ч.Б., Дымчикова Б.Ц., Эрдэнэсүх С. Пространственно-временные аспекты миграции населения в приграничных районах Монгольского плато (на примере Бурятии и Монголии) // Успехи современного естествознания. 2019. № 4. С. 43–50.
Gonchikov C.D., Urbanova Ch.B., Dymchikova B.C., Erdenesuh S. Spatial-time aspects of migration of the population in the frontier areas of the Mongolian plato (on the example of Buryatia and Mongolia) // Advances in current natural sciences. 2019. № 4. P. 43–50 (in Russian).
6. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Численность и миграция населения Российской Федерации в 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://gks.ru/compendium/document/13283> (дата обращения: 09.09.2019).
The official site of Federal State Statistic Service. Population and Migration of the Russian Federation in 2018. [Electronic resource]. <https://gks.ru/compendium/document/13283> (date of access: 09.09.2019) (in Russian).

УДК 911:338(470.56)

**ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ:
ОЦЕНКА И СТРАТЕГИИ РОСТА (НА ПРИМЕРЕ
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА)****Иванищева Н.А.***ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный педагогический университет», Оренбург,
e-mail: geo_ospu@mail.ru*

Статья посвящена оценке промышленного потенциала и обеспечению его стратегии роста в Оренбургской области. Раскрыта сущность понятия «промышленный потенциал». Рассмотрен индекс промышленного производства в качестве одного из индикаторов, отражающих современное состояние региональной экономики. В период 2000–2018 гг. наблюдается неоднозначная ситуация в промышленном производстве. Индекс промышленного производства с начала 2000-х гг. имел тенденцию постоянного снижения. В виде экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых» наблюдается спад объема добычи и, как следствие, снижение темпов роста. Это происходит из-за низкого спроса на топливные ресурсы на рынке продаж. Характеризуется топливно-энергетический комплекс с позиции базисной конструкции экономической системы региона. В нефтяной и газовой промышленности с 2000-х гг. наблюдается сокращение объема добычи. В настоящее время добыча держится на уровне 20 млн т нефти и 16 млрд м³ природного газа. Добыча угля с 2000 по 2010 г. незначительно увеличивалась. Электроэнергетика – стабильно функционирующая отрасль, что обусловлено наличием ресурсов и высоким спросом на электроэнергию (промышленное производство потребляет 64,4%). Большое количество солнечных дней (247) обусловило динамику развития солнечной энергетики – Оренбургская область является лидером в России. Однако электробаланс экономики региона с 2015 г. отрицательный. Стратегии роста промышленного потенциала требуют включения в воспроизводственные процессы экономики принципиально новых организационно-управленческих, технических и технологических решений. Для устойчивой работы промышленных предприятий топливно-энергетического комплекса Оренбургской области необходимо привлечение инвестиций, а также реализация промышленной политики по созданию высокоэффективных кластеров.

Ключевые слова: промышленный потенциал, оценка промышленности региона, диверсифицированная структура промышленности, отрасли специализации, конкурентоспособность, стратегия роста

**INDUSTRIAL POTENTIAL OF THE ORENBURG REGION:
EVALUATION AND STRATEGIES OF GROWTH
(ON THE EXAMPLE OF A FUEL AND ENERGY COMPLEX)****Ivanishcheva N.A.***Orenburg State Teacher's Training University, Orenburg, e-mail: geo_ospu@mail.ru*

The article is devoted to assessing the industrial potential and ensuring its growth strategy in the Orenburg region. The essence of the concept of «industrial potential» is revealed. The industrial production index is considered as one of the indicators reflecting the current state of the regional economy. In the period 2000-2018, there is an ambiguous situation in industrial production. Industrial production index since the early 2000s tended to decrease continuously. In the form of economic activity «Mining,» there is a decline in production and, as a consequence, a decrease in growth rates. This is due to low demand for fuel resources in the sales market. The fuel and energy complex is characterized from the position of the basic structure of the regional economic system. In the oil and gas industry since the 2000s, there is a decrease in production. Currently, production is maintained at the level of 20 million tons of oil and 16 billion m³ of natural gas. Coal mining from 2000 to 2010 increased slightly. The power industry is a stably functioning industry, which is due to the availability of resources and high demand for electricity (industrial production consumes 64,4%). A large number of sunny days (247) determined the dynamics of the development of solar energy – the Orenburg region is the leader in Russia. However, the electrical balance of the region's economy has been negative since 2015. Growth strategies of industrial potential require the inclusion of fundamentally new organizational, managerial, technical and technological solutions in the reproductive processes of the economy. For the stable operation of industrial enterprises of the fuel and energy complex of the Orenburg region, it is necessary to attract investment, as well as the implementation of an industrial policy to create highly efficient clusters.

Keywords: industrial potential, regional industry valuation, diversified industry structure, industry specialization, competitiveness, growth strategy

Региональная экономика последних лет подвержена влиянию глобальной депрессии. Возрастание темпов промышленного роста в кризисных макроэкономических условиях, достижение целевых ориентиров модернизации и технологическое совершенствование производства напрямую за-

висят от состояния промышленного сектора региона. Экономическое превосходство требует создания принципиально новых механизмов развития промышленности. В инновационной хозяйственной деятельности, обеспечивающей качественный рост региональной экономики, в числе приоритетных

задач становится оценка промышленного потенциала региона, степень его использования, возможность и необходимость наращивания. Решение данной задачи позволит выявить проблемы, ограничивающие резервы роста промышленности, ее вклад в формирование стратегической конкурентоспособности региона.

Цель исследования: выполнить с позиции стратегий роста географическую оценку топливно-энергетического комплекса Оренбургской области в условиях воздействия глобальной экономической депрессии.

Материалы и методы исследования

Материалами послужили научные труды по методологии хозяйственной деятельности и экономического познания, исследования по теории региональной экономики, нормативные документы, специализированные региональные разработки. Акцент среди материалов статьи сделан на программу «Стратегия Оренбургской области до 2020 года и на период до 2030 года», официальные статистические данные Оренбургстата, научные, экономические и экономико-географические труды специалистов по проблеме оценки промышленного потенциала региона, формирования механизмов производственного роста и развития в современных экономических условиях промышленной политики. К рассмотрению указанных источников автор подошел с точки зрения принципов стратегической конкурентоспособности региона.

Исследование базируется на следующих методах: структурный анализ, синтез, сравнительно-географический, логический, статистический.

Результаты исследования и их обсуждение

Неустоявшееся понимание промышленного потенциала [1–3] привело к многообразию подходов к трактовке данного понятия.

В рамках широкого подхода он рассматривается в качестве одной из главных составляющих экономического потенциала региона, оказывающих значительное воздействие на уровень развития производительных сил общества. При узком подходе он трактуется как совокупность возможностей промышленных предприятий региона.

О.В. Баканач и К.В. Гаус под промышленным потенциалом региона понимают способность предприятий создавать и производить конкурентоспособную продукцию, продвигать ее на рынке, выгодно

реализовывать и обеспечивать высокий уровень обслуживания. Резервы роста промышленности, по мнению авторов, заложены в обновлении технологий производства, инновационном развитии передовых в технологическом отношении отраслей. Для региональной экономики первостепенную роль играют конкурентные преимущества местной промышленности. Именно они позволяют создавать новые рабочие места, удовлетворять внутренний спрос заказчика, обеспечивать комплексное развитие территории [1].

С точки зрения А.О. Ларионова, промышленный потенциал региона «интегрирует разные возможности предприятий» [2, с. 47]. Промышленность в первую очередь определяет производственный потенциал, степень и эффективность использования природных, материальных и трудовых ресурсов. Перечисленные совокупные ресурсы не только отражают экономическую деятельность на производстве, но и задают векторы его технико-технологического развития. В продолжение этой мысли И.Х. Цогоев пишет, что промышленный потенциал в каждом конкретном регионе есть своеобразный «каркас» для производства товаропроизводителями материальных благ и удовлетворения спроса заказчиков [4].

Структурный анализ производственной сферы Оренбургской области позволяет выделить промышленный потенциал (наряду с сельскохозяйственным, транспортным и др.) в числе приоритетных. Современный промышленный комплекс с многоукладной диверсифицированной структурой содействует формированию эффективного производственного потенциала [5].

Начало XXI в. для экономики региона было относительно успешным. В 2000–2008 гг. ежегодный прирост промышленного производства составлял 8%, что несколько выше общероссийского показателя [6, с. 39]. Высокие темпы роста держались до октября 2008 г., затем в связи с началом мирового экономического кризиса последовал абсолютный спад, который продлился и следующий год. Но уже в первом квартале 2010 г. выпуск промышленной продукции области увеличился на 11,5% (в сравнении с 5,8% по стране в целом). В 2010–2011 гг. экономика продемонстрировала уверенное восстановление и вернулась на путь стабильного, планомерного роста. По итогам 2012 г. ВРП области вырос до 2,8%, промышленное производство на 0,5%, а индекс промышленного производства всего

на 0,6% [7, с. 27]. Темпы роста были ниже, чем в среднем по России и всему Приволжскому ФО. За период 2000–2015 гг. ежегодный прирост объемов промышленного производства составлял 4,1%. Максимальный спад темпов промышленного производства в 2000–2018 гг. до 92,3% зафиксирован в 2015 г. [8, с. 22]. Наибольший удельный вес в объеме отгруженной продукции организаций, имеющих вид деятельности «Обрабатывающие производства», в 2018 г. приходился на организации, осуществляющие металлургическое производство – 34,9% [9, с. 10].

Промышленность – важная отрасль экономики Оренбургского региона. Индекс промышленного производства в 2018 г. составил 104,1% (это 4-е место в рейтинге субъектов Приволжского ФО и 35-е место в РФ). Рост на 4,1% произошел благодаря успешной производственной деятельности в ряде сфер: добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства по 103,0%; водоснабжение, водоотведение, сбор и утилизация отходов – 125,3% [10, с. 19–20]. Согласно экономическим прогнозам в ближайшее время рост не ускорится, но может появиться возможность для «скачка» в связи с реализацией майских указов, когда промышленность получит новые заказы.

Предприятиями промышленного комплекса производится более 51% ВРП, на них

работает 28% экономически активного населения. Анализ видов экономической деятельности указывает на сырьевую ориентацию экономики Оренбуржья (табл. 1).

Данные табл. 1 подтверждают, что в структуре ВРП Оренбургской области (в отличие от России и Приволжского ФО) основу промышленного комплекса составляет добыча полезных ископаемых (34,6%). На протяжении более чем пятидесяти лет лидером промышленности остается добыча полезных ископаемых. Обеспеченность региона минеральным сырьем выступает мощным источником экономического роста.

Современная промышленность Оренбуржья представлена более чем 3000 предприятий. Доля промышленного производства в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) достигает 80% (в Приволжском ФО – 8%, в общероссийском показателе – около 2%). Предприятия производят 850 млрд руб. промышленной продукции в год. В общероссийском производстве на долю региона приходится более 8% выпуска кузнечно-прессовых машин, свыше 5% чугуна, около 4% нефтедобычи, почти 3% добычи природного газа, около 2% производства готового проката [8, с. 11].

Основу экономики региона и главную налоговую базу для формирования областного бюджета образуют отрасли, связанные с освоением и использованием природных ресурсов (рис. 1).

Таблица 1

Валовая добавленная стоимость по видам экономической деятельности в 2016 г., % [11, с. 478–479]

Наименование	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	Добыча полезных ископаемых	Обрабатывающие производства	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	Строительство	Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, бытовых приборов и предметов личного пользования	Другие виды экономической деятельности
Российская Федерация	5,1	10,9	17,3	3,9	6,3	16,9	39,6
Приволжский ФО	7,7	12,1	23,9	3,8	6,6	12,9	33,0
Оренбургская область	10,4	34,6	13,1	3,7	6,9	7,4	29,3

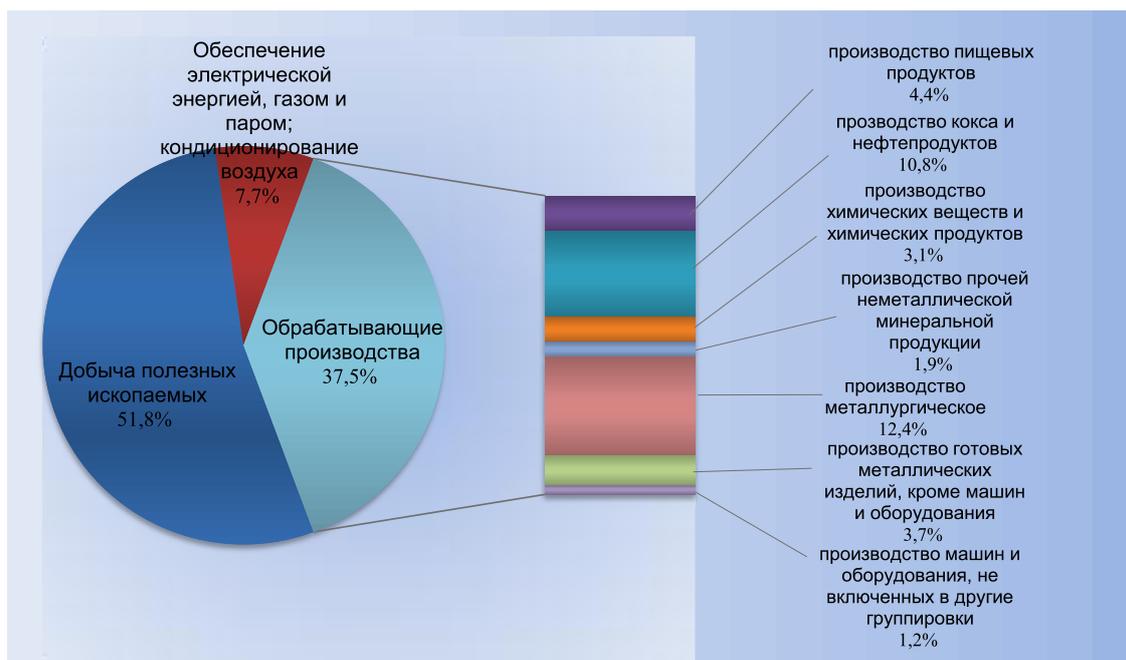


Рис. 1. Структура объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по видам экономической деятельности в 2017 г., % [5, с. 24]

Доминирующее положение в промышленном секторе экономики Оренбургской области занимает топливно-энергетический комплекс (далее – ТЭК). Он определяет устойчивое состояние и задает целевые ориентиры развития экономики и жизнедеятельности населения. ТЭК производит 56% всей промышленной продукции Оренбургской области (по стоимости). Основой ТЭК выступает нефтегазовая отрасль.

На территории области работают свыше 20 нефтедобывающих компаний, входящих в ПАО «НК «Роснефть» ПАО НК «РуссНефть» и ПАО «Газпром нефть». Извлекаемые запасы нефти сосредоточены в 198 месторождениях и составляют более 460 млн т [12]. Ведущее предприятие ПАО «Оренбургнефть», входящее в ПАО НК «Роснефть», эксплуатирует 148 месторождений, в которых содержатся 60% запасов нефти региона. Средняя глубина скважин превышает 3000 м. Накопленная добыча ПАО «Оренбургнефть» в совокупности с дочерними предприятиями оценивается в 571 млн т. Степень выработки запасов – 56,8%.

В 2004 г. добыча впервые с 1978 г. превысила 14 млн т и в последние годы удерживается на уровне 20 млн т (табл. 2).

Газовая промышленность региона опирается на мощную сырьевую базу крупнейшего газового комплекса в Европе ООО

«Газпром добыча Оренбург» в составе Оренбургского ГПЗ и Оренбургского гелиевого завода. Основным поставщиком углеводородного сырья на комплекс является Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение (далее – ОНГКМ), открытое в 1966 г. С этим месторождением связано более 95% всех запасов природного газа в области. Падающий уровень добычи на ОНГКМ (табл. 2) диктует необходимость поиска альтернативных источников наращивания сырьевой базы. До 9 млрд м³ газа и около 1,5 млн т конденсата в год поступает с Карачаганакского ГКМ Республики Казахстан, до 650 тыс. т нефти поставляют другие компании с месторождений Оренбургской области. Наращивание сырьевой базы может идти за счет увеличения использования попутного нефтяного газа (далее – ПНГ). Кроме того, рост объемов производимого в регионе ПНГ возможен при условии привлечения малых нефтяных компаний для разработки мелких нефтяных месторождений Оренбуржья [13].

Первичная переработка нефти и конденсата ведется на Оренбургском ГПЗ – 6,26 млн т в год. Его доля в общероссийском производстве гелия и одоранта составляет 100%, этана – 78%, широкой фракции легких углеводородов – 28%, серы – 19%, сжиженного газа – 8%.

Таблица 2

Динамика добычи топливно-энергетических полезных ископаемых в Оренбургской области, 2000–2018 гг. [составлено по: 9, 10, 7]

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Нефть сырая, включая газовый конденсат, млн т	9,1	17,5	22,3	21,8	20,8	20,5	20,3
Газ природный и попутный, млрд м ³	25,9	21,0	21,1	19,4	18,3	17,2	16,2
Газ нефтяной попутный нефтяных месторождений со- жженный на факельных установках, млн м ³	*	*	519	1190	1250	972	1192
Уголь бурый, млн т	0,1	0,2	0,4	**	**	**	**

Примечание. * До 2010 г. добыча не велась. ** Данные конфиденциальные.

В условиях экономического кризиса предприятию не удается достичь стабилизации добычи газа. ООО «Газпром добыча Оренбург» разработана «Генеральная схема развития Оренбургского газо-химического комплекса до 2030 года», в соответствии с которой в 2030 г. объем добычи природного газа предприятием достигнет 7,8 млрд м³. В настоящее время активно ведутся работы по модернизации производства, направленные на увеличение глубины переработки углеводородов [12].

Угольная промышленность Оренбургской области в последние годы практически прекратила свое существование (табл. 2). Градообразующее предприятие ОАО «Оренбургуголь» законсервировало добычу в Тюльганском буровугольном разрезе из-за неконкурентоспособности угля на рынке топлива. Однако бурые угли разреза могут служить уникальным технологическим сырьем для химической промышленности, так как обладают высоким показателем выхода смол полукоксования (около 20%).

Производство электроэнергии является одним из важнейших сегментов экономики Оренбургской области. Эта продукция востребована не только для производственной деятельности организаций всех видов экономической деятельности, но и социальных нужд региона. На долю электроэнергетики приходится 2,1 % (2018 г.) объема промышленного производства [6].

Общая мощность находящихся в эксплуатации электростанций – 3976,7 тыс. кВт. На территории области насчитывается 19 электростанций общего пользования (это 89% от электростанций региона), из них 7 солнечных электростанций (далее – СЭС), и 624 электростанции при других организациях. Крупнейшие предприятия по выработке электроэнергии – филиал «Ириклинская ГРЭС» АО «ИНТЕР РАО –

Электрогенерация» и филиал «Оренбургский» ПАО «Т ПЛЮС».

По производству электроэнергии среди субъектов Приволжского ФО Оренбургская область занимает 6 место – 11,7 млрд кВт/ч электроэнергии в 2018 г. [6]. Основу электроэнергетики региона составляют тепловые электростанции, работающие на природном газе и топочном мазуте. Самая крупная электростанция – Ириклинская ГРЭС (2,4 млн кВт) обеспечивает электроснабжение восточных и центральных районов Оренбургской области и поставляет электроэнергию в энергосистемы регионов Урала и Казахстана. В территориальной близости с крупными промышленными предприятиями и городами действуют тепловые электроцентрали. В «первую тройку» по выработке энергии на ТЭС входят Сакмарская (460 тыс. кВт), Каргалинская (320 тыс. кВт) и Орская-1 (245 тыс. кВт). На востоке региона работает небольшая Ириклинская ГЭС (30 тыс. кВт). Большое количество солнечных дней в году – 247 – позволило Оренбургской области стать лидером России в сфере солнечной энергетики. Каждый проект «зеленой» энергетики создает дополнительные рабочие места, привлекает крупные инвестиции, обеспечивает рост налогов и энергетическую безопасность. Эксплуатируемые СЭС имеют общую мощность 260 тыс. кВт. В число крупнейших СЭС входят: Сорочинская (60 тыс. кВт), Орская (40 тыс. кВт) и Оренбургская (Новосергиевский район, 45 тыс. кВт). Ведется строительство Шильдинской, Чепеньковской и Домбаровской СЭС.

Основная доля потребления электроэнергии приходится на промышленное производство – 64,4 % (рис. 2).

Несмотря на значительный объем выработки электроэнергии электробаланс Оренбургской области с 2015 г. отрицательный (табл. 3).

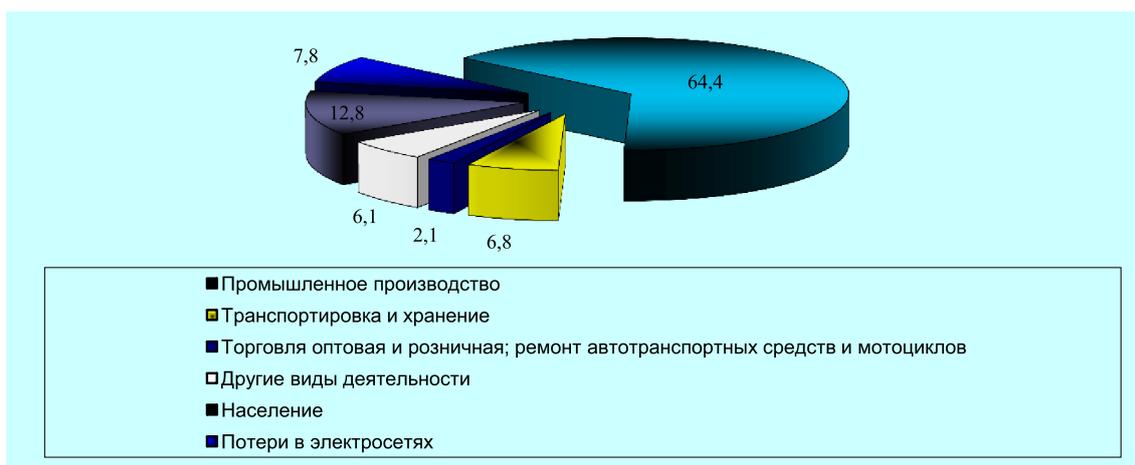


Рис. 2. Структура потребления электроэнергии в 2018 г., %

Таблица 3

Электробаланс экономики Оренбургской области за 2000–2018 гг., млн кВт·ч [9, с. 101]

Годы	Произведено электроэнергии	Получено из-за пределов области	Потреблено электроэнергии	Отпущено за пределы области
2000	17 228	3944	14 400	6 772
2005	16 011	5 762	15 324	6431
2010	17998	2845	16098	4745
2015	15361	2924	15515	2770
2016	12581	5010	15756	1834
2017	11848	5883	15858	1874
2018	11727	6821	16499	2049

Западная часть региона испытывает дефицит в электроэнергии, а восточная – избыток, что позволяет поставлять ее по ЛЭП с напряжением 220–500 кВт в энергосистемы Урала, Средней Волги и Северного Казахстана. Общая протяженность ЛЭП на территории области – 48 тыс. км.

В последние годы проводится целенаправленная работа по структурному преобразованию в генерирующих, сбытовых и сервисных компаниях области. Ожидаемый эффект этих преобразований связан с обеспечением надежности электроснабжения внутренних и внешних потребителей.

Заключение

1. Теоретическое значение проведенного исследования состоит в оценке показателей экономики, характеризующих промышленный потенциал Оренбургской области. В праксеологическом плане использование предлагаемого автором подхода позволит осуществлять мониторинг промышленного

потенциала в целом и его межотраслевого комплекса – ТЭК, являющегося основой реального сектора региональной экономики.

2. Для промышленных предприятий ТЭК по-прежнему остается актуальной проблема привлечения инвестиций. В Стратегии [14] с ростом инвестиций связывают существенное повышение эффективности функционирования газонефтедобывающего комплекса. Разработана система мероприятий по наращиванию производства углеводородной продукции с высокой долей добавленной стоимости.

3. Приоритетом промышленной политики становится не столько сохранение сложившейся тенденции и пропорции экономики, сколько опережающее развитие территории за счет успешного функционирования промышленных кластеров. В частности в ТЭК двух крупнейших кластеров: газо-химического и энергетического [12]. Определены целевые ориентиры научно-технического обновления промышленности

на основе реализации технологических цепей в топливной промышленности и электроэнергетике, а также мощных интегрированных структур в межотраслевом топливно-энергетическом комплексе.

Статья подготовлена при финансовой поддержке областного гранта в сфере научной и научно-технической деятельности за 2019 год «Географическое пространство как стратегический ресурс формирования образа Оренбургского региона» (№ АААА-А19-119091090031-2).

Список литературы / References

1. Баканач О.В., Гаус К.В. Типология регионов РФ по уровню развития промышленного потенциала // Проблемы совершенствования организации производства и управления промышленными предприятиями: межвузовский сборник научных трудов. 2012. № 1. С. 15–21.
2. Bakanach O.V., Gaus K.V. A typology of regions of the Russian Federation by the level of development of industrial potential // Problemy sovershenstvovaniya organizatsii proizvodstva i upravleniya promyshlennymi predpriyatiyami: mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov. 2012. № 1. P. 15–21 (in Russian).
3. Ларионов А.О. Оценка промышленного потенциала региона // Проблемы развития территории. 2015. № 2 (76). С. 45–61.
4. Larionov A.O. Assessment of the industrial potential of the region // Problems of territory's development. 2015. № 2 (76). P. 45–61 (in Russian).
5. Свинцова А.П. Промышленный потенциал: понятие, критерии, структура // Экономический вестник УГНТУ. 2001. С. 103–106.
6. Svintsova A.P. Industrial potential: concept, criteria, structure // Ekonomicheskyy Vestnik UGNTU. 2001. P. 103–106 (in Russian).
7. Цогоев И.Х. Роль государства в формировании и реализации промышленной политики в Северо-Кавказском федеральном округе: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. Москва, 2012. 29 с.
8. Tsoгоеv I.Kh. The role of the state in the formation and implementation of industrial policy in the North Caucasus Federal District: avtoref. dis. ... kand. ekonom. nauk. Moscow, 2012. 29 p. (in Russian).
9. Иванищева Н.А. Промышленный комплекс региона: производственный потенциал и его рост // Оренбургская область: география, экономика, экология: сборник научных статей. Оренбург: Изд. ОГПУ, 2014. С. 22–41.
10. Ivanishcheva N.A. The industrial complex of the region: production potential and its growth // Orenburgskaya oblast': geografiya, ekonomika, ekologiya: sbornik nauchnykh statey. Orenburg: Izd. OGPU, 2014. P. 22–41 (in Russian).
11. Россия в цифрах. 2008: Крат. стат. сб. М.: Росстат, 2008. 510 с.
12. Russia in numbers. 2008: Krat. stat. sb. M.: Rosstat, 2008. 510 p. (in Russian).
13. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2013: стат. сб. Оренбург: Оренбургстат, 2013. 186 с.
14. Statistical Yearbook of the Orenburg Region. 2013: stat. sb. Orenburg: Orenburgstat, 2013. 186 p. (in Russian).
15. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2018: стат. сб. Оренбург: Оренбургстат, 2018. 530 с.
16. Statistical Yearbook of the Orenburg Region. 2018: stat. sb. Orenburg: Orenburgstat, 2018. 530 p. (in Russian).
17. Промышленное производство Оренбургской области: стат. сб. Оренбург: Оренстат, 2019. 140 с.
18. Industrial production of the Orenburg region: stat. sb. Orenburg: Orenstat, 2019. 140 p. (in Russian).
19. Статистическое обозрение Оренбургской области за 2018 год. Оренбург: Оренстат, 2019. 275 с.
20. Statistical Review of the Orenburg Region for 2018. Orenburg: Orenstat, 2018. 275 p. (in Russian).
21. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: стат. сб. М.: Росстат, 2018. 1162 с.
22. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2018: stat. sb. M.: Rosstat, 2018. 1162 p. (in Russian).
23. Портал Правительства Оренбургской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.orenburg-gov.ru/Info/Economics/Industry/> (дата обращения: 25.08.2019).
24. Portal of the Government of the Orenburg region. [Electronic resource]. URL: <http://www.orenburg-gov.ru/Info/Economics/Industry/> (date of access: 25.08.2019) (in Russian).
25. Смирнова В.А., Халова Г.О. Перспективы создания газохимического кластера в Оренбургской области // Нефть, газ и бизнес. 2012. № 8. С. 3–5.
26. Smirnova V.A., Halova G.O. Prospects for the creation of a gas chemical cluster in the Orenburg region // Oil, gas and business. 2012. № 8. P. 3–5 (in Russian).
27. Стратегия развития Оренбургской области до 2020 года и на период до 2030 года. Министерство экономического развития, промышленной политики и торговли Оренбургской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oreneconomy.ru> (дата обращения: 25.09.2019).
28. The development strategy of the Orenburg region until 2020 and for the period until 2030 // Ministry of Economic Development, Industrial Policy and Trade of the Orenburg Region. [Electronic resource]. URL: <http://www.oreneconomy.ru> (date of access: 25.08.2019) (in Russian).

УДК 504.75:631.41

ВЛИЯНИЕ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПРИДОРОЖНЫХ ПРОСТРАНСТВ

^{1,2}Кайгородов Р.В.¹ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, e-mail: r-kaigorodov@yandex.ru;²Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск

Одной из важнейших функций и интегральным показателем состояния почв и грунтов является биологическая активность. Снижение биологической активности и повышение токсичности антропогенно нарушенных почв и почвоподобных образований в транспортной зоне обусловлено нарушениями физико-химических свойств и накоплением загрязняющих веществ. В дополнение к диагностике экологического состояния техногенных поверхностных образований (далее ТПО) и степени токсичности необходима разработка способов восстановления их экологических функций, включая повышение биологической активности и снижение уровня токсичности. Одним из направлений может служить внесение в ТПО органических веществ для оптимизации физико-химических и биологических функций грунта. Источником органического вещества для ТПО могут служить коро-древесные отходы (далее КДО), размещенные в больших объемах на коротовалах целлюлозно-бумажных предприятий. Целью данной работы было исследование воздействия КДО на биологическую активность и подвижность токсичных металлов в ТПО придорожных пространств. В настоящей работе стандартными методами изучен химический состав КДО: содержание азота, углерода, фосфора, кальция и магния, показатели кислотности. Установлена изменчивость агрохимических свойств КДО в зависимости от глубины залегания слоя в коротовале и выделены слои (глубина 5,5–9,0 м) с оптимальными свойствами. Методом фитотестирования изучена биологическая активность и уровень токсичности КДО. Дана оценка влияния КДО на биохимические и токсикологические свойства ТПО придорожных пространств на примере грунтов придорожных пространств внегородских автомагистралей. Методом биотестирования на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) установлено повышение биологической активности ТПО за счет внесения КДО в дозировках 5 и 15% по массе. Показано снижение подвижности свинца в ТПО при внесении в них КДО.

Ключевые слова: техногенные поверхностные образования транспортной зоны, коро-древесные отходы, фитотестирование, биологическая активность, биохимические свойства, уровень кислотности, подвижность свинца и кадмия

IMPACT OF WOOD WASTE ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF TECHNOGENIC SURFACE FORMATIONS OF ROADSIDE AREAS

^{1,2}Kaygorodov R.V.¹Perm State University, Perm, e-mail: r-kaigorodov@yandex.ru;²Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the RAS, Tobolsk

One of the most important functions and an integral indicator of the ecological state of soils and technogenic surface formations is biological activity. Reduced biological activity and toxicity of degraded soils and technogenic surface formations may be due to both their adverse properties and a variety of pollutants (heavy metals, salts, petroleum products). In addition to diagnosing the state of technogenic surface formations and the degree of toxicity, it is necessary to develop ways to restore their ecological functions, including increasing biological activity and reducing toxicity. One of the directions can be the introduction of organic substances into technogenic surface formations to optimize the physical, chemical and biological functions of the soil. Source of organic substance for technogenic surface formations may serve as wood waste from the storage of pulp-paper industry. The aim of this work was to study the impact of wood waste on the biological activity and mobility of toxic metals in technogenic surface formations of roadside areas. In samples of wood waste and technogenic surface formations by standard methods were analyzed content of nitrogen, carbon, phosphorus, calcium, magnesium and acidity level. Biological activity of wood waste and technogenic surface formations was determined by phytotesting. Change of chemical properties of wood waste with depth was established. The layers (5.5–9.0 m) with optimal properties were selected. The impact of wood waste on the biochemical and toxicological properties of technogenic surface formations in roadside areas was assessed on the example of soils of roadside spaces of outside urban highways. The method of biotesting with sprouts of cress (*Lepidium sativum* L.) established an increase in the biological activity of technogenic surface formations due to the introduction of wood waste in dosages of 5 and 15% by weight. Shown to reduce the mobility of lead in technogenic surface formations after supplementation of wood waste.

Keywords: technogenic surface formations of transport zone, wood waste, phytotesting, biological activity, biochemical properties, acidity level, mobility of lead and cadmium

Значительная часть почвенного покрова природно-техногенных и техногенных экосистем представлена деградированными почвами и ТПО. Их состав, свойства и эко-

логические функции существенно нарушены по сравнению с естественными почвами. В одной из наших работ [1] дана оценка биологической активности ТПО на приме-

ре литостратов и органолитостратов придорожных пространств автомагистралей внегородских территорий, пролегающих в Тюменской области. Фитотестирование этих ТПО показало низкую биологическую активность и их неудовлетворительное экологическое состояние. В исследованных грунтах была выявлена высокая изменчивость интенсивности эмиссии CO_2 на разных участках дорог и снижение активности фермента каталазы по сравнению с грунтами внутригородских придорожных территорий. Низкое содержание органического вещества и гумуса, а также кислая и слабокислая среда ТПО обуславливают увеличение подвижности ионов свинца и кадмия.

В настоящей работе исследована возможность повышения биологической активности и оптимизация экологических свойств ТПО путем внесения в них органических материалов.

В качестве источников органического вещества для ТПО нами изучены кородеревесные отходы целлюлозно-бумажного производства.

При подготовке древесины к производству бумаги на целлюлозно-бумажных комбинатах образуются КДО, обладающие IV классом опасности для объектов окружающей среды и размещаемые в больших объемах на короотвалах.

Отходы деревообработки представляют собой древесные остатки, состоящие из фракций разного размера, обладающие различным характером и степенью разложения, которое протекает за счет естественных микробиологических процессов трансформации органических остатков растительного происхождения.

Накопление больших объемов КДО, оказывающих негативное влияние на объекты окружающей среды (грунтовые воды, почвенный покров), требует разработки способов их безопасной утилизации, переработки и рационального использования [2]. Повышение биологической активности ТПО и снижение подвижности токсичных элементов, относящихся к важнейшим факторам устойчивости придорожных экосистем и к их санитарно-гигиеническим функциям, имеет особенно большое значение в решении геоэкологических задач в природоохранных зонах водоемов вблизи автомагистралей.

Цель исследования: изучение влияния КДО на биологическую активность ТПО придорожных пространств вне городских территорий в пределах водоохранных зон. В ходе работы были изучены химические

свойства КДО. В модельных экспериментах методом фитотестирования исследовано воздействие КДО на биологическую активность ТПО и подвижность в них ионов кадмия и свинца.

Новизной и практической значимостью работы является исследование возможностей использования органогенных отходов целлюлозно-бумажной промышленности для повышения устойчивости техногенных грунтов в водоохранных зонах, прилегающих к автомагистралям внегородских территорий.

Материалы и методы исследования

Образцы ТПО придорожных пространств были отобраны в июле 2017 г. вблизи (удаление 5 м от края дорожного полотна) автомобильных дорог Тюменской области. Вдоль исследуемых трасс в местах пересечения водоохранных зон малых и средних рек было заложено 7 участков для отбора образцов ТПО. На каждом участке отбирали по пять точечных проб грунта на расстоянии 1 м друг от друга и объединяли в смешанный образец массой по 0,5 кг. Исследуемые грунты относились к группе натурфабрикатов: подгруппы литостратов (участки № 1, 2, 5, 7) и органолитостратов (участки № 3, 4, 6) [3]. Образцы перед хранением высушены до воздушно-сухого состояния, находились на хранении в сухих, темных, прохладных условиях в плотно закрытой таре, что обеспечило стабильность их состава и свойств и репрезентативность исследований в модельных экспериментах.

Образцы КДО отбирали из короотвалов целлюлозно-бумажного производства из слоев с разной глубиной: слой № 1 – 0 – 3,5 м, слой № 2 – 3,5 – 5,5 м, слой № 3 – 5,5 – 9 м, слой № 4 – более 9 м. Для исследований с помощью сита отбирали фракцию КДО размером менее 2 мм.

Исследуемые ТПО и КДО послужили материалами для постановки модельных экспериментов по оценке оптимизации биологической активности и снижению подвижности токсичных элементов

Постановка эксперимента с КДО. В каждый из семи вариантов ТПО (по участкам отбора) вносили дозу КДО из слоя № 3 (глубина 5,5–9,0 м) с оптимальными агрохимическими свойствами, фракция размером менее 2 мм из расчета 5 и 15% по массе, тщательно перемешивали, увлажняли и выдерживали 1 сутки. В подготовленный грунт высевали семена кресс-салата по 0,5 г в каждый вариант и проводили полив дис-

тиллированной водой. В качестве контроля использовали вермикулит и полив раствором Кнопа.

Анализ химических свойств КДО проводили стандартными методами: содержание общего азота – методом Кьельдаля, содержание фосфатов – методом Кирсанова, содержание органического углерода – методом Тюрина. Содержание ионов кальция и магния в водных вытяжках определяли методом пламенной фотометрии.

Оценку биологической активности исследуемых ТПО, КДО и их смесей проводили в соответствии с методикой «Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных почвогрунтов» патент № 2620555. В качестве тест-культуры применяли кресс-салат (*Lepidium sativum* L.), в контрольном варианте проростки выращивали на вермикулите с подкормкой раствором Кнопа. Подвижность ионов свинца и кадмия анализировали в водных вытяжках с помощью ионселективных электродов на иономере «Экотест-120». Подвижность ионов металла выражали отрицательным десятичным логарифмом молярной концентрации соответствующего иона ($-\log[\text{Cd}^{2+}]$) и ($-\log[\text{Pb}^{2+}]$).

Анализы проводили в лабораториях физиологии и биохимии растений кафедры физиологии растений и экологии почв ПГНИУ.

Статистическую обработку данных проводили в программе Past 3.16 методами описательной статистики, дисперсионного и корреляционного анализа. Достоверность опыта оценивали по критерию Стьюдента, достоверность различий между вариантами проверяли с помощью показателя наименьшей существенной разности (НСР).

Результаты исследования и их обсуждение

В образцах КДО анализировали актуальную, обменную и гидролитическую кис-

лотность. Уровень кислотности во многом определяет характер микробиологических процессов, влияет на подвижность токсичных металлов, на рост и развитие растений. Исследованные КДО по уровню актуальной кислотности являются сильнокислыми (табл. 1). Данные по обменной кислотности (pH_{KCl}) и гидролитической кислотности (табл. 1) показывают необходимость в известковании КДО для устранения избыточной кислотности и оптимизации физико-химических свойств.

Для оценки состава, качества и степени разложения органических субстратов, например торфа или КДО, используется содержание органического углерода, азота и их соотношение. Данные агрохимического анализа КДО приведены в табл. 2.

Содержание органического углерода служит показателем обеспеченности грунта органическим веществом и энергией, необходимыми для функционирования биологической фазы и обеспечивающих устойчивость субстрата к неблагоприятным факторам. Для наиболее плодородных почв и грунтов характерно содержание органики на уровне 40–50% [4]. В образцах исследованных КДО доля органического углерода находилась в пределах от 17,6 до 29,1%.

Содержание азота показывает степень разложения органических остатков в грунтах и определяет их агрохимическую ценность. Высокое содержание азота было характерно для верхних и средних слоев большинства скважин исследованных короотвалов. В КДО соотношение азота к углероду сильно варьировало в диапазоне от 1:32 до 1:75 в связи с разной долей органического углерода. Оптимальным является отношение С:N не более 1:40 [4]. При последующем разложении КДО можно ожидать постепенного повышения содержания общего азота и оптимизации его соотношения с углеродом.

Таблица 1

Показатели кислотности КДО

Образец	Актуальная кислотность $\text{pH}_{\text{вод}}$	Обменная кислотность pH_{KCl}	Гидролитическая Кислотность, мг-экв/100 г
Слой 1 (верхний)	5,72	4,71 среднекислая, средняя потребность в известковании	10,7
Слой 2	5,19	4,42 среднекислая, средняя потребность в известковании	13,4
Слой 3	5,32	4,57 среднекислая, средняя потребность в известковании	12,3
Слой 4 (нижний)	5,44	4,72 среднекислая, средняя потребность в известковании	11,8

Таблица 2

Химический состав КДО

Образец	C, %	N, %	C: N	P ₂ O ₅ , мг/кг	Ca ²⁺ , мг/кг	Mg ²⁺ , мг/кг
Слой 1 (верхний)	29,1	0,61	48	94,4	340	108
Слой 2	27,2	0,36	75	103,0	344	101
Слой 3	26,2	0,59	44	94,4	358	105
Слой 4 (нижний)	17,6	0,55	32	91,6	321	98

Агрохимическую ценность КДО определяет также содержание фосфора, который является одним из важнейших минеральных элементов питания растений. Для почв Нечерноземной полосы оптимальное содержание подвижного фосфора составляет 100–150 мг/кг почвы [4]. В исследованных КДО установлен очень высокий уровень содержания подвижных фосфатов, близкий к оптимальным значениям обеспеченности субстратов фосфором (табл. 2).

Необходимыми для нормального роста и развития растений являются элементы кальция и магний. Кальций регулирует структурное состояние почвогрунтов и играет важную роль в формировании их агрофизических и агрохимических свойств, устраняет негативное влияние избыточной кислотности, токсичных элементов, обеспечивает устойчивость к эрозии. В исследуемых КДО содержание кальция на 25–50% ниже нормального уровня, который в обеспеченных почвах составляет 420–750 мг/кг [4], что требует дополнительного внесения кальция (известковая или доломитовая мука) для улучшения химических и физических свойств.

При использовании субстратов коротвала в качестве почвогрунтов наиболее оптимальными являются верхние (0–3,5 м) и средние (3,5–7,5 м) слои. Глубинные слои (более 9 м) могут использоваться для производства компостов и других органических удобрений, т.е. требуют дополнительной переработки.

Фитотестирование исследуемых КДО показало их удовлетворительное состояние по росту (снижение на 26% относительно контроля) и по биомассе (снижение на 26% относительно контроля).

В исследуемые ТПО были внесены дозы КДО в размере 5 и 15% по массе и проведено фитотестирование биологической активности полученных субстратов.

Как видно из табл. 3, наблюдалось достоверное увеличение роста и биомассы тест-культуры (проростки кресс-салата) на ТПО

из группы литостратов некоторых участков (№ 1, 2 и 5) после добавления КДО в обеих дозировках. На участке № 7 изменение ростовых показателей вызвано внесением КДО только в размере 15%. На остальных участках, относящихся к органолитостратам, внесение КДО не приводило к увеличению роста и биомассы тест-культуры. Таким образом, наибольший эффект в плане повышения биологической активности следует ожидать от внесения КДО в грунты обедненные органическим веществом, например абралиты и литостраты.

Низкая доля органического вещества, высокая кислотность, пониженная биологическая активность обуславливают высокую подвижность токсичных металлов и их негативное токсическое действие на экологическое состояние придорожных территорий и вызывают опасность загрязнения прилегающих экосистем [5, 6].

В дополнение к фитотестированию в исследуемых ТПО изучено влияние внесения КДО на поведение токсичных элементов: свинца и кадмия. Подвижность свинца и кадмия выражали отрицательным десятичным логарифмом молярной концентрации ионов в водной вытяжке ($-\log[\text{Pb}^{2+}]$, $-\log[\text{Cd}^{2+}]$), т.е. увеличение значений логарифма концентрации свидетельствует о снижении содержания водорастворимых форм ионов, т.е. об уменьшении их подвижности и фитотоксичности. При внесении КДО в исследуемые ТПО на всех участках, за исключением № 6 и 7, наблюдалось снижение подвижности ионов свинца.

В то же время подвижность ионов кадмия, обладающих меньшим сродством к органическому веществу по сравнению со свинцом, достоверно не изменилась при внесении КДО в образцы ТПО из всех исследуемых участков (табл. 4). Вероятно, подвижность ионов кадмия в ТПО может быть ограничена внесением известковых материалов на фоне внесения органогенных субстратов, что входит в программу наших дальнейших исследований.

Таблица 3
Ростовые показатели и биомасса тест-культуры на исследованных ТПО до и после внесения КДО

№ участка	Рост, см			Биомасса, г		
	Доза КДО, %			Доза КДО, %		
	без КДО	5	15	без КДО	5	15
№ 1	1,65	2,34	2,60	0,0084	0,0140	0,0150
№ 2	1,37	2,80	2,80	0,0078	0,0130	0,0170
№ 3	2,42	1,88	2,46	0,0131	0,0100	0,0120
№ 4	2,79	2,55	2,89	0,0158	0,0120	0,0160
№ 5	1,10	2,44	2,71	0,005	0,0100	0,0120
№ 6	3,19	2,79	2,94	0,0178	0,0150	0,0120
№ 7	1,95	1,96	2,62	0,0120	0,0170	0,0220
НСР	0,30			0,0060		

Таблица 4
Подвижность ионов свинца и кадмия в исследованных ТПО до и после внесения КДО

№ участка	-log[Pb ²⁺]			-log[Cd ²⁺]		
	Доза КДО, %			Доза КДО, %		
	без КДО	5	15	без КДО	5	15
№ 1	5,2	7,3	6,7	4,6	5,2	4,3
№ 2	6,9	7,4	7,4	5,3	5,2	5,3
№ 3	6,7	8,2	7,7	5,2	5,3	5,4
№ 4	6,8	7,0	7,5	5,3	5,3	5,2
№ 5	5,2	6,7	7,8	4,8	5,1	4,8
№ 6	7,6	7,6	7,7	5,4	5,4	5,3
№ 7	7,1	6,8	6,8	5,4	5,2	5,1
НСР	0,5			0,3		

Заключение

Таким образом, установлено, что внесение КДО в техногенные поверхностные образования приводит к повышению их биологической активности и достоверному снижению подвижности свинца на большинстве исследуемых участков придорожных пространств. В ТПО из группы органолитостратов внесение КДО не вызывает эффективного увеличения биологической активности, однако приводит к снижению подвижности ионов свинца.

В качестве практических рекомендаций можно предложить следующее:

- для повышения биологической активности ТПО и снижения подвижности ионов свинца в придорожных пространствах вблизи водоохраных зон оптимальными свойствами обладают срединные слои коротвалов целлюлозно-бумажного производства (глубина 5,5–9,0 м) по сравнению с верхними и более глубокими слоями;

- для внесения необходимо использовать фракции КДО диаметром менее 2 мм

в дозах 5 и 15% (по массе) ТПО придорожных пространств, относящихся к литостратам, т.е. обладающих резким дефицитом органического вещества.

В целом внесение органомных отходов целлюлозно-бумажной промышленности в минеральные техногенные грунты можно рассматривать в качестве одной из мер управления современными ландшафтами, направленной на улучшение санитарно-гигиенического состояния водоохраных зон вблизи автомагистралей.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках темы фундаментальных научных исследований «Антропогенная трансформация пойменных экосистем Обь-Иртышского бассейна» (№ АААА-А19-119012190088-0).

Список литературы / References

1. Кайгородов Р.В., Попова Е.И. Биологическая активность техногенных поверхностных образований транспортной зоны вне урбанизированных территорий Тюменской области // Успехи современного естествознания. 2018. № 12 (1). С. 136–142. DOI 10.17513/use.36987.

Kaygorodov R.V., Popova E.I. Biological activity of technogenic surface formations in the transport zone outside urban areas in Tumen region // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 12 (1). P. 136–142 (in Russian).

2. Коротаев В.Н., Жилинская Я.А., Ширинкина Е.С. Технологические подходы к использованию продуктов механикобиологической переработки отходов для рекультивации нарушенных земель на урбанизированных территориях // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2010. № 6. С. 9–14.

Korotaeva V.N., Zhilinskaja Ya.A., Shirinkina E.S. Technological approaches to the use of products of mechanical-biological processing of waste for restoration of disturbed lands in urban areas // *Zashita okruzhajushej sredy v neftegazovom komplekse*. 2010. № 6. P. 9–14 (in Russian).

3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 343 с.

Classification and diagnostics of Russian soils. Smolensk: Ojkumena, 2004. 343 p. (in Russian).

4. Каменщикова В.И., Еремченко О.З., Шестаков И.Е. Биохимическая активность почв г. Перми // *Вестник Пермского университета. Серия: Биология*. 2011. № 2. С. 38–40.

Kamenshikova V.I., Eremchenko O.Z., Schestakov I.E. Biochemical activity of soil of Perm city // *Vestnic Permskogo universiteta. Seriya: Biologija*. 2011. № 2. P. 38–40 (in Russian).

5. Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Каменщикова В.И. Эколого-биологические свойства урбаноземов г. Перми // *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле*. 2010. № 4. С. 56–63.

Eremchenko O.Z., Schestakov I.E., Kamenshikova V.I. Ecological-biological properties of urban soil of Perm city // *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologija. Nauki o zemle*. 2010. № 4. P. 56–63 (in Russian).

6. Коркина Е.А. Самовосстановление нарушенных техногенезом почв Среднего Приобья: монография / Отв. ред. Г.Н. Гребенюк. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2015. 158 с.

Korkina E.A. Self-healing of soils disturbed by technogenesis of the Middle Ob region: Monograph / *Otv. red. G.N. Grebenyuk. Nizhnevartovsk: NVGU*, 2015. 158 p. (in Russian).

УДК 556:628.345

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШАННЫХ КОАГУЛЯНТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СВИНЦОВОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД АККУМУЛЯТОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Качалова Г.С.*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет (учебное подразделение Строительный институт)», Тюмень, e-mail: galinakachalova@mail.ru*

Предметом исследования явились модельные сточные воды, состав и свойства которых максимально приближены к реальным сточным водам АО «Тюменский аккумуляторный завод». Их мутность составила 315 ЕФМ, содержание свинца – 580 мг/л. В качестве смешанного коагулянта был выбран: $\text{FeCl}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ с оптимальной дозой 2,5 мл и соотношениях: 1:1 (1,25 мл и 1,25 мл); 2:1 (1,64 мл и 0,86 мл); 1:2 (0,86 мл и 1,64 мл); в качестве флокулянтов были использованы: Praestol 650 TR; Flopam FO 4440 SH; $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Исследования показали, что очистка сточной воды от свинца, после коагуляционно-флокуляционного процесса, для каждого соотношения смешанного коагулянта достигает максимальных результатов с разными флокулянтами: в соотношении 1:2 максимальная очистка достигается с флокулянтом Praestol 650 TR, для соотношения 2:1 – с жидким стеклом ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) и с Flopam FO 4440 SH, и для соотношения 1:1 – с жидким стеклом ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). После сорбционного процесса доочистки можно сделать вывод, что максимальная очистка при соотношениях смешанного коагулянта 1:2 и 2:1 проходит с флокулянтом жидкое стекло ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). В соотношении 1:1 с флокулянтом Praestol 650 TR, а флокулянт Flopam FO 4440 SH не показал особой эффективности в очистке со смешанным коагулянтом, но наименьшее значение концентрации свинца имел при соотношении 1:1. Работа имеет непосредственную практическую значимость, так как ее результаты могут быть использованы для усовершенствования процессов очистки сточных вод на Тюменском аккумуляторном заводе.

Ключевые слова: смешанный коагулянт, флокулянт, сточные воды, мутность, сорбция, содержание свинца, оптическая плотность, мутность

INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF MIXED COAGULANTS IN TREATMENT OF LEAD-CONTAINING WASTE WATER OF ACCUMULATOR PRODUCTION

Kachalova G.S.*Department of General and Special Chemistry, the Industrial University, Tyumen, e-mail: galinakachalova@mail.ru*

The subject of the study was model waste water, the composition and properties of which are as close as possible to the real waste water of JSC «Tyumen Battery Plant». Their turbidity was 315 EFM, lead content – 580 mg/l. As the mixed coagulant it was chosen: $\text{FeCl}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ with an optimum dose of 2.5 ml and ratios: 1:1 (1.25 ml and 1.25 ml); 2:1 (1.64 ml and 0.86 ml); 1:2 (0.86 ml and 1.64 ml); Praestol 650 TR were used as flocculants; Flopam FO 4440 SH; $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Researches showed that purification of waste water of lead, after a coagulative flocculation process, for each ratio of the mixed coagulant achieves the maximum results with different flocculants: in the ratio 1:2 maximum cleaning are reached with flocculant Praestol 650 TR, for a ratio 2:1 – with liquid glass ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) both with Flopam FO 4440 SH, and for a ratio 1:1 – with liquid glass ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). After the sorption post-treatment process, it can be concluded that the maximum purification at the mixed coagulant ratios of 1:2 and 2:1 passes with flocculant liquid glass ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). In a 1:1 ratio with Praestol 650 TR flocculant and Flopam FO 4440 SH flocculant showed no particular efficiency in mixed coagulant purification, but the lowest lead concentration was 1:1. The work is of immediate practical importance, as its results can be used to improve wastewater treatment processes at the «Tyumen Battery Plant».

Keywords: mixed coagulant, flocculant, waste water, turbidity, sorption, lead content, optical density, turbidity

Очистка сточных вод является одной из главных экологических проблем промышленности. Предприятия Тюменской области также пытаются решить эту проблему. Большая часть образующихся сточных вод на предприятии (75%) идёт на повторное использование и не наносит вред окружающей среде. Но часть сточных вод поступает в очистные сооружения города, и им требуется очистка от различных видов загрязнений. Основным процессом очистки сточных вод на АО «Тюменский

аккумуляторный завод» является коагуляция. Недостаток системы водоочистки на заводе заключается в подаче реагентов без предварительного определения оптимальной дозы реагентов для очистки сточных вод.

Цель исследования: изучение эффективности смешанного коагулянта в различных соотношениях с флокулянтами, расчёт и подбор оптимальных доз смешанных коагулянтов и флокулянтов, исследование процесса сорбционной доочистки.

Смешанный алюможелезный коагулянт представляет собой смесь растворов FeCl_3 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в основном в массовом соотношении 1:1, однако пропорция может изменяться в зависимости от условий работы очистных сооружений и характеристик сточных вод. Максимальное отношение хлорного железа к сульфату алюминия составляет 2:1, также возможно соотношение 1:2, когда сульфата алюминия в 2 раза больше, в таком соотношении редко используют данный смешанный коагулянт. Применение смешанного коагулянта значительно снижает расход реагентов, хлопья осаждаются равномерно, очищенные воды не дают отложений. Составные части алюможелезного коагулянта можно вводить в сточные воды как по отдельности, так и предварительно смешав [1]. Алюможелезосодержащий смешанный коагулянт даёт максимальный эффект очистки при высокой мутности воды и при этом он безопасен при очистке питьевой воды, поскольку содержание алюминия после очистки не превышает ПДК 0,025 мг/л [2]. Смешанные коагулянты дают сильный эффект при очистке сточных вод, поскольку расширяется область оптимальных значений pH, благодаря продуктам гидролиза коагулянтов и их физико-химическим свойствам. При очистке воды смешанным коагулянтом не выделяются осадки оксида железа, хлопья осаждаются равномернее, чем при использовании коагулянтов по раздельности.

Зачастую методов коагуляции и флокуляции недостаточно для глубокой очистки сточных вод, поэтому дополнительно применяются сорбционные методы. Сорбционные методы считаются одними из наиболее эффективных способов глубокой очистки сточных вод. Главное отличие качества сорбционной очистки – возможность извлечь необходимое вещество из многокомпонентной смеси даже при малых концентрациях загрязнителя [3, 4]. На АО «Тюменский аккумуляторный завод» внедрена система доочистки сорбентом от тяжелых металлов производства ПО «Искра», в качестве загрузки используется сорбент КФГМ-7. КФГМ-7 – керамический фильтрующий гранулированный материал. Он представлен в виде гранул от белого и светло-серого до розового цвета размером 1,5–2,5 мм. Изготавливается сорбент из высококачественного каолина марки КАХ-2, который подвергается грануляции, дегидратации и специальной обработке. В основе состава

КФГМ-7: Al_2O_3 (35–36%), SiO_2 (48–50%), MgO (0,6%), Na_2O (0,4–0,6%), Fe_2O_3 (0,5–1,0%), CaO (0,8%), TiO_2 (0,7%). Основное назначение КФГМ-7 – очистка вод от тяжелых металлов, а также от взвешенных веществ и других примесей [5].

Материалы и методы исследования

Усовершенствованы методики приготовления модельных сточных вод АО «Аккумуляторный завод», методики проведения процесса коагуляции и флокуляции, использованы методы определения мутности (фотоколориметрический метод), кислотности (титриметрический анализ), содержания свинца (фотоколориметрический метод) [6].

В качестве смешанного коагулянта был выбран: $\text{FeCl}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ с оптимальной дозой 2,5 мл и соотношениях: 1:1 (1,25 мл и 1,25 мл); 2:1 (1,64 мл и 0,86 мл); 1:2 (0,86 мл и 1,64 мл); в качестве флокулянтов были использованы: Praestol 650 TR; Flofram FO 4440 SH; $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Для приготовления модельных сточных вод в мерные цилиндры на 500 мл помещали навеску свинцовой пасты массой 250 мг и 250 мг нитрата свинца, доводили раствор до метки дистиллированной водой. Для нейтрализации стоков добавляли 1,5 мл раствора 10%-ного раствора Na_2CO_3 . Значение pH модельных вод после нейтрализации составило 8,32, что находится в допустимых пределах.

Для определения мутности модельных сточных вод пользовались методикой ГОСТ Р 57164-2016. Для этого измерили оптическую плотность вод при длине волны падающего излучения 530 нм с кюветами с толщиной поглощающего свет слоя 50 мм.

Значение оптической плотности составило 3,683.

Для перехода от оптической плотности к мутности построили калибровочный график по стандартному образцу мутности (формазиновая суспензия) ГСО 7271-96.

Определение содержания свинца в модельных водах проводили плумбоновым методом согласно ГОСТ 18293-72 [7]. Сущность метода заключается в образовании соединения свинца с плумбоном, имеющего желто-оранжевый цвет. Предварительно свинец экстрагируется дитизоном в четыреххлористом углероде.

Измерение оптической плотности рабочего раствора свинца проводили относительно холостой пробы на КФК-3-01- «ЗОМЗ» при длине волны падающего излучения

490 нм с кюветами с толщиной поглощающего свет слоя 50 мм. Значение оптической плотности составило 0,124. Чтобы перейти от оптической плотности раствора к концентрации ионов свинца, необходимо было построить калибровочный график по стандартному образцу состава раствора ионов свинца ГСО 7252-96.

Методика процесса коагулирования с последующим флокулированием: все коагулянты готовили в виде 5%-ого раствора. В приготовленные сточные воды с помощью мерной пипетки добавляли коагулянт и через некоторое время флокулянт. После 30-минутного отстаивания погружали мерную пипетку на глубину ниже уровня жидкости на 5 см для забора пробы. Эти же действия повторили ещё через 60 мин. Затем во всех взятых пробах определяли оптическую плотность на фотометре КФК-3-01-«ЗОМЗ». Для перевода оптической плотности на мутность построили калибровочный график по стандартному образцу мутности (формазиновая суспензия) ГОСТ Р 57164-2016.

Методика процесса доочистки модельных сточных вод сорбционным методом: для проведения сорбционной доочистки на производстве используется блок доочистки от тяжелых металлов производства ПО «Искра» с загрузкой сорбента КФГМ-7. Чтобы приблизить проведение сорбционной очистки к промышленным условиям, было решено проводить процесс сорбции в динамических условиях с использованием КФГМ-7. Оптимальная скорость фильтрации для сорбента КФГМ-7 – до 4 м/ч, минимальная высота слоя при фильтрации –

0,7 м. Задали скорость капания 3,3 м/ч при высоте слоя сорбента 0,7 м. Для процесса сорбционной доочистки брали образцы сточной воды, после коагулирования с последующим флокулированием и пропускали их через лабораторную установку.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования было выявлено наиболее эффективное соотношение смешанного коагулянта, им является соотношение $FeCl_3 : Al_2(SO_4)_3 - 2:1$, так как при нём и любом из добавленных флокулянтов в сточных водах наблюдаются самые минимальные значения остаточной мутности, относительно двух других соотношений.

Подобрана оптимальная доза смешанного коагулянта: $FeCl_3$ и $Al_2(SO_4)_3$ при соотношении 2:1 (1,66 мл и 0,84 мл), 2,5 мл коагулянта. Измерение оптической плотности проводили по истечении 30 мин, 90 мин. Данные представлены на рис. 1.

Для проведения процесса флокуляции выбрали три различных типа флокулянтов: катионные флокулянты Praestol 650 TR, Floram FO 4440 SH и неорганический флокулянт (неионогенный) – жидкое стекло $Na_2O \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$. Все флокулянты готовили в виде 0,1% раствора. Praestol 650 TR и Floram FO 4440 SH представлены в форме гранул, а жидкое стекло – в жидкой фазе. Произвели пересчет дозы флокулянта на его объем, необходимый на 500 мл сточной воды. На основании литературных данных приняли оптимальную дозу флокулянта равную 1 мл при объеме 0,1%-ного раствора на 500 мл.

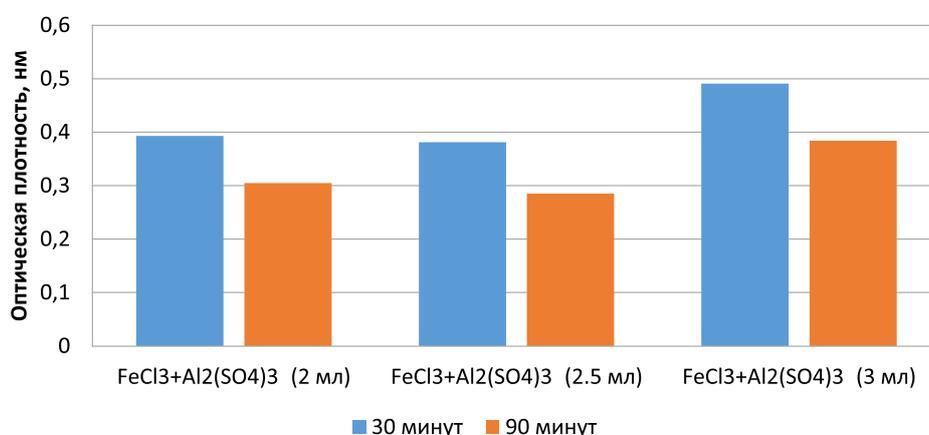


Рис. 1. Изменение оптической плотности при различных дозах смешанного коагулянта $FeCl_3 + Al_2(SO_4)_3$ при соотношении 2:1

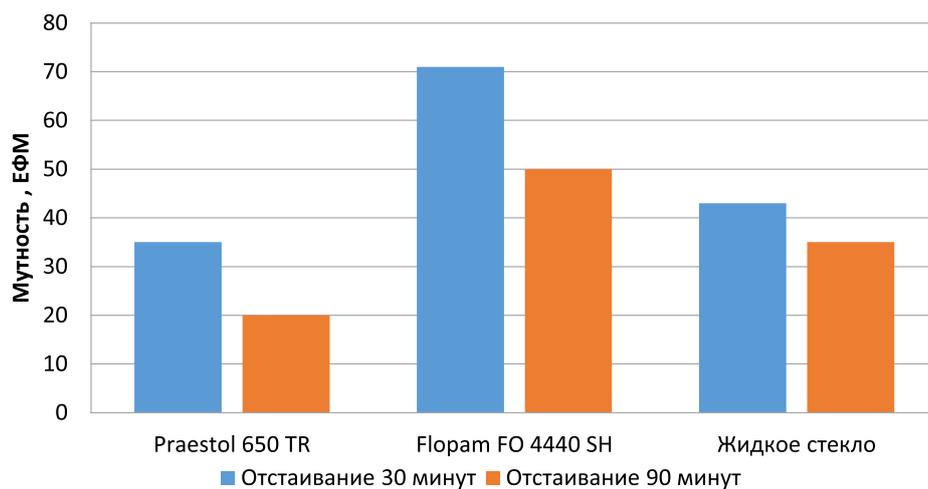


Рис. 2. Изменение мутности для смешанного коагулянта $FeCl_3 + Al_2(SO_4)_3$ в соотношении 1:1 при различных используемых флокулянтах

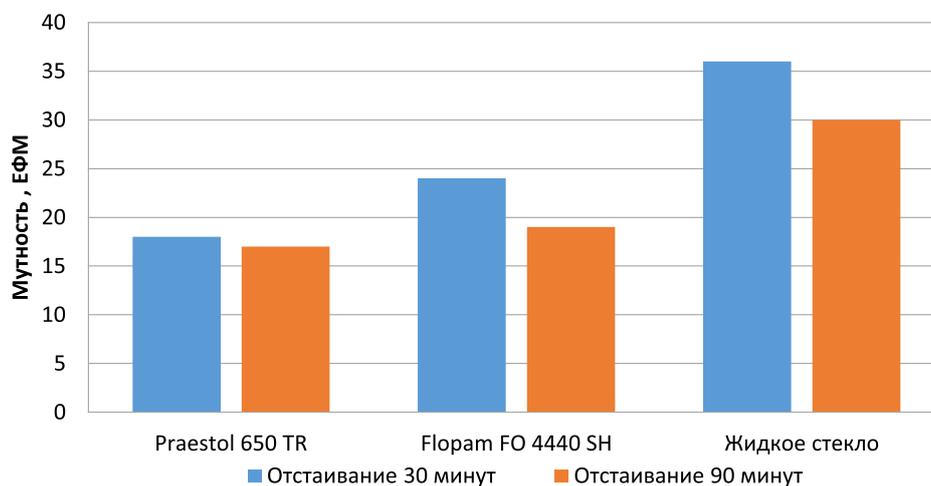


Рис. 3. Изменение мутности для смешанного коагулянта $FeCl_3 + Al_2(SO_4)_3$ в соотношении 2:1 при различных используемых флокулянтах

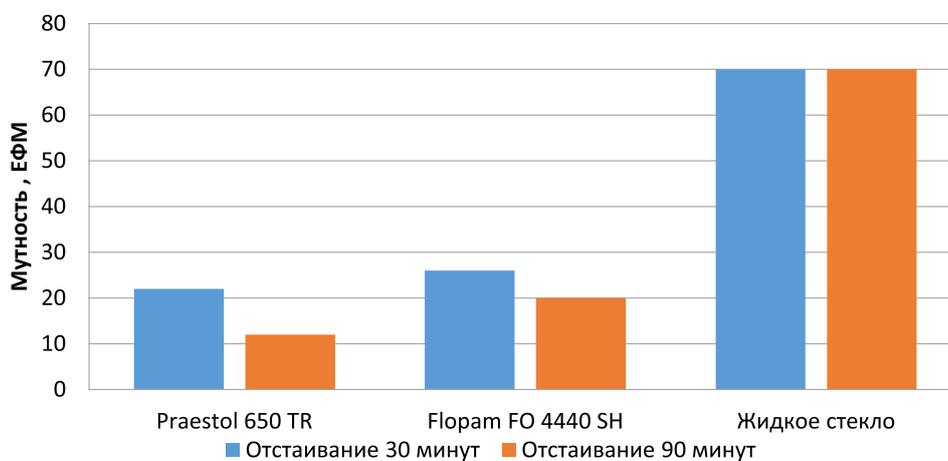


Рис. 4. Изменение мутности для смешанного коагулянта $FeCl_3 + Al_2(SO_4)_3$ в соотношении 1:2 при различных используемых флокулянтах

Исследование эффективности смешанного коагулянта в различных соотношениях с флокулянтами: смешанный коагулянт $FeCl_3 + Al_2(SO_4)_3$ исследовался в соотношениях 1:1 (рис. 2), 2:1 (рис. 3), 1:2 (рис. 4).

При соотношении коагулянта 1:2 максимальное понижение мутности достигается с флокулянтом Praestol 650 TR и минимальное понижение – с жидким стеклом, связано это с тем, что при повышенном содержании сульфата алюминия, в соотношении 1:2, в результате гидролиза образуется гидроокись алюминия в виде осадка, которая в свою очередь является амфотерной. Поскольку при гидролизе

силиката натрия образуется гидроксид натрия, то есть щелочная среда, происходит растворение осадка $Al(OH)_3$, вследствие чего коагулянт теряет свою эффективность (рис. 4).

Определение содержания свинца в модельных сточных водах после коагуляционно-флокуляционного процесса и сорбции: на определение свинца были взяты пробы модельных сточных вод со смешанным коагулянтном и флокулянтами, после коагуляционно-флокуляционного процесса и после сорбции. Смешанный коагулянт представлен в разных соотношениях 1:1, 1:2, 2:1. Результаты представлены на рис. 5, 6.

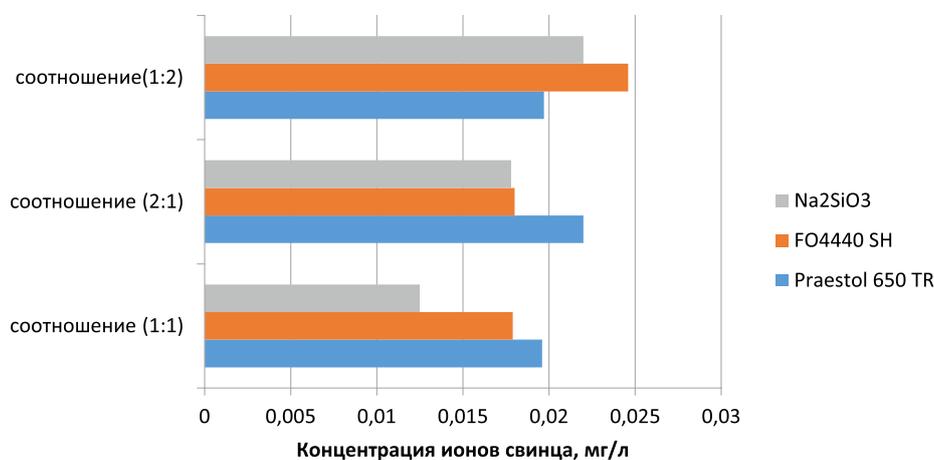


Рис. 5. Сравнение концентрации остаточного свинца после коагуляционно-флокуляционного процесса при разных соотношениях коагулянта

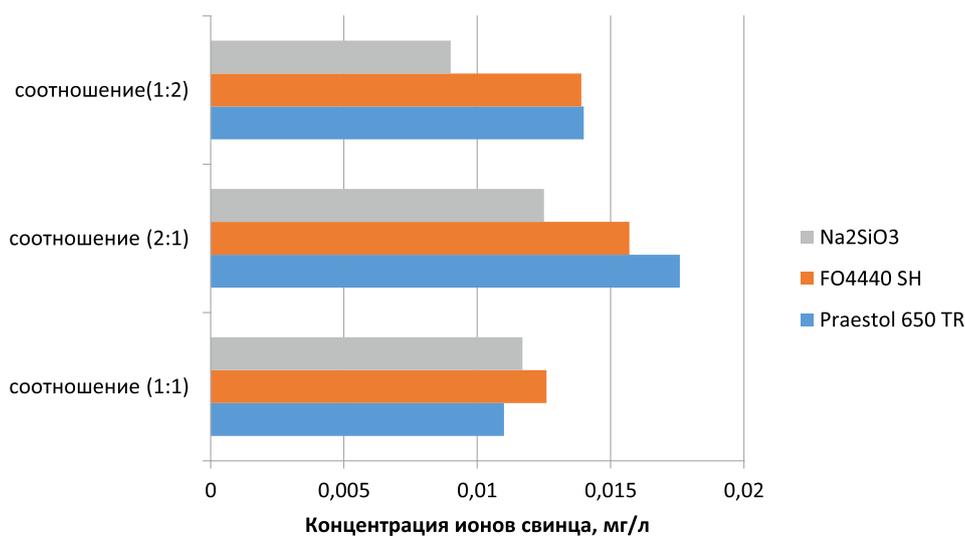


Рис. 6. Сравнение концентрации остаточного свинца после сорбционного процесса доочистки при разных соотношениях коагулянта

В результате исследования можно сделать вывод, что очистка свинца после процесса коагулирования для каждого соотношения смешанного коагулянта достигает максимальных результатов с разными флокулянтами. То есть в соотношении 1:2 максимальная очистка достигается с флокулянтom Praestol 650 TR, для соотношения 2:1 максимальная очистка была с жидким стеклом и с Flopam FO 4440 SH, и для соотношения 1:1 максимальная очистка с жидким стеклом ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (рис. 5).

После сорбционного процесса очистки можно сделать вывод, что максимальная очистка при соотношениях смешанного коагулянта 1:2 и 2:1 проходит с флокулянтom Praestol 650 TR, с флокулянтom Flopam FO 4440 SH смешанный коагулянт не показал особой эффективности в очистке (рис. 6).

Выводы

В ходе исследования было выявлено наиболее эффективное соотношение смешанного коагулянта, им является соотношение 2:1, так как при нём и любом из добавленных флокулянтов в сточных водах наблюдаются самые минимальные значения остаточной мутности, относительно двух других соотношений. Исследования показали, что очистка сточной воды от свинца после коагуляционно-флокуляционного процесса для каждого соотношения смешанного коагулянта достигает максимальных результатов с разными флокулянтами: в соотношении 1:2 – с флокулянтom Praestol 650 TR, для соотношения 2:1 – с ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) и с Flopam FO 4440 SH, и для соотношения 1:1 – с ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). После сорбционного процесса доочистки можно сделать вывод, что максимальная очистка при соотношениях смешанного коагулянта 1:2 и 2:1 происходит с флокулянтom ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$),

соотношении 1:1 – с флокулянтom Praestol 650 TR, а флокулянт Flopam FO 4440 SH не показал особой эффективности в очистке со смешанным коагулянтom, но наименьшее значение концентрации свинца имел при соотношении 1:1. Результаты работы могут быть использованы для усовершенствования процессов очистки сточных вод на Тюменском аккумуляторном заводе.

Список литературы / References

1. Обзор рынка неорганических коагулянтов в России и Казахстане. 3-е изд. М.: ООО ИГ ИНФОМАЙН, 2015. 134 с.
2. The review of the market of inorganic coagulants in Russia and Kazakhstan. the 3rd prod. М.: LLC IS INFOMAYN, 2015. 134 p. (in Russian).
3. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.: Минздрав России, 2003. 173 с.
4. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.
5. Voronov Yu.V., Yakovlev S.V. Water disposal and sewage treatment. М.: Izd. Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov, 2006. 704 p. (in Russian).
6. Качалова Г.С. Коагуляционно-сорбционная очистка сточных вод // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 2 (78). С. 32–39. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.2.32-39.
7. Kachalova G.S. Coagulation-sorption treatment of waste water // Water and ecology: problems and solutions. 2019. № 2 (78). P. 32–39 (in Russian).
8. Тюменский аккумуляторный завод [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tyumen-battery.ru/index.php> (дата обращения: 01.10.2019).
9. Tyumen Battery Plant [Electronic Resource]. URL: <http://www.tyumen-battery.ru/index.php> (date of access: 01.10.2019). (in Russian).
10. Качалова Г.С. Использование современных коагулянтов и флокулянтов в процессе коагулирования сточных вод // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 2. С. 23–27.
11. Kachalova G.S. Use of modern coagulants and flocculant in the course of a koagulirovaniye of sewage // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2018. № 2. P. 23–27 (in Russian).
12. ПНД Ф 14.1:2.54-96 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации свинца в природных и очищенных сточных водах фотометрическим методом с дитизоном [Электронный ресурс]. URL: https://standartgost.ru/g/ПНД_Ф_14.1:2.54-96 (дата обращения: 12.10.2019).

УДК 504.453:574.633(470.341)

АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ОБЩИХ, БИОХИМИЧЕСКИХ И ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ВОДЕ РЕКИ ВОЛГА И КАНАЛАХ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА БАЛАХНЫ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**Козлов А.В., Вершинина И.В.***ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru*

В работе представлены результаты исследования экологического состояния искусственного и природного водных объектов по основным гидрологическим, биохимическим и экотоксикологическим параметрам, а также приведен анализ направления влияния вод мелиоративного канала на воды р. Волги. Исследуемый искусственный водоток представляет собой часть дренажной системы на территории г. Балахны Нижегородской области, его воды напрямую впадают в Волгу. Выявлено, что за время существования канала его русло и протяженность неоднократно изменялись, а ответственность за качество вод была передана администрацией г. Правдинска промышленному предприятию. В настоящее время водоток находится на балансе МУП МП «Водоканал» МО «Город Балахна». Исследования качественных показателей воды осуществлены осенью 2018 г. Выявлено, что воды дренажной системы отличались высокой цветностью, значительной мутностью и низкой прозрачностью, при этом в большинстве точек отбора данные показатели превышали установленный норматив ПДК. Наиболее неблагоприятные органолептические показатели были установлены в точке отбора № 2, что обусловлено слабой скоростью течения канала, рельефом местности и накопительным эффектом загрязняющих веществ в иловых массах водотока. Показатели, отражающие биохимическое потребление кислорода, окисляемость воды и ее экологическую токсичность, свидетельствовали о том, что воды канала богаты легкоокисляемыми органическими загрязнителями, наличие которых связано привнесением в канал вод с территории промышленных объектов. Высокое содержание загрязняющих веществ в водах дренажной системы отрицательно отразилось на интегральных показателях РК, ХПК, БПК, ИТ воды р. Волги на территории г. Балахны.

Ключевые слова: воды дренажной системы, мелиоративный канал, природная речная вода, река Волга, экологическое состояние воды, биохимия и экотоксикология воды

ANALYSIS OF VARIABILITY OF GENERAL, BIOCHEMICAL AND ECOTOXICOLOGICAL INDICES IN VOLGA RIVER WATER AND CHANNELS OF BALAKHNA CITY DRAINAGE SYSTEM IN NIZHNY NOVGOROD REGION**Kozlov A.V., Verшинina I.V.***Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru*

The work presents results of study of ecological state of artificial and natural water bodies by main hydrological, biochemical and ecotoxicological parameters, as well as analysis of direction of influence of waters of meliorative canal on waters of the Volga River. The investigated artificial water stream is a part of drainage system in territory of Balakhna, Nizhny Novgorod region, its waters directly flow into the Volga. It has been revealed that during the existence of the canal its course and length have repeatedly changed, and responsibility for water quality has been transferred by the Administration of the city of Pravinsk to the industrial enterprise. Currently, the watercourse is on the balance sheet of the CBP MP «Vodokanal» MO «City of Balakhna.» Studies of water quality indicators were carried out in autumn 2018. It was revealed that the waters of the drainage system were characterized by high colour, considerable turbidity and low transparency, at the same time in most sampling points these indicators exceeded the established standard of MPC. The most unfavourable organoleptic indices were established at the point of selection No. 2, which is due to the weak speed of the channel flow, terrain relief and the accumulative effect of pollutants in the sludge masses of the watercourse. Indicators reflecting biochemical oxygen consumption, water oxidability and environmental toxicity indicated that the channel waters are rich in easily oxidizable organic pollutants, the presence of which is connected by the introduction of water into the channel from the territory of industrial facilities. The high content of pollutants in the waters of the drainage system negatively affected the integral indicators of the Republic of Kazakhstan, KPC, BPC, IT water of the Volga River on the territory of the city of Balakhna.

Keywords: drainage waters, meliorative channel, natural river water, Volga river, ecological state of water, biochemistry and ecotoxicology of water

В настоящее время неблагоприятное экологическое состояние водных объектов в городской черте чаще всего обусловлено наличием функционирующих промышленных предприятий, высокой плотностью населения и усилением различных видов хозяйственной деятельности челове-

ка в целом [1, 2]. В большинстве наиболее крупных городов Нижегородской области воду для процесса водоснабжения изымают с поверхностных источников, при этом качественные показатели используемых вод имеют тенденцию к ухудшению уже к началу оборота в производственной

и коммунальной сетях. Ввиду данных обстоятельств в большинстве регионов контроль экологического состояния природных вод имеет первостепенное значение [3, 4]. Значительная часть всех загрязняющих веществ, поступающих в водные экосистемы, представляет собой продукты хозяйственной деятельности человека, а также являются результатом действия вполне определенных источников распространения загрязнений. В полной мере это относится к реке Волге, так как по ее берегам располагаются значительное количество промышленных предприятий и различной степени урбанизованности населенные пункты [5].

С целью определения экологического состояния природных водных объектов необходимо систематически проводить оценку различных параметров воды [6], однако при этом следует рассматривать не только изменения характеристик исследуемой гидрохимии, но и учитывать при этом особенности хозяйственной деятельности человека, плотность населения, наличие неорганизованных свалок и полигонов ТКО, сферу деятельности промышленных предприятий и их стоки, а также состав сточных вод жилищно-коммунальных хозяйств [1, 3, 4]. К сожалению, в системе высшего образования региона данные аспекты имеют малую степень изученности [7, 8], что определяет актуальность настоящих исследований.

Цель работы: исследование вариабельности общих гидрологических, биохимических и экотоксикологических показателей вод искусственного водного объекта (канала дренажной системы) и определение тенденций его влияния на экологическое состояние природных вод р. Волги в черте г. Балахна Нижегородской области.

Материалы и методы исследования

Исследования осуществлялись на водных объектах г. Балахны Нижегородской области. Исследуемый канал берет начало из озера на территории крупного промышленного предприятия закрытого типа, проходит непосредственно в границах жилых домов микрорайона Правдинск и выносит свои воды в р. Волгу. Изначально канал был создан в 1932 г. с целью осушения торфяных почв поселка и служил одним из элементов дренажной системы населенного пункта. Водный объект проходил по границе поселка в черте лесного массива, однако вследствие застройки данной

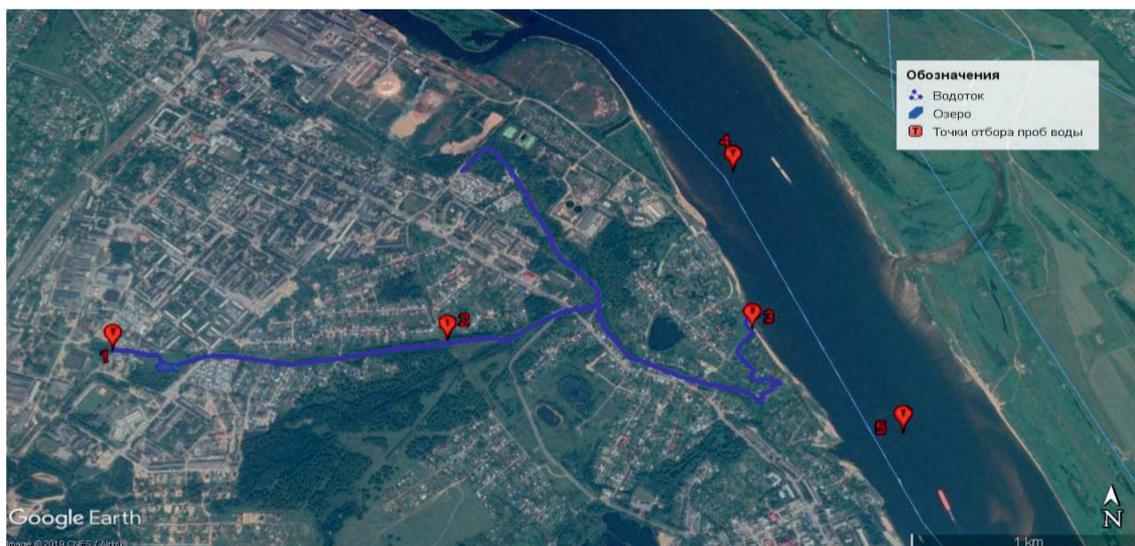
территории и иных причин, русло водотока неоднократно менялось. В 1980-х гг. водоток был передан на баланс промышленного предприятия по производству комплектующих для радиоэлектронной аппаратуры, который внес изменения в структуру канала – в 1982 г. к основному водотоку был добавлен дополнительный канал, куда происходил сброс сточных вод с предприятия, в результате чего изменилась общая протяженность канала и состав вод. Сейчас водоток находится на балансе МУП МП «Водоканал» МО «Город Балахна» [9, 10].

Для оценки качественных показателей вод исследуемых водных объектов было выделено несколько точек на искусственно созданном канале и непосредственно на р. Волге. Отбор проб воды был осуществлен в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» с помощью батометра гидрологического БГ-1,0 в полиэтиленовые емкости. Для отбора проб были выбраны 3 точки на водном канале и 2 точки на р. Волге. Точки отбора проб воды представлены на рисунке.

Точка №1 расположена непосредственно на выходе канала с территории промышленного предприятия, точка №2 представляет собой створ канала до впадения в него вод канала дренажной системы с территории бумкомбината. Точка №3 – створ канала после впадения вод канала (место впадения в р. Волга), имеющего мелиоративное значение на территории АО «Волга»; точка №4 – территория бассейна реки Волги выше впадения в него вод исследуемого канала; точка №5 – створ реки Волги ниже впадения в него вод из исследуемого канала.

Исследование экологического состояния водных объектов проводилось в осенний период 2018 г. Анализ показателей качества воды производился на базе Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей при НГПУ им. К. Минина; аналитическая повторяемость – трехкратная.

В общие показатели качества вод входил стандартный набор органолептических и гидрологических свойств: запах, цветность, прозрачность, мутность, а также кислотность, определяемая потенциометрическим методом на рН-метре-милливольтметре МАРК-903, общая жесткость, определяемая трилонометрическим титрованием, и общая минерализация, определяемая с помощью кондуктометра DIST-3 (HANNA) [11].



Карта-схема точек отбора проб воды на исследуемых водных объектах

Оценка биохимического состояния вод анализируемых водных объектов проводилась по содержанию растворенного кислорода, определяемого методом йодометрической титрования (по Винклеру); химическое потребление кислорода определялось методом перманганатной окисляемости, биологическое потребление кислорода – методом экспозиции воды в анаэробных условиях в течение 7 суток при $t +20^{\circ}\text{C}$. Экотоксикологическое состояние воды оценивалось биолюминесцентным методом биотестирования при помощи люминесцентной генно-инженерной бактерии *Escherichia coli* M-17 (биосенсор «Эколюм») на анализаторе токсичности БИОТОКС 10-М [11].

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенного исследования было установлено, что органолептические свойства вод искусственного созданного канала имеют неблагоприятные параметры, вследствие чего могут оказывать определенное воздействие на показатели качества воды в р. Волге. Данные, отражающие значение таких показателей, как запах, цветность, мутность и прозрачность воды в исследуемых водных объектах, приведены в табл. 1.

Критерий, отражающий запах воды, на всех исследуемых точках водных объектов был оценен в 2 балла, что не превышает значение ПДК. Запах воды в канале наиболее приближен к землисто-болотному, что обусловлено наличием отмершей растительности в водах канала, а также очень сла-

бым течением водотока. Следует отметить, что минимальным значением данного показателя характеризовалась точка № 4, то есть воды в створе реки Волги до привнесения в них вод из мелиоративного канала. Таким образом, можно говорить о том, что вода из канала может незначительно способствовать усилению запаха воды в р. Волге.

Показатель цветности воды во всех анализируемых точках водотока имел более высокие значения по сравнению с ПДК, при этом максимальное значение цветности – 70° и, соответственно, превышение ПДК в 3,5 раза отмечено для точки № 2. Высокие значения данного показателя в водах канала связаны с торфяно-болотными осушаемыми почвами на территории микрорайона Правдинск г. Балахны, а также с наличием антропогенных источников загрязнения воды, в частности высоким уровнем замусоренности береговой линии в районе точки № 2. Точка № 3 характеризуется снижением данного показателя более чем в 2 раза, – такое резкое изменение цветности воды канала можно рассматривать как результат процесса разбавления вод канала водами, приходящими с территории АО «Волга». В створе р. Волги до впадения в него мелиоративного канала цветность воды находится ниже уровня ПДК, однако воды мелиоративного канала увеличивают показатель цветности воды в 2 раза – точка № 5. В связи с этим очевидна тенденция зависимости между показателем цветности воды в р. Волге и в водах дренажной системы микрорайона Правдинск.

Таблица 1

Органолептические показатели качества вод исследуемых водных объектов

Показатель	Значение в точках отбора, мг/л					ПДК*, мг/л
	1	2	3	4	5	
Запах +20°C, баллы	2	2	2	1	2	2
Цветность (Ст-Со шкала), °	25	70	30	15	30	20
Мутность по каолину, мг/л	1,7	16,0	0,5	0,1	0,1	1,5
Прозрачность по Снеллену, см	50	8	54	60	59	60

Примечание. Здесь и далее по таблицам:

* – согласно ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»; ГН 2.1.5.2280-07 Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03; ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Таблица 2

Общие гидрологические показатели качества вод исследуемых водных объектов

Показатель	Значение в точках отбора, мг/л					ПДК, мг/л
	1	2	3	4	5	
Водородный показатель, ед. рН	6,7	6,5	7,2	7,8	7,4	6,5-8,5
Жесткость общая, мг-экв./л	2,7	4,0	5,8	2,1	2,5	7,0
Общая минерализация, мг/л	125	502	575	139	199	1000

Значение показателя мутности воды в искусственном водотоке превышало ПДК в первых двух точках, однако данные по этому показателю в пробах воды, отобранных с точек № 1 и № 2, существенно различались. Так, в точке № 1 показатель мутности незначительно превышал значение ПДК, тогда как наиболее мутные воды дренажной системы отмечены в точке № 2, здесь порог ПДК превышен почти в 11 раз. Причиной высокой мутности вод в канале могут служить иловые массы, наличие соединений железа, органических коллоидов и планктонных организмов. Водоток в точке № 3, с учетом разбавления его водами из канала с территории бумкомбината, характеризовался меньшей мутностью по сравнению с первой точкой отбора. Пробы воды, отобранные в створе реки до впадения мелиоративного канала, имели такое же значение показателя мутности, что и воды в створе реки после впадения в него искусственного водотока. Таким образом, воды, привносимые в Волгу общим водотоком дренажной системы Правдинска, не сказывались на изменении показателя мутности воды в большой речной системе.

Однако следует отметить, что оценка изменения показателей мутности и цветности отобранных проб позволила выявить тенден-

цию накопительного эффекта загрязняющих веществ в водах канала вниз по его течению, а также установить процесс положительного разбавления водотока водами канала мелиоративной системы, берущей начало в границах АО «Волга». Направленность выявленных процессов в водотоке дренажной системы четко прослеживается и на характеристике прозрачности исследуемых вод. Максимально прозрачные воды канала были отобраны с точки № 3, при этом минимальное значение данного критерия качества воды было отмечено для точки № 2. Значительных изменений показателя прозрачности в р. Волге в результате впадения в него вод дренажной системы отмечено не было.

Наряду с органолептическими показателями были определены общие гидрологические показатели качественного состава вод, несущие интегральный характер (табл. 2).

Кислотность воды в исследуемом канале и в р. Волге варьировала незначительно от нейтральной до слабощелочной, при этом ни в одной из анализируемых проб превышение данного показателя относительно уровня ПДК выявлено не было, что свидетельствует о присутствии в исследуемых водах солей $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, определяющих естественную кислотно-основную буферную емкость природных вод.

Таблица 3

Биохимические и экотоксикологические показатели качества вод исследуемых водных объектов

Показатели	Значение в точках отбора, мг/л					ПДК, мг/л
	1	2	3	4	5	
Растворенный O ₂ , мг/л	8,9	6,1	11,4	22,2	15,5	> 4,0
ХПК _{ПЕРМАНГ.} , мг [O]/л	55	58	76	72	76	5,0
БПК ₅ , мг O ₂ /л	2,4	8,6	9,4	2,0	2,2	3,0
Интегральная токсичность: – реакция биотеста, %;	29	47	69	3	8	1 группа токсичности (допустимый уровень)
– группа токсичности	2	2	3	1	1	

Показатели жесткости и общей минерализации также не превышали установленной нормы ПДК. Наименьшая жесткость воды была определена в створе р. Волги (точка № 4), при этом воды канала лишь незначительно увеличивали этот показатель с 2,1 мг-экв./л до 2,5 мг-экв./л. В водах самого канала минимальное значение жесткости отмечено для точки № 1, а наибольшее – в точке № 3 (5,8 мг-экв./л). Вероятно, возрастание жесткости воды в канале перед впадением в Волгу связано с увеличением концентрации солей, в частности сульфатов и хлоридов металлов жесткости (CaSO₄, MgSO₄, CaCl₂, MgCl₂). По данному показателю воды Волги на исследуемом участке можно отнести к мягким водам, а воды водотока – к группе вод средней жесткости. В соответствии с общепринятой классификацией по минерализации водных объектов, речные воды являются маломинерализованными, при этом водоток играет значительную роль в повышении минерализации воды в р. Волге.

В табл. 3 приведены данные, отражающие биохимические и экотоксикологические характеристики воды исследуемых водных объектов. Содержание растворенного кислорода во всех точках отбора характеризовалось высоким значением, что связано с осенним периодом времени, в который производился отбор проб воды. Наиболее высокий показатель по РК был отмечен для речных вод. Воды мелиоративного канала по количеству растворенного кислорода значительно уступают водам р. Волги. Наименьшее содержание кислорода было выявлено в точке отбора № 2, но тем не менее данное значение отвечает требованиям ПДК. Очевидно, что воды дренажной системы, характеризуясь более низкими значениями показателя РК, при впадении в Волгу, неблагоприятным образом отраз-

ились на значении содержания растворенного кислорода в речной воде, снизив его до 15,5 мг/л.

ХПК, являясь интегральным показателем качества вод, отражает уровень антропогенного загрязнения водных объектов. Анализируемая химическая окисляемость воды характеризовалась высокими значениями во всех точках отбора на исследуемых водных объектах, что свидетельствует о наличии в воде значительного содержания легкоокисляющихся органических соединений. Максимальные значения ХПК, превышающие ПДК более чем в 2 раза, были отмечены в водах канала на точке отбора № 3, а также в двух анализируемых точках по течению р. Волги. Значение показателя окисляемости в Волге на двух исследуемых точках (№ 4 и № 5) различается незначительно, ввиду чего можно сделать вывод, что воды дренажной системы микрорайона Правдинск практически не влияют на изменение показателя ХПК в речной воде.

Биологическое потребление кислорода в исследуемых водных объектах характеризовалось высоким и повышенным значением, что в целом свидетельствует о неблагоприятных процессах, протекающих в водах канала и реки. Наименьшее значение данного показателя, которое не превышает ПДК, установлено для точки № 1, при этом смешение вод канала и воды из р. Волги обеспечивает снижение БПК до 2,2 мг O₂/л. Примерно аналогичным образом изменялся экотоксикологический показатель интегральной токсичности вод, измеренный методом биотестирования. Здесь четко прослеживалась тенденция усиления токсичности воды по отношению к биотесту (*Escherichia coli* M-17) в градиенте общей минерализации вод дренажного канала, их перманганатной окисляемости и уровня БПК. По-видимому, воды канала несут

в себе существенное количество токсичных веществ, в том числе и органического состава, вследствие чего показатель биологически потребляемого кислорода стабильно повышался в направлении к устью канала (точка № 4).

Заключение

В результате эколого-гидрохимического анализа воды р. Волги и вод канала дренажной системы микрорайона Правдинск г. Балахны Нижегородской области установлены неблагоприятные свойства вод искусственного водотока при отсутствии четких закономерностей воздействия на показатели качества речных вод Волги. По ряду показателей точка отбора № 2 характеризуется значительным превышением установленных санитарно-экологических норм. Выявлено, что воды канала неблагоприятно сказываются на органолептических показателях вод в створе реки Волги, вызывая увеличение цветности и запаха, а также вызывают повышение таких характеристик, как жесткость и общая минерализация. Биохимические и экотоксикологические характеристики речных вод вследствие привнесения загрязняющих веществ дренажными водами канала ухудшаются по показателю, отражающему содержание растворенного кислорода, критериям химической и биологической окисляемости, а также интегральной токсичности.

Список литературы / References

1. Горюнова С.И. Влияние антропогенного воздействия на экологическое состояние малой городской реки // Вестник Московского университета. Серия: Естественные науки. 2010. № 2. С. 57–64.
2. Goryunova S.I. Impact of anthropogenic influence on the ecological condition of a small urban river // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2010. № 2. P. 57–64 (in Russian).
3. Дмитриев В.В., Боброва О.Н., Грачева И.В., Колодкин П.А., Примак Е.А., Седова С.А., Четверова А.А. Мониторинг и моделирование продукционно-деструкционных отношений в водных экосистемах // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 82–87. DOI: 10.17513/use.37041.
4. Dmitriev V.V., Bobrova O.N., Gracheva I.V., Kolodkin P.A., Primak E.A., Sedova S.A., Chetvergova A.A. Monitoring and modeling productional and destructional the relations in water ecosystems // Advances in current natural sciences. 2019. № 1. P. 82–87 (in Russian).
5. Суппес Н.А. Влияние хозяйственной деятельности на экологическое состояние водоемов города Ишима // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 98–103.
6. Suppes N.A. Impact of economic activity on ecological condition of water bodies of the city of Ishima // Samarskij nauchnyj vestnik. 2018. T. 7. № 3 (24). P. 98–103 (in Russian).
7. Усманова Л.И. Характеристика химического состава речных вод на территории и в окрестностях города Читы // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 200–208. DOI: 10.17513/use.36826.
8. Usmanova L.I. Characteristic of the chemical composition of river waters in the territory and in the neighborhood of the city of Chita // Advances in current natural sciences. 2018. № 7. P. 200–208 (in Russian).
9. Дедикова Т.Н., Бухарицин П.И. Экологическое состояние реки Волги // Вестник АГТУ. 2010. № 1 (49). С. 85–87.
10. Dedikova T.N., Buharicin P.I. Ecological condition of the Volga River // Vestnik AGTU. 2010. № 1 (49). P. 85–87 (in Russian).
11. Козлов А.В., Маркова Д.С., Соколюк С.А., Тогузов В.И. Экспертиза эколого-гидрохимического состояния памятника природы – озера Светлояр Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2019. № 6. С. 74–81.
12. Kozlov A.V., Markova D.S., Sokolyuk S.A., Toguzov V.I. Examination of the ecological and hydrochemical state of the nature monument – Lake Svetloyar of the Nizhny Novgorod region // Advances in current natural sciences. 2019. № 6. P. 74–81 (in Russian).
13. Маркова С.М., Наркозиев А.К. Методика исследования содержания профессионального образования // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 1 (26). [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/923> (дата обращения: 30.10.2019). DOI: 10.26795/2307-1281-2019-7-1-2.
14. Markova S.M., Narkoziev A.K. Methodology for research into the content of vocational education // Vestnik Mininskogo universiteta. 2019. T. 7. № 1 (26). [Electronic resource]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/923> (date of access: 30.10.2019) (in Russian).
15. Мьялкина Е.В. Диагностика качества образования в вузе // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 3 (28). [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/1006> (дата обращения: 30.10.2019). DOI: 10.26795/2307-1281-2019-7-3-4.
16. Myalkina E.V. Diagnosis of the quality of education in the university // Vestnik Mininskogo universiteta. 2019. T. 7. № 3 (28). [Electronic resource]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/1006> (date of access: 30.10.2019) (in Russian).
17. Природа Горьковской области / Под ред. Н.В. Кузнецова. Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1974. 416 с.
18. The nature of Gorky area / Pod red.N.V. Kuznetsov. Gorky: Volgo-Vyatskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1974. 416 p. (in Russian).
19. Современные ландшафты Нижегородской области / Под ред. Б.И. Кочурова, Н.Ф. Винокуровой, О.В. Глебовой. Н. Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2006. 370 с.
20. Modern landscapes of the Nizhny Novgorod Region / Pod red. B.I. Kochurova, N.F. Vinokurovoj, O.V. Glebovoj. N. Novgorod: NGPU im. K. Minina, 2006. 370 p. (in Russian).
21. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов: учебно-методическое пособие. Н. Новгород: Мининский университет, 2016. 146 с.
22. Kozlov A.V. Environmental assessment of soil cover and water objects: study guide. N. Novgorod: Mininskij universitet, 2016. 146 p. (in Russian).

УДК 911.3(571.13)

**ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОМЫШЛЕННО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ****Лазарева Ж.В., Демешко В.Н.***Омский государственный педагогический университет, Омск, e-mail: zhanna_lazareva@inbox.ru, demits517@mail.ru*

В статье рассматривается место и роль промышленно-транспортного комплекса Омской области в системе Сибирского федерального округа и в формировании валового регионального продукта региона. Предметом исследования стали транспортная инфраструктура и социально-экономическая ситуация районов Омской области. В статье дана общая характеристика тенденций развития региона за последние полвека. Дано описание условий и факторов, приведших к изменению территориальной структуры и размещения производительных сил Омской области. Представлена современная модель территориальной структуры хозяйства региона. В исследовании использованы материалы специализированных статистических данных территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Омской области, а также различные показатели, характеризующие отраслевую структуру и транспортную инфраструктуру районов, что позволило определить тенденции и перспективы развития промышленно-транспортного комплекса Омской области. Результаты свидетельствуют, что ориентация современного развития районов на удовлетворение рыночного спроса вызывает объективную необходимость опоры на внутренние ресурсы, что ставит районы Омской области в неравные условия, усиливая асимметрию в развитии не только северных и южных территорий, но и в пределах одной природно-хозяйственной зоны. Определены негативные факторы, которые способствовали отрицательной динамике развития севера Омской области, возможные негативные последствия асимметрии и диспропорции в размещении производительных сил области. Дано подробное описание возможных путей совершенствования системы транспорта Омской области, что может стать важным толчком для развития региона. Исследование территориальной организации промышленно-транспортного комплекса региона позволило определить перспективы устойчивого развития территории, приоритетные задачи развития с учетом емкости, природного, экономического, социального и человеческого капитала муниципальных районов Омской области.

Ключевые слова: размещение производительных сил, специализация, транспортная инфраструктура, территориальная асимметрия

**TERRITORIAL ORGANIZATION OF THE INDUSTRIAL TRANSPORT
COMPLEX OF THE OMSK REGION****Lazareva Zh.V., Demeshko V.N.***Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: zhanna_lazareva@inbox.ru, demits517@mail.ru*

The article considers the place and role of the industrial transport complex of the Omsk region in the system of the Siberian Federal District and in the formation of the gross regional product of the region. The subject of the study was the transport infrastructure and the socio-economic situation in the regions of the Omsk region. The article gives a general description of the development trends of the region over the past half century. A description of the conditions and factors that led to a change in the territorial structure and distribution of the productive forces of the Omsk region is given. A modern model of the territorial structure of the region's economy is presented. The study used materials from specialized statistical data of the territorial body of the Federal State Statistics Service for the Omsk Region, as well as various indicators characterizing the sectoral structure and transport infrastructure of the regions, which allowed us to identify trends and prospects for the development of the industrial transport complex of the Omsk region. The results indicate that the orientation of the modern development of the regions to the satisfaction of market demand causes the objective need for reliance on domestic resources, which puts the regions of the Omsk region in unequal conditions, increasing the asymmetry in the development of not only the northern and southern territories, but also within the limits of one natural economic zone. The negative factors that contributed to the negative dynamics of the development of the north of the Omsk region, the possible negative consequences of asymmetry and imbalance in the distribution of productive forces of the region are determined. A detailed description of possible ways to improve the transport system of the Omsk region is given, which can be an important impetus for the development of the region. The study of the territorial organization of the industrial and transport complex of the region made it possible to determine the prospects for sustainable development of the territory, development priorities taking into account the capacity, natural, economic, social and human capital of the municipal regions of the Omsk region.

Keywords: distribution of productive forces, specialization, transport infrastructure, territorial asymmetry

Необходимость организации территориальной системы промышленно-транспортного комплекса Омской области очевидна. Сложившаяся система в период перехода к рыночной экономике показала недостатки системы планового хозяйства

и негативно сказалась на дальнейшем развитии региона.

Общие тенденции развития Омской области можно охарактеризовать следующим образом. За последние 10 лет изменился удельный вес основных отраслей про-

мышленности производства. Если в конце 1980-х гг. лидирующие позиции занимали: машиностроение 33,3%; топливная – 16,9%, химическая и нефтехимия 13,1%, то в конце 1990-х гг. функциональные особенности промышленности существенно изменились. Лидирует пищевая отрасль – 29,0% (по сравнению с 1985 г. 12,1%); вырос удельный вес электроэнергетики и топливной промышленности – он составляет 28,7% (с 21,1% в 1985 г.); несколько увеличили долю химическая и нефтехимическая отрасли Омской области – 16,9%; в 3 раза уменьшилось производство в машиностроении – до 14,5% [1, 2].

Наряду с изменениями в структуре отраслей промышленности на территории Омской области ощутима проблема нерационального размещения производительных сил и промышленного производства в сельских муниципальных районах. Асимметрия развития между промышленным севером с богатой ресурсной базой (лес, полезные ископаемые) и сельскохозяйственным югом наметилась ещё в 1930-е гг., но достигла максимума с начала 1970-х гг. И до сих пор уровень развития промышленных центров области различен, и сейчас они находятся на стадии формирования отраслевой структуры, укрепления производственных связей с городом. Особую роль в формировании промышленных центров области играют северные районы, остающиеся перспективными в ресурсном плане, но не оформившиеся в производственно-территориальные, технические группировки с ярко выраженной специализацией. Южные промышленные центры оказались более устойчивыми к сложной экономической ситуации в стране, и в настоящее время их промышленное развитие можно охарактеризовать как стабильное. Так Калачинский, Называевский, Одесский и Любинский районы определили свою отраслевую структуру, специализацию в производстве, торгово-экономические связи с промышленным узлом – городом Омском и другими промышленными центрами Сибири и Урала. В последнее время формирование системы размещения производительных сил области характеризуется концентрацией промышленного производства в пределах областного центра, где производится около 90% промышленной продукции. Такая расстановка сил приводит к обострению социально-экономического положения в Омской области. Возникает масса проблем, связанных с обеспеченностью жильём населения города, развитием

производства и инфраструктуры; безработица и многое другое.

Таким образом, можно обозначить цель исследования: выявление факторов асимметрии в территориальной организации промышленно-транспортного комплекса Омской области.

Материалы и методы исследования

В методологическом плане следует ответить на важнейшие вопросы: насколько велика социально-экономическая дифференциация, способствуют ли социально-экономические условия повышению жизненного уровня населения или, наоборот, создают аномалии в региональном развитии субъекта? Анализ требует обширной статистики как государственной (открытой), так и ведомственной, и её сопоставление во временной динамике за последние 10–15 лет. С учетом цели исследования и согласно авторской методике, идентификация типичных проблем территориальных единиц проводилась с частичным тотальным ранжированием субъектов по количественным показателям. Частные показатели определялись путем расчета размера степени приемлемых состояний и степени межрайонных различий (отклонения от средних значений индикатора).

Необходимость ориентации на внутренние ресурсы обусловила выбор авторами метода анализа основных элементов современной социально-экономической системы районов Омской области с помощью набора специальных индикаторов.

Исходными материалами для исследования районов Омской области были специализированные издания статистической информации и широкая база данных в виде статистических показателей на сайте Федеральной службы государственной статистики по Омской области [1, 2]. Расчеты проводились с помощью определения интегральных и средних показателей промышленности и транспортной инфраструктуры по районам с 2000 по 2017 г.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время вовлечённость северных районов, несмотря на наличие ценных природных ресурсов, в отраслевую структуру Омской области незначительна. Исключением является лишь Тарский муниципальный район, на территории которого ведётся добыча нефти, леса, а также проводились работы по подготовке

к эксплуатации уникальной титан-циркониевой россыпи.

В остальных районах севера области наряду с падением промышленного и сельскохозяйственного производства, где по данным статистики доля убыточных предприятий составила от 59,9% (Муромцевский район) до 100% (Знаменский, Большеуковский, Усть-Ишимский и др. районы) от общего количества обследованных организаций, многие предприятия обанкротились [1, 2]. По данным финансового управления Правительства Омской области дотации из бюджета области районам севера на социально-экономическое развитие составляют более 2/3 дохода в бюджет района, и многие северные районы становятся непосильным бременем для области. Так, например, в бюджете на 2015 г. в северных районах запланировано собственных доходов в 2 раза меньше, чем безвозмездные перечисления бюджетов разных уровней (трансферт).

За последние два года обострилась демографическая ситуация в северных районах области. Наблюдалась естественная убыль населения: число умерших превышало число родившихся на 50–32%. В большинстве районов сложилось отрицательное сальдо миграции: в среднем по районам выбывало на 70 человек больше, чем прибывало. Имеет место социальная напряжённость, проблемы криминального характера, в том числе связанные с незаконной эксплуатацией лесных ресурсов. Непростая социально-экономическая ситуация и в южных районах Омской области, но они по-прежнему самодостаточны за счёт благоприятных агроклиматических условий, плановому развитию сельского хозяйства и строительству крупных перерабатывающих предприятий.

Можно назвать следующие негативные факторы, влияющие на эффективное развитие северных районов Омской области. Во-первых, диспропорции в основной отрасли – лесной, где заготовка леса осуществляется на малочисленных предприятиях северных районов области, а перерабатывается первичное сырьё в пригородной зоне и 90% в городе. Отсутствие комплексной переработки леса привело к серьёзным экологическим последствиям, отходы производства, которые составляют до 50% от переработки первичного сырья, не утилизируются, хотя могут быть использованы как вторичное сырьё для производства различной промышленной продукции и агрохимического сырья. Слабо развита транс-

портная инфраструктура и строительные отрасли севера области, которые имеют большое значение для эффективного освоения перспективной сырьевой базы и организации промышленного производства.

Устранить диспропорции в развитии лесной промышленности возможно лишь с помощью научных исследований, которые бы могли обосновать проведение районной планировки размещения предприятий лесной и других перспективных отраслей северных районов области, с учётом необходимых технико-экономических показателей промышленного производства, географических, социальных и других факторов, а также первичных маркетинговых исследований. На основе полученных материалов можно будет предположить возможные изменения региональной системы расселения. Перспективный план развития отраслей производства и транспортной инфраструктуры позволит решить проблему безработицы в северных районах и, более того сделать их привлекательными для многих приезжающих из бывших республик Средней Азии.

Много в последнее время говорилось о природно-ресурсном потенциале севера Омской области и возможностях использования нефти, газа, циркон-ильменитовых россыпей, торфа, леса, водных ресурсов. Но, как оказалось, в действительности область обладает сравнительно небольшими запасами полезных ископаемых и имеет длительную перспективу освоения, связанную с техническими сложностями разработки месторождений. Только некоторые виды сырья (такие как лес, строительные пески, сапрпель, торф) способны удовлетворить местные нужды области и обеспечить межрайонный обмен.

Перспективным проектом для Омской области и её северных районов в частности может оказаться проект развития коммуникаций в восточных регионах России: транспортных сетей и линий электропередач. Многие транспортные системы Сибири – Транссибирская магистраль, единая энергосистема, после распада Советского Союза были разорваны, часть их оказалась на территории сопредельных государств. Необходимость развития производственной инфраструктуры в Западной Сибири остаётся актуальной и в настоящее время. Достигнутая в последнее время мощность потока транспорта, энергии столь велика, что дальнейшее его наращивание крайне сложно технически, а по данным экспертов,

и экономически малоэффективно. Поэтому наряду с совершенствованием системы транспорта Омского региона, особенно северных районов, обязательно возникнет необходимость размещать энергоёмкие производства. Омская область имеет для этого все основания: строительные площадки, природные и энергетические ресурсы, перерабатывающие отрасли.

Очевидно, что организация производств перерабатывающей промышленности, решение экологической проблемы города и других проблем, перечисленных выше, невозможно без такого важного фактора развития, как транспортная инфраструктура. Помимо увеличения количественных показателей для транспортной сети севера Омской области необходимо обратить внимание на интегральную транспортную доступность – показатель, который измеряется в средневзвешенных затратах времени, необходимых для перемещения из одной до любой другой точки региона. Его расчёт следует вести как от областного центра – г. Омска, так и от районных центров муниципальных образований. Определяется данный показатель не только качеством дорожной сети, но и видами транспорта, скоростным режимом, разрешённым для движения [3, 4]. Если для центральных районов Омской области этот показатель составляет от 3,0 до 4,9, то для большинства северных районов – от 5 до 7 и более [5]. Это напрямую отражается на расходе топлива, удорожании стоимости доставки грузов и пассажиров, а косвенно – на целом ряде социально-экономических показателей, определяющих как их инвестиционную, так и проектную привлекательность. Из транспортных проектов, существующих в настоящее время, следует отметить планируемую федеральную автомобильную дорогу Тобольск – Томск, часть которой должна пройти по территории Омской области, и улучшив транспортно-географическое положение Седельниковского, Тарского, Знаменского, Тевризского и Усть-Ишимского муниципальных районов, и качественно «приблизив» их как к областному центру, так и к другим крупным городам Сибири. Однако развитие транспортного комплекса не может быть сведено к единственному виду транспорта, так как подразумевает разнообразие, альтернативные варианты транспортного обеспечения и развитие конкуренции. Проект советской эпохи по созданию железной дороги Омск – Тара не актуален в настоящее время, поэтому приоритет

в развитии транспортного комплекса, по нашему мнению, следует отдать возрождению линий малой авиации, позволяющих сократить интегральную транспортную доступность для пассажиров во всех удалённых муниципальных районах до показателя 1,0, используя при этом сохранившиеся в некоторых районных центрах и крупных сёлах местные аэродромы. Водный транспортный путь по р. Иртыш также следует развивать и поддерживать, но только для перевозки массовых грузов. Для транспортировки товаров народного потребления и пассажиров он не может быть конкурентоспособен по сравнению с автомобильным транспортом. Комплексной перспективой реализации этих идей должна стать организация на севере Омской области транспортных хабов, то есть узлов, в которых не просто пересекаются различные виды транспорта, но и увязываются по времени возможности пересадка пассажиров и перевалка грузов, минимизируя возможные потери. Главным из них должен стать г. Тара, занимающий наиболее выгодное географическое положение и являющийся наиболее крупным центром Омского севера. По принципу хаба следует организовывать и транспортный комплекс г. Омска, – самый развитый в настоящее время в регионе.

Геополитическое значение Омской области в дальнейшем будет возрастать с учётом её стратегического положения на границе с республикой Казахстан. Омская область имеет большой опыт сотрудничества во многих сферах деятельности, и в недалёком прошлом была объединена с северными районами Казахстана в единую производственно-технологическую цепь. Опыт экономического сотрудничества, деловые связи, особенности национальной политики Омской области будут полезны России и в ближайшем будущем.

Экологическая обстановка в г. Омске, по оценкам экспертов, остаётся сложной. Постоянно фиксируются высокие концентрации опасных для окружающей среды выбросов вредных химических веществ. В начале 1990-х гг. новосибирскими учёными была разработана программа выноса экологически опасных производств за пределы города. Но с учётом кризисных явлений того времени проект не был воплощён на практике. На современном этапе он вполне может быть реабилитирован, в какой-то части переработан с ориентацией на перенос некоторых предприятий города в северные районы.

Необходимо усиление строительной базы, не менее важного созидателя промышленного производства и жилищно-коммунального хозяйства. Все необходимые предпосылки для развития строительной отрасли в северных районах Омской области есть. Отрасль может удовлетворить не только собственные потребности районов, но и стать поставщиком сырья, готовых строительных материалов городу.

Базовым направлением развития северных районов должно стать укрепление энергетической базы, позволяющее в обозримом будущем обеспечивать более рациональное использование природно-ресурсного потенциала (например, возникновение таких отраслей, как цветная металлургия или точное машиностроение). Для этого следует вернуться к проектам создания тепловой электростанции и горно-обогатительной фабрики в Таре, а также к развитию электросетей и необходимой для этого инфраструктуры. Возможно, немалую роль в этом может сыграть и тенденция перехода на альтернативные источники энергии, которая может найти поддержку среди крестьянско-фермерских хозяйств и небольших предприятий местной промышленности [5].

Новое направление в развитии местной промышленности, не существовавшее ранее, может быть связано с начавшейся в России мусорной реформой. Технологические возможности использования отходов производства и потребления в качестве ресурса для энергетики, строительства и сельского хозяйства могут в будущем играть заметную роль для районов Омской области, обеспечивая комплексный эколого-экономический эффект.

Из непродуманной сферы приорит следует отдать коммуникациям и туризму. Наряду с транспортом, коммуникации сейчас выступают базовой составляющей развития любого вида экономической деятельности, поэтому необходимо обеспечивать поддержку для реализации любых инициатив. В туризме ведущую роль играет степень транспортной доступности и подготовленности туристско-рекреационного потенциала для демонстрации, наличие и конкурентоспособность объектов туристской инфраструктуры. Все эти элементы туристской индустрии – результат комплексного и успешного социально-экономического и культурного развития региона в условиях значительной межрегиональной и международной конкуренции. Но уже

в настоящее время Омская область может входить в число регионов, привлекательных для туроператоров, благодаря расположению на важных туристских маршрутах. К ним относится Транссибирская железная дорога, бывший Московско-Сибирский тракт, «Великий Чайный путь», федеральная автомобильная дорога «Байкал», круизные маршруты по Иртышу.

Приоритетной задачей нам видится совершенствование существующих программ развития северных районов области. Это должно происходить с учётом изменений и дополнений, которые касаются теоретических и методических аспектов совершенствования территориально-отраслевой структуры области. Следует особенно тщательно провести анализ современного социально-экономического положения северных районов и дать оценку основных проблем развития промышленно-транспортного комплекса в новых экономических условиях. Подчеркнуть наличие предпосылок для развития лесной, строительной и других отраслей промышленности, транспортной инфраструктуры. Обосновать необходимость проведения эколого-экономического зонирования территории Омской области, так как основные отрасли специализации оказывают существенную нагрузку на экосистему. На наш взгляд следует показать альтернативные пути совершенствования территориальной структуры локальных промышленно-транспортных комплексов севера Омской области, с учётом изменений регионального размещения производительных сил Западной Сибири. Перечисленные этапы работы должны подвести нас не только к анализу существующих проблем региона, но и обоснованию учёта географических, экономических, социальных, экологических факторов. Исходя из собранного материала и научных разработок, мы предполагаем, разработать и представить возможные пути решения проблем или перспективную модель промышленно-транспортного комплекса севера Омской области.

Заключение

В результате перехода к рыночным условиям диспропорции северных и южных районов Омской области стали отчетливо проявляться в территориальной асимметрии социально-экономической структуры региона. На современном этапе инерционность развития, внутренние изменения и внешнее воздействие, неэффективное управление,

нарушение целостности социально-экономической системы привели к трудно преодолимым межрайонным различиям.

Переход от «экономики ресурсов» к «экономике интеллекта» возможен только при развитии современного и конкурентоспособного научно-технического комплекса, и центрами его в регионе должны стать не только Омск, но и другие города, например малые города: Тара, Исилькуль, Калачинск, – или посёлки городского типа – Большеречье, Муромцево, Кормиловка. Их потенциал заключается в трудовых ресурсах, образовательной и социально-культурной среде, предпринимательской активности, возможностях разнообразия видов экономической деятельности. В последние годы интересные предпринимательские инициативы затронули и многие сёла Омской области: Окунево Муромцевского района, Генераловку Одесского района, Екатериновку Тарского района, Политотдел Любинского района. Однако все эти инициативы не связаны с научно-техническим развитием, а обусловлены, преимущественно, историческими предпосылками и природными ресурсами. Именно эти факторы до сих пор, начиная ещё с XX в., и являются основой территориальной дифференциации промышленности, сельского хозяйства, транспорта, непродовольственной сферы и других «локомотивов» экономики Омского региона. На наш взгляд, в обозримом будущем следует отдать приоритет космической индустрии, представленной в Омской области производственным объединением «Полёт» – филиалом государственного космического научно-производственного центра имени М.В. Хруничева, таким образом, превратив регион в своего рода «космическую столицу» Западной Сибири. Но это может быть обусловлено только целенаправленной кадровой политикой, созданием инновационного космического кластера (отсутствующего в настоящее время в планах регионального развития), переоснащением производств, активным развитием нанотехнологий, вовлечением в производственную деятельность муниципальных районов Омской области, привле-

чения иностранных специалистов, а также развитием международного и экономического, социального, образовательного и технического сотрудничества, участия во всех проектах России, направленных на развитие космических программ.

Подводя итоги, следует сконцентрироваться на возможных результатах изменений территориальной дифференциации промышленно-транспортного комплекса – повышению роли Омской области в экономике России и созданию новых рабочих мест. Это поможет закрепить трудовые ресурсы региона, открыть новые грани кластеризации производств, увеличить стоимость товаров и услуг, задать вектор новых направлений международного сотрудничества со странами Центральной, Восточной и Юго-Восточной Азии.

Список литературы / References

1. Омский областной статистический ежегодник. Омск: Омкстат, 2005. Ч. II. 369 с.
2. Омский областной статистический ежегодник. Омск: Омкстат, 2017. Ч. II 390 с.
3. Ковалева Е.Н. Интегральная транспортная доступность как показатель качества транспортного обслуживания // Журнал университета водных коммуникаций. 2011. № 3. С. 171–175.
4. Сафронов Э.А., Семенова Е.С., Потапова С.В. Определение социальных стандартов качества транспортного обслуживания населения г. Омска // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики: сборник научных трудов. Омск, 2017. С. 408–416.
5. Лазарева Ж.В. Процессы концентрации транспортной инфраструктуры Омской области в системе «центр – периферия» на локальном уровне: проблемы и условия преодоления // Полимасштабные системы «центр – периферия» в контексте глобализации и регионализации: теория и практика общественно-географических исследований. Материалы международной научной конференции. 2015. С. 264–272.

УДК 550.72:579.266(571.642)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ БАКТЕРИЙ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП В МИКРОБНЫХ МАТАХ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОСТРОВА САХАЛИН (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ)

¹Лебедева Е.Г., ²Харитоновна Н.А., ¹Челноков Г.А., ¹Брагин И.В.¹ФГБУ «Дальневосточный геологический институт ДВО РАН», Владивосток,
e-mail: microbiol@mail.ru;²ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва

Исследован физико-химический состав, а также распространение, состав, структура и численность различных эколого-трофических групп бактерий в микробных матах минеральных источников о. Сахалин. Показано, что доминирующим катионом в минеральных водах является натрий, из анионов преобладают гидрокарбонат и хлор-ионы. В микроэлементном составе изученных вод преобладают кремний, йод, бор, железо и стронций. В микробных матах холодных и термальных источников установлена достаточно высокая численность бактерий различных физиологических групп и их низкое биоразнообразие. В матах холодных слабосероводородных азотно-метановых вод отмечено бурное развитие бактерий цикла серы и углерода. В цикле серы преобладали бесцветные серобактерии рода *Thiotrix sp.* и сульфатредуцирующие микроорганизмы, в цикле углерода наибольшей численности достигали сапрофитные бактерии. В матах термального источника Александровский отмечено развитие многих эколого-трофических групп бактерий, при этом значительно преобладали микроорганизмы цикла углерода и азота. В цикле углерода выявлено доминирование сапрофитных, гидротермальных и метаногенных бактерий. Присутствие метаногенов в пробах мата свидетельствует о происходящих в источниках процессах биогенного образования метана. В цикле азота преобладали аммонифицирующие, денитрифицирующие бактерии и гетеротрофные нитрификаторы, что указывает на происходящие в матах процессы разложения азотсодержащих органических веществ. В цикле железа и марганца в микробных матах термального источника отмечена наибольшая численность марганцевосстанавливающих и железокисляющих гетеротрофных бактерий. Выделенные гетеротрофные бактерии формировали светло-серые, бежевые и молочного цвета плоские колонии и были представлены в большинстве спорообразующими, грамположительными, подвижными палочками различной длины. Выделенные изоляты были в основном представлены бактериями рода *Bacillus sp.*

Ключевые слова: бактерии, микробный мат, численность, минеральные источники, Сахалин, эколого-трофические группы, химический состав

CHEMICAL COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF BACTERIA OF VARIOUS ECOLOGICAL-TROPHIC GROUPS IN MICROBIAL MATS OF MINERAL SPRINGS OF SAKHALIN ISLAND (FAR EAST OF RUSSIA)

¹Lebedeva E.G., ²Kharitonova N.A., ¹Chelnokov G.A., ¹Bragin I.V.¹Far East geological Institute, FEB RAS, Vladivostok, e-mail: microbiol@mail.ru;²Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow

The physico-chemical composition, distribution, composition, structure and abundance of various ecological-trophic groups of bacteria in the microbial mats of the mineral springs of Sakhalin Island were studied. It was shown that sodium is the dominant cation in mineral waters, and bicarbonate and chlorine ions predominate from the anions. Silicon, iodine, boron, iron and strontium prevail in the trace element composition of the studied waters. In the microbial mats of cold and thermal springs, a sufficiently high number of bacteria of various physiological groups and their low biodiversity are established. In the mats of cold weakly hydrogen-sulphide nitrogen-methane waters, rapid development of bacteria of the sulfur and carbon cycle was noted. In the sulfur cycle, colorless serobacteria of the genus *Thiotrix sp.* and sulfate-reducing microorganisms. In the carbon cycle, saprophytic bacteria reached the highest numbers. In the mats of the thermal spring Aleksandrovsky, the development of many ecological and trophic groups of bacteria was noted. In this case, the microorganisms of the carbon and nitrogen cycles predominated significantly. In the carbon cycle, the dominance of saprophytic, hydrolytic and methanogenic bacteria was revealed. The presence of methanogens in samples of mat indicates the processes of biogenic formation of methane in the sources. Ammonifying, denitrifying bacteria and heterotrophic nitrifying agents prevailed in the nitrogen cycle, which indicates the decomposition of nitrogen-containing organic substances in mats. In the cycle of iron and manganese in the microbial mats of the thermal source, the largest number of manganese-reducing and iron-oxidizing heterotrophic bacteria was noted. The isolated heterotrophic bacteria formed light gray, beige and milky-colored flat colonies and were mostly represented by spore-forming, gram-positive, motile rods of various lengths. Isolated bacteria were mainly represented by microorganisms of the genus *Bacillus sp.*

Keywords: bacteria, microbial mat, number, mineral springs, Sakhalin, ecological and trophic groups, chemical composition

Сахалин является самым крупным островом России. Минеральные подземные воды широко распространены на всей территории острова Сахалин и представлены как глубинными водами, вскрытыми скважинами, так и естественными холодными

и термальными минеральными источниками. Наиболее крупные месторождения и проявления расположены в пределах Северо-Сахалинского гидрогеологического бассейна напорных вод (Дагинское месторождение гидротерм, Лунские и Паромайские термальные источники). Химический состав подземных вод Сахалина изучен сравнительно слабо, наибольший вклад в его исследования в разные годы внесли В.В. Иванов, Н.Д. Цитенко, М.А. Штейн, И.Г. Завадский, Т.С. Розорителева и др. [1–3]. Известно, что минеральные источники являются естественной средой обитания различных микроорганизмов. Бактерии в воде и в биоматах, образующихся в местах выхода минеральных вод, играют важную роль в функционировании экосистем, осуществляя процессы продукции и деструкции органического вещества, участвуя в геохимических циклах элементов [4–5]. Однако распространение бактерий различных эколого-трофических групп в микробных матах минеральных источников о. Сахалин ранее не было изучено.

Цель исследования: исследовать физико-химический состав вод, а также изучить распространение, состав, структуру и численность различных физиологических групп бактерий в микробных матах минеральных источников острова Сахалин.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись холодные минеральные воды Антоновские и Невельские (температура 8,0–10,0 °С), расположенные в западной части о. Сахалин, и термальные минеральные воды Дагинского месторождения (источник Александровский, 45,2 °С), расположенные в северо-восточной части острова, недалеко от п. Горячие ключи. Во всех изученных минеральных водах на выходе отмечено формирование микробных матов. В Антоновских источниках отобрано два типа микробных матов (А1В, А14). Пробы минеральных вод и микробных матов отбирали, соблюдая условия стерильности, в стеклянные бутылки и пластиковые емкости объемом 200 мл в трех повторностях. Отбор проб осуществляли в июне 2015 г. Часть проб фиксировали на месте с добавлением 40% формалина. Остальную часть хранили не более 12 ч в холодильнике, затем анализировали в лаборатории. Нестабильные показатели химического состава (рН, температура) измерялись непосредственно на месте. Водные пробы для анализа анионов и катионов фильтровали

через мембранные фильтры (нитрат целлюлозы, 0,45 μm , Sartorius) на месте отбора для удаления взвеси и затем были подкислены азотной кислотой. Химический анализ проб выполнен на базе аналитического центра ДВГИ ДВО РАН.

Для выявления и культивирования бактерий использовали традиционные методы практической микробиологии [6]. Численность различных эколого-трофических групп бактерий определяли методом предельных разведений и методом Коха. Количество различных физиологических групп бактерий определяли на специально подобранных селективных средах [7]. Микроорганизмы выращивали в термостате при температуре 25 °С и 45 °С. Анаэробные формы бактерий культивировали в анаэро-стате с использованием газогенерирующих пакетов BD GasPak EZ. Морфологию, размеры, подвижность выделенных чистых культур исследовали с использованием светового микроскопа AxioStar plus (Carl Zeiss, Германия). Тип клеточной стенки бактерий определяли по Граму [8]. Идентификацию микроорганизмов до рода проводили согласно определителю Берджи [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования химического состава минеральных вод показали, что Антоновские и Невельские источники характеризовались низкой температурой (8–10 °С), различным рН, преобладанием в составе катионов натрия, в составе анионов – гидрокарбонат-, хлор- и сульфат-ионов. В микроэлементном составе вод преобладали кремний, бор, йод и стронций (табл. 1). Воды Александровского источника отличались более высокой температурой (45,2 °С), нейтральным рН, высокой минерализацией (1,67 г/л). В составе катионов преобладал натрий, в составе анионов – хлор и гидрокарбонат-ионы. Воды были значительно обогащены кремнием, йодом, бором и железом (табл. 1). В газовом составе источников преобладал метан (69%), азот (29%) и сероводород (1,1%).

Результаты микробиологических исследований показали, что в обследованных микробных матах отмечена довольно высокая численность функциональных групп бактерий, которая варьировала от 0 до $4,8 \times 10^8$ кл/см³. В микробных матах Антоновского и Невельского источников значительно преобладали бактерии цикла серы и углерода (табл. 2).

Таблица 1

Физико-химический состав минеральных вод о. Сахалин

Точки отбора	t, °C	pH	Na	Ca	Mg	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	F
			г/л							
1	10	9,1	0,067	0,005	0,0005	0,0003	0,032	0,016	0,11	0,0002
2	8	6,5	0,091	0,0115	0,0023	0,0009	0,065	0,034	0,116	0,0001
3	45,2	6,53	0,587	0,0198	0,0013	0,0045	0,709	0,001	0,405	0,0006
Точки отбора	TDS г/л	Eh mV	Fe	Mn	Si	Al	Ba	Sr	I	B
			мг/л							
1	0,25	-219	0,1	0,001	8,7	0,007	–	0,001	0,5	0,47
2	0,33	-224	0,1	0,06	10	0,01	0,001	0,16	0,01	0,76
3	1,67	-42	0,25	0,001	19,7	0,015	0,04	0,6	4,1	0,27

Примечание. 1 – Невельский источник; 2 – Антоновский источник; 3 – Александровский источник.

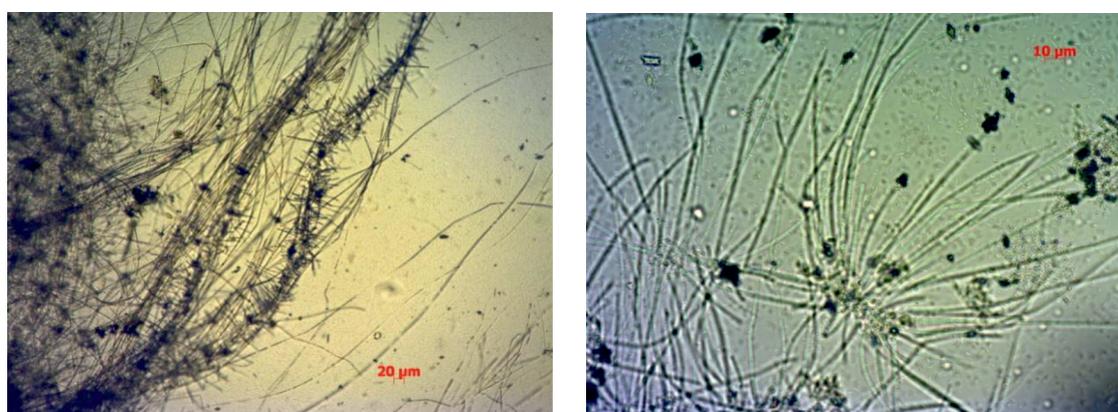


Рис. 1. Морфология нитчатых бесцветных серобактерий рода *Thiotrix sp.*, выделенных из белых матов минеральных источников Антоновский и Невельский

Количество микроорганизмов цикла серы в матах холодных сероводородных источников достигало наибольших значений, при этом во всех пробах значительно преобладали бесцветные серобактерии ($7,4 \times 10^5$ (A14) – $4,8 \times 10^8$ (Невельский) кл/см³). Бесцветные серобактерии в Антоновском и Невельском минеральных источниках формировали белые микробные маты в виде белых косм. Идентификация культур нитчатых серобактерий показала, что во всех пробах они были представлены микроорганизмами рода *Thiotrix sp* (рис. 1).

Наибольшая численность бесцветных серобактерий отмечена в минеральном источнике Невельский, который отличался более низкой минерализацией вод и более щелочными условиями (табл. 1, 2). Клетки бесцветных серобактерий на поверхности формировали белые минеральные отложения. Элементный анализ белых отложений показал, что они состоят из элементной

серы, содержание которой достигает 99%. Биологическая роль бесцветных серобактерий в микробных матах заключается в окислении сероводорода, который поступает с вулканическими флюидами, а также из донных осадков и микробных матов в результате микробной сульфатредукции, до элементной серы, которая накапливается в протоплазме клеток и затем окисляется до сульфатов. Образованные сульфаты восстанавливаются до сероводорода с участием анаэробных сульфатредуцирующих бактерий. Численность сульфатредуцирующих бактерий в пробах микробных матов холодных источников была достаточно высока и изменялась от $6,4 \times 10^5$ (A14) до $5,2 \times 10^6$ (Невельский) кл/см³, что подтверждает частично биогенное происхождение сероводорода. Присутствие сульфатов в составе холодных минеральных вод способствует активной деятельности сульфатредуцирующих бактерий (табл. 1). Подобное преоб-

ладание в структуре бактерий цикла серы было отмечено нами ранее в углекислых минеральных водах Приморья [10]. Кроме бесцветных серобактерий в окислении сероводорода участвуют хемолитоавтотрофные тионовые бактерии, которые окисляют его до элементарной серы, которую откладывают снаружи клетки. Тионовые бактерии были отмечены только в матах Антоновского источника ($1,8-4,7 \times 10^4$ кл/см³), где количество бесцветных серобактерий было ниже (табл. 2).

Таким образом, показан вклад бактерий цикла серы в образование и окисление сероводорода и сульфатов в холодных минеральных источниках о. Сахалина. В цикле углерода в микробных матах холодных минеральных источников Антоновский и Невельский принимали участие различные эколого-трофические группы бактерий (табл. 2). Численность бактерий варьировалась от 0 до $2,7 \times 10^6$ кл/см³, при этом значительно преобладали сапрофитные микроорганизмы, что указывает на происходящие процессы деструкции органического вещества в микробных матах. В пробе мата А14 Антоновского источника, отличающегося присутствием грунтов, отмечены анаэробные метанообразующие бактерии, численность которых была невысока и составляла $5,6 \times 10^2$ кл/см³. Метанообразующие бактерии осуществляют конечный этап анаэробного разрушения органических веществ, и их присутствие в минеральных водах свидетельствует о наличии органических веществ и анаэробной обстановке. Меньше всего в микробных матах холодных минеральных источников были представлены бактерии цикла железа и марганца, что связано с низким содержанием этих элементов в подземных водах (табл. 1, 2).

В микробных матах термальных вод Александровского термального источника (Дагинское месторождение) преобладали бактерии цикла углерода и азота (табл. 2). Количество микроорганизмов цикла углерода в матах терм варьировало от $1,0 \times 10^3$ до $3,7 \times 10^6$ кл/см³, при этом значительно преобладали анаэробные формы сапрофитных бактерий. На начальных этапах деструкции главную роль играют микроорганизмы-гидролитики, разлагающие полимерные соединения. Доминирующими были целлюлозоразлагающие бактерии, их численность достигала $7,2 \times 10^4$ кл/см³, что указывает на протекание процессов разложения целлюлозы в матах. Также в мате терм были отмечены достаточно высокие

количества метанообразующих бактерий, которые составляли $8,4 \times 10^4$ кл/см³. Метаногены являются облигатно анаэробными микроорганизмами и получают энергию для роста от двуокиси углерода, водорода и ацетатов, которые образуются в результате деятельности комплекса сапрофитных, гидролитических, ферментативных, ацетогенных микроорганизмов [11, 12]. Присутствие метаногенов в пробах мата свидетельствует о происходящих в источниках процессах биогенного образования метана. Изотопные данные, полученные ранее в этих водах, подтверждают биогенный характер метана из термальной зоны Даги [2]. В цикле азота доминировали аммонифицирующие, денитрифицирующие бактерии и гетеротрофные нитрификаторы, что указывает на происходящие в матах процессы разложения азотсодержащих органических веществ (табл. 2). В цикле железа и марганца в микробных матах термального источника Александровский отмечена достаточно высокая численность анаэробных марганцевосстанавливающих и железooksисляющих бактерий, количество которых составляло $7,0 \times 10^2$ кл/см³, что совпадало с более высоким содержанием железа в этих водах (табл. 1). Наименее были развиты микроорганизмы геохимического цикла серы.

Из накопительных культур микробных матов минеральных источников о. Сахалин были выделены чистые штаммы термофильных, мезофильных и психрофильных бактерий. Среди выделенных гетеротрофных микроорганизмов преобладали колонии светло-серого, бежевого и молочного оттенка, лишенные пигмента (рис. 2, а–в).

Микроскопирование колоний показало, что бактерии, выделенные из микробных матов минеральных источников Антоновский и Невельский, были в основном представлены грамположительными достаточно крупными спорообразующими палочками (1,57–1,95 мкм длина; 0,86–0,98 мкм ширина), а также грамотрицательными короткими палочками разной длины (0,25–0,61 мкм длина; 0,31–0,39 мкм ширина). Микроорганизмы, выделенные из матов термальных вод Александровский, были в основном представлены грамположительными, спорообразующими, преимущественно подвижными палочками размерами 1,65–2,41 мкм длина; 0,91–0,99 мкм ширина и крупными нитевидными спорными палочками 3,67–7,66 мкм в длину. По типу питания большинство штаммов относятся к хемоорганотрофам.

Таблица 2

Численность различных физиологических групп бактерий в микробных матах минеральных источников о. Сахалин

Функциональные группы бактерий: (кл/см ³)	Антоновский источник		Невельский	Александровский
	A1B	A14		
Цикл углерода:				
Сапрофитные бактерии, аэробы	1,6×10 ⁴	3,2×10 ⁵	1,5×10 ⁵	1,7×10 ⁵
Сапрофитные бактерии, анаэробы	2,0×10 ⁵	2,7×10 ⁶	2,0×10 ⁶	3,7×10 ⁶
Протеолитические бактерии	3,5×10 ²	8,1×10 ²	6,0×10 ²	1,0×10 ³
Целлюлозоразлагающие бактерии	0	1,9×10 ²	0	7,2×10 ⁴
Метанообразующие бактерии	0	5,6×10 ²	0	8,4×10 ⁴
Цикл азота:				
Азотфиксирующие	0,7×10 ²	1,2×10 ³	0	0
Аммонификаторы	3,1×10 ²	0	0	1,2×10 ³
Автотрофные нитрификаторы	0	0	0	0
Гетеротрофные нитрификаторы	0	5,2×10 ⁴	0	6,0×10 ⁴
Денитрифицирующие	0	0	0	3,2×10 ⁴
Цикл серы:				
Тионовые	4,7×10 ⁴	1,8×10 ⁴	0	0
Сульфатредуцирующие	6,4×10 ⁵	1,2×10 ⁶	5,2×10 ⁶	1,6×10 ²
Бесцветные серобактерии	9,5×10 ⁶	7,4×10 ⁵	4,8×10 ⁸	0
Цикл железа, марганца:				
Железоокисляющие гетеротрофы	0	0	0	7,0×10 ²
Железовосстанавливающие	0	0	0	0
Марганцеокисляющие гетеротрофы	0	0	0	0
Марганцевосстанавливающие	0	3,8×10 ³	0	2,5×10 ⁴
Цикл кремния:				
Силикатные бактерии	0	4,5×10 ⁴	9,5×10 ⁴	1,2×10 ⁴

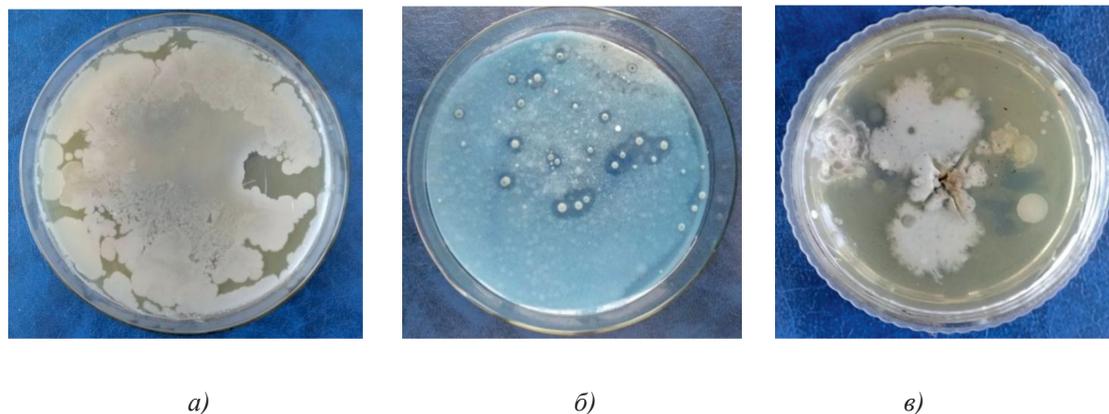


Рис. 2. Типы колоний гетеротрофных бактерий, выделенных из микробных матов минеральных источников о. Сахалин

Каталазная и оксидазная активность была отмечена у большинства штаммов. В микробных матах в целом отмечено небольшое разнообразие культивируемых форм бактерий, при этом во всех исследуемых минеральных источниках доминировали бактерии рода *Bacillus sp.* Бактерии рода

Bacillus sp. повсеместно распространены, выделяются из различных термальных источников и были изолированы нами ранее в техногенных водах и грунтах хвостохранилищ, а также в подземных высокоминерализованных водах Приморского края [13, 14].

Заключение

Проведенные исследования показали, что в минеральных водах о. Сахалин среди катионов преобладали натрий, среди анионов – гидрокарбонат и хлор-ионы, в микроэлементном составе источников преобладали кремний, йод, бор, железо и стронций. В микробных матах, формирующихся на выходах минеральных источников о. Сахалин, отмечена достаточно высокая численность различных функциональных групп бактерий, которые играют важную роль в геохимических циклах углерода, азота, серы, железа и марганца. В структуре микробных сообществ холодных вод доминировали микроорганизмы цикла серы и углерода, что указывает на происходящие процессы окисления органических веществ и восстановленных соединений серы с участием микроорганизмов. В матах термальных источников преобладали сапрофитные, метанобразующие бактерии и микроорганизмы цикла азота. Выделены чистые культуры бактерий, которые были представлены в основном грамположительными, спорообразующими подвижными палочками, из которых значительно преобладали бактерии рода *Bacillus* sp.

Список литературы / References

1. Комиссаренко Б.Т. Минеральные источники и лечебные грязи Сахалина и Курил. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 1964. 115 с.
2. Chelnokov G.A., Bragin I.V., Kharitonova N.A. Geochemistry mineral waters and gases of the Sakhalin Island (Far East of Russia). *Journal of Hydrology*. 2018. vol. 559. P. 942–953. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.02.049.
3. Жарков Р.В. Современные физико-химические особенности термоминеральных вод Дагинского месторождения (о. Сахалин) // Мониторинг. Наука и технологии. 2018. № 4. С. 6–11.
4. Zharkov R.V. Modern physical and chemical features thermomineral waters of the Daginsky deposit (i. Sakhalin) // *Monitoring. Science and technology*. 2018. № 4. P. 6–11 (in Russian).
5. Kashkak E.S., Belkova N.L., Danilova E.V., Dagurova O.P., Namsaraev B.B., Gorlenko V.M. Phylogenetic and functional prokaryotic diversity in the Hoito-Gol mesothermal mineral spring (Eastern Sayan Mountains, Buryat Republic). *Microbiology*. 2016. vol. 85. no. 5. P. 592–603. DOI: 10.1134/S0026261716050076.
6. Lavrentyeva E.V., Radnagurueva A.A., Barkhytova D.D., Zaitseva S.V., Namsaraev B.B., Belkova N.L., Namsaraev Z.B., Gorlenko V.M. Bacterial diversity and functional activity of microbial communities in hot springs of the Baikal rift zone. *Microbiology*. 2018. vol. 87. no. 2. P. 272–281. DOI: 10.1134/S0026261718020078.
7. Лысак В.В., Желдакова Р.А., Фомина О.В. Микробиология: практикум. Минск: БГУ, 2015. 115 с.
8. Lysak V.V., Zheldakova R.A., Fomina O.V. *Microbiology: practical*. Minsk: BGU, 2015. 115 p. (in Russian).
9. Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 228 с.
10. Kuznetsov S.I., Dubinina G.A. *Methods for studying aquatic microorganisms*. M.: Nauka, 1989. 228 p. (in Russian).
11. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Егорова Н.С. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
12. Guide to practical classes in microbiology / ed. Egorova N.S. M.: Publishing House of Moscow State University, 1995. 224 p. (in Russian).
13. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Хоулта Д., Крига Н., Сниты П., Стейли Д., Уильямса С. в 2 т. М.: Мир, 1997. Т. 1. 432 с.
14. The determinant of bacteria Bergey / ed. Hoult D., Krig N., Snit P., Stali D., Williams S. in 2 vol. M.: Mir, 1997. V. 1. 432 p. (in Russian).
15. Kalitina E.G., Kharitonova N.A., Kuzmina T.V., Chelnokov G.A. Microorganisms in the deposits of cold carbon mineral waters of the Russian Far East and their habitats. *IOP Conf. series: Earth and environmental science*. 2018. vol. 115. P. 012033. DOI: 10.1088/1755-1315/115/1/012033.
16. Kadnikov V.V., Ravin N.V., Mardanov A.V., Beletskii A.V., Frank Y.A., Ivashenko D.A., Karnachuk O.V., Pimenov N.V. Uncultured bacteria and methanogenic archaea predominate in the microbial community of Western Siberian deep subsurface aquifer. *Microbiology*. 2017. vol. 86. no. 3. P. 412–415. DOI: 10.1134/S0026261717030079.
17. Каллитова А.Ю., Меркель А.Ю., Тарновецкий И.Ю., Пименов Н.В. Образование и окисление метана прокариотами // Микробиология. 2017. Т. 86. № 6. С. 661–663. DOI: 10.7868/S002636561706009X.
18. Kallistova A.Y., Merkel A.Y., Pimenov N.V., Tarnovetskii I.Y. Methane formation and oxidation by prokaryotes. *Microbiology*. 2017. vol. 86. № 6. P. 671–691. DOI: 10.1134/S0026261717060091.
19. Kalitina E.G., Kharitonova N.A., Kuzmina T.V. Chemical and Microbiological Composition of Technogenic Waters in the Tailing Dumps of Krasnorechensk Oredressing Plant (Primorsky Krai, Russia). *IOP Conf. series: Earth and environmental science*. 2019. vol. 272. P. 032057. DOI: 10.1088/1755-1315/272/3/032057.
20. Lebedeva E.G., Chelnokov G.A., Bragin I.V., Kharitonova N.A. Microorganisms of various ecological-trophic groups in the saline ground waters of Primorsky Region (distribution, number, participation in accumulation of microelements). *E3S Web of Conferences*. 2019. vol. 98. P. 02006. DOI: 10.1051/e3sconf/20199802006.

УДК 504.064.2:502.057:57.025:574.24:519.876

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ СРЕДНЕЙ ШИРИНЫ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ ОКОЛО МАКСИМУМА РОСТА В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Мазуркин П.М., Кудряшова А.И.

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

Показано, что достижение максимума средней ширины учетных листьев березы повислой (*Betula pendula*) становится великолепным биоиндикатором качества окружающей дерево среды. Причем оценку качества можно проводить без измерений концентрации загрязнений. По основному патенту 2606189 с изменениями на новое изобретение, сбоку на высоте 1,5–2,0 м со стороны преобладающих ветров по динамике с 27 июля по 23 сентября 2018 г. измерялись средняя ширина 10 учетных листьев у березы, расположенной около автомобильной дороги. Параметры устойчивой модели с двумя составляющими показали, что полупериод колебания в начале вегетационного периода для 10 берез изменяется от 1,32 до 21,35 суток. При этом максимум ширины у каждого дерева березы изменяется, и он достигается в разные даты. Все модели динамики одинаковы по конструкции, но имеют разный характер изменения по параметрам. Время вегетации около максимума роста влияет с коэффициентом корреляции более 0,999, поэтому поведение 10 листьев в ходе их роста и развития имеет высокую квантовую определенность. Для оценки поведения таких групп листьев введен новый критерий – коэффициент динамичности, равный отношению разницы между фактом по измерениям и трендом к фактическим значениям средней ширины учетных листьев березы повислой. Максимумы ширины листьев дали и наибольшие значения коэффициента динамичности. Этот критерий позволяет ранжировать березы по убыванию влияния колебаний от влияния окружающей эти березы среды. Получены закономерности.

Ключевые слова: вегетация, преобладающие ветра, 10 берез, 10 учетных листьев, ширина, динамика, колебательная адаптация, коэффициент динамичности, закономерности

REGULARITIES OF THE DYNAMICS OF THE AVERAGE WIDTH OF THE LEAVES OF SILVER BIRCH NEAR THE MAXIMUM GROWTH IN THE VEGETATION PERIOD

Mazurkin P.M., Kudryashova A.I.

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

It is shown that the achievement of the maximum of the average width of the birch leaves is a great bioindicator of environmental quality. Moreover, the quality assessment can be carried out without measuring the concentration of pollution. According to patent 2606189 for the invention on the side at an altitude of 1.5-2.0 m from the prevailing winds on the dynamics from July 27 to September 23, 2018, the average width of 10 leaves near the road was measured. The parameters of the model with two components showed that the half-period of oscillation at the beginning of the growing season for 10 birches varies from 1.32 to 21.35 days. All models of dynamics are the same in design, but have a different character. The growing season near the maximum growth affects with a correlation coefficient of more than 0.999, so the behavior of 10 leaves has a high quantum certainty. To assess the behavior of groups of leaves, a new criterion was introduced – the coefficient of dynamism equal to the ratio of the difference between the fact and the trend to the fact of the average width of the leaves of the birch. The maximum width of the leaves and gave the highest values of the coefficient of dynamism. This criterion allows to rank the birch in descending order of the influence of vibrations from affecting the surrounding of the birch environment.

Keywords: vegetation, prevailing winds, 10 birch, 10 account of leaves, width, dynamics, oscillatory adaptation, the dynamic factor, patterns

Эволюция климата Земли на геологические сроки в значительной степени обусловлена вариациями суммарной солнечной радиации [1] и изменениями в содержании парниковых газов в атмосфере. Изменения климата влияют на растительность [2].

Расширение наземных растений вместе с океаном позволило обеспечить долговременную обитаемость на планете. Человечество использует ископаемые виды топлива, к середине XXI в. значения CO₂ будет одинаковы с ранним эоценом (50 млн лет назад). Если концентрация CO₂ продолжит расти и в XXIII в., земля будет реагировать как за полтора миллиарда лет [3].

Понимание реакции растений на факторы окружающей среды необходимо для прогнозирования изменений темпов поглощения углерода в лесах при различных условиях окружающей среды. В Финляндии имеется представление о реакции молодых лиственных деревьев на повышение температуры воздуха во взаимодействии с тропосферным озоном. Эти знания повышают шансы на разработку моделей для включения параметров, которые описывают лесную систему в изменяющихся климатических условиях [4]. Можно утверждать, что будущее сдерживания количества CO₂ находится в увеличении площади лесов [5, 6].

Динамику температуры [7] можно описать множеством асимметричных вейвлетов (множеством квантов поведения) вплоть до ошибки измерений. Аналогично хорошо квантуется содержание CO_2 в атмосфере. По вейвлетам универсальной конструкции изменяется динамика углерода в Европе [8].

Рост растений – сложный процесс, в его основе лежат такие фундаментальные явления, как ритмичность, полярность, дифференциация, раздражимость, корреляция. Эти процессы являются общими для онтогенеза живых организмов. Онтогенез – индивидуальное развитие организма от зиготы (или вегетативного зачатка) до природной смерти. Благодаря активной деятельности меристем и фотосинтетической активности листьев зеленое растение приобретает ряд черт, которые характеризуют его рост. В процессе онтогенеза растения рост наблюдается на протяжении основных этапов его жизненного цикла [9–11]. Поэтому в дальнейших исследованиях можно выявлять закономерности влияния метеорологических параметров на динамику вегетативных органов растений.

В экологических технологиях с использованием листьев березы повислой постепенно приходит понимание необходимости моделирования взаимных связей между параметрами структуры листьев растений методом идентификации [12]. Это изобретение относится к инженерной биологии и биоиндикации окружающей среды измерениями качества ростовых органов различных видов растений, преимущественно древесных растений, например проб в виде листьев берез без их срезания с простой и небольшой листовой пластинкой.

Цель статьи: повышение точности индикации качества окружающей среды березы локальной среды по патенту 2606189 на изобретение сбоку на высоте 1,5–2,0 м со стороны преобладающих ветров по динамике с 15 июля по 23 сентября 2018 г. средней ширины 10 учетных листьев около автомобильной дороги с интенсивным движением.

Материалы и методы исследования

В табл. 1 приведены средние ширины для 10 учетных листьев, принятых без срезания и измеренные с 27 июля по 23 сентября 2018 г. Всего получилось 18 строк. Первая точка 01 мая в 2018 г. оказалась началом вегетационного периода, поэтому ставим 0.

Колебания, в частности и тренды, записываются волновой формулой [12] вида

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

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}),$$

$$p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}, \quad (*)$$

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (*), m – количество членов в модели (*), x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \dots a_8$ – параметры модели (*), принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40, A_i – амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

Мы исключаем меру значимости 0,05% [13] и оцениваем адекватность формул по коэффициенту корреляции. Все 10 статистических моделей получились с адекватностью выше 0,999. Поэтому динамика роста и спада листьев имеет высокую квантовую определенность.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 приведены параметры модели (*) с двумя составляющими, первый из которых является трендом в виде биотехнического закона [12]. Цикличность колебания на 01.05.2018 г. в виде полупериода показывает параметр a_{5i} . Полупериод колебания в начале вегетационного периода для 10 берез изменяется от 1,32 (ул. Панфилова) до 21,35 суток (ул. Лебедева).

На рис. 1 и 2 приведены графики двухчленных формул по данным табл. 2. Все они одинаковы по конструкции, но имеют разный характер изменения во времени. Тогда можно утверждать, что динамика параметров листьев березы повислой в период вегетации около максимума приращения является очень высокоадекватной с коэффициентом корреляции более 0,999, то есть среднее поведение 10 учетных листьев имеет квантовую определенность. Но метеопараметры за период вегетации березы повислой имеют сильную квантовую запутанность. Тогда в дальнейшем необходимо понять, как же листья березы за 180 млн лет эволюции получили такую высокую колебательную адаптивность? Такое чувство, будто бы они понимают и ведут своими вегетативными органами осознанно к изменениям в окружающей группу учетных листьев среде.

Таблица 1
Средняя ширина 10 учетных листьев березы повислой для г. Йошкар-Ола

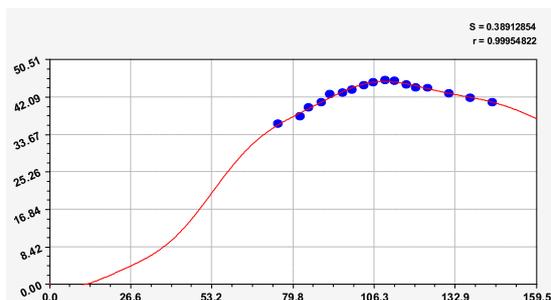
Дата	Время t, сутки	ул. Лебедева	Воскресенский пр-т	ул. Эшкинина	Пр. Ленина	б-р Чавайна	ул. Панфилова	ул. Карла Маркса	ул. Строителей	Богсад	ул. Осипенко
01.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.07	75	36,20	36,27	35,80	34,46	37,75	35,50	38,70	35,94	39,42	43,17
22.07	82	37,83	38,03	37,81	35,92	38,78	36,15	40,95	37,95	39,48	43,30
25.07	85	39,81	39,46	38,93	36,66	39,89	37,63	42,18	39,23	40,09	43,32
29.07	89	40,95	40,26	39,64	37,34	40,52	38,12	42,46	40,16	40,13	43,66
1.08	92	42,71	41,57	39,77	38,16	41,45	38,89	42,72	40,55	40,26	43,74
5.08	96	43,11	43,18	39,38	38,99	42,38	39,21	44,00	41,44	40,39	43,77
8.08	99	43,81	44,18	38,99	40,11	43,14	39,10	44,39	41,69	40,53	44,09
12.08	103	44,77	45,97	38,24	40,00	44,45	39,56	44,05	42,25	40,71	43,93
15.08	106	45,38	47,87	36,71	39,61	44,71	38,61	42,49	41,17	40,70	43,83
19.08	110	45,92	48,66	36,30	39,29	43,75	38,29	42,26	40,86	40,47	43,78
22.08	113	45,81	47,38	36,03	39,16	42,90	38,22	42,11	40,34	40,30	43,50
26.08	117	44,88	46,07	35,96	38,74	42,43	38,17	42,02	40,32	40,19	43,32
29.08	120	44,35	45,09	35,95	38,32	42,16	38,10	41,90	40,20	40,09	43,16
2.09	124	44,08	44,47	35,86	38,21	41,12	38,01	41,71	40,17	40,02	42,93
9.09	131	42,94	44,09	35,83	38,09	40,73	37,91	41,71	40,17	39,98	42,86
16.09	138	42,03	43,28	35,78	37,72	39,67	37,81	41,64	40,17	39,89	42,82
23.09	145	41,02	41,89	35,40	37,47	38,33	37,62	41,50	40,06	39,70	42,54

Примечание. Полукирным шрифтом показаны максимальные значения средней ширины.

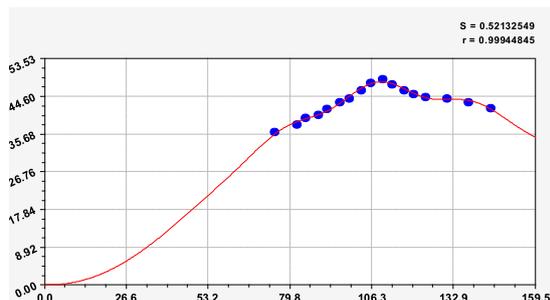
Таблица 2

Модели (*) динамики средней ширины учетных листьев березы повислой

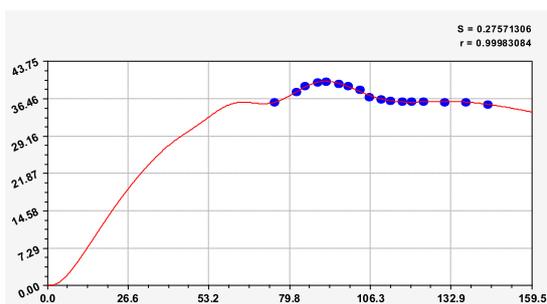
Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$										Коэф. корр. r	
	Амплитуда (половина) колебания					Полупериод колебания						Сдвиг a_{8i}
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}				
	ул. Лебедева											
1	1,21685e-5	9,17015	6,05278	0,32571	0	0	0	0	0	0	0,9995	
2	0,44598	0,48964	0,048008	0,79134	21,25481	0	0	0	0	-2,85512		
	Воскресенский пр-т											
1	0,0040275	2,23873	0,00027388	1,77914	0	0	0	0	0	0	0,9994	
2	-1,06631e-22	13,60735	0,074901	1,09307	18,25100	-4,10921e-5	1,86324			-3,10286		
	ул. Эшкнина											
1	4,37213e7	6,24840	21,67608	0,14738	0	0	0	0	0	0	0,9998	
2	-0,27508e-17	11,50074	0,27033	0,85753	9,26474	0,0010104	1,76082			-4,63677		
	пр. Ленина											
1	0,021506	2,08161	0,035573	0,88346	0	0	0	0	0	0	0,9999	
2	-2,56548e-24	14,15017	0,17309	0,90399	1,55507	0,0029436	1,41184			4,23812		
	б-р Чавайна											
1	0,079922	1,54159	0,00039496	1,65732	0	0	0	0	0	0	0,9997	
2	-4,74722e-30	17,78349	0,055937	1,20232	14,57925	0,00056749	1,68957			-1,52615		
	ул. Панфилова											
1	3,66251e6	7,38171	21,73815	0,16016	0	0	0	0	0	0	0,9998	
2	-1,03801	1,08360	1,48447	0,27784	1,31728	0,023483	1,07558			0,91434		
	ул. Карла Маркса											
1	1,31774e6	7,87565	21,57557	0,16721	0	0	0	0	0	0	0,9994	
2	-5,06517e-6	4,54130	0,83355	0,50876	15,76053	0,00020116	1,98175			-4,85485		
	ул. Строителей											
1	1,86986e6	9,10854	24,13993	0,16944	0	0	0	0	0	0	0,9998	
2	-7,26191e-19	11,79845	0,26301	0,83912	13,57641	0,0017335	1,61783			-3,64787		
	Ботанический сад											
1	6,59123	0,52516	0,013763	0,82177	0	0	0	0	0	0	1,0000	
2	-1,28495e-21	12,70989	0,13276	0,97603	20,55353	0,00012933	1,60894			-0,35495		
	ул. Осипенко											
1	8,05960e8	3,85974	20,58087	0,11220	0	0	0	0	0	0	1,0000	
2	-0,049369	0,83696	1,13220	0,15655	9,57983	0,10275	0,82053			-5,58996		



ул. Лебедева



Воскресенский пр-т



ул. Эшкинина



пр. Ленина

Рис. 1. Графики динамики средней ширины группы из 10 учетных листьев березы повислой

Для оценки поведения групп листьев введем новый критерий – коэффициент динамичности, равный отношению разницы между фактом и трендом к факту средней ширины (табл. 3). Максимумы ширины листьев дали и наибольшие значения коэффициента динамичности.

Этот критерий позволяет ранжировать березы по убыванию влияния колебаний.

По табл. 3 места по ухудшению условий распределяются так: 1) 0,0072 – ул. Осипенко, на которой почти нет автомашин; 2) 0,0073 – ботанический сад, очень малое влияние забора вокруг объекта; 3) 0,0189 – ул. Панфилова; 4) 0,0198 – ул. Лебедева; 5) 0,0270 – проспект Ленина; 6) 0,0275 – ул. Строителей; 7) 0,0327 – проспект Карла Маркса; 8) 0,0438 – бульвар Чавайна; 9) 0,0431 – ул. Эшкинина; 10) 0,0487 – Воскресенский проспект.

Так что же лучше: спокойная жизнь при низком коэффициенте динамичности или же наибольшее приращение средней ширины

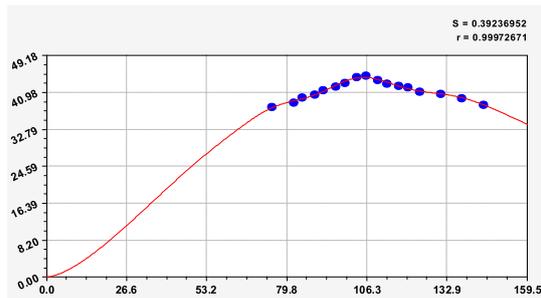
учетных листьев березы повислой? По средней максимальной ширине листа из табл. 1 березы по ухудшению продуктивности расположились так: 1) 48,66 мм – Воскресенский проспект; 2) 45,92 мм – ул. Лебедева; 3) 44,71 мм – бульвар Чавайна; 4) 44,39 мм – ул. Карла Маркса; 5) 44,09 мм – ул. Осипенко; 6) 42,25 мм – ул. Строителей; 7) 40,71 мм – ботанический сад; 8) 40,11 мм – проспект Ленина; 9) 39,77 мм – ул. Эшкинина; 10) 39,56 мм – ул. Панфилова. Конечно же, на скорость приращения и достижение средней максимальной ширины учетных листьев влияет и собственное физиологическое состояние дерева. Например, береза с продуктивными листьями по табл. 1 за четверо суток с 15,08 по 19,08 изменила на Воскресенском проспекте среднюю ширину листьев с 47,87 до 48,66 мм или имела скорость приращения $(48,66 - 47,87) / 4 = 0,198$ мм. А на ул. Панфилова средняя скорость роста ширины листьев равна $(39,56 - 39,10) / 4 = 0,115$ мм.

Таблица 3

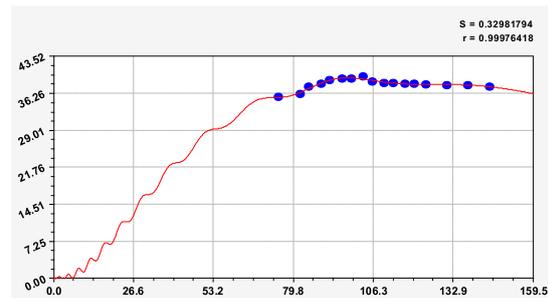
Коэффициент динамичности роста листьев березы повислой

Дата	Время <i>t</i> , сутки	ул. Лебедева	Воскресен- ский пр-т	ул. Эшкинина	Пр. Ленина	б-р Чавайна	ул. Панфилова	ул. Карла Маркса	ул. Строителей	Богсад	ул. Осипенко
01.05	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15.07	75	0,0127	0,0331	–0,0371	0,0050	0,0078	–0,0098	–0,0281	–0,0151	–0,0007	0,0007
22.07	82	–0,0336	–0,0168	0,0028	–0,0069	–0,0224	–0,0259	–0,0064	–0,0090	–0,0097	–0,0046
25.07	85	–0,0123	–0,0143	0,0274	–0,0050	–0,0134	0,0035	0,0118	0,0079	0,0022	–0,0065
29.07	89	–0,0176	–0,0344	0,0414	–0,0076	–0,0194	0,0043	0,0064	0,0133	–0,0005	–0,0009
1.08	92	0,0041	–0,0275	0,0431	0,0009	–0,0098	0,0169	0,0054	0,0119	0,0005	–0,0002
5.08	96	–0,0084	–0,0174	0,0333	0,0078	–0,0013	0,0177	0,0276	0,0217	0,0015	–0,0001
8.08	99	–0,0048	–0,0115	0,0244	0,0270	0,0089	0,0110	0,0327	0,0209	0,0038	0,0072
12.08	103	0,0047	0,0106	0,0076	0,0155	0,0317	0,0189	0,0224	0,0275	0,0073	0,0042
15.08	106	0,0122	0,0408	–0,0311	0,0009	0,0348	–0,0067	–0,0142	–0,0014	0,0068	0,0028
19.08	110	0,0198	0,0487	–0,0381	–0,0115	0,0134	–0,0155	–0,0191	–0,0115	0,0013	0,0033
22.08	113	0,0170	0,0203	–0,0417	–0,0165	–0,0041	–0,0167	–0,0211	–0,0250	–0,0024	–0,0015
26.08	117	–0,0007	–0,0068	–0,0372	–0,0276	–0,0095	–0,0158	–0,0197	–0,0244	–0,0039	–0,0032
29.08	120	–0,0084	–0,0249	–0,0320	–0,0375	–0,0096	–0,0151	–0,0190	–0,0254	–0,0052	–0,0047
2.09	124	–0,0061	–0,0300	–0,0266	–0,0368	–0,0238	–0,0131	–0,0176	–0,0221	–0,0050	–0,0068
9.09	131	–0,0108	–0,0121	–0,0119	–0,0289	–0,0068	–0,0054	–0,0044	–0,0114	–0,0015	–0,0019
16.09	138	–0,0031	0,0082	0,0039	–0,0226	0,0015	0,0050	0,0101	0,0031	0,0020	0,0045
23.09	145	0,0083	0,0262	0,0120	–0,0085	0,0096	0,0154	0,0253	0,0179	0,0040	0,0061

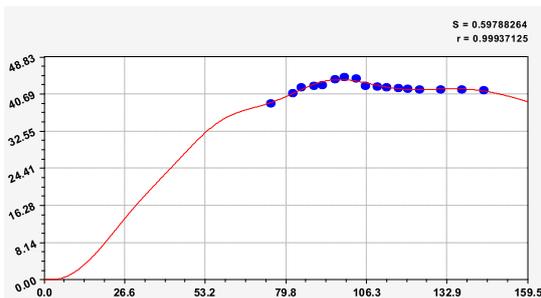
Примечание. Полу жирным шрифтом показаны максимальные значения коэффициента динамичности.



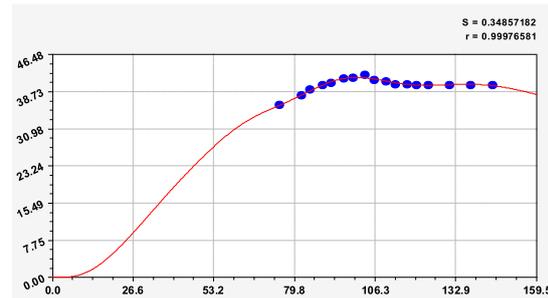
б-р Чавайна



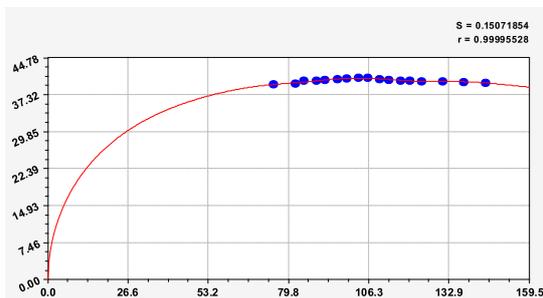
ул. Панфилова



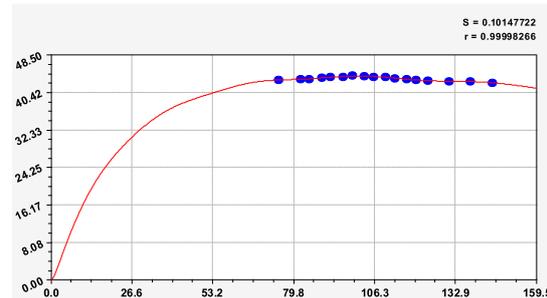
ул. Карла Маркса



ул. Строителей



Ботанический сад



ул. Осипенко

Рис. 2. Графики динамики средней ширины группы из 10 учетных листьев березы повислой

Как известно, мониторинг окружающей среды выполняют по множеству видов загрязнений, содержание которых в воздухе, воде и почве не должно превышать предельно допустимых концентраций. Однако косвенный мониторинг через поведение учетных листьев березы повислой, в вегетационный период позволяет без измерения концентраций загрязнений провести экологическую оценку территории места произрастания данной березы. В итоге листья березы реагируют на все изменения в окружающей березу среде, причем учитывают и те воздей-

ствия, которые еще неизвестны человеку. В этом проявляется сущность наших способов индикации окружающей среды, и патент 2606189 становится пионерным решением.

Для принятия за критерии экологической оценки скорости приращения необходимо учитывать еще и физиологические параметры дерева, например классы санитарного состояния, возраст и другое. Таким образом, для индикации среды вокруг березы пока рекомендуется коэффициент динамичности при максимуме средних размеров учетных листьев.

Заключение

По патенту 2606189 на изобретение сбоку на высоте 1,5–2,0 м со стороны преобладающих ветров по динамике с 15 июля по 23 сентября 2018 г. измерялись средняя ширина 10 учетных листьев около автомобильной дороги. Параметры модели с двумя составляющими показали, что полупериод колебания в начале вегетационного периода для 10 берез изменяется от 1,32 до 21,35 суток. Все модели динамики одинаковы по конструкции, но имеют разный характер. Время вегетации около максимума роста влияет с коэффициентом корреляции более 0.999, поэтому поведение 10 листьев имеет квантовую определенность.

Для оценки поведения групп листьев введен новый критерий – коэффициент динамичности, равный отношению разницы между фактом и трендом к факту средней ширины. Максимумы ширины листьев дали и наибольшие значения коэффициента динамичности. Этот критерий позволяет ранжировать березы по убыванию влияния колебаний от влияния среды.

Средняя ширина 10 учетных листьев березы повислой показала очень малую погрешность, поэтому количество учетных листьев с одной локальной зоны можно уменьшить до 5. Измерение ширины учетных листьев до достижения максимума роста почти в два раза сокращает промежуток времени для проведения экспериментов. Это позволяет увеличить количество учетных деревьев, произрастающих в разных экологических условиях, а также уменьшить, например до двух суток, промежутки между измерениями. Время измерений в каждый год можно начать с 01 июля и продолжать до 20 августа.

Список литературы / References

1. Zharkova V. The solar magnet field and the terrestrial climate. [Electronic resource]. URL: <https://watchers.news/2018/11/11/valentina-zharkova-solar-magnet-field-and-terrestrial-climate-presentation/> (date of access: 01.03.2019).
2. Mazurkin P.M., Kudryashova A.I. Method of measurement of dynamics of growth of leaves of the tree in clean ecological conditions. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. 2018. Vol. 18. Issue 5.1. P. 517–524. DOI: 10.5593/sgem2018/5.1/S20.067.
3. Foster G.L., Royer D.L., Lunt D.J. Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years. *Nature communications*. 2017. 8:14845. DOI: 10.1038/ncomms14845.
4. Mdenpp M. Impacts of temperature and ozone on carbon retention processes of birch and aspen Dissertations in Forestry and Natural Sciences. Finland, Joensuu, on June, 08, 2012. 54 p.
5. Crowther T.W., Glick H.B., Covey K.R., Bettigole C., et al. Mapping tree density at a global scale. *Nature*. 2015. Vol. 525. P. 2018–205. DOI:10.1038/nature14967.
6. Büntgen U., Wacker L., Galván J.D., Arnold S., et al. Tree rings reveal globally coherent signature of cosmogenic radiocarbon events in 774 and 993 CE. *Nature communications*. 2018. 9:3605. DOI: 10.1038/s41467-018-06036-0.
7. Mazurkin P.M., Kudryashova A.I. Quantum fitometeorologia: quanta behavior of Meteorological parameters on a three hour Measurements in the vegetation period birch. *Journal of Modern Technology and Engineering*. 2019. Vol. 4. № 2. P. 72–88.
8. Mazurkin P.M., Kudryashova A.I. Factor analysis of annual global carbon dynamics (according to Global Carbon Budget 2017. Materials of the International Conference «Research transfer» – Reports in English (part 2). November 28, 2018. Beijing, PRC, 2018. P. 192–224.
9. Zhang Y., Bielory L., Georgopoulos P. Climate change effect on *Betula* (birch) and *Quercus* (oak) pollen seasons in US. *International Journal of Biometeorology*. 2014. Vol. 58. № 5. P. 909–919. DOI: 10.1007/s00484-013-0674-7.
10. Polgar C.A., Primack R.B. Leaf-out phenology of temperate woody plants: from trees to ecosystems. *New Phytologist*. 2011. Vol. 191. P. 926–941. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2011.03803.x.
11. Rousi M., Puseenius J. Variations in phenology and growth of European white birch (*Betula Pendula*) clones. *Tree Physiology*. 2005. Vol. 25 (2). P. 201–210. DOI: 10.1093/treephys/25.2.201.
12. Mazurkin P.M. Method of identification. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM2014 (SGEM). Albena, Bulgaria, 2014. Vol. 1 (6). P. 427–434.
13. Wasserstein R.L., Schirm A.L., Lazar N.A. Moving to a World Beyond « $p < 0.05$ ». *The American Statistician*. 2019. Vol. 73. Issue sup1. P. 1–19. DOI: 10.1080/00031305.2019.1583913.

УДК 552.143:551.242.22:551.733.3(571.63)

**ГЕОХИМИЯ, ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ
ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ НИЖНЕСИЛУРИЙСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ ЛАОЕЛИН-ГРОДЕКОВСКОГО ТЕРРЕЙНА (ПРИМОРЬЕ)****Малиновский А.И., Голозубов В.В., Касаткин С.А.***Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: malinovsky@fegi.ru*

В статье рассматриваются результаты изучения геохимического состава песчаных и глинисто-алевритовых пород из нижнесилурийских отложений кордонкинской свиты Лаоелин-Гродековского террейна Приморья. Целью исследования было выяснение особенности геохимического состава терригенных пород свиты и на основании его генетической интерпретации – реконструкция палеогеодинамической обстановки формирования бассейна седиментации, а также определение типа и породного состава возможных источников питания. Было установлено, что по своим геохимическим характеристикам песчаные породы свиты довольно однородны, являются петрогенными, по составу соответствуют типичным грауваккам, а их формирование происходило в основном за счет механического разрушения материнских пород областей сноса. Химическое выветривание имело второстепенное значение. Химический состав глинисто-алевритовых пород близок к составу песчаников, они отличаются только меньшими содержаниями кремнекислоты. Изученные породы характеризуются низкой степенью зрелости, слабой литодинамической переработкой материала источников питания, а также высокой скоростью его захоронения. При обобщении и интерпретации полученных геохимических данных использовался актуалистический подход, основанный на их сравнении с составами древних отложений и современных глубоководных осадков, формирование которых происходило в известных геодинамических обстановках. Полученные данные по содержанию и соотношению петрогенных, редких и редкоземельных элементов в терригенных породах раннесилурийской кордонкинской свиты свидетельствуют, что осадконакопление происходило в преддуговом бассейне океанической островной дуги, примером которой является ныне существующая Идзу-Бонинская дуга. Областью питания, поставившей обломочный материал в этот седиментационный бассейн, была сама островная дуга, в строении которой участвовали основные и средние вулканы, а также магматические и осадочные породы, входившие в состав ее океанического фундамента.

Ключевые слова: Лаоелин-Гродековский терреин, силур, кордонкинская свита, геохимия, геодинамические обстановки

**GEOCHEMISTRY, POWER SOURCES AND GEODYNAMIC SETTINGS
OF THE FORMATION OF UPPER SILURIAN TERRIGENOUS DEPOSITS
OF THE LAOELING-GRODEKOVO TERRANE (PRIMORYE)****Malinovskiy A.I., Golozubov V.V., Kasatkin S.A.***Far Eastern Geological Institute, FEBRAS, Vladivostok, e-mail: malinovsky@fegi.ru*

This article studies the results of the geochemical composition analysis of sandy and clayey-silty rocks from the Upper Silurian deposits of the Kordonka formation of the Laeolin-Grodekovo terrane in Primorye. The purpose of the study was to find out features of the geochemical composition of the formation's terrigenous rocks and based on its genetic interpretation at reconstructing the paleogeodynamic settings of the sedimentation basin's formation as well as determining the type and rock composition of the possible power sources. It has been found that in its geochemical characteristics sand rocks are quite uniform, are petrogenic, in composition correspond to typical graywackes, and their formation was mainly due to mechanical destruction of maternal rocks of power sources. Chemical weathering was of secondary importance. The chemical composition of clayey-silty rocks is close to the composition of sandstones, they contain a small amount of silicic acid. Studied rocks are characterized by low a degree of maturity, weak lithodynamic recycling of material of power sources and their rapid burial. In generalizing and interpreting the obtained geochemical data, an actualistic approach was used, based on their comparison with compositions of ancient deposits and modern deep-sea sediments, which were formed in well-known geodynamic settings. The obtained data on the composition and distribution of petrogenic, rare and rare earth elements in terrigenous rocks of the Upper Silurian Kordonka formation indicate that sedimentation took place in a forearc basin of an oceanic island arc (e.g. the existing Izu-Bonin arc). The power sources that supplied the clastic material to this sedimentation basin was the island arc itself, the structure of which involved the basic and intermediate volcanic rocks, as well as the igneous and sedimentary rocks that were part of its ocean base.

Keywords: Laeolin-Grodekovo terrane, silurian, kordonka formation, geochemistry, geodynamic settings

Изучение геохимических особенностей терригенных пород, принимающих участие в строении древних террейнов, имеет важнейшее значение для реконструкции геодинамических обстановок формирования седиментационных бассейнов, в которых эти породы накапливались, а также для выяснения тектонического типа и породного

состава областей их питания [1–3]. В складчатых областях, где из-за плохой обнаженности и сложного строения толщ геологические исследования крайне затруднены, правильная интерпретация полученных геохимических данных во многом определяет надежность палеореконструкций, достоверность стратиграфических схем, геологиче-

ских разрезов и карт. В настоящее время каких-либо устоявшихся представлений о геодинамической природе нижнесилурийских отложений палеозойско-раннепалеозойского Лаоэлин-Гродековского террейна Приморья нет [4]. Имеющиеся построения носят в целом общий характер и основаны на серии предположений, которые требуют фактических обоснований. Цель данной публикации – показать особенности геохимического состава терригенных пород раннесилурийской кордонкинской свиты террейна и на основании его интерпретации установить геодинамическую природу бассейна седиментации, а также определить источники его питания.

Материалы и методы исследования

В основу исследования положены результаты изучения содержания и характера соотношений петрогенных, редких и редкоземельных элементов (РЗЭ) в раннесилурийских терригенных породах Лаоэлин-Гродековского террейна Приморья. Пробы пород отбирались из обнажений, располагающихся вдоль берега р. Кордонка, в придорожных выемках и карьерах. Для аналитических исследований выбирались породы, наименее затронутые вторичными изменениями, что контролировалось петрографическими наблюдениями. Содержания петрогенных элементов определялись методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре iCAP 6500 Duo. Определение концентраций редких и редкоземельных элементов выполнялось методом плазменной спектроскопии (ICP-MS) на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500с. Все исследования выполнены в лабораториях аналитической химии и рентгеновских методов Аналитического центра (ЦКП) ДВГИ ДВО РАН, аналитики Е.В. Волкова, Г.А. Горбач, Е.В. Еловский, В.Н. Каминская, Е.А. Ткалина, Н.В. Хуркало.

Результаты исследования и их обсуждение

Лаоэлин-Гродековский террейн расположен в юго-западной части Приморского края, протягиваясь вдоль границы с Китаем на 300 км и частично располагаясь на его территории (рис. 1). Террейн совместно с раннепалеозойскими террейнами Буря-Ханкайского орогенного пояса составляет западное обрамление позднепалеозойского Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинского орогенного пояса [4, 5]. Террейн образован

мозаикой разновозрастных блоков, сложенных главным образом интенсивно дислоцированными пермскими и триасовыми терригенными и вулканогенными образованиями, прорванными гранитоидами позднепермского и юрского возраста. В западной части террейна выделяется линзовидный тектонический блок, протягивающийся в меридиональном направлении на 35 км при ширине до 6 км и сложенный нижнесилурийскими отложениями, относящимися к кордонкинской свите. Мощность ее отложения достигает 2100 м. Они представлены песчаниками различной зернистости, алевритами, аргиллитами, слюдными сланцами, туфами и тефроидами, базальтами и андезитами, иногда конгломератами и кремнистыми породами. Раннесилурийский возраст свиты устанавливается на основании многочисленных находок остатков граптолитов и брахиопод [6].

Для геохимических исследований использовались наиболее типичные по своим петрографическим свойствам песчаные и глинисто-алевритовые породы. Изученные песчаники по размерности, от мелко- до крупнозернистых, обладают слабой либо средней степенью сортированности и окатанности обломочного материала. По пороодообразующим компонентам породы относятся к кварц-полевошпатовым и собственно грауваккам. Обломочная составляющая представлена кварцем (10–25%), полевыми шпатами (25–60%) и обломками пород (35–65%), среди которых в различных количествах встречаются кремнистые, вулканические и терригенные породы, кварциты и сланцы.

По химическому составу песчаные породы кордонкинской свиты очень близки: содержание SiO_2 варьирует от 54,50% до 57,75% и лишь в двух пробах превышает 60%, TiO_2 (0,61%–1,19%), Al_2O_3 (12,22–16,66%), $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (6,63–9,26%), MgO (2,36–7,83%). Помимо этого, песчаники характеризуются преобладанием Na_2O над K_2O (2,26–4,39% и 0,86–2,13% соответственно). По своим геохимическим параметрам песчаники являются типичными граувакками (рис. 2) [7]. Химический состав глинисто-алевритовых пород близок к составу песчаников, они отличаются только меньшими содержаниями SiO_2 (54,29–58,74%) и MgO (3,20–4,50%), но большими – TiO_2 (0,64–1,42%), Al_2O_3 (17,15–18,67%) и $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (7,72–12,28%). Кроме того, K_2O в них преобладает над Na_2O (2,67–3,44% и 1,28–2,31% соответственно).

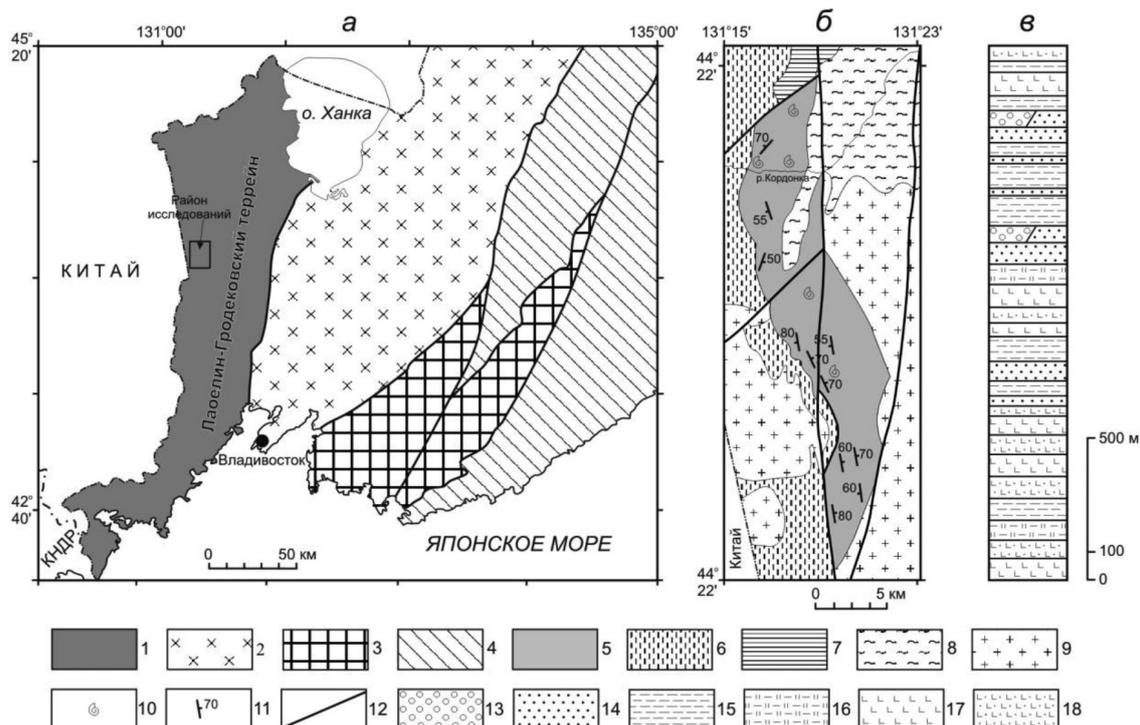


Рис. 1. Схема расположения Лаолин-Гродековского террейна в геологических структурах Южного Приморья – а; геологическая карта района распространения отложений кордонкинской свиты – б; литолого-стратиграфическая колонка отложений кордонкинской свиты – в. Для схемы: 1 – Лаолин-Гродековский террейн; 2 – террейны раннепалеозойского Бурей-Ханкайского орогенного пояса; 3 – террейны раннепалеозойской активной окраины, 4 – террейны мезозойского Сихотэ-Алинского орогенного пояса. Для карты: 5 – кордонкинская свита (S_{kr}); 6 – решетниковская свита ($P_{1,2,rs}$); 7 – барабаишская свита ($P_{2,3,br}$); 8 – павловская свита (P_3-N_{pv}); 9 – позднепермские граниты (yP_3); 10 – места нахождения фауны; 11 – элементы залегания пород; 12 – разломы. Для колонки: 13 – конгломераты и гравелиты; 14 – песчаники; 15 – алевриты и аргиллиты; 16 – кремнистые и кремнисто-глинистые породы; 17 – базальты и андезиты; 18 – туфы и туффиты

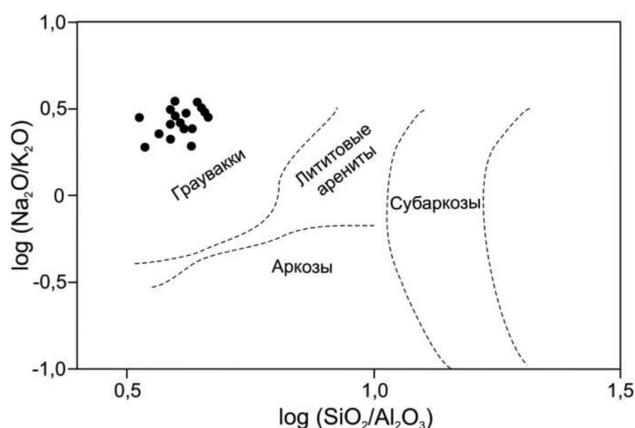


Рис. 2. Классификационная диаграмма для песчаных пород кордонкинской свиты [7]

Использование ряда петрохимических модулей [8] позволяет получить объективную информацию о степени зрелости изученных пород, литогенной либо пе-

трогенной природе осадков, а также корректно проводить палеореконструкции условий и обстановок осадконакопления. По этим показателям породы кордонкин-

ской свиты характеризуются: 1) значениями гидролизатного модуля $ГМ = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$, варьирующими от 0,35–0,47 для песчаных пород до 0,46–0,55 для глинисто-алевритовых, что свидетельствует об их низкой зрелости и образовании за счет физического выветривания пород областей сноса, химическое выветривание имело второстепенное значение, 2) высоким показателем фемичности $ФМ = (Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO) / SiO_2$ (во всех породах от 0,15 до 0,30), позволяющим относить их к типичным грауваккам, 3) высокой титанистостью $ТМ = TiO_2 / Al_2O_3$ (в песчаниках 0,041–0,071, а в глинисто-алевритовых породах 0,037–0,055), но пониженной нормативной щелочностью $НКМ = (Na_2O + K_2O) / Al_2O_3$ (0,28–0,37 и 0,24–0,31 соответственно), что обычно связано со значительной примесью в породах кластики основных вулканитов.

Концентрации и характер распределения редких и редкоземельных элементов (РЗЭ) в песчаных и глинисто-алевритовых породах кордонкинской свиты близки. В сумме содержания РЗЭ в них относительно невелики (в песчаниках 76–140 г/т, в глинисто-алевритовых породах 75–206 г/т). Породы характеризуются умеренно фракционированными спектрами распределения РЗЭ с невысокими отношениями легких лантаноидов к тяжелым (La_N / Yb_N в песчаниках 3,70–8,97, в глинисто-алевритовых породах 5,50–10,28), а также отсутствием либо слабо выраженной отрицательной европиевой аномалией (Eu / Eu^* в песчаниках 0,71–1,14, в глинистых породах 0,60–0,94) (рис. 3). По сравнению со средним постархейским глинистым сланцем (РААС) [9] по-

роды обеднены всеми элементами (от 1,1 до 2,1 раза) и лишь иногда некоторые из них находятся в равных либо несколько более высоких концентрациях.

Реконструкция палеогеодинамических обстановок формирования нижнесилурийских отложений кордонкинской свиты осуществлена при помощи серии широко известных дискриминантных диаграмм, построенных на основании актуалистического подхода, т.е. их сравнения с результатами изучения древних отложений и современных глубоководных осадков, формирование которых происходило в известных тектонических обстановках. При построении диаграмм использован ряд индикаторных оксидов, редких элементов и их отношений, отражающих минерально-петрографический состав материнских пород источников питания, а также особенности накопления осадков в различных тектонических обстановках. На диаграммах, используемых для выяснения геодинамических обстановок формирования бассейнов осадконакопления, фигуративные точки песчаников кордонкинской свиты группируются (либо приближаются к ним) в полях бассейнов, сопряженных с внутриокеанической островной дугой, примером которой является Идзу-Бонинская дуга [10–12] (рис. 4, а–д). Судя по положению точек на диаграмме [13], это вероятно был ее преддуговой бассейн (рис. 4, е). Точки состава глинисто-алевритовых пород иногда смещаются в область окраинно-континентальных островных дуг, что, вероятно, связано с большим, по сравнению с песчаниками, содержанием глинистых минералов и меньшим – обломочных компонентов.

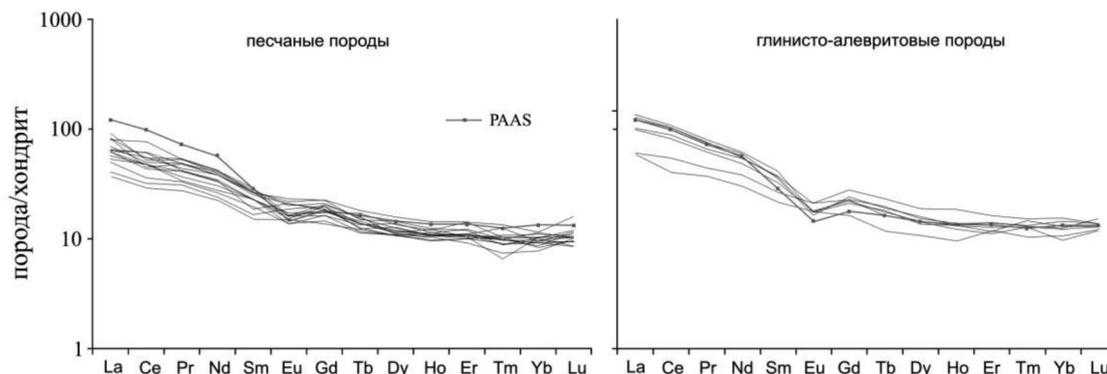


Рис. 3. Спектры распределения РЗЭ, нормированных по хондриту, в песчаниках и глинисто-алевритовых породах кордонкинской свиты и сопоставление их с РААС [9]

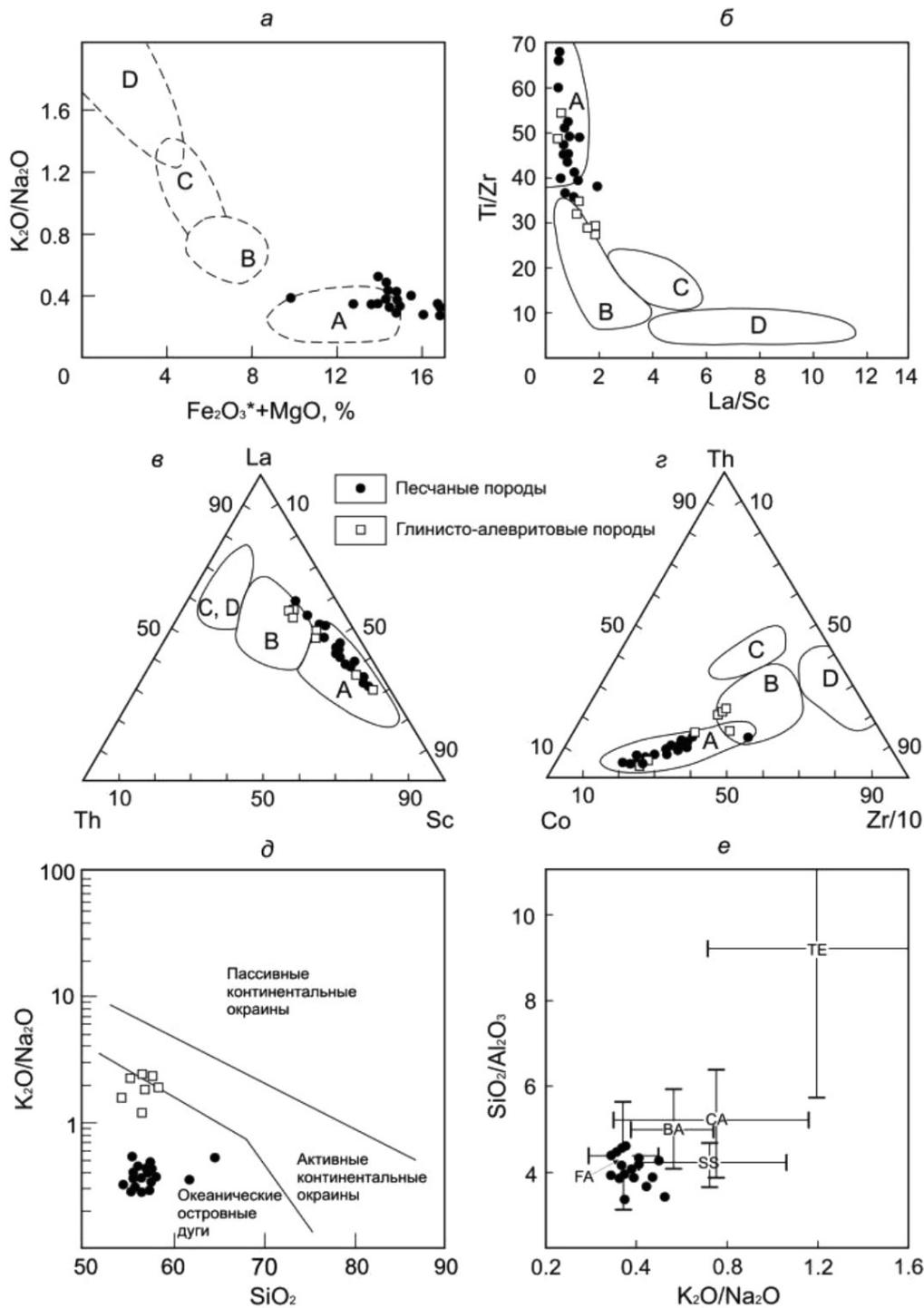


Рис. 4. Палеогеодинамическая интерпретация геохимического состава терригенных пород кордонкинской свиты. а–г – типы седиментационных бассейнов, связанных: А – с океаническими, В – с окраинно-континентальными островными дугами, С – с активными, D – с пассивными континентальными окраинами [10, 11]; д, е – типы бассейновых обстановок [12, 13]. Для е – бассейны: пассивных континентальных окраин (ТЕ); активных континентальных окраин, осложненных сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам (SS); сопряженных с окраинно-континентальными островными дугами (СА); с океаническими дугами (FA – преддуговые и ВА – задуговые бассейны)

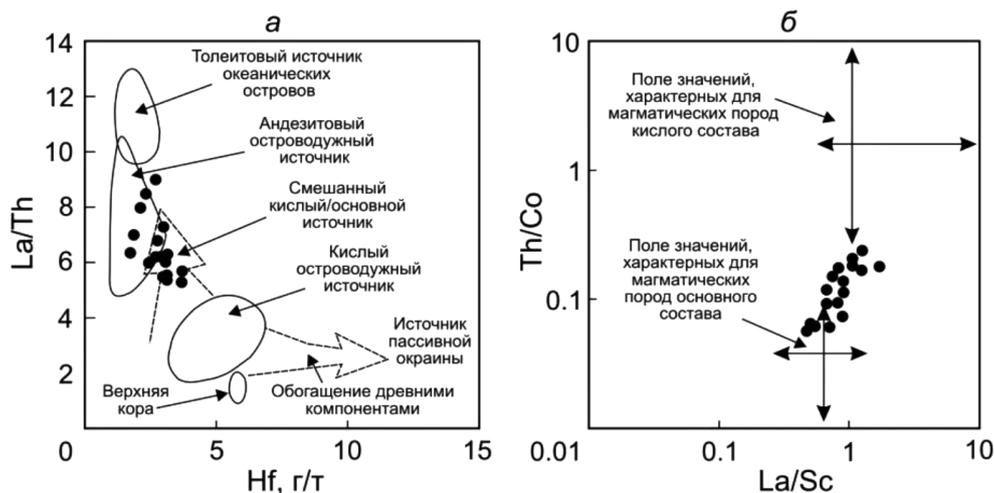


Рис. 5. Источники обломочного материала для терригенных пород кордонкинской свиты Лаоелин-Гродековского террейна [14, 15]

Изучение содержания и характера распределения редких и редкоземельных элементов в терригенных породах позволяет судить о типе и составе материнских пород областей питания. Относительно невысокие суммарные содержания во всех породах свиты РЗЭ, невысокие отношения легких элементов к тяжелым, а также отсутствие либо слабое проявление отрицательной Eu аномалии позволяет говорить об их формировании за счет эрозии основных и средних вулканитов. Источником питания, судя по расположению точек на диаграммах, используемых для распознавания состава питающих провинций (рис. 5) [14, 15], была сама океаническая островная дуга. Отложения формировались за счет разрушения основных и средних вулканических образований дуги, а также магматических и осадочных образований ее фундамента.

Заключение

Для выяснения состава питающих провинций и геодинамического режима формирования нижнесилурийских отложений кордонкинской свиты Лаоелин-Гродековского террейна Приморья был изучен геохимический состав слагающих ее песчаных и глинисто-алевритовых пород. Полученные результаты позволяют говорить, что по геохимическим параметрам изученные породы являются петрогенными граувакками, образовавшимися в основном за счет механического разрушения материнских пород. Породы характеризуются низкой зрелостью, слабой литодинамиче-

ской переработкой материала источников питания, а также высокой скоростью его захоронения. Палеогеодинамическая интерпретация результатов исследования свидетельствует, что седиментация происходила в обстановке, соответствующей преддуговому бассейну океанической островной дуги. Областью питания была сама дуга, сложенная основными и средними вулканитами, а также магматическими и осадочными образованиями, входившими в состав ее фундамента.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-05-00037-а и № 19-05-00229-а.

Список литературы / References

- Летникова Е.Ф., Вещева С.В., Прошенкин А.И., Кузнецов А.Б. Неoproterozoic терригенные отложения Тувино-Монгольского массива: геохимическая корреляция, источники сноса, геодинамическая реконструкция // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 12. С. 2110–2121.
- Letnikova E.F., Proshenkin A.I., Veshcheva S.V., Kuznetsov A.B. Neoproterozoic terrigenous deposits of the Tuva-Mongolian massif: Geochemical correlation, source lands, and geodynamic reconstruction. Russian Geology and Geophysics. 2011. V. 52. № 12. С. 1662–1671. DOI: 10.1016/j.rgg.2011.11.013.
- Малиновский А.И. Палеогеодинамические обстановки формирования отложений Западно-Сахалинского террейна по геохимическим данным // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 83–89.
- Malinovsky A.I. Paleogeodynamic settings of the West Sakhalin terrain sediments formation based on geochemical data // Advances in current natural sciences. 2017. № 6. P. 83–89 (in Russian).
- Маслов А.В., Подковыров В.Н., Мизенс Г.А., Ножкин А.Д., Фазлиахметов А.М., Малиновский А.И., Худолей А.К., Котова Л.Н., Купцова А.В., Гареев Э.З., Зайнуллин Р.И. Дискриминантные палеогеодинамические диаграммы для терригенных пород: опыт сопоставления // Геохимия. 2016. № 7. С. 579–595. DOI: 10.7868/S0016752516060030.

- Maslov A.V., Podkovyrov V.N., Mizens G.A., Nozhkin A.D., Fazliakhmetov A.M., Malinovsky A.I., Khudoley A.K., Kovtova L.N., Kuptsova A.V., Gareev E.Z., Zainullin R.I. Tectonic Setting Discrimination Diagrams for Terrigenous Rocks: a Comparison. *Geochem. International*. 2016. V. 54. № 7. P. 569–583. DOI: 10.1134/S0016702916060033.
4. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
- Geodynamics, Magmatism and Metallogeny of the Russian East / Ed. A.I. Khanchuk, Vladivostok: Dalnauka, 2006. Book 1. 572 p. (in Russian).
5. Karel Schulmann. The Central Asian Orogenic Belt: Geology, Evolution, Tectonics and Models. Ed. A. Kröner. Stuttgart: Borntraeger Science Publisher, 2015. 313 p. DOI: 10.1016/j.gsf.2016.10.003.
6. Изосов Л.А., Смирнова О.Л., Емельянова Т.А. Кордонкинская свита Западного Приморья: тектоно-стратиграфический комплекс? // Региональные проблемы. 2016. Т. 19. № 1. С. 3–7.
- Izosov L.A., Smirnova O.L., Emelyanova T.A. The Kordonka Suite in Western Primorye: tectono-stratigraphic complex? // *Regional Problems*. 2016. V. 19. № 1. P. 3–7 (in Russian).
7. Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R., Sand and Sandstone. New York: Springer. 1972. 618 p.
8. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Geochemical indicators of lithogenesis. Syktyvkar: Geoprint, 2011. 742 p. (in Russian).
9. Taylor S.R., McLennan S.M. Planetary crusts: Their composition, origin and evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 378 p.
10. Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical compositions of sandstones. *J. Geol.* 1983. V. 91. № 6. P. 611–627.
11. Bhatia M.R., Crook A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contrib. Mineral. Petrol.* 1986. V. 92. № 2. P. 181–193.
12. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *J. Geol.* 1986. V. 94. № 5. P. 635–650.
13. Potter P.E., Maynard J.B., Pryor W.A. Sedimentology of shale: study guide and reference source. New York: Springer-Verlag. 2012. 303 p.
14. Cullers R.L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions. And metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. *Chem. Geol.* 2002. V. 191. № 4. P. 305–327. DOI: 10.1016/S0009-2541(02)00133-X.
15. Floyd P.A., Leveridge B.E. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *J. Geol. Soc. London*. 1987. V. 144. P. 531–542. DOI: 10.1144/gsjgs.144.4.0531.

УДК 502.3(571.12)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО УРОВНЮ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

¹Малышкин Н.Г., ²Петров Г.Л., ²Петрова Е.Ю.¹ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень,
e-mail: malyshkin81@rambler.ru;²ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень

Одним из направлений оценки уровня негативного воздействия предприятия или отрасли на компоненты окружающей природной среды является учет парниковых газов, поступающих в атмосферу от различных производственных процессов. В статье приведен анализ источников образования и выброса парниковых газов в атмосферный воздух районов и городов юга Тюменской области по пяти статистическим показателям. Выявлены отрасли осуществляющие выбросы оксида углерода, окислов азота и метана. Определена доля вкладов парниковых газов в общую эмиссию по районам и городам. Для анализа и районирования территории по уровню выброса смеси газов проведен кластерный анализ с классификацией объектов по методу ближайшего соседа. В результате объединения объектов получено два кластера по анализируемым районам и два кластера по городам и проведено их описание. По результатам расчета построена дендрограмма. Выделение объектов в отдельные кластеры обусловлено отраслевой спецификой района. Так, для первого кластера – сельское хозяйство, для второго кластера – добывающая отрасль. При пересчете показателей на единицу площади районы были разделены на три группы по уровню поступления газов. Установлено, что в структуре выбросов районов с отраслью животноводства содержание газов может достигать 70% общего объема поступлений. На основании анализа поступлений газов от транспорта проведено ранжирование городов области. Анализ динамики парниковых газов был проведен с помощью линейного тренда по методу наименьших квадратов. Установлено среднее снижение показателя для каждого кластера.

Ключевые слова: парниковые газы, источники выброса, кластерный анализ, кластер, районирование, линейный тренд

ECOLOGICAL-ECONOMIC ZONING OF THE TYUMEN REGION BY LEVEL OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

¹Malyshkin N.G., ²Petrov G.L., ²Petrova E. Yu.¹State Agricultural University of the Northern Trans-Ural, Tyumen, e-mail: malyshkin81@rambler.ru;²Tyumen Industrial University, Tyumen

One of the directions for assessing the level of negative impact of an enterprise or industry on the components of the environment is the accounting of greenhouse gases entering the atmosphere from different production processes. The article provides an analysis of the sources of the formation and emission of greenhouse gases into the air of districts and cities of the south of the Tyumen region according to five statistical indicators. The industries that emit carbon monoxide, nitrogen oxides and methane are identified. The share of greenhouse gas contributions to total emissions by region and city was determined. To analyze and regionalize the territory according to the level of emission of the gas mixture, a cluster analysis was carried out with the classification of objects according to the closest neighbor method. As a result of combining the objects, two clusters were obtained for the analyzed districts and two clusters for the cities, and their description was carried out. Based on the calculation results, a dendrogram is constructed. The selection of objects in separate clusters is determined by the industry specifics of the region. So, for the first cluster – agriculture, for the second cluster – the mining industry. When recalculating indicators per unit area, the regions were divided into three groups according to the level of gas inflow. It has been established that in the structure of emissions from areas with livestock industry, the gas content can reach 70% of the total revenue. Based on the analysis of gas flows from transport, the cities of the region were ranked. The analysis of the dynamics of greenhouse gases was carried out using a linear trend using the least squares method. The average decrease in the indicator for each cluster is established.

Keywords: greenhouse gas, emission sources, cluster analysis, cluster, zoning, linear trend

Деятельность различных отраслей экономики связана с негативным воздействием на компоненты окружающей природной среды. Направленность, степень и уровень воздействия зависят от вида и мощности производства. Эмиссия вредных веществ в атмосферу от разных источников может быть представлена общими и специфичными для отрасли компонентами, влияющими на глобальные процессы биосферы. К таким компонентам относятся парнико-

вые газы [1, с. 2161]. Поэтому одной из важнейших задач фундаментальных исследований является изучение источников и стоков парниковых газов на основании расчетов и измерений [2, с. 119; 3, с. 138; 4, с. 59].

Функционирующая система оценки выбросов загрязняющих веществ, в том числе парниковых газов, представляет собой агрегированную оценку по видам газов и категориям источников. Для повышения эффективности их учета она должна быть

дополнена учетом выбросов от комплекса источников, расположенных в регионе. Учитывая индивидуальные особенности источника и района, целесообразно применять математико-статистический аппарат [5, с. 119].

Подобный анализ должен быть основан на эмпирическом обобщении данных о влиянии тех или иных объектов, или факторов на изучаемые и анализируемые параметры. Поэтому используется вся совокупность частных и общих методов исследований, которые сопровождаются математико-картографическими моделями [6, с. 28]. Такой подход позволяет не только визуализировать данные, но и проводить их анализ. Применение кластерного анализа для решения поставленной задачи является действенным методом. Он представляет набор различных алгоритмов распределения объектов по кластерам и позволяет реализовать различные аспекты классификации районов.

Целью данного исследования является анализ степени воздействия хозяйственной деятельности и классификация районов юга Тюменской области по объемам выброса парниковых газов.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования были использованы статистические показатели БД официального сайта Федеральной службы государственной статистики и ежегодные обзоры по экологическому состоянию Тюменской области. С целью сопоставления показателей применяли их масштабирование. Для группировки районов был проведен кластерный анализ с классификацией объектов по методу «ближайшего соседа». Выборка сформирована по состоянию на 2018 г. Анализ динамики выброса по годам проведен за период с 2015 по 2018 г. Результаты районирования визуализировали с помощью картодиаграмм, созданных в программе QGIS 3.4.

Результаты исследования и их обсуждение

Эколого-экономическое зонирование территории предполагает разделение территории по одному или нескольким эколого-экономическим признакам на зоны. При выборе метода анализа поставленной проблемы сформулирован ряд требований, которые преследуют цель качественной характеристики выделенных количественных показателей [7, с. 74]. Перед проведением «кластеризации» необходимо определить перечень статистических показателей наи-

более приоритетных для анализа поставленной проблемы и провести их масштабирование с целью приведения к одним единицам измерения, одному интервалу измерения и направлению оптимизации (от 0 до 1). Для достижения этой цели был проведен пересчет показателей по следующей формуле:

$$\omega_{ij} = \left[\max(x_{ij}) - x_{ij} \right] / \left[\max(x_{ij}) - \min(x_{ij}) \right].$$

Так, объектами исследования были 22 района и 5 городов юга Тюменской области. В качестве статистических показателей для выполнения анализа были выбраны:

Y – количество источников, в выбросах которых присутствуют парниковые газы;

X_1 – объем выбросов парниковых газов (тыс. т/год);

X_2 – степень улавливания парниковых газов (%);

X_3 – объем выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта (тыс. т/год);

X_4 – объем выброса парниковых газов по отраслям экономики (тыс. т/год).

Совокупными источниками образования оксида углерода, метана и окислов азота на юге области являются стационарные установки по сжиганию топлива, фугитивные выбросы, нефтепереработка и нефтехимия, производство стекла и керамических изделий, авиационный и железнодорожный транспорт и прочие промышленные процессы. При этом на любом предприятии присутствуют источники, эмиссии газов которых составляют менее 5% в общем объеме. В соответствии с приказом Минприроды № 300 от 30.06.2015 они могут не учитываться в общей структуре выброса. Но в совокупности по районам их годовой объем можно сопоставить с выбросами небольшого производства.

Объемы поступлений валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу варьируют как по отраслям, так и внутри одной отрасли, что обусловлено мощностью источника и наличием рассредоточенных по территории более мелких источников. Из приведенного перечня объектов в Тюменской области 61% валовых поступлений приходится на добывающую отрасль, 18% на обрабатывающие производства, 9% на транспорт и 8% на ТЭК.

По проведенному анализу статистических данных с 2015 г. наблюдается увеличение выбросов углекислого газа на 17%, в добывающем секторе экономики, но при этом в некоторых отраслях наблюдается тенденция к снижению. Поэтому классифи-

кация районов по кластерам с выделением потенциально значимых по объемам поступления, как парниковых газов, так и иных компонентов, является актуальной.

В результате проведенного кластерного анализа для 22 районов области выполнено 19 итераций и получено 2 кластера с расстоянием $R = 1,01$. Состав кластеров представлен в табл. 1.

В состав первого кластера вошел 21 район без учета городов. Преимущественно это населенные пункты, где сосредоточены отрасли сельского, лесного и рыбного хозяйства, в выбросах которых превалирует оксид углерода. Валовые выбросы этого компонента на территории районов составили 0,021–1,02 тыс. т/год, за исключением Тюменского района, где значение показателя составило 1,665 тыс. т/год. Второй кластер представлен Уватским районом. Объем выброса парниковых газов здесь обусловлен деятельностью отраслей добывающей промышленности и трубопроводного транспорта и составляет 21,087 тыс. т/год.

В процессе классификации городов проведено 4 итерации и в результате объединения получено 2 кластера с расстоянием $R = 0,93$. Состав кластеров представлен в табл. 2.

В состав первого кластера входит Тюмень, что обусловлено высокими показателями выбросов парниковых газов (4,949 тыс. т) по сравнению с анализируемыми показателями других городов юга области. Количество стационарных источников выброса составляло 399 единиц. Второй кластер объединяет 4 города. Они имеют близкие по значению показатели, но внутри кластера можно выделить объект, от-

личающийся по значению от соседствующих с ним. Так, например, Тобольск как по объему выбросов, так и по количеству источников, осуществляющих выбросы углекислого газа, выделяется относительно остальных городов. Выбросы на этой территории поступают от 78 стационарных источников в объеме 3,233 тыс. т/год.

Результаты иерархической классификации объектов представлены на рис. 1 в виде дендрограмм.

На дендрограмме можно отметить, что Тюменский район имеет пограничное значение по анализируемым показателям с кластером 2, по параметру расстояния (R), но относится к кластеру 1. Среди городов, показатели по Тобольску занимают соседствующее положение с первым кластером. При удалении из расчета Уватского района и проведении кластерного анализа для 21 района в отдельный кластер выделяется Тюменский район с расстоянием $R = 0,53$.

Анализ структуры выбросов по районам при пересчете на единицу площади позволил провести зонирование территории по категориям. В первую зону вошли Тюменский, Уватский и Ярковский районы, где нагрузка CO_2 варьировала от 0,153 до 0,451 т/км². Вторая зона представлена Абатским, Армизонским, Аромашевским, Викуловским, Голышмановским, Исетским, Ишимским, Нижнетавдинским, Сладковским, Сорокинским и Упоровским районами, с уровнем нагрузки от 0,01 до 0,069 т/км². В третью группу вошли Бердюжский, Вагайский, Омутинский, Юргинский, Ялуторовский районы, где уровень нагрузки был минимальным и составил от 0,006 до 0,008 т/км².

Таблица 1

Описание кластеров по районам

Номер кластера	Количество районов, входящих в кластер	Перечень районов, составляющих кластер
1	21	Абатский, Армизонский, Аромашевский, Бердюжский, Вагайский, Викуловский, Голышмановский, Заводоуковский, Исетский, Ишимский, Казанский, Нижнетавдинский, Омутинский, Сладковский, Сорокинский, Тобольский, Тюменский, Упоровский, Юргинский, Ялуторовский, Ярковский
2	1	Уватский

Таблица 2

Описание кластеров по городам

Номер кластера	Количество городов, входящих в кластер	Перечень городов, составляющих кластер
1	1	Тюмень
2	4	Тобольск, Ишим, Ялуторовск, Заводоуковск

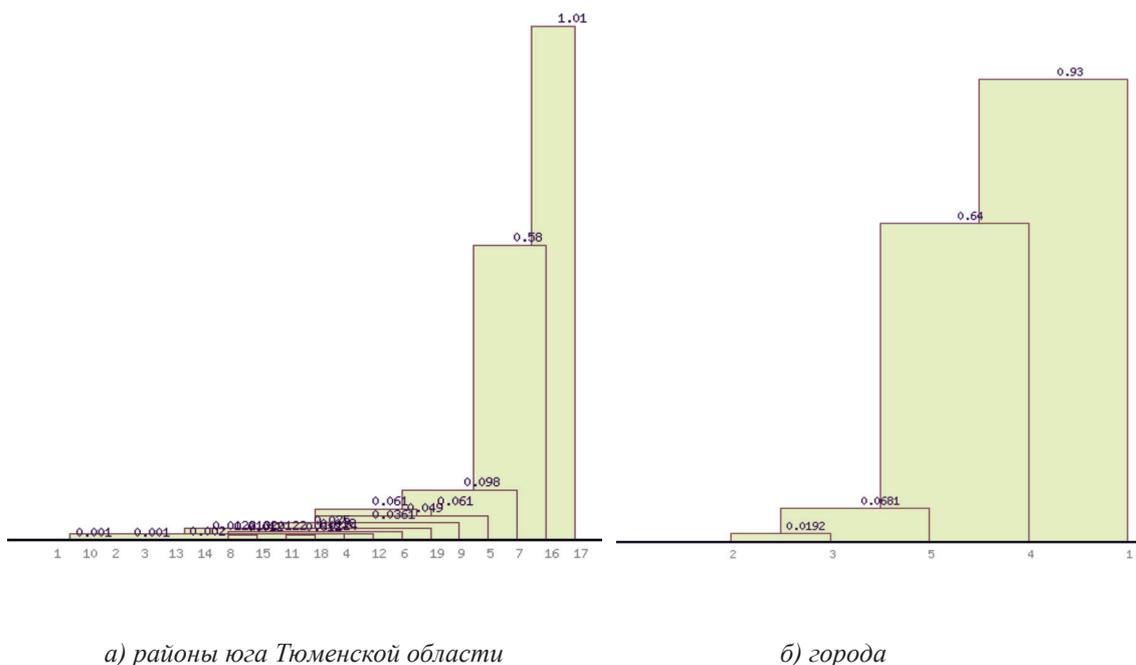


Рис. 1. Дендрограммы процесса кластеризации

Источниками поступления метана в районах, вошедших в первый кластер, являются животноводческие комплексы по содержанию КРС, свиней и птицы. В структуре выбросов этот компонент составляет от 70 до 77% и варьирует в зависимости от условий содержания сельскохозяйственных животных. Выбросы углекислого газа и окислов азота обусловлены преимущественно деятельностью котельных и мелких, рассредоточенных по территории, производственных процессов.

В структуре выбросов доля парниковых газов по районам варьировала в пределах 15–70%. Из объектов первого кластера максимальные показатели были характерны для Ишимского, Тюменского, Голышмановского и Ярковского районов. Высокий показатель по Ишимскому району (около 70%) обусловлен деятельностью крупного свиноводческого комплекса, за счет поступления метана. Наиболее низкие значения доли выбросов парниковых газов в общей структуре выброса характерны для Ялуторовского и Омутинского районов (рис. 2).

Одним из факторов поступления парниковых газов в атмосферу является транспорт. Максимальные эмиссии выбросов от данного типа источника характерны для городской среды. При оценке нагрузки

на среду необходимо учитывать все виды транспорта: автомобильный, авиационный и железнодорожный. Анализ городской среды по этому показателю позволил выстроить ранжированный ряд городов по степени снижения выбросов в атмосферу: Тюмень, Тобольск, Ишим, Ялуторовск, Заводоуковск.

Для выявления динамики изменения выбросов по годам была проведена оценка интегрального показателя. Он позволяет определить возможности динамической системы увеличивать или снижать свои параметры на основе рассчитанного тренда. Изучена временная зависимость Y от времени t . На этапе спецификации был выбран линейный тренд. Оценены его параметры методом наименьших квадратов Коэффициент тренда для первого кластера $b = -0,75$ показывает среднее изменение результирующего показателя с изменением периода времени t на единицу его измерения. В данном расчете с увеличением t на единицу y изменится в среднем на $-0,75$. Для второго кластера $b = -1,02$, что также говорит о некотором снижении показателя. Интерпретируя полученные результаты, в целом по югу области, за последние годы наблюдается некоторое снижение объемов поступления углекислого газа.

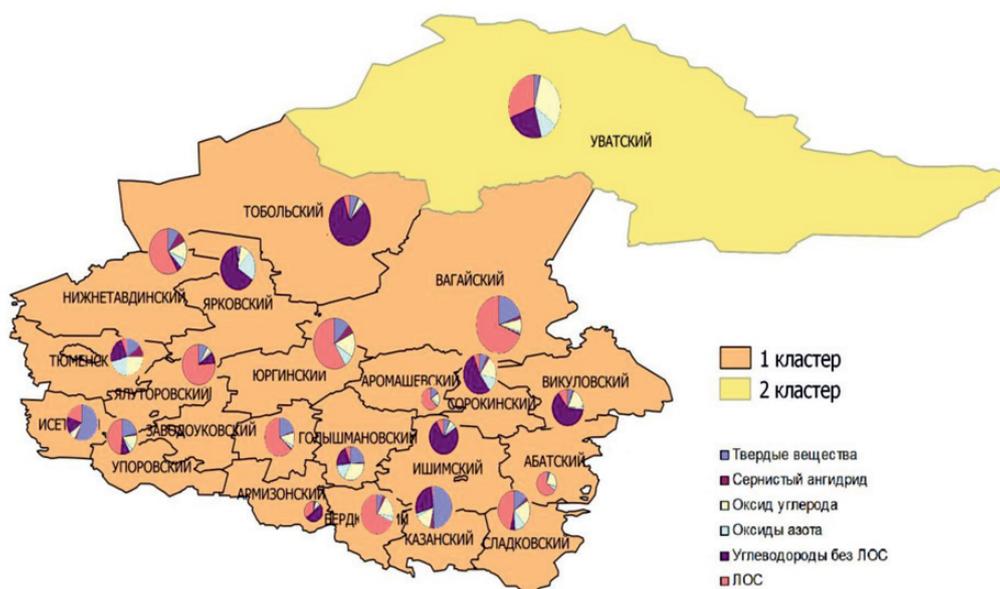


Рис. 2. Распределение выбросов по районам

Выводы

1. Метод кластерного анализа является универсальным средством для проведения классификации объектов и экологических показателей, их характеризующих, с последующим объединением в кластеры. Таким образом, выделено два кластера по районам и два кластера по городам юга Тюменской области. При зонировании соответственно выделены две зоны: с высокой нагрузкой по парниковым газам – территория, связанная с добычей углеводородного сырья (Уватский район) и вторая, характеризующаяся средним уровнем воздействия, связанная с развитием сельскохозяйственного производства (21 район области).

2. Кластерный анализ данных по городам области позволил ранжировать их по изучаемому показателю в зависимости от очередности объединения кластеров, а анализ источников выброса способствовал выявлению приоритетных объектов или отраслей, для которых вопрос улавливания парниковых газов является первостепенным.

3. При использовании кластерного анализа для районирования территории по отдельной группе показателей (в данной работе по источникам и выбросам парниковых газов) необходимо приводить параметры к единице площади территории или к численности населения, учитывать от-

раслеву структуру района и уровень эксплуатации природных объектов. Для анализа результатов по полученным кластерам целесообразно применять дополнительные методы анализа. Так, применение линейного тренда описывает в среднем снижение объемов выбросов углекислого газа по 1 и 2 кластерам на 0,75 и на 1,02 единицы измерения соответственно.

Список литературы / References

1. Degefie D.T., Fleischer E., Klemm O., Soromotin A.V., Soromotina O.V., Tolstikov A.V., Abramov N.V. Climate extremes in south western siberia: past and future. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2014. Т. 28. № 8. P. 2161–2173. DOI: 10.1007/s00477-014-0872-9.
2. Биненко В.И., Шевчук В.О. Региональный мониторинг концентрации парниковых газов на основе наземных и спутниковых измерений // *Региональная экология*. 2013. № 1–2 (34). С. 119–129.
3. Binenco V.I., Severuhina V.O. Regional monitoring of greenhouse gas concentration based on ground and satellite measurements // *Regional ecology*. 2013. № 1–2 (34). P. 119–129 (in Russian).
4. Биненко В.И., Северюхина А.С. Изменчивость концентрации метана в атмосфере над Санкт-Петербургом и близлежащими регионами // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2018. № 50. С. 137–151.
5. Binenko V.I., Severyukhina A.S. Variability of concentration of methane in the atmosphere over St. Petersburg and the nearby regions // *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. 2018. № 50. P. 137–151 (in Russian).
6. Антонов К.Л., Поддубный В.А., Маркелов Ю.И., Бувич А.Г., Медведев А.Н., Манжуров И.Л. Некоторые ито-

ги мониторинга парниковых газов в арктических регионах России // Арктика: экология и экономика. 2018. № 1 (29). С. 56–67. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-56-67.

Antonov K.L., Poddubnyi V.A., Markelov U.I., Buevich A.G., Medvedev A.N., Manjurov I.L. Some results of greenhouse gas monitoring in Arctic regions of Russia // *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2018. № 1 (29). P. 56–67 (in Russian).

5. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: Академия, 2004. 416 с.

Puzachenko U.G. Mathematical methods in environmental and geographical studies. M.: Academia, 2004. 416 p. (in Russian).

6. Малышкин Н.Г. Оценка экологической безопасности районов юга Тюменской области на базе совокупности критериев // *АгроЭкоИнфо*. 2018. № 4 (34). [Элек-

тронный ресурс]. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/4/st_419.doc (дата обращения: 21.10.2019).

Malyshkin N.G. Assessment of environmental safety of regions of the South of the Tyumen region on the basis of set of criteria // *Agroecoinfo*. 2018. № 4(34). [Electronic resource]. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/4/st_419.doc. (date of access: 21.10.2019) (in Russian).

6. Малышкин Н.Г., Петров Г.Л., Петрова Е.Ю. Оценка уровня воздействия хозяйственной деятельности на атмосферный воздух методом простого ранжирования // *Успехи современного естествознания*. 2019. № 5. С. 70–75.

Malyshkin N.G., Petrov G.L., Petrova E.U. The analysis of level of impact of economic activity on atmospheric air by method of simple ranging // *Advances in current natural sciences*. 2019. № 5. P. 70–75 (in Russian).

УДК 504.4.054 (282.247.37)

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ПОНУРА****Мамась Н.Н.***Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар,
e-mail: natamamas@mail.ru*

Сегодня в степной зоне Краснодарского края формируется свой гидрологический режим. Это вполне приемлемо при возделывании сельскохозяйственной продукции в условиях Южного федерального округа. В степной зоне Краснодарского края сформирован равнинный рельеф с понижениями к водосборной площади рек. В поймах речных ландшафтов сегодня выращивают овощи, бахчевые, кукурузу, эта территория приспособлена под сельскохозяйственные агроценозы. Рассматриваемая река Понура проложила путь себе через Динской и Калининский районы Краснодарского края. Берега у Понуры пологие, а ландшафт долины реки имеет равнинно-степной вид. Профиль реки имеет трапециевидную форму, некоторые участки реки заилены и малопроточны. Понура содержит много органики, на что невозможно не обратить внимание. Органическое вещество также есть в воде или в донных отложениях. Наличие органики в донных отложениях может служить признаком активности биологических процессов в реке. Развитие пышной растительности по берегам Понуры способствует увеличению содержания органического вещества, что связано с развитием микроорганизмов и впоследствии мы наблюдаем цветение воды. Собрав донные отложения, проведено биотестирование. Высаживалась пшеница, и ее чувствительность к токсичным загрязняющим веществам позволила сделать вывод о возможности применения органического вещества со дна р. Понуры для увеличения гумуса в почве. Результаты процентного содержания органического вещества в донных отложениях представлены в полном объеме. В течение года количество органики может терпеть определенные колебания. Было отмечено, что пробы ила в феврале накопили 1,69%, а в августе количество органического вещества возросло до 3,19%. Возможно, это связано с активностью процессов, которые способствуют росту растений и микроорганизмов в летний период. Так как р. Понура имеет спокойное течение, то и накопление органического вещества происходит интенсивнее.

Ключевые слова: река Понура, органическое вещество, ил, донные отложения**RESEARCH OF THE CONTENT OF ORGANIC MATTER IN BOTTOM
SEDIMENTS ON THE EXAMPLE OF THE PONURA RIVER****Mamas N.N.***Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, e-mail: natamamas@mail.ru*

Today in the steppe zone of the Krasnodar Territory, its own hydrological regime is being formed. This is quite acceptable for the cultivation of agricultural products in the conditions of the southern federal district. In the steppe zone of the Krasnodar Territory, a flat relief is formed with depressions to the catchment area of the rivers. Vegetables, cucurbits and corn are grown today in floodplains of river landscapes; this territory is adapted for agricultural agrocenoses. The Ponura River in question paved its way through the Dinskaya and Kalininsky districts of the Krasnodar Territory. The banks near Ponura are gentle, and the landscape of the river valley has a plain-steppe appearance. The river profile has a trapezoidal shape, some sections of the river are silty and low flow. Ponura contains a lot of organic matter, which cannot be ignored. Organic matter is also found in water or in bottom sediments. The presence of organic matter in the bottom sediments may serve as a sign of the activity of biological processes in the river. The development of lush vegetation along the banks of the Ponura contributes to an increase in the content of organic matter, which is associated with the development of microorganisms and subsequently lead to the flowering of water. After collecting bottom sediments, a bioassay was carried out. Wheat was planted and its sensitivity to toxic pollutants allowed to conclude that it is possible to use organic matter from the bottom of the Ponura River to increase humus in the soil. The percentage results of organic matter in bottom sediments are presented in full. During the year, the amount of organics can endure certain fluctuations. It was noted that sludge samples in February accumulated 1.69%, and in August the amount of organic matter increased to 3.19%. Perhaps this is due to the activity of processes that contribute to the growth of plants and microorganisms in the summer. Since the Ponur River has a calm flow, the accumulation of organic matter is more intense.

Keywords: Ponura river, organic matter, silt, bottom sediments

Сегодня орошается в степной зоне Краснодарского края площадь около нескольких сотен или даже около тысячи гектаров. Здесь формируется свой гидрологический режим. Это вполне приемлемо при возделывании сельскохозяйственной продукции в условиях Южного федерального округа. В степной зоне Краснодарского края сформирован равнинный рельеф с понижениями

к водосборной площади рек [1]. В поймах речных ландшафтов сегодня выращивают овощи, бахчевые, кукурузу, эта территория приспособлена под сельскохозяйственные агроценозы. Рассматриваемая река Понура проложила путь себе через Динской и Калининский районы Краснодарского края. Берега у Понуры пологие, а ландшафт долины реки имеет равнинно-степной вид [2]. Про-

филь реки имеет трапециевидную форму, некоторые участки реки заилены и малопроточны. Понура содержит много органики, на что невозможно не обратить внимание. Количество растворённого кислорода снижается, а расходуется он постепенно, одновременно с изменением площади водного зеркала [3]. Органическое вещество также присутствует в воде или в донных отложениях. Содержание органики в донных отложениях в реке служит признаком активности биологических процессов. Развитие пышной растительности по берегам Понурсы способствует увеличению содержания органического вещества, что связано с ростом и отмиранием растений, развитием микроорганизмов, и впоследствии мы наблюдаем цветение воды. Собрав донные отложения, проведено биотестирование. Высаживалась пшеница, и ее чувствительность к токсичным загрязняющим веществам позволила сделать вывод о возможности применения органического вещества со дна р. Понура для увеличения гумуса в почве.

Далее нас заинтересовали колебания органики в течении года. Различия отмечались по сезонам. Так разница между февралём и августом составила 2% в сторону увеличения в тёплый период времени. Возможно, это связано с усилением процессов, которые способствуют росту растений и микроорганизмов в летний период. Так как р. Понура имеет спокойное течение, то и накопление органического вещества происходит интенсивно [4].

Наши исследования осуществлялись на реке, что является замечательным примером для демонстрации аккумуляции органического вещества в степной зоне Кубанских равнин. Понура относится к степным рекам Краснодарского края. Она протекает в Динском и Калининском районах Краснодарского края. Её исток в точке слияния рек первая Понура и вторая Понура, на расстоянии 4 км к западу от станицы Динской. У обеих рек родниковое питание. Питание у реки атмосферное и частично грунтовое. Переменный водный режим. Уровни воды и расходы ее изменяются по сезонам года. На берегах реки располагаются такие станицы, как Новотитаровская, Нововеличковская, Бойкопонура, Старовеличковская, Калининская. После станицы Калининской река впадает в канал, попадающий в лиман Понурский, из которого вытекает река Крутой Ерик. Балки Осечки и Найдорфская и ещё около 15 мелких притоков входят в бассейн реки. Водосбор в бассейне

реки Понура составляет 1196 км², и большая часть площади поймы приходится на равнину. По всей длине реки, составляющей 97 км, насчитываются 74 дамбы и построен 61 пруд. Это сказывается на функционировании реки. Вся площадь водной поверхности реки Понура, составляющая 35 546 тыс. м², имеет незначительную скорость течения, а в тихих заводях течение практически отсутствует [3]. Особенности почвенно-растительного покрова связывают с рельефом. В центральной части поймы распространяются богатые разнотравьем луга и дубравы. Заболоченные переувлажненные комплексы находятся в замкнутых понижениях. Хозяйственная деятельность в пойме реки Понура влечёт за собой нарушение экологических условий в речной долине. Возможно, следствием этого является обмеление, заиление реки, усыхание и исчезновение дубрав, изменение естественных луговых сообществ. Равнинно-степной ландшафт долины реки имеет пологие склоны. По поперечному профилю долина реки широкая, и у нее трапециевидная форма с прямыми или выпуклыми пологими склонами. Пологие склоны береговой зоны сложены глинами с прослойками легких суглинков, а в нижней части склоны представлены только глинами [4]. Подобного типа реки имеют неглубокие, симметричные долины, слабо разработанные в верховьях и заметно расширяющиеся к середине, а их наибольшая ширина отмечается в нижнем течении. Берега р. Понура слабо выраженные, ширина русла изменяется от 5–30 м в верховьях до 60–100 м в среднем течении и 15–200 м в низовьях. Коэффициент извилистости составляет 1,0–1,07. У реки небольшие гидравлические уклоны, она обладает спокойным течением (максимальные скорости 0,6–0,8 м/с). Бассейн р. Понура изрезан долинами ее притоков, балками, оврагами, иногда осложняется влажными котловинами (болотами), особенно в нижней части реки.

Образование речной поймы р. Понура Краснодарского края связано с развитием в русле аккумулятивных скоплений наносов. Так, например, в ст. Незамаевской на берегу р. Ея почва сероватая с примесью песчаных и илистых частиц, которые принесены потоком, и при изменении горизонта воды от паводка (половодья) к межени отдельные части прирусловых отмелей выходят из-под воды, а затем постепенно закрепляются естественной растительностью. Такие же характерные участки были сформированы в точке разме-

щения створа у ст. Каниболотская – Красный Поселок, где правый берег реки Ея размывается и приподнят над уровнем воды на высоту около полуметра [4].

В настоящее время актуальной и серьезной проблемой является заиливание водоемов. Любое водохранилище является не только хранилищем воды для системы питьевого водоснабжения, но и самым эффективным накопителем ила, состав которого определяется качеством хозяйственной деятельности на территории водосбора. Вымывание органического вещества с агро-систем в пойме происходит за счет ведения активной хозяйственной деятельности. Впоследствии в верхнем слое сапропеля может концентрироваться и накапливаться вымытая органика [5]. Накоплению в донных отложениях и оседанию на дно загрязняющих веществ способствует интенсивное преобразование берегов [6]. Совместно с органическими отходами речные илы могут образовывать органоминеральные компосты. Такие органоминеральные смеси оказывают огромную роль в улучшении как физических (структурообразование, создание благоприятных водных и воздушных режимов), так и химических свойств (сохранение и повышение содержание органического вещества, обогащение элементами минерального питания) почвы. На кафедре общей биологии и экологии Кубанского государственного аграрного университета ведутся исследования по установлению химико-биологических связей между почвой и различными видами отходов и их смесей. Органическое вещество – это источник энергии, который представляет собой сочетание отмирающих микроорганизмов, мхов, лишайников, животных и зеленых растений, находящихся на различных стадиях разложения. Накопление этих почвенных органических частиц, называемых гумусом, на 85–90 % представлено гумусовыми веществами (фульвокислоты, гуминовые кислоты и гумин), на 50–60 % это углерод, 30–45 % кислород и 2,5–5 % азот и минимальное количество серы, фосфора и других элементов [7]. Накопление органики в донных отложениях – это важнейший фактор, который может влиять на качество водоёма, а также имеющий определяющее значение при применении ила во время очистки реки. Цель нашей работы – определить содержание органического вещества в донных отложениях на примере реки Понура.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели осуществлялся отбор проб верхнего слоя донных отложений р. Понура в станице Калининской. Отбор донных отложений проводился согласно ГОСТ 17.1.5.01–80, на глубине 5 см. После этого пробы помещались в герметичную тару для дальнейшей транспортировки в ООО «Калининская лаборатория № 1». Метод Тюрина в модификации ЦИНАО, в соответствии с ГОСТ 26213-91, предусматривает окисление органического вещества раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте и последующим определением трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества, на фотоэлектрокалориметре.

Для того чтобы провести анализ, мы растёрли в фарфоровой ступке 3–5 г сухих донных отложений. В анализе используется хромовая смесь, раствор соли Мора, а также щелочной раствор натрия сернистокислого.

Для определения содержания органического вещества были подготовлены пробирки, установленные в штативе с пробкой, содержащей исследуемые донные отложения. Добавив 10 см³ хромовой смеси и перемешивая стеклянной палочкой, пробирки ставили на водяную баню с кипящей водой на 1 ч, а после этого на водяную баню с холодной водой для охлаждения. После охлаждения пробирок прибавили 40 см³ дистиллированной воды и тщательно перемешали, при этом некоторое незначительное продолжение времени выдержали для осаждения на дно мелких твердых частиц.

Пробу донных отложений поместили в кювету, толщина стенок у которой составляет 1–2 см и сопоставили с особым нормативным раствором и в итоге рассчитали массовую долю с помощью фотометрирования. Полученные результаты анализа обрабатывались в программе Excel. Полученные результаты для каждого исследуемого образца отразили закономерность в распределении количества органического вещества на правом берегу р. Понура в станице Калининской.

Органическое вещество в иле, скопившемся на дне реки, способны быть показателями активности биологических процессов в этом водоёме. А также такой коэффициент устанавливает значимость илистых накоплений для применения в аграрном хозяйстве, например как компонент сложного компоста. Сегодня этот слой органики используется в лечебных целях для борьбы с «почесухой», многие ландшафтные дизай-

неры используют в озеленении компосты на основе речных отложений и самый распространённый способ – ему нашли применение дачники, которые успешно увеличивают количество гумуса на своём огороде.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью определения содержания органического вещества, для достижения установленной цели, нами были выбраны пробные площадки на правом берегу р. Понура, отобраны девять проб донных отложений, т.е. по три повторности в каждом створе. Створ реки представляет собой условную вертикальную плоскость, проходящую перпендикулярно течению, через две точки берега. Отбор проб проводился согласно ГОСТ 17.1.5.01–80. Дистанция между тремя створами, размещенными на участке р. Понура, составила километр. Пойма первого и второго створа характеризуется луговым степным ландшафтом, где часто пасутся домашние животные, спускаясь к реке на водопой. Здесь отчётливо видно зарастание водоёма рогозом и камышом. Заросли этих гигрофитов заходят на берег на расстояние от 0,5 м до 1 м. Область зарастания на первой пробной площадке составляет приблизительно 120 м². Общее проективное покрытие (ОПП) травянистой растительности на первой пробной площадке достигало около 50%.

Второй створ приходится на огород, который на 1⁰–2⁰ имеет уклон к реке и, в соответствии с этим, вода из реки используется для полива овощей и по уклону тонкодисперсные частицы почвы попадают в водоём, способствуя его заилению. Площадь зарастания на второй пробной площадке составляет около 50 м². ОПП травянистой растительности на второй пробной площадке является 100%.

Третий створ выбран на расстоянии 950 м ниже по течению от второго створа и на расстоянии 2 км от первого створа. Пойменная территория занята с агроландшафтом. Поля в период изучения обрабатываются техникой после уборки урожая, там выращивались зерновые. Отобрав илы с глубины 10 см, проанализировали в ООО «Калининская лаборатория № 1», а результаты были таковыми: из трёх створов по три повторности получилось 9 проб донных отложений. Органическое вещество в первом створе в центре станицы, на берегу реки Понура во всех пробах ила было 1,8%, 2,4% и 2,5% органики. Выше по те-

чению, во втором створе, количество органики составляло 2,1; 2,3 и 2,6%. Это места, где часто пасутся домашние животные, спускаясь к реке на водопой. За населённым пунктом, на расстоянии 1000 м от первого створа, ниже по течению, количество органического вещества увеличивалось на 0,9% по отношению к результатам отбора в центре станицы Калининской и достигало 2,7%, 3,3% и 3,4% соответственно.

Органические вещества состоят из помертных и прижизненных выделений гидробионтов; поступлений с атмосферными осадками, с поверхностным стоком в результате взаимодействия атмосферных вод с почвами и растительным покровом на поверхности водосбора; поступлений с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами. Попадая в водную среду, они подвергаются действию микроорганизмов, в первую очередь аэробных бактерий. Если концентрация органических веществ ниже определенного, предельного уровня, то происходит восстановление природного режима рек. Но как только концентрация загрязняющих веществ становится слишком высокой, их распад приводит к полному исчезновению кислорода, что пагубным образом отражается на множестве обитающих в водоемах живых существ, в первую очередь – на рыбах. В результате распада органических веществ образуются разнообразные продукты, среди них целый ряд веществ, содержащих амины, вызывающих загнивание вод, в отсутствие кислорода в воде развиваются восстановительные процессы, в частности сульфаты восстанавливаются до сероводорода. Этот процесс протекает при бактериальном разложении и биохимическом окислении органических веществ естественного происхождения, и веществ, поступающих в водоем со сточными водами. Для многих гидробионтов сероводород смертелен даже в малых концентрациях. Образование больших количеств этого газа может вызвать заморы рыб. Наличие сероводорода в водах служит показателем сильного загрязнения водоема органическими веществами [2].

Позже мы задумались о различии в количестве процентного содержания органики по сезонам года. Относительно времени года была обнаружена разница в содержании органического вещества. Аккумуляция в донных отложениях органического вещества составляет в центральной части станицы от 2,4% в мае и достигает максимума в августе, когда концентрация его увеличивается

до 3,19%, а затем снижается до минимума в феврале и составляет 1,69%. По всей видимости, увеличение содержания органического вещества в донных отложениях в теплые месяцы связано с активно развивающимися биологическими процессами: ростом и отмиранием растений, развитием микроорганизмов, цветением воды.

Далее нами рассчитывался объём ила на берегу. Было замечено, что объём ила изменяется от 1,3 до 2,7 м³ на пробных площадках вдоль берега. На первой пробной площадке средняя высота слоя ила составила 11,7 см, а объём ила на исследуемой площади достигал 2,3 м³. На второй опытной площадке отмечена мощность слоя 6,7 см, объём ила составил всего 1,3 м³, а на третьей пробной площадке зафиксированы максимальные значения, толщина ила составила в среднем 13,7 см, а объём был наибольшим и зафиксирован на отметке 2,7 м³. Речной ил можно использовать как органическое удобрение в сельском хозяйстве, ведь в нем имеется высокое содержание фосфора, а низкое количество азота и калия. Он оказывает положительное действие на почвы, улучшая их механическую структуру, аэрацию, влагоудерживающую и влагопоглотельную способность, а также поможет активировать почвенные процессы, благодаря появлению исчезающего в черноземах гумуса. Благодаря наличию органики в речном иле им можно заменить навоз КРС, внося ил на поля в сельском хозяйстве. Чтобы применить органику, накопившуюся на дне реки, необходимо уверенно заявить о низкой токсичности. Токсичность – свойство, которое способно оказывать вредное действие на организм, проявляющееся в нарушении его физиологических функций, способное привести к интоксикации организма, а при тяжелых формах возможен летальный исход.

Нами был применен метод биотестирования, для этого в течение трех дней к зернам, находящимся в плоском лабораторном цилиндрическом сосуде добавлялось по 10 мл вытяжки из ила, а в контроль обычная вода. Оставили чашки с зёрнами на теневой стороне в лаборатории и следили, чтобы количество влаги было достаточным для завершения опыта по биотестированию. Зерна набухли уже на следующий день, а спустя несколько дней проводились измерения длины главного корня. Внешне ростки пшеницы в чашках с водной вытяжкой из ила были выше на 1,0–1,5 см. Проведенный нами опыт показал, что всхожесть пшеницы в водной вытяжке из ила хорошая. Опытные образцы пшеницы имеют отличную реакцию на токсические свойства и, значит, можно сделать вывод о низкой токсичности и возможности использования органики на дне реки. Результаты занесены в табл. 1.

При обработке полученных результатов мы применяли формулу (*) для расчета среднего арифметического показателя:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (*)$$

Сумма значений всех вариантов, относительно к числу вариантов имеет смысл, так как полученные данные качественно однородны. Всхожесть пшеницы составила в среднем 90% во всех вариантах опыта. Показатели длины главного корня также были выше в вариантах с илом, самый длинный корень 11,2 см, а в контроле оказался самый маленький корень, всего 0,7 см. Следовательно, вещества, находящиеся в донных отложениях, благоприятно влияют на всхожесть пшеницы. Результаты опыта с проростками пшеницы оказались положительными.

Таблица 1

Биотестирование на примере зерновых

вариант	Всхожесть, %			Длина главного корня, см		
	повторность			повторность		
	1	2	3	1	2	3
1	80,0	90,0	90,0	4,8	6,9	3,4
2	90,0	80,0	90,0	5,5	5,3	5,2
3	90,0	100,0	90,0	5,5	4,9	4,4
контроль	90,0	80,0	100,0	1,9	4,4	3,6
Среднее	87,5 ± 2,5	87,5 ± 4,7	92,5 ± 2,5	4,42 ± 0,85	5,38 ± 0,54	4,15 ± 0,42
Стандартное отклонение	5,0	9,6	4,0	1,7	1,1	0,8
Дисперсия выборки	25,0	92,0	25,0	2,9	1,2	0,7

При оценке плодородия почвы и эффективности применения органических удобрений с донными отложениями лучше всего использовать культурные растения, так как они являются надежными индикаторами. Проведенный анализ исследуемого образца почвы, в которую вносился компост, показал заметное повышение содержания органического вещества в вариантах с внесением в почву органической части твердых бытовых (коммунальных) отходов в соотношении 1:1 и внесением в почву сложного компоста из органической части твердых бытовых (коммунальных) отходов и речного ила в пропорции 1:1:1 (табл. 2).

Таблица 2
Влияние компоста на содержание органического вещества, %

Вариант	Содержание органического вещества, %
Почва (контроль)	4,12
Почва и органические отходы (1:1)	4,26
Почва, органические отходы и речной ил (1:1:1)	4,60

Повышение в почве органики обусловлено поступлением её с речным илом и органическими отходами. Значение рН при этом менялось в диапазоне 6,8–7,3.

При наблюдении за развитием растений отмечено, что цвет листьев имел равномерную интенсивную зеленую окраску без бледно-зеленых пятен, что может свидетельствовать о достаточном питании растений.

Выводы

Таким образом, из всех проанализированных образцов ила самым высоким было значение 3,19%. Отбор проб пришелся на летний августовский месяц. Самое маленькое значение органического вещества (2,21 %) мы зафиксировали зимой в феврале 2017 г. Исследования проводились в станице Калининской. Для сравнения нами были выбраны пробные площадки не только в населенном пункте, но и в прибрежной зоне макроландшафта, за станицей, выше и ниже по течению, в местах разного использования берегов. Накопление органики сильно не отличалось и изменялось в пределах 1,98% и до 4,14%. Вероятнее всего, это связано с активностью процессов, которые способствуют росту растений и размножению микроорганизмов, особенно в летний период. Из-за того, что р. Понура не отличается быстрым течением накопление органического

вещества происходит интенсивнее. Проведя исследования по токсичности, мы обратили внимание, что всходы пшеницы очень чувствительны к токсическим веществам, которые могут содержаться в донных отложениях, поэтому, проводя биотестирование, отметили, что вытяжка из ила и органическое вещество в донных наносах положительно влияют на всхожесть пшеницы, а значит, не являются токсичными, что позволит применять органику, накопившуюся на дне реки.

Список литературы / References

1. Суслов О.Н. Степные реки Краснодарского края. Краснодар: КубГАУ, 2015. 256 с.
Suslov O.N. Prairie River in the Krasnodar region. Krasnodar: KubGAU, 2015. 256 p. (in Russian)
2. Волошина Г.В. Экологическое состояние бассейна реки Понура и предложения по улучшению его функционирования: дис. ... канд. биол. наук. Краснодар, 2007. 184 с.
Voloshin G.V. Ponura river basin ecological status and proposals to improve its functioning: dis. ... kand. biol. nauk. Krasnodar, 2007. 184 p. (in Russian).
3. Анастасьева И.В., Соловьева И.А., Коломоец П.П. Берегоукрепление реки Нальчик в Кабардино-Балкарии // Экология речных ландшафтов. Сборник статей по материалам II Международной научной конференции (г. Краснодар 7 декабря 2017г). Краснодар: Изд. КубГАУ, 2018. С. 12–16.
Anastasyeva I.V., Solovyova I.A., Kolomoets P.P. Bank protection of the Nalchik River in Kabardino-Balkaria // Ekologiya rechnykh landshaftov. Sbornik statey po materialam II Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (g. Krasnodar 7 dekabrya 2017 g). Krasnodar: Izd. KubGAU, 2018. P. 12–16 (in Russian).
4. Нагалецкий Ю.Я., Юрченко Н.В. Гидрографическая сеть степных рек Азово-Кубанской равнины // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: материалы XV Межреспубликанской научно-практической конференции. Краснодар, 2002. С. 127–131.
Nagalevskiy Yu.Ya., Yurchenko N.V. Hydrographic network of the steppe rivers of the Azov-Kuban Plain // Aktual'nyye voprosy ekologii i okhrany prirody ekosistem yuzhnykh regionov Rossii i sopredel'nykh territoriy: materialy XV Mezhrespublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Krasnodar, 2002. P. 127–131 (in Russian).
5. Мамась Н.Н. Особенности формирования пойм степных рек Краснодарского края // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2011. Т. 7. № 2. P. 72–83.
Mamas N.N. Specifics of floodplain formation of steppe rivers in Krasnodar territory // Ekologicheskii Vestnik Severnogo Kavkaza. 2011. T. 7. № 2. P. 72–83 (in Russian).
6. Кузнецов Е.В., Папенко И.Н., Звонков Н.К., Яшенко К.В. Исследование зимне-весеннего водно-речурсного потенциала на водосборах рек Краснодарского края в 2017 году // Труды кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 65. С. 151–156. DOI: 10.21515/1999-1703-65-151-156.
Kuznetsov Ye.V., Papenko I.N., Zvonkov N.K., Yashchenko K.V. Investigation of the winter-spring water-resource potential at the water-gatherings of the rivers of the Krasnodar Territory in 2017 // Trudy kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 65. P. 151–156 (in Russian).
7. Мамась Н.Н. Прибрежно-водные экосистемы равнинной территории Краснодарского края // Научный аспект. 2015. Т. 2. № 1. С. 180–182.
Mamas N.N. Coastal-water ecosystems of the plain territory of the Krasnodar Territory // Nauchnyy aspekt. 2015. T. 2. № 1. P. 180–182 (in Russian).

УДК 502.2

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ПРОБЛЕМЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОЛЕНЕКСКОГО УЛУСА С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Николаев А.А.

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: cd051@mail.ru*

Впервые проведен анализ и описание природных, геоморфологических, климатических, растительных и др. особенностей Оленекского улуса и находящихся в них особо охраняемых природных территорий – ресурсных резерватов для выяснения естественной среды рельефа, русел поверхностных вод, ландшафта, растительности, животных ресурсов. На территории Оленекского улуса в настоящее время ведутся широко-масштабные геолого-разведочные и поисковые работы месторождений драгоценных камней и редкоземельных металлов промышленными предприятиями и компаниями, ведется локальная их добыча с большими изменениями рельефа, стока рек и речек, накоплением отвалов, карьеров, строительством дамб, шахт, инженерных сооружений и автомобильных дорог, загрязнением экосистемы и рек. Особо охраняемые природные территории играют огромную роль в сохранении естественной природной среды, естественного рельефа, почвы, растительности, поверхностных вод, биологического разнообразия и других ее компонентов. Особо охраняемые природные территории в условиях широкомасштабной добычи и разработки полезных ископаемых открытым способом должны иметь больше задач и режимов взаимодействия и функционирования с промышленными предприятиями и компаниями. На территории Оленекского улуса находятся 7 ООПТ – ресурсных резерватов республиканского и местного значения с общей площадью более 11 млн га, занимающие 36% территории от всей площади улуса. Большинство ресурсных резерватов расположены в зоне конфликта землепользования с горнодобывающими предприятиями и компаниями. Анализ рельефа, климата, водных ресурсов и природных особенностей улуса, а также в будущем широкомасштабного использования природных ресурсов и добычи полезных ископаемых для сохранения естественных природных условий в будущем показал, что вероятно, целесообразнее организовать в этих ресурсных резерватах зоны регулируемого промышленного освоения с минимальным уроном на природу. Для лучшего сохранения естественной природной среды всего улуса лучшим вариантом защиты может быть создание во всем улусе зоны традиционного природопользования со строгим контролем в отрасли добычи и разработки полезных ископаемых. Возможно в будущем создание еще нескольких ООПТ в Оленекском улусе для максимального сохранения ранимой северной естественной природной среды.

Ключевые слова: Оленекский улус, Оленекско-Анабарское плоскогорье, ресурсный резерват, промышленные предприятия, традиционное природопользование

NATURAL CONDITIONS AND PROBLEMS OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OLENEKSKY ULUS WITH INDUSTRY

Nikolaev A.A.

The North-Eastern Federal University M.K. Ammosova, Yakutsk, e-mail: cd051@mail.ru

For the first time the analysis and description of natural, geomorphological, climatic, vegetative and other features of Oleneksky ulus and the specially protected natural territories located in them – resource reserves for clarification of a natural environment of a relief, channels of surface waters, a landscape, vegetation, animal resources is carried out. On the territory of Oleneksky ulus, large-scale geological exploration and prospecting works of deposits of precious stones and rare earth metals by industrial enterprises and companies are currently conducted, their local production is carried out with large changes in the relief, flow of rivers and rivers, accumulation of dumps, quarries, construction of dams, mines, engineering structures and roads, pollution of the ecosystem and rivers. Specially protected natural areas play a huge role in the preservation of the natural environment, natural topography, soil, vegetation, surface waters, biological diversity and other components. Specially protected natural areas in the context of large-scale mining and development of minerals in the open way should have more tasks and modes of interaction and functioning with industrial enterprises and companies. On the territory of Olenek ulus there are 7 protected areas-resource reserves of national and local significance with a total area of more than 11 million hectares, occupying 36% of the territory of the entire area of the ulus. Most of the resource reserves are located in the conflict zone of land use with mining enterprises and companies. Analysis of the topography, climate, water resources and natural features of the ulus, as well as in the future large-scale use of natural resources and mining for the preservation of natural conditions in the future, it is probably best to organize in these resource reserves zones of regulated industrial development with minimal damage to nature. In order to better preserve the natural environment of the entire ulus, the best protection option may be to create a traditional nature management zone throughout the ulus with strict control in the mining and development industry. It is possible in the future to create several more protected areas in Oleneksky ulus for maximum preservation of the vulnerable Northern natural environment.

Keywords: Olenek ulus, Olenek-Anabar plateau, resource reserve, industrial enterprises of the North, traditional nature management

Оленекский улус расположен на северо-западе Якутии. Территория Оленекского улуса лежит между 64° и 72° с.ш., 106° и 123° в.д. Территория находится за По-

лярным кругом и является самой большой среди улусов республики. Площадь улуса равна 318 тыс. кв. км. До настоящего времени природные условия и их компоненты

Оленекского улуса и расположенные в них особо охраняемые природные территории (ООПТ) не изучались и не описывались. В связи с уменьшением запасов алмазов в соседнем Мирнинском улусе республики промышленные предприятия и компании активно стали вести геолого-разведочные и поисковые работы в Оленекском улусе, а в некоторых местах уже ведут открытую добычу с образованием большого объема отвалов и горных пород. Так как ООПТ в улусе были созданы только с 1999–2000 гг., в этом вопросе возникает конфликтная ситуация и проблемы между природоохранной деятельностью улуса и республики и местным населением с горнопромышленными и горнодобывающими предприятиями, ведущих сейчас подобные работы. Не секрет, что добыча полезных ископаемых в Якутии производится с огромными изменениями облика рельефа, созданием отвалов, карьеров, шахт, изменением русел рек и речек, созданием дамб и плотин, автодорог и других инженерных сооружений, что кардинально меняет естественные природные условия определенного региона.

Поэтому изучение и описание природных условий и их естественных форм рельефа, поверхностных вод улуса и других ее компонентов, где расположены ООПТ, является особенно актуальным в настоящее время. Это позволит выяснить оптимальную форму сохранения его ландшафтов посредством создания буферных зон, особых функциональных зон в ООПТ улуса.

Цель исследования: изучение, анализ и описание современного состояния природных, геоморфологических, гидрологических, климатических, экологических и горно-разведочных, горнопромышленных проблем на территории Оленекского улуса и особо охраняемых природных территорий для создания в них особых форм режима и функционального зонирования по отношению с промышленными предприятиями и компаниями для сохранения в дальнейшем естественной природной среды улуса.

Материалы и методы исследования

При проведении работы использовались литературные, полевые, аналитические камеральные, архивные материалы изучения Оленекского улуса и их ООПТ. При описании геоморфологии, гидрологии, растительности, животного мира, изучении природных особенностей Оленекского улуса руководствовались многолетними исследованиями автора. Изучение функционального зониро-

вания и режимов в различных формах ООПТ во взаимодействии с горнопромышленными предприятиями и компаниями, а также взаимоотношений местного населения, решение конфликтных ситуаций, законодательные инициативы опирались на работы и исследования С.В. Бердинских [1], А.Е. Волкова [2], М.С. Стишова [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Расположение Оленекского улуса на северо-западе Якутии определяет его географическое положение; он находится под постоянным воздействием холодных арктических масс воздуха. Огромный размер территории и своеобразный рельеф оказывают большое влияние на формирование природных условий. Территория улуса входит в пределы двух зональных природных комплексов: типичной тундры, лесотундры и северной тайги.

Территория Оленекского улуса представляет собой плоскогорье со средними высотами 300–400 м Сибирской платформы. Плоскогорье является водосборным бассейном рек Оленек и Анабар и соответственно называются Оленекско-Анабарским плоскогорьем, являясь северо-восточной окраиной Сибирской платформы, оно располагается к западу от Ленской низменности. Оленекско-Анабарское плоскогорье – это плоскогорье в целом полого спускающееся здесь заметными уступами, обращенными к Лено-Анабарской низменности. Плоскогорье в северо-восточной части разделено от кряжа Чекановского довольно глубокой тектонической впадиной по ширине 15–30 км, в который протекают реки Эйкеит и Келимяр. Над выровненной денудацией поверхностью плоскогорья несколько приподняты.

Рельеф плоскогорья за долги тысячелетия образования сформирован эрозией, в основном деятельностью рек. Глубина долин крупных рек плоскогорья в среднем 150–350 м, но у менее малых рек до 100 м, при ширине 0,5–1,0 км. Поперечные профили речных долин представляют собой корытообразный вид, правый склон которых несколько круче, где порою обнажаются коренные породы. Этим и объясняется, наверное, более облегченный поиск и геологоразведка полезных ископаемых в данном улусе.

У большинства речных долин верховья рек склоны пологие, днища в основном болотистые. Реки Оленек и Анабар прорезают слагаемые коренные породы, которые с раз-

витиём выработали довольно узкие долины с крутыми скалистыми берегами высотой 200–252 м. На более высоких участках плоскогорья преобладают эрозионные формы рельефа и формы, выработанные физическим выветриванием. В северной части плоскогорья довольно обширные тектонические понижения. На границе с Оленекско-Анабарской низменностью преобладает волнистый рельеф с относительными высотами до 100 м. Полого-увалистый рельеф развит в более высоких северных районах междуречья рек Лены и Оленек и близ Анабарского массива. Среди ровного плато в северо-западной части возвышенности Сюрех-Джангы выделяется грядовой рельеф.

Анабарский массив Оленекско-Анабарского плоскогорья представляет собой более приподнятую часть. Восточная часть Анабарского массива, который расположен в пределах северо-западной Якутии представляет собой куполообразный массив, расчлененный долинами рек и речек, который возвышается над средним уровнем плоскогорья на 350–400 м. В середине данного массива располагается вытянутая по западной границе Якутии – возвышенность Халганнаха, некоторые вершины которых достигают до 900 м. Хотя, в общем, Анабарский массив представляется в виде сравнительно ровного плато, для его рельефа характерно чередование довольно глубоких крутосклонных речных долин, со слабоволнистыми водораздельными пространствами. Там, где слабо накопленные кембрийские породы (на окраине массива) переходят в складчатые структуры, характер рельефа постепенно меняется. Краевая зона массива (высоты до 500–600 м) характеризуется спокойным денудационно-эрозионным рельефом, осложненным на некоторых участках вводно-ледниковыми формами. Пояс моренных отложений, образующих водораздельные гряды, местами прерывается широкими корытообразными долинами с довольно высокими – 150–200 м склонами и почти плоскими днищами, в которых протекают извилистые реки с широкими поймами [4].

Современная эрозия здесь слаба, выходы коренных пород редки. Террасы на склонах до 4–6 м выражены отчетливо. На реке Хатырык первая надпойменная терраса – на высоте 4–6 м, вторая – 7–9 м. Денудационно-эрозионный холмистый рельеф, характерный для южного края мас-

сива, проходит вдоль долины реки Анабар (Большая Куонамка) в нижнем ее течении и долин других рек во внутреннюю зону массива. С приближением к внутренней зоне массива, примерно в средних течениях стекающих с него рек, крутизна его склонов возрастает. Многие глубокие – 200–300 м долины приобретают вид каньонов; выходы коренных пород встречается часто. На этих участках общего перегиба склона насчитывается до шести нешироких террас.

Оленекско-Анабарское плоскогорье в юго-западной части значительно приподнято на 300–450 м. На водоразделе бассейнов рек Виллой и Оленек располагается цепь трапповых возвышенностей, называемые нередко Виллойскими горами. Они сложены почти горизонтальными палеозойскими отложениями и пластовыми интрузиями траппов. Пласты траппов оказались на дневной поверхности в результате длительной денудации [4].

В целом поверхность в зоне трапповых возвышенностей имеет вид высокого выровненного плоскогорья, резко расчлененного глубокими долинами на столовые возвышенности средней высоты 700–800 м, а некоторые до 960 м. Участки, сложенные осадочными породами, легче поддающимся разрыву, имеют высоты на 200–300 м меньше; долины здесь хорошо разработаны, дно заболочено. Довольно крупные реки: Моркока, Могды, Нижний Виллойкан и другие, прорезая трапповые массивы, образуют глубокие ущелья, на которых встречаются столбы, скалистые выступы и ниши, другие участки разнообразной причудливой формы. Поэтому многие участки вблизи рек приобрели рельеф, подобный горному.

Вся остальная часть Оленекско-Анабарского плоскогорья представляет собой относительно ровную платообразную поверхность в пределах 300–350 м. Лишь в самой северной части оно кое-где понижается до 200–250 м. Наиболее заметны здесь возвышенности: Сюрех-Джангы – между р. Попигай и Анабар – 350 м; Мой – между р. Бур и Оленек – 350 м; Бырая-Тас – между р. Лена и Оленек до 450–490 м [5].

Таким образом, общий облик рельефа рассматриваемой территории определяют пластовые и вулканические или трапповые плато. В пределах названных плат особенно широко развит ступенчато-ярусный останцово-столовый денудационный рельеф. Это так называемый бронированный рельеф. Большая часть плато имеет пологоволни-

стую поверхность, что имеет очень привлекательный внешний вид формы рельефа. Широкомасштабная разработка полезных ископаемых позволит невозвратно потерять естественный облик рельефа улуса, так как в настоящее время разработки на севере России ведутся в основном открытым способом, выносом огромного количества горных пород и образованием искусственных техногенных отвалов.

Климат Оленекского улуса, как и во всей Северной Якутии, весьма суров, что определяется его географическим положением за Полярным кругом и своеобразием здесь господствующих атмосферных процессов, обусловленные значительной удаленностью от Атлантического океана и также удаленностью и защищенности от влияния Тихого океана Северо-Восточными горными хребтами. Как во всей Северной Якутии, здесь наиболее низкие температуры наблюдаются в декабре и январе. По многолетним метеорологическим данным среднегодовая температура воздуха в п. Оленек составила $+13,3^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура воздуха января -40°C , местами достигают -44°C . В теплый период года характерной чертой температурного режима является быстрое нарастание среднесуточных температур весной и довольно быстрое их падение осенью. Самый теплый месяц Оленекского улуса – июль [6].

В связи с очень низкими температурами в зимний период и сравнительно высокими летом выявляется одна из характерных и главных особенностей термического режима улуса, это большие годовые амплитуды температур, достигающие до рекордных значений, которые хорошо подтверждают континентальный климат. Также климат территории определяется образованием мощного сибирского антициклона зимой, свободным и беспрепятственным вторжением арктического воздуха и ряда других обстоятельств региона.

Таким образом, суровый климат улуса дополнительно способствует обустройству инженерных сооружений, коммуникаций, созданию временных вахтовых поселков, автодорог, ведению только открытой добычи полезных ископаемых. Суровый климат в свою очередь также несет определенную, негативную роль в деградации естественной природной среды.

Территория Оленекского улуса располагает большим количеством рек и малых водотоков, озер и болот. Вся речная сеть Оленекского улуса принадлежит к бассей-

ну Северно-Ледовитого океана. Главная водная артерия улуса, это река Оленек. Общая протяженность составляет 2292 км, площадь бассейна реки 220 тыс. кв. км. Река Оленек имеет смешанное питание с преобладанием снегового. Для реки Оленек характерны высокие весенние половодья, небольшие летние и осенние паводки преимущественно от дождя, исключительно длительная и низкая межень как и во всех рек Якутии. Река Оленек свое начало берет с горы Янгкан на невысоком хребте, которая отделяет бассейн данной реки от Хатанги. Кроме реки Оленек в речную сеть Оленекского улуса входят малые реки как: Биректе, Большая Куонамка, Малая Куонамка, Арга-Сала, Марха, Муна, Силигир, Уджа и другие. В настоящее время реки и речки Оленекского улуса являются самыми экологически чистыми в республике, с самой чистой рыбой [4].

Естественные крупные и мелкие водотоки улуса в ходе разработки и добычи полезных ископаемых также могут крупно пострадать. В настоящее время горнодобывающие предприятия используют большие объемы водных ресурсов для обогащения алмазоносных и редкоземельных горных пород, перекрывая естественные стоки рек и речек дамбами для забора воды и выбрасывая отработанные стоки в реки и речки, как правило без соответствующей очистки.

На территории улуса, как и во всей Якутии, преимущественно распространены термокарстовые озера, возникшие в результате проседания грунта на местах протаивания вечной мерзлоты. Эти озера по своим размерам невелики и в основном имеют округло-овальную форму. Сохранение озер также является своеобразной охраной всей экосистемы северных аласов, угодий и кормовых баз для домашних и диких животных улуса, занимающихся традиционным природопользованием.

Территория улуса характеризуется сплошным распространением субарктических редколесий из лиственницы Гмелина. Лиственничные леса занимают около 80% территории. Небольшие участки еловых лесов встречаются вдоль русел крупных рек. В редколесьях помимо мхов и лишайников хорошо развит кустарничковый ярус (ивы, березы, арктоус, багульник, шикша, голубика, толокнянка и др.). Местами обильно встречаются шиповник, брусника, грушанка, хвощи, можжевельник, смородина красная, жимолость [4].

В водоемах улуса водятся 12 видов речных, озерных и озерно-речных рыб, представленные тайменем, ленком, тугуном, сигом, хариусом, щукой, налимом, карасем, окунем и другими видами. На территории улуса установлено приблизительно 120 видов птиц; из которых гнездящихся 61 вид, оседлые – 6, перелетные – 15, возможно обитают – 41 вид. В Красную книгу Якутии занесены 13 видов; синьга, малый лебедь, пискулька, лебедь-кликун, кречет [7, 8].

В улусе из мелких млекопитающих обитают полевка Миддендорфа, северная пищуха, красная полевка. Среди крупных обычными являются медведь, волк, росомаха, дикий северный олень, лось. Промысловые виды животных представлены западно-якутским соболем, песцом, диким северным оленем, который многотысячными стадами постоянно мигрирует осенью из тундры в лесную зону и обратно весной в тундру. В улусе обитает крупная Лено-Оленекская популяция дикого северного оленя в Якутии, которая сейчас насчитывает более 80 тыс. голов, около кряжи Чекановского на севере улуса. Разработка полезных ископаемых в этом улусе также ведет к «закрытию» многовековой миграции дикого северного оленя, уменьшая тем самым их количество и изменению путей миграции.

Особо охраняемые природные территории Республики Саха (Якутия) – система

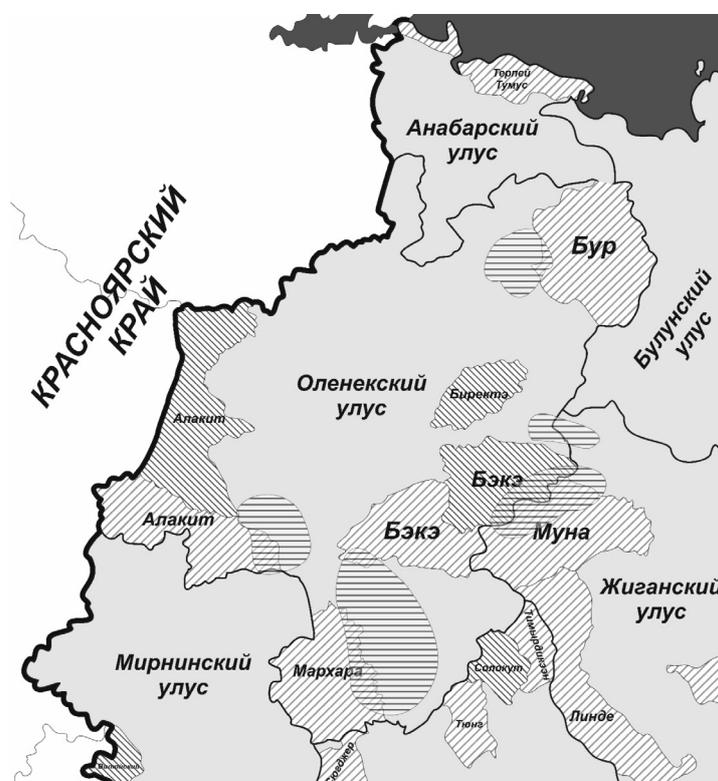
Ытык кэрэ сирдэр – являются сегодня национальным достоянием республики, базой для сохранения традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера. Вплоть до 1999–2000 гг. в Оленекском улусе не имелось никаких форм ООПТ, в местах только создавались родовые общины, занимающиеся традиционным природопользованием преимущественно оленеводством. Вопросы охраны природы улуса встали после утверждения Распоряжения Президента РС(Я) от 1996 г., согласно которому в каждом улусе республики должны быть организованы ООПТ, охватывающие от 20 процентов территории улуса [9].

Так, начиная с 1999–2000 гг. в Оленекском улусе создаются 7 ресурсных резерватов. Из них 3 республиканского и 4 местного значения. Общая площадь ООПТ Оленекского улуса в настоящее время составляет 11 622 103 га, занимает 36% от всей площади улуса. На рисунке показана картосхема расположения ресурсных резерватов Оленекского улуса [10]. В ООПТ Оленекского улуса разрешается родовым общинам ведение традиционного природопользования – оленеводства. Перечень ООПТ Оленекского улуса представлен в таблице. Памятники природы улуса определены и представлены общественностью улуса как самые привлекательные объекты для местного населения [11].

Особо охраняемые природные территории Оленекского улуса [11]

№	Наименование ресурсного резервата и ООПТ	Подчинение и срок создания ООПТ	Площадь (га)	Уникальность участков ресурсных резерватов
1	Бэкэ	Республиканское, Пост. Прав-ва РС(Я) № 39 от 03.02.2000	1 535 564	Белокопытник лучистый и пухонос одноцветковый – растения, занесенные в Красную книгу Якутии. Пути миграции Лено-Оленекской популяции дикого северного оленя
2	Алакит	Республиканское, Пост. Прав-ва РС(Я) № 371 от 11.07.2000	1 791 759	Редкий вид растения России – остролодочник Чекановского. Редкие виды растений Сибири – кувшинка четырехгранная, пухонос одноцветковый. Зимние пастбища Таймырской популяции дикого северного оленя
3	Бур	Республиканское, Пост. Прав-ва РС(Я) № 371 от 11.07.2000	2 216 580	Красная книга России – родиола розовая; эндемик Северо-Востока Азии – камнеломка Редовского, место размножения Лено-Оленекской популяции дикого северного оленя
4	Биректэ	Улусное, Пост. адм-ии улуса № 53 от 28.06.1999	712 500	Охрана нереста ценных видов рыб. Пути миграции Лено-Оленекской популяции дикого северного оленя
5	Мархара	Улусное, Решение улусного собрания № XII-6 от 31.03.2000	1 702 000	Зимние пастбища дикого северного оленя Лено-Оленекской популяции, охрана рыбных запасов
6	Бэкэ	Улусное, Пост. адм-ии улуса № 12 от 07.02.2001	1 498 700	Пути миграции Лено-Оленекской популяции дикого северного оленя. Редкие виды растений

Окончание таблицы				
№	Наименование ресурсного резервата и ООПТ	Подчинение и срок создания ООПТ	Площадь (га)	Уникальность участков ресурсных резерватов
7	Алакит	Улусное, Пост. адм-ии улуса № 13 от 07.02.2001	2 165 000	Зимние пастбища Таймырской популяции дикого северного оленя
8	Памятники природы; Сэвэки, Танаралаах, Сенкю, Мэрчимдээн, Киьи Таас, Эбиэн Мас, Тиис Хайа	Улусное, Ответственность улуса		Традиционные места отдыха местного населения, поклонения и национальных обрядов, туристические и достопримечательные места, уникальные и интересные объекты природы
	Общая площадь ООПТ:		11 622 103	



Картограмма особо охраняемых природных территорий Оленекского улуса Республики Саха (Якутия) [9]

Условные обозначения:

- Ресурсный резерват республиканского значения
- Ресурсный резерват местного (улусного) значения
- Участки поиска, разведки алмазов и редкоземельных металлов

ООПТ в восточной части Оленекского улуса – это ресурсный резерват республиканского значения (р/р р/з) Бэкс, и местного значения (р/р м/з) Бэкс. В р/р р/з Бэкс

находится довольно большой участок геолого-разведочных работ промышленных предприятий и компаний, которые локально ведут добычу россыпных алмазов Верх-

не-Мунского алмазоносного поля, некоторые части участка находятся на территории ресурсного резервата, создавая конфликтные ситуации с администрацией улуса, местным населением и с природоохранными органами республики.

В западной части улуса расположены ресурсные резерваты Алакит, двух категорий – республиканского и местного значения. Около р/р р/з Алакит примыкает участок поиска, разведки алмазов и редкоземельных металлов. В южной части улуса расположен ресурсный резерват местного значения Мархара. В Северо-восточной части улуса находится ресурсный резерват республиканского значения Бур. В ресурсном резервате Бур продолжают геолого-разведочные и поисковые работы по добыче редкоземельных полезных ископаемых, где расположено богатое по своим запасам Томторское месторождение ниобия и попутных полезных ископаемых. В остальных участках ресурсных резерватов улуса продолжают локальную добычу и поисковые работы по разработке алмазов.

В зоне конфликта с горнопромышленными предприятиями в этих ресурсных резерватах, как показано на рисунке, находятся ресурсные резерваты Бэкэ, Мархара, Алакит и Бур. Таким образом, несмотря на огромную территорию Оленекского улуса, в участках ООПТ происходят конфликтные проблемные ситуации с недропользователями [9].

Усиление активности геологических, геофизических и изыскательских работ по разведке полезных ископаемых промышленными предприятиями на участках ООПТ улуса в общественных слушаниях привело к тому, что некоторые компании требуют изменения статуса ресурсного резервата и изъятия их из оборота природоохранного назначения, что прямо противоречит делу сохранения естественной природной среды северного улуса.

Заключение

Таким образом, Оленекский улус обладает поистине огромными нетронутыми участками природы, природные условия их уникальны, неповторимы не только рельеф, но и речные долины, животный мир, ландшафты требуют их сохранения для будущих поколений. Сохранение первозданной природы Оленекского улуса является первоочередной задачей Республики Саха (Якутия). Не секрет, что разработка полезных ископаемых в северной экосистеме несет непопра-

вимый урон, уникальной природе Севера, оставляя после своей деятельности техногенные ландшафты, карьеры, деградированные участки и земли, измененный рельеф.

Сознавая все это, в ресурсных резерватах Оленекского улуса в зонах соприкосновения следует не менять его границы и режим охраняемой природной территории, а создавать в этих границах и местах добычи и использования горнопромышленными предприятиями и компаниями буферные зоны, а на участке самого ресурсного резервата организовать зоны регулируемого промышленного использования. В таком случае природопользователи под строгим контролем будут более экологично и щадящим образом использовать природные ресурсы в этих зонах. А в дальнейшем, чтобы сохранить в естественном состоянии рельеф и русла рек и речек во всей территории улуса можно создать зону традиционного природопользования с контролируемой добычей полезных ископаемых открытым способом. В наиболее ценных участках природы, рек, озер, растительности и других мест возможно создание дополнительных ООПТ на территории улуса. Только в таком случае и положении мы сможем в дальнейшем защитить и сохранить ранимую северную естественную природу Оленекского улуса и их уникальных участков ООПТ.

Список литературы / References

1. Бердинских С.В. Надзор за исполнением законодательства на особо охраняемых природных территориях // Законность. 2016. № 4. С. 38–39.
Berdinsky S.V. Supervision of the implementation of legislation in specially protected natural territories // *Zakonnost*. 2016. № 4. P. 38–39 (in Russian).
2. Волков А.Е. ООПТ и местное население: конфликт или сотрудничество? // Экология и жизнь. 2010. № 1. С. 76–79.
Volkov A.E. Protected areas and local population: conflict or cooperation? // *Ecologija i zsjn*. 2010. № 1. P. 76–79 (in Russian).
3. Стишов М.С. Особо охраняемые природные территории Российской Арктики: современное состояние и перспективы развития. М.: Наука, 2013. 427 с.
Stishov M.S. Specially protected natural territories of the Russian Arctic: current state and prospects of development. M.: Nauka, 2013. 427 p. (in Russian).
4. Николаев А.А. Эколого-географическое обоснование особо охраняемых природных территорий Оленекского улуса // Аллея Науки. 2018. № 11 (27). С. 415–421.
Nikolaev A. A. Ecological and geographical justification of specially protected natural territories of Olenek ulus // *Alleya Nauki*. 2018. № 11 (27). P. 415–421 (in Russian).
5. Данилов Ю.Г., Федоров А.Н., Дегтева Ж.Ф., Горохов А.Н., Варламов С.П., Мурзин Ю.А. Ландшафты Якутии. Якутск: ИД СВФУ, 2016. 76 с.
Danilov Yu.G., Fedorov A.N., Degteva Zh.F., Gorokhov A.N., Varlamov S.P., Murzin Yu.A. Landscapes of Yakutia. Yakutsk: ID SVFU, 2016. 76 p. (in Russian).

6. Обзор состояния и тенденций изменения климата Якутии / РАН Сиб. отд-ние. Ин-т биол. проблем криолитозоны. Ин-т мерзлотоведения. Рук. коллектива д.с.- х.н., проф. Б.И. Иванов. Отв. за вып. к.б.н. Т.Х. Максимов. Якутск: Изд. СО РАН, 2003. 55 с.

The review of conditions and tendencies of climate changes in Yakutia / Sib. otd-niye. In-t biol. problem kriolitozony. In-t merzlotovedeniya. Ruk. kolektiva d.s.- kh.n., prof. B.I. Ivanov. Otv. za vyp. k.b.n. T.Kh. Maksimov. Yakutsk: Izd. SO RAN, 2003. 55 p. (in Russian).

7. Красная книга Якутской АССР: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных / Отв. ред. Н.Г. Соломонов. Новосибирск: Наука, 1987. 99 с.

Red Book of the Yakut Autonomous Soviet Socialist Republic: Rare and Endangered Species of Animals / Otv. red. N.G. Solomonov. Novosibirsk: Nauka, 1987. 99 p. (in Russian).

8. Красная книга Республики Саха (Якутия): Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных (насекомые, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие) / Отв. ред. Н.Г. Соломонов. Якутск: Саха-полиграфиздат, 2003. Т. 2. 205 с.

The Red Book of the Republic of Sakha (Yakutia): Rare and endangered species of animals (insects, fish, amphibians, reptiles, birds, mammals) / Otv. red. N. G. Solomonov. Yakutsk: Sakhapoligrafizdat, 2003. T. 2. 205 p. (in Russian).

9. География и история Оленекского улуса (района). [Электронный ресурс]. URL: http://arctic-megapedia.ru/wiki/География_и_история_Оленекского_улуса (дата обращения: 14.08.2019).

Geography and history of the Oleneksky ulus (district). [Electronic resource]. URL: http://arctic-megapedia.ru/wiki/География_и_история_Оленекского_улуса (date of access: 14.08.2019). (in Russian).

10. Схема-карта особо охраняемых природных территорий Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс]. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru> (дата обращения: 14.08.2019).

Scheme map of specially protected natural territories of the Republic of Sakha (Yakutia) [Electronic resource]. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru> (date of access: 14.08.2019) (in Russian).

11. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Саха (Якутия). [Электронный ресурс]. URL: <http://sakhalive.ru/reestr-osobo-ohranyaemyih-prirodnih-territoriy-respubliki-saha-yakutiya/> (дата обращения: 14.08.2019).

Register of specially protected natural territories of the Republic of Sakha (Yakutia). [Electronic resource]. URL: <http://sakhalive.ru/reestr-osobo-ohranyaemyih-prirodnih-territoriy-respubliki-saha-yakutiya/> (date of access: 14.08.2019) (in Russian).

УДК 551.583(571.54/.55)

**СУММЫ АКТИВНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА (ВЫШЕ 10°C)
НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ****Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Рахманова Н.В.***ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» Сибирского отделения
Российской академии наук, Чита, e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru*

Впервые для территории Забайкальского края проведен детальный анализ суммы активных температур воздуха выше 10°C за последние десятилетия, что в условиях современных изменений климата представляется особенно важным и актуальным. Сумма температур воздуха за период со средними суточными значениями выше 10°C – показателя, характеризующего количество тепла и выражающегося суммой средних суточных температур воздуха выше 10°C – является одной из основных характеристик тепла. В это время происходит активная вегетация растений. Эти данные широко применяются для характеристики условий роста и развития растительности. На территории края эти суммы в среднем составляют от 1500°C в горно-таежных северных районах края до 2300°C в степных юго-восточных, при этом дни с температурой воздуха выше 10°C отмечаются, как правило, с середины мая по первую декаду сентября (в среднем около 110 дней). За 1975–2018 гг. в среднем по краю число дней с температурой воздуха выше 10°C увеличилось на 3,1 сут/10 лет, а суммы активных температур – на 80°C/10 лет. Наибольший рост характерен для центральных и южных районов, несколько меньший – для западных и наименьший – для восточных и северных. Полученные результаты можно использовать для определения сроков вызревания того или иного сорта культур на территории Забайкальского края, продуктивности пастбищных угодий и для анализа ряда других климатически обусловленных природных процессов.

Ключевые слова: вегетационный период, приземная температура воздуха, активные температуры воздуха, глобальное потепление, Забайкальский край

**AMOUNTS OF ACTIVE AIR TEMPERATURES (ABOVE 10°C)
IN THE TERRITORY OF TRANS-BAIKAL TERRITORY****Noskova E.V., Vakhnina I.L., Rakhmanova N.V.***Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita,
e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru*

For the first time, a detailed analysis of the sum of active air temperatures above 10°C over the past decades has been carried out for the territory of the Trans-Baikal Territory, which in the conditions of modern climate changes seems especially important and relevant. The sum of air temperatures for a period with average daily values above 10°C – an indicator that characterizes the amount of heat and expressed as the sum of average daily air temperatures above 10°C – is one of the main characteristics of heat. At this time, active plant vegetation occurs. These data are widely used to characterize the conditions of growth and development of vegetation. On the territory of the region, these amounts on average range from 1500°C in the mountain-taiga northern regions of the region to 2300°C in the steppe southeastern, with days with air temperatures above 10°C usually being observed from mid-May to the first decade September (an average of about 110 days). For the years 1975–2018 on average, the number of days with air temperatures above 10°C increased by 3.1 days/10 years, and the sum of active temperatures – by 80°C/10 years. The greatest growth is characteristic of the central and southern regions, slightly less – for the western and smallest – for the eastern and northern. The results can be used to determine the timing of the ripening of a variety of crops in the Trans-Baikal Territory, the productivity of pasture lands and to analyze a number of other climate-related natural processes.

Keywords: growing season, surface air temperature, active air temperature, global warming, Trans-Baikal Territory

Основу оценки агроклиматических ресурсов территории составляют два фактора, имеющие важное значение – ее тепло- и влагообеспеченность. Одной из основных характеристик тепла является сумма температур воздуха за период со средними суточными значениями выше 10°C, когда происходит активная вегетация растений. Сумма активных температур воздуха – показатель, характеризующий количество тепла и выражающийся суммой средних суточных температур воздуха выше 10°C. Эти данные широко применяются для характеристики условий роста и развития растительности.

Вопросы пространственно-временного распределения сумм активных температур воздуха на территории Забайкальского края ранее были рассмотрены другими авторами в работах 2007, 2010, 2015 гг. [1–3]. Однако в них описание пространственных и межгодовых изменений в распределении сумм температур воздуха выше 10°C выполнено в рамках других климатических исследований, а использованные временные ряды заканчиваются 2010 г. и ранее. В связи с этим детальный анализ суммы активных температур воздуха на территории региона за последние десятилетия представляется важным и акту-

альным, особенно в условиях современных тенденций (флуктуаций), характеризующихся ростом приземных температур воздуха [4]. Полученные результаты можно использовать для определения сроков вызревания того или иного сорта культур на территории Забайкальского края, продуктивности пастбищных угодий и для анализа ряда других климатически обусловленных природных процессов [5–7].

Цель исследования: изучение пространственных и выявление межгодовых изменений в распределении сумм активных температур воздуха ($t > 10^{\circ}\text{C}$) на территории Забайкальского края. Для достижения поставленной цели необходимо дать оценку пространственным особенностям и многолетним тенденциям сумм активных температур воздуха в условиях меняющегося климата.

Материалы и методы исследования

Забайкальский край расположен в восточной части Российской Федерации (от 49 до 58° с.ш, от 107 до 122° в.д.). Его терри-

тория представлена горно-таежной (северные и западные районы), лесостепной (центральные и восточные районы) и степной (южные и юго-восточные районы) зонами.

В статье использованы данные наблюдений 27 метеорологических станций Забайкальского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды о средних суточных температурах приземного воздуха за период наиболее активного потепления (1975–2018 гг.), расположенных в различных природных зонах Забайкальского края (рис. 1).

Выявление межгодовых изменений в рядах сумм активных температур воздуха проводилось путем расчета и анализа линейных трендов. Тренды вычислялись по методу наименьших квадратов, а их достоверность оценивалась при помощи критерия Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 5\%$. Визуализация полученных результатов пространственного анализа выполнялась с использованием программного обеспечения ArcGIS.



Рис. 1. Распределение по территории Забайкальского края метеостанций, данные которых использованы в работе

Результаты исследования и их обсуждение

За период с 1975 по 2018 г. среднегодовые значения температуры воздуха на территории Забайкальского края изменяются от 0,0–0,1 °С на юге рассматриваемого региона (Мангут) и в центральной части (Улеты) до –6,9 °С на его севере (Чара). На юго-востоке средние температуры воздуха составляют более –0,5°, на западе и на востоке – около –2,0 °С и менее. Самый теплый при этом месяц июль, где температура воздуха варьирует от 15,6 до 20,6 °С, самый холодный – январь (от –20,0 до –33,2 °С).

В Забайкальском крае за 1975–2018 гг. среднегодовая температура воздуха в среднем увеличилась на 0,33 °С/10 лет. Рост значений температуры воздуха, осредненных по исследуемой территории, отмечается практически во все месяцы года, где он составляет от 0,24 до 0,56 °С/10 лет в месяц. Исключение составляют ноябрь и декабрь, когда отмечается незначительное ее снижение на 0,04–0,08 °С/10 лет.

Безморозный период на территории Забайкальского края длится от 160 до 198 дней в разных его районах и в среднем составляет 183 дня. Продолжительность устойчивого периода выше 5 °С в среднем по исследуемому региону длится 148 дней (от 124

до 168 дней в разных его районах), выше 10 °С – 111 дней (от 92 до 132 дней), выше 15 °С – 63 дня (от 33 до 94 дней). Даты устойчивых переходов температуры через пороговые значения (градации) в весенний и осенний сезоны в среднем по территории Забайкальского края показаны в табл. 1. Наименьшая продолжительность указанных периодов отмечается на севере Забайкальского края. Несколько больших значений его длительность достигает в западных и восточных районах. При продвижении от западных районов к южным наблюдается увеличение их продолжительности. Максимальных значений длительность устойчивых периодов вышеопределенных температур отмечается в юго-восточной части региона.

На территории края дни с температурой воздуха выше 10 °С отмечаются, как правило, с середины мая по первую декаду сентября (рис. 2) и в среднем их количество составляет 110 с максимальными значениями на юго-востоке края (более 130 дней в Кайластуе) и минимальными на севере (менее 90 дней в Чаре). В апреле наблюдаются в среднем 1–2 дня с температурой воздуха выше 10 °С на метеостанциях, расположенных в лесостепных и степных районах территории исследования, в октябре – 1 день на метеостанциях юго-востока.

Таблица 1

Даты устойчивых переходов температуры воздуха через 0, 5, 10, 15 °С весной и осенью в среднем по территории Забайкальского края

Температура воздуха, °С	Дата устойчивого перехода весной	Дата устойчивого перехода осенью
0	12 апреля	13 октября
5	2 мая	26 сентября
10	20 мая	8 сентября
15	14 июня	17 августа

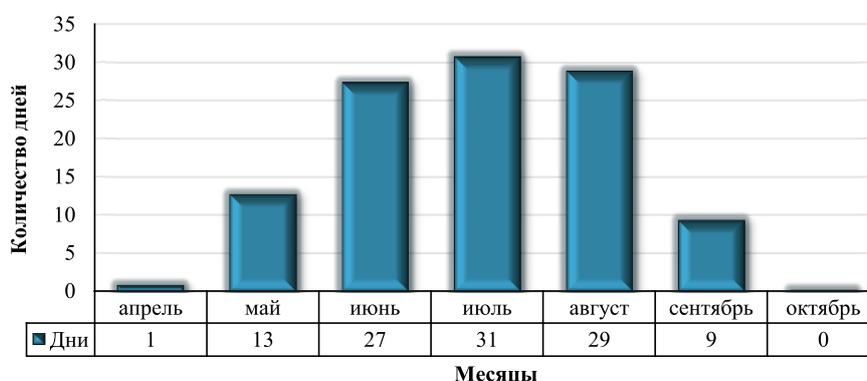


Рис. 2. Количество дней с температурой воздуха выше 10 °С в среднем по территории Забайкальского края

В Забайкальском крае за 44-летний период температура воздуха выше 10°C в апреле отмечалась на всех метеостанциях, при этом максимальное количество дней с такой температурой (до 10 дней) на 22 анализируемых метеостанциях из 27 было зафиксировано в 2014 и 2015 гг. В октябре за это время на пяти станциях (Букукун, Менза, Могоча, Тупик, Чара), расположенных в высокогорных районах, дней с температурой воздуха выше 10°C не наблюдалось вообще, а максимальное их число (от 1 до 6 дней в разных районах края) на 14 станциях из 22 было отмечено в 2004 г.

Сумма температур воздуха выше 10°C на территории Забайкальского края в целом тем меньше, чем больше высота местности и выше географическая широта. Наименьшая в среднем за год сумма активных температур отмечается в таежных северных и части западных (Менза, Черемхово) районах Забайкальского края, где она не превышает 1500°C . При продвижении от западных районов к лесостепным центральным и южным, а также от северных к лесостепным северо-восточным и юго-восточным (Александровский Завод, Нерчинский Завод) наблюдается увеличение этой суммы до $1800\text{--}2000^{\circ}\text{C}$. Максимальные значения сумм температур воздуха выше 10°C отмечаются в степях юго-востока края (Борзя, Кайластуй, Соловьевск) и в районе расположения метеостанции Нерчинск, где они достигают $2000\text{--}2300^{\circ}\text{C}$.

За 1975–2018 гг. число дней с температурой воздуха выше 10°C увеличилось на 3,1 сут/10 лет (тренд статистически достоверен при выбранном уровне значимости). В различных районах края величина линейного тренда изменяется от 2,0 до 5,7 сут/10 лет. Наибольшее увеличение произошло в южных и центральных районах края (Букукун, Чита, Кыра), наименьшее – в восточных и северных (Могоча, Нерчинск, Усугли). Выявленные тренды статистически достоверны на всех исследуемых метеостанциях. Сравнение средних значений числа дней с температурой воздуха выше 10°C за 1975–2018 гг. с климатическими нормами, определенными за период 1981–2010 гг., рекомендованный ВМО, показало, что на 16 из 27 анализируемых метеостанций количество дней не изменилось, на 6 – увеличилось на 1 сутки (преимущественно юго-восточные и восточные районы), на 5 – уменьшилось на 1 сутки (преимущественно северные районы).

Величина линейного тренда количества дней с температурой воздуха выше 10°C ,

осредненной по территории Забайкальского края, меняется в течение года. За рассматриваемый период она увеличилась во все месяцы с апреля по сентябрь. При этом наибольшее увеличение характерно для тех месяцев, в которые повторяемость таких дней менее 50% (апрель – май и сентябрь). Здесь увеличение в среднем по территории исследования произошло на 0,4–0,9 сут/10 лет. Наименьшая величина линейного тренда характерна для северных районов, где в апреле она составляет 0,1 сут/10 лет (в Чаре в этом месяце однонаправленной тенденции не прослеживается), в мае – 0,1–0,3 сут/10 лет, в сентябре – 0,2–0,5 сут/10 лет. На юге и юго-востоке края в эти месяцы отмечается наибольший положительный тренд: в апреле он составляет более 0,5 сут/10 лет, в мае и сентябре – более 1,0 сут/10 лет. Тренды осредненных по территории края значений количества дней с температурой воздуха выше 10°C статистически достоверны при выбранном уровне значимости. В октябре на метеостанциях, расположенных в центральных, южных и юго-восточных районах Забайкальского края, количество дней с температурой воздуха выше 10°C увеличилось незначительно (на 0,1 сут/10 лет). Достоверность этих трендов при 5%-ном уровне значимости не подтверждается.

В летние месяцы наибольшее увеличение характерно для июня (в среднем по краю на 0,6 сут/10 лет), где повторяемость дней с температурой воздуха выше 10°C составляет 91%, т.е. 27 из 30 дней. В августе с повторяемостью около 93% рост в среднем составил 0,3 сут/10 лет, в июле (повторяемость 99%) – 0,1 сут/10 лет. Статистически значимы при выбранном уровне значимости линейные тренды в июне и июле.

За период исследования (1975–2018 гг.) суммы активных температур воздуха увеличились в среднем по краю на $80^{\circ}\text{C}/10$ лет (табл. 2). Наибольший рост характерен для центральных и южных районов (93 и $97^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно), несколько меньший – для западных и юго-восточных (81 и $82^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно), наименьший – для восточных и северных (66 и $67^{\circ}\text{C}/10$ лет соответственно). Все тренды статистически достоверны при 5%-ном уровне значимости. Средние значения суммы температур воздуха выше 10°C за 1975–2018 гг. оказались по исследуемым районам преимущественно выше на $1\text{--}14^{\circ}\text{C}$ относительно климатических норм за 1981–2010 гг. Исключение составляют северные районы, где это значение за последние 44 года ниже климатической нормы на 5°C .

Таблица 2

Величины линейных трендов суммы активных температур воздуха выше 10 °С на территории Забайкальского края за 1975–2018 гг., °С/10 лет

№ п/п	Метеостанция	Тренд	№ п/п	Метеостанция	Тренд	№ п/п	Метеостанция	Тренд
юго-восточные районы			западные районы			восточные районы		
1	Александровский Завод	91	12	Красный Чикой	87	22	Могоча	57
2	Борзя	80	13	Менза	77	23	Сретенск	74
3	Кайлайстуй	96	14	Петровский Завод	76	24	Усть-Карск	77
4	Нерчинский Завод	77	15	Хилок	86	25	Нерчинск	56
5	Соловьевск	99	16	Черемхово	82			
северные районы			южные районы			центральные районы		
6	Тунгокочен	63	17	Агинское	90	26	Улеты	80
7	Тупик	78	18	Акша	60	27	Чита	61
8	Средняя Олекма	80	19	Букукун	120			
9	Усть-Каренга	59	20	Кыра	94			
10	Усугли	58	21	Мангут	89			
11	Чара	61						

Выводы

Проведенный детальный анализ сумм активных температур воздуха выше 10 °С за последние десятилетия показал, что на территории Забайкальского края в среднем они составляют от 1500 °С в горно-таежных северных районах края до 2300 °С в степных юго-восточных. При этом дни с температурой воздуха выше 10 °С отмечаются, как правило, с середины мая по первую декаду сентября и в среднем их количество составляет 110 с максимальными значениями на юго-востоке края (более 130 дней) и минимальными на севере (менее 90 дней).

За период исследования (1975–2018 гг.) в среднем по краю число дней с температурой воздуха выше 10 °С увеличилось на 3,1 сут/10 лет (от 2,0 до 5,7 сут/10 лет в разных районах края). Наибольшее увеличение произошло в южных и центральных районах края, наименьшее – в восточных и северных. Суммы активных температур увеличились в среднем по краю на 80 °С/10 лет, что составляет 5,5% от среднего за 10 лет. В разных районах края этот рост составил от 66 до 93 °С/10 лет (от 3,5 до 5,4% от среднего за 10 лет). Наибольший рост характерен для центральных и южных районов, несколько меньший – для западных и наименьший – для восточных и северных.

Список литературы / References

1. Мещерская А.В., Обязов В.А., Богданова Э.Г., Мирвис В.М., Ильин Б.М., Сницаренко Н.И., Голод М.П., Смирнова А.А., Обязова А.И. Изменение климата Забайкалья во второй половине XX века по данным наблюдений и ожидаемые его изменения в первой четверти XXI века // Труды ГГО. 2009. № 559. С. 32–57.

Meshcherskaya A.V., Obyazov V.A., Bogdanova E.G., Mirvis V.M., Ilyin B.M., Snitsarenko N.I., Golod M.P., Smirnova A.A., Obyazova A.I. The climate change at Zabaikalye during the second part of XX century with the observation data and expected changes at the first quarter of the XXI century // Trudy GGO. 2009. № 559. P. 32–37 (in Russian).

2. Обязов В.А. Адаптация к изменениям климата: региональный подход // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 34–39.

Obyazov V.A. Adaptation to climate change: a regional approach // Geography and natural resources. 2010. № 2. P. 34–39 (in Russian).

3. Обязов В.А., Носкова Е.В. Многолетние изменения агроклиматических ресурсов Забайкалья // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 8 (123). С. 20–29.

Obyazov V.A., Noskova E.V. Long-term changes in agroclimatic resources of Transbaikalia // Bulletin of the Transbaikalian State University. 2015. № 8 (123). P. 20–29 (in Russian).

4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Изменение климата. М.: ГУ «НИЦ Планета», 2008. Т. 1. 228 с.

Evaluation report on climate change and its consequences in the Russian Federation. Climate change. M.: GU «NITS Planeta», 2008. V. 1. 228 p. (in Russian).

5. Айларов А.Е., Тебиева Д.И., Борадзева М.С., Мирошниченко Н.А. Динамика тепловых ресурсов в агроландшафтах сухостепной зоны Центрального Предкавказья на территории РСО – Алания за постбазовый период всемирной метеорологической организации (ВМО) 1991–2014 гг. // Успехи современного естествознания. 2016. № 3. С. 117–120.

Ailarov A.E., Tebieva D.I., Boradzeva M.S., Miroshnichenko N.A. Dynamics of heat resources in agrolandscapes of the dry-steppe zone of the Central Ciscaucasia on the territory of North Ossetia-Alania for the post-base period of the World Meteorological Organization (WMO) 1991-2014 // *Successes of modern science*. 2016. № 3. P. 117–120 (in Russian).

6. Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Носырева О.В. Климатические характеристики режимов устойчивого перехода температуры воздуха через определенные пределы на юге Западной Сибири // *Известия РАН. Серия географическая*. 2015. № 1. С. 87–97.

Barashkova N.K., Kuzhevskaya I.V., Nosyreva O.V. Climatic characteristics of the regimes of a stable transition of air

temperature through certain limits in the south of Western Siberia // *Izvestiya RAS. Geographical series*. 2015. № 1. P. 87–97 (in Russian).

7. Голятина М.А., Вахнина И.Л., Носкова Е.В. Оценка динамики площадей, пройденных пожарами, на территории Забайкальского края в условиях изменения климата по данным ДЗЗ // *Географический вестник = Geographical bulletin*. 2018. № 3 (46). С. 126–135. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-3-126-135.

Golyatina M.A., Vahnina I.L., Noskova E.V. The dynamics of fire-damaged areas in the Transbaikal Territory in the context of climate change based on remote sensing data // *Geographical bulletin*. 2018. № 3 (46). P. 126–135 (in Russian).

УДК 553(265.54)

**ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ СОЧЕТАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ
ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЯПОНСКОГО МОРЯ****Ткаченко Г.Г.***ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток,
e-mail: tkatchenko-gri@mail.ru*

На основе районирования территории береговой зоны российской части побережья Японского моря по сочетанию минеральных ресурсов дана характеристика территориальных сочетаний месторождений строительных ресурсов. Береговая зона Японского моря изначально рассматривается на уровне муниципальных районов, так как результаты районирования предлагается учитывать в перспективных программах и схемах социально-экономического развития муниципальных территорий Дальнего Востока и его регионов разного территориального уровня. Выявлены географические и структурные особенности распространения месторождений строительного сырья. Произведена группировка отдельных видов строительного сырья по численности месторождений. Отмечено значение редких видов строительного сырья как преимущество в ресурсных сочетаниях тех территорий, где они имеются. Выделены муниципальные образования, где представлено больше всего как самих месторождений строительного сырья, так и количества его видов. Определена географическая закономерность роста численности месторождений строительных полезных ископаемых. С севера на юг доля ресурсной группы строительных материалов среди месторождений минерального сырья ресурсных районов побережья Японского моря возрастает с 13 до 77%. Неотъемлемой характеристикой природно-ресурсного потенциала является территориальная многоуровневость сочетаний ресурсов. Сочетание строительных ресурсов по трем субъектам России, ограниченных территорией побережья Японского моря отображает их потенциальные сильные и слабые стороны освоения строительного-ресурсного потенциала в рамках регионального развития. Это может быть полезно, например, при составлении и реализации перспективных программ ускоренного социально-экономического развития прибрежной территории. Целесообразность таких программ может быть предложена в качестве еще одного инструмента повышения эффективности регионального развития Дальнего Востока.

Ключевые слова: строительные ресурсы, месторождения, районирование, территориальные сочетания, сравнительные преимущества

**TERRITORIAL COMBINATIONS OF DEPOSITS OF CONSTRUCTION RESOURCES
OF THE RUSSIAN PART OF THE COASTAL ZONE OF THE SEA OF JAPAN****Tkachenko G.G.***Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Vladivostok,
e-mail: tkatchenko-gri@mail.ru*

The characteristic of territorial combinations of deposits of construction resources is given on the basis of zoning of the territory of the coastal zone of the Russian part of the coast of the Sea of Japan by a combination of mineral resources. The coastal zone of the Sea of Japan is initially considered at the level of municipal districts, since the results of zoning are proposed to be taken into account in promising programs and schemes of socio-economic development of municipal territories of the Far East and its regions of different territorial levels. Geographical and structural features of distribution of deposits of construction raw materials are revealed. Grouping of types of construction raw materials on number of deposits is made. The importance of rare types of construction raw materials as an advantage in resource combinations of the territories where they are available is noted. The municipal districts where most of the deposits of construction raw materials and the number of its types are presented are singled out. The geographical regularity of growth of number of deposits of construction minerals is defined. From North to South, the share of the resource group of building materials among the mineral deposits of the resource areas of the coast of the Sea of Japan increases from 13 to 77%. The inherent characteristics of the natural resource potential are multi-level territorial combinations of the resources. The combination of construction resources in the three regions of Russian Far East bounded by the coastline of the Sea of Japan shows their potential strengths and weaknesses of development-resource potential within the framework of regional development. This can be useful, for example, in the preparation and implementation of long-term programs for accelerated socio-economic development of the coastal territory. The feasibility of such programs can be proposed as another tool to improve the efficiency of regional development of the Far East.

Keywords: construction resources, deposits, regionalization, territorial combinations, comparative advantages

Принимая во внимание достаточно выгодное географическое положение и тот факт, что социально-экономическое развитие и природопользование, как правило, наиболее интенсивны в прибрежных зонах мирового океана, на российском Дальнем

Востоке (ДВ) следует обратить более пристальное внимание на изучение и развитие прибрежных регионов с учетом комплексного использования отдельных составляющих его природного потенциала. Российская часть побережья Японского

региона (ПЯР) включает в себя всю береговую зону Приморского края, юга Хабаровского края и западное побережье о. Сахалин до пролива Невельского на севере. На севере и востоке граничит с побережьем Охотского моря. С юга ограничено устьем р. Туманная, по которой проходит граница России и КНДР. Протяжённость береговой линии от устья р. Туманная до м. Крильон на о. Сахалин составляет 3900 км или 1/5 от протяженности побережья ДВ (рис. 1). Территория ПЯР составляет чуть менее 2,5% от площади ДВ. Здесь проживает почти 16% его населения, а плотность населения в семь раз выше дальневосточного уровня. В связи с тем, что, как правило, строительные полезные ископаемые в первую очередь востребованы на локальном территориальном уровне, от их наличия и характера сочетаний зависит потенциал строительной промышленности региона и его отдельных территорий.

Цель исследования: дать характеристику ресурсной группы строительных полезных ископаемых российской части прибрежного региона Японского моря на основе определения сочетаний месторождений минерального сырья.

Материалы и методы исследования

Методологической основой работы является районирование территории, которое широко применяется в социально-экономической географии, в том числе и для оценки сочетаний природных ресурсов [1–3]. Используются данные, прежде всего картографического характера, полученные в результате районирования ПЯР по сочетанию основных видов минеральных ресурсов в разрезе муниципальных образований [4]. По результатам такого районирования все виды минеральных ресурсов ПЯР были

сгруппированы в 8 основных минерально-ресурсных групп. Среди них ресурсная группа строительных полезных ископаемых заметно выделяется по некоторым важнейшим характеристикам. Также использованы такие результаты районирования, как типология муниципальных образований ПЯР по сочетанию минеральных ресурсов и характеристика ресурсных районов. На основе этого в работе рассматривается минерально-ресурсная группа строительных материалов и даются основные характеристики особенностей сочетаний месторождений строительных полезных ископаемых на разных территориальных уровнях. ПЯР территориально рассматривается на уровне муниципальных образований (МО) краев и областей ДВ. В состав ПЯР входит 23 МО. Из них 14 приходится на Приморский край, 3 – на Хабаровский и 6 на Сахалинскую область (рисунок). В работе использованы статистические данные по количеству, географической и видовой структуре месторождений минеральных ресурсов расположенных в пределах данных МО [5, 6].

Результаты исследования и их обсуждение

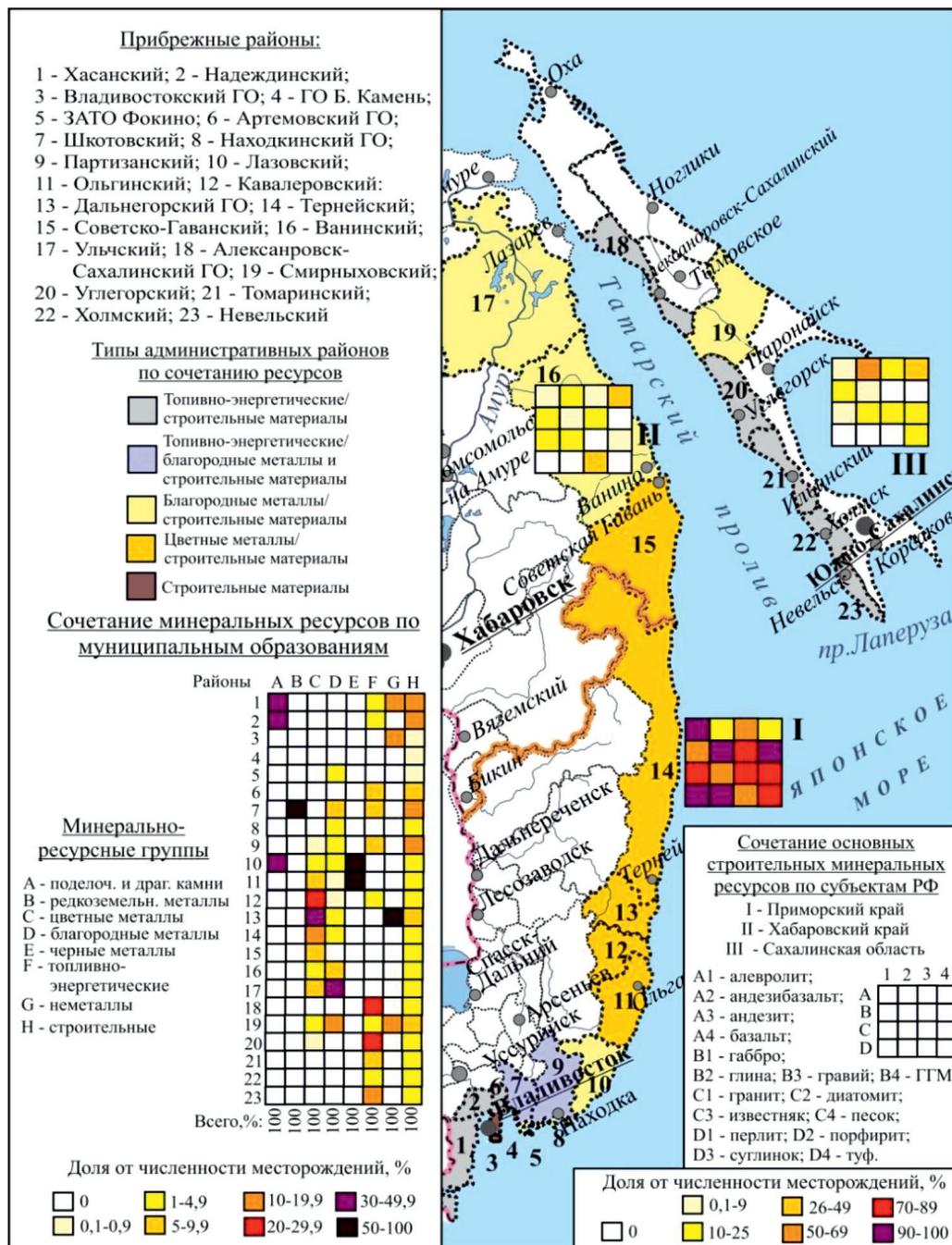
Минерально-сырьевой комплекс на ДВ уже много лет играет важную роль в освоении и развитии региона [7]. На территории ПЯР насчитывается 789 месторождений твердого минерального сырья, из них 248 месторождений строительного сырья. Ресурсная группа строительных материалов по численности месторождений опережает другие ресурсные группы. На нее приходится 31,2% всех месторождений ПЯР (табл. 1). В связи с этим необходимо подробно рассмотреть данную группу месторождений, определить характеристики и выделить особенности ее территориальных сочетаний.

Таблица 1

Значение строительных (общераспространенных) полезных ископаемых в структуре месторождений твердого минерального сырья российской части ПЯР

Группа полезных ископаемых	Численность месторождений	Доля от численности месторождений, %	Число видов ресурсов	Плотность месторожд. на 1000 км ²
Строительные	248	31,2	35	1,47
Благородные металлы	229	29	2	1,36
Топливо-энергетические	176	22,3	3	1,04
Цветные металлы	127	16,1	10	0,75
Другие	11	1,4	11	0,08
ВСЕГО	791	100	61	4,7

Примечание. [Сост. по 5, 6].



Районирование территории ПЯР по сочетанию месторождений минеральных ресурсов и сочетание строительных ресурсов по субъектам РФ [Сост. по: 5, 6]

В целом в российской части береговой зоны Японского моря плотность месторождений составляет 4,7 на 1000 км², что в 2,8 раза выше, чем на ДВ. Геологическая изученность данной территории по дальневосточным меркам сравнительно высока. В то же время плотность месторождений строительного сырья хотя и не-

велика – 1,47 на 1000 км², но это все же выше, чем плотность других основных ресурсных групп территории ПЯР (табл. 1).

По численности месторождений можно выделить три группы строительного сырья:

1. Наиболее распространенные (более 10 месторождений): глина, песок, извест-

няк, гранит, гравий, андезит. Глина и песок (представлены в соответственно в 13 и 11 МО) являются также территориально самыми распространенными среди МО видами сырья из всех видов минеральных ресурсов российской части ПЯР. Даже самый многочисленный по количеству месторождений ресурс – золото, представлен только в 10 МО региона.

2. Ресурсы средней степени распространенности (численность месторождений которых насчитывается от 5 до 10): андезибазальт, базальт, гравийно-галечный материал, перлит, порфирит, диатомит, алевролит, суглинок, габбро, туф.

3. Редкие строительные ресурсы, численность месторождений которых насчитывает менее 5 на всю территорию ПЯР (рис. 1). Наибольшее количество редких видов строительных материалов представлено в Хасанском – 7 и Партизанском районах – 4. Также можно выделить ряд МО, где встречаются по 2 редких вида строительных ресурса: ГО Находка, Ульчский, Ольгинский, Шкотовский, и Томаринский. Из 19 редких ресурсов 10 имеют только по одному месторождению на российскую часть ПЯР. Среди них такие, как алевролит, дацит, долерит, фарфоровый камень, риолит, риодонит и другие. Они в некотором роде являются уникальными из общераспространенных полезных ископаемых для рассматриваемого региона. Чем больше редких ресурсов имеет территория, тем более уникально сочетание ее природно-ресурсного потенциала, а следовательно, она потенциально качественно «богаче» тех территорий, где природно-ресурсное сочетание не имеет в своем составе подобного ресурса. Такое преимущество может быть как количественным, так и качественным. В данном случае, среди прочего, под качественным можно понимать такое преимущество, когда рассматриваемая территория (в данном случае МО, минерально-ресурсный район или часть субъекта РФ) имеет единичное преимущество по редкому ресурсу, являясь обладателем единственного месторождения.

Распределение численности месторождений строительного сырья по МО неоднородно (табл. 2). В то же время необходимо указать, на то, что месторождения ресурсной группы строительных материалов представлены во всех МО, они действительно являются общераспространенными (как еще часто принято назы-

вать строительные ресурсы) для территории российской части ПЯР (рисунок). Даже если какое-то из МО рассматриваемой территории имеет бедную видовую структуру, в ней всегда есть месторождения ресурсов, которые входят в ресурсную группу строительных полезных ископаемых. Среди муниципальных районов наибольшее число месторождений представлено в Партизанском и Хасанском районах, чуть менее в Надеждинском, Шкотовском районах и Артемовском ГО Приморского края (табл. 2). При этом плотность месторождений наивысшая в Артемовском ГО – 43,4, Находкинском ГО – 19,4 и Надеждинском районе – 17,5 на 1000 км².

Строительные полезные ископаемые представлены 35 видами минерального сырья, что является наибольшим показателем по разнообразию ресурсов в одной группе среди всех ресурсных групп рассматриваемой территории (табл. 1). Наибольшее разнообразие по видам строительных ресурсов характерно для Хасанского района – 15. К районам с наибольшим количеством видов строительного сырья можно отнести также Партизанский, Шкотовский и Надеждинский районы Приморского края (табл. 2).

С помощью выполненного нами ранее районирования ПЯР по сочетанию основных видов минеральных ресурсов можно указать еще на такую географическую закономерность, как рост численности месторождений строительных полезных ископаемых в южном направлении. С севера на юг доля ресурсной группы строительных материалов среди месторождений минерального сырья ресурсных районов ПЯР возрастает с 13 до 77% (рисунок, табл. 3). Также увеличение численности месторождений с севера на юг можно проследить и на уровне МО (табл. 2). На самом севере ПЯР находится Ульчский район Хабаровского края, где доля месторождений строительного сырья минимальна – 6,3%. На самом юге ПЯР в Хасанском и Надеждинском районах Приморского края доля месторождений строительного сырья самая высокая среди всех МО ПЯР и составляет соответственно 83,3 и 87,5%. На наш взгляд, это связано с ростом востребованности сырья месторождений данной сырьевой группы для локального использования в промышленности строительных материалов, тяготеющей к местам строительства: дорожного, промышленного и подсобно-хозяйственного.

Таблица 2

Распределение месторождений минерального сырья по муниципальным образованиям прибрежной зоны Дальнего Востока

№ п/п	Муниципальные образования – районы и городские округа (ГО)	Площадь территории, тыс. км ²	Население тыс. чел.	Месторождения			
				Всего		Строительных ресурсов	
				Кол-во	Кол-во видов ресурсов	Кол-во (доля от всех месторождений, %)	Кол-во видов ресурсов (доля от числ. всех видов ресурсов, %)
	Приморский край	62,9	1194	410	48	191 (46,6)	31 (64,5)
1	Хасанский	4,13	30,99	36	18	30 (83,3)	15
2	Надеждинский	1,6	38,75	32	12	28 (87,5)	10
3	Владивосток. ГО	0,56	633,1	3	3	3	2
4	ГО Б. Камень	0,12	39,3	6	1	1	1
5	ЗАТО Фокино	0,29	31,51	1	1	1	1
6	Артемовский ГО	0,51	116,2	35	9	22 (62,9)	7
7	Шкотовский	2,66	24,18	50	15	27 (54)	11
8	Находкинский ГО	0,36	150,2	9	4	7	3
9	Партизанский	4,9	29,39	61	15	32 (52,5)	12
10	Лазовский	4,69	12,98	23	9	6 (26)	3
11	Ольгинский	6,41	9,27	18	10	8 (44,4)	6
12	Кавалеровский	4,22	23,95	39	11	7 (17,9)	5
13	Дальнегорский ГО	5,3423	42,72	68	14	14 (20,6)	8
14	Тернейский	27,1	11,15	25	10	6 (24)	5
	Сахалинская обл.	26,17	101,9	207	24	34 (16,4)	16 (47)
18	Александровск – Сахалинский ГО	4,8	11,14	47	3	3 (6,3)	2
19	Смирныховский	10,5	11,89	63	12	13 (20,6)	6
20	Углегорский	3,97	18,25	47	5	4 (8,5)	2
21	Томаринский	3,2	7,93	14	6	4 (28,6)	4
22	Холмский	2,3	37,3	9	8	7	6
23	Невельский	1,4	15,46	28	5	3 (10,7)	2
	Хабаровский край	80,8	87,7	172	19	22 (12,8)	12 (54,5)
15	Советско-Гаванский	15,6	38,88	17	7	7 (41)	5
16	Ванинский	25,9	33,37	29	8	7 (24)	5
17	Ульчский	39,3	15,47	127	13	8 (6,3)	6
	ВСЕГО	169,06	1383	787	59	248 (31,5)	35 (59)

Примечание. [Сост. по 5, 6].

Таблица 3

Значение строительных полезных ископаемых по минерально-ресурсным районам, по результатам районирования месторождений минеральных ресурсов ПЯР.

Минерально-ресурсный тип района	№ района	Название ресурсного района	Площадь, тыс км ² / доля от ПЯР	Численность месторождений / доля от ПЯР	Основные ресурсные группы в структуре месторождений, %
4	I	Северный	75,7/ 44,7	219/ 27,6	D – 78, H – 13
1	II	Сахалинский	15,7/ 9,3	142/ 17,9	F – 85, H – 15
5	III	Восточный	58,7/ 34,7	175/ 22	C – 60, H – 24
4	IV	Юго-Восточный	5,4/ 3,2	40/ 5,1	D – 49, H – 36
3	V	Уссурийский	6,7/ 4	109/ 13,7	H – 54, F – 25, D – 19
1 и 2	VI	Южный	6,9/ 4,1	109/ 13,7	H – 77, F – 20

Примечание: * Обозначение основных ресурсных групп дано на рисунке [Сост. по 5, 6].

Неотъемлемой характеристикой природно-ресурсного потенциала является территориальная многоуровневость сочетаний ресурсов. В определенных условиях становятся важны ресурсные сочетания не только на уровне муниципальных образований, типов ресурсных районов, на их основе выделенных природно-ресурсных (минерально-ресурсных) районов, но и в конечном итоге на уровне субъектов РФ или их специфически ограниченных территорий (например, ПЯР). Такое сочетание строительных ресурсов по трем субъектам РФ, ограниченной территорией побережья Японского моря, представлено на рисунке. Оно отображает потенциальные сильные и слабые стороны освоения строительного-ресурсного потенциала субъектов РФ в рамках регионального развития, что может быть полезно, например, при составлении и реализации перспективных программ ускоренного развития ПЯР. Целесообразность же таких программ может быть предложена в качестве еще одного инструмента повышения эффективности регионального развития на ДВ.

Очевидно, что в силу сложившихся более благоприятных условий социально-экономического развития прибрежная территория Приморского края в целом имеет целый ряд преимуществ. Она более экономически развита и доступна в транспортном отношении, наиболее заселена (86% населения). Кроме того, она обладает преимуществом по численности месторождений всех видов строительных ресурсов двух ведущих по численности месторождений групп за некоторым исключением (андезитобазальт и базальт) (рисунок, табл. 2). По первому из этих ресурсов перед Приморским краем имеет преимущество Сахалинская область, во втором случае – как Сахалинская область, так и Хабаровский край. В то же время в сочетании строительных ресурсов Сахалинская область имеет преимущество перед Хабаровским краем по месторождениям андезитобазальта и песка, а кроме этого и по андезиту, известняку и туфу в силу их отсутствия в Хабаровском крае. Преимущества Хабаровского края перед Сахалинской областью выражаются только по таким ресурсам, как суглинков и гравий, которые отсутствуют на Сахалине. Такая ситуация объяснима тем, что преимущество по численности месторождений строительного сырья Приморского края над двумя другими субъектами РФ в рамках ПЯР выглядит неоспоримо. Если на Приморский край приходится 77% численности месторождений,

то на Сахалинскую область и Хабаровский край соответственно 13,7 и 9,3%. Кроме того, из 35 видов строительных полезных ископаемых ПЯР в Приморском крае выявлены месторождения по 31 из них, тогда как на территории Сахалинской области по 16, а в Хабаровском крае только по 12 (рисунок).

Такой показатель, как освоенность территории, очевидно, является ключевым, особенно при сравнении территории Приморского и Хабаровского края. Преимущество Хабаровского края по площади территории не может быть в полной мере реализовано из-за более слабой ее освоенности по сравнению с территорией Приморского края ПЯР (табл. 2).

Заключение

Учитывая разнообразный видовой состав, географические особенности распространения и экономическое значение строительных полезных ископаемых, их освоению должно быть уделено особое место в документах комплексного долгосрочного планирования социально-экономического развития ДВ и его регионов, и особенно тех из них, которые являются частью прибрежной зоны морей Тихоокеанской России.

Наличие какого-либо строительного ресурса или сочетания нескольких из них с возможностью освоения и добычи является существенным фактором освоения территории. Востребованность строительных ресурсов в региональном развитии заключается в наличии собственной устойчивой строительной базы для различных нужд в первую очередь местного населения, создания одного или группы предприятий с развитием существующего или возникновением нового населенного пункта. Это может и должно положительно повлиять на структуру регионального промышленного производства (в виде возникновения и развития сопутствующих производств разных отраслей), характер инфраструктуры, занятость и уровень жизни местного населения, что в конечном итоге всегда является целью программ социально-экономического развития территорий различного уровня.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80006.

Список литературы / References

1. Природопользование в территориальном развитии современной России / Под ред. И.Н. Волковой, Н.Н. Клюева. М.: Медиа-Пресс, 2014. 360 с.

Environmental Management in Territorial Development of Modern Russia / Pod red. I.N. Volkova, N.N. Klyuev. M.: Media-Press, 2014. 360 p. (in Russian).

2. Шувалов В.Е. Районирование в российской социально-экономической географии: современное состояние и направления развития // Региональные исследования. 2015. № 3 (49). С. 19–29.

Shuvalov V.E. Regionalization in Russian socio-economic geography: development and directions // Regional'nye issledovaniya. 2015. № 3 (49). P. 19–29 (in Russian).

3. Ткаченко Г.Г. Районирование территории зоны транспортного коридора Сквородино-Тикси по сочетанию минеральных ресурсов // Успехи современного естествознания. 2019. № 7. С. 120–126. DOI:10.17513/use.37170.

Tkachenko G.G. Zoning of the territory of the transport corridor Skovorodino – Tiksi by the combination of mineral resources // Advances in current natural sciences. 2019. № 7. P. 120–126 (in Russian).

4. Ткаченко Г.Г. Районирование российской части прибрежного региона Японского моря по сочетанию минеральных ресурсов // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории: VII всероссийская научно-практическая конференция (г. Владивосток, 18–19 апреля 2019 г.). Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2019. С. 484–491.

Tkachenko G.G. Zoning of the Russian part of the coastal region of the Sea of Japan by the combination of mineral

resources // Geosistemy Severo-Vostochnoj Azii: osobennosti ih prostranstvenno-vremennyh struktur, rajonirovanie territorii i akvatorii: VII vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (g. Vladivostok, aprel' 18–19 2019 g). Vladivostok: Tihookeanskij institut geografii DVO RAN, 2019. P. 484–491 (in Russian).

5. Объекты учета государственного кадастра месторождений. Федеральное агентство по недропользованию Роснедра. РОСГЕОЛФОНД. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rfgf.ru/gkm/> (дата обращения: 20.08.2019).

Objects of accounting of the state cadaster of deposits. Federal'noe agentstvo po nedropol'zovaniyu Rosnedra. ROSGEOFOND [Electronic resource]. URL: <http://www.rfgf.ru/gkm/> (date of access: 20.08.2019) (in Russian).

6. Михайлов В.А., Чудаев О.В., Астапенко Г.И., Граждан Т.Г. Месторождения нерудного сырья Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 1998. 183 с.

Mihajlov V.A., Chudaev O.V., Astapenko G.I., Grazhdan T.G. The industrial minerals of the Primorye region. Vladivostok: Dal'nauka. 1998, 183 p. (in Russian).

7. Ломакина Н.В. Минерально-сырьевой комплекс в экономике Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2002. 135 с.

Lomakina N.V. Mineral Resource Complex in the Economy of the Russian Far East. Vladivostok: Dal'nauka, 2002. 135 p. (in Russian).

УДК 504.03

О НОВОМ АСПЕКТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА**Топчан В.А., Кривошапкина О.М.***ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: dalek.iamd@gmail.com*

В ходе проведенного нами исследования выявлены особенности экологического туризма, относящегося к специальным и инновационным видам туризма. Основной его целью являются положительные изменения в уровне экологической культуры туристов. В традиционном понимании этот процесс возможен только в ходе посещения и любования местностями с девственной природой, то есть особо охраняемыми природными территориями: заповедниками, национальными парками, заказниками, памятниками природы. Прекрасные пейзажи создают желание охранять эти редкие уголки природы. Нами выдвинуто предположение, что совершенствование экологической культуры может продолжаться в течение всей жизни человека, и посещение им неблагополучных с экологической точки зрения местностей также может оказывать положительное влияние. Поскольку природопользование может быть как рациональным, так и нерациональным, то целенаправленное знакомство с примерами разрушительного воздействия на природную среду разных отраслей хозяйства, особенно объектов горнодобывающей промышленности, потрясает воображение путешественника и, на наш взгляд, действует значительно сильнее, чем положительные примеры, на перестройку мышления, делая его более экологичным. В ходе разработки эколого-туристского маршрута «Якутск – долина ручья Хангалас – Якутск» нами предложены примеры объектов экологического туризма для Оймяконского района Якутии, выделенные на основе структуры науки экологии – глобальная экология (места падения метеоритов), биоэкология (биота уникального озера Лабынкыр) и т.д. В качестве примера для нового подвиды туризма – индустриально-экологического, предполагающего посещение заброшенных хозяйственных объектов, отрицательно повлиявших на окружающую природу, предложен поселок Ольчан, построенный для добычи россыпного золота, но закрытый в настоящее время. Экосистема ручья Туора-Тас, в долине которого проводилась бульдозерно-скреперная добыча золота, полностью разрушена и представляет собой «лунный» ландшафт.

Ключевые слова: экологический туризм, индустриально-экологический туризм, объекты туризма, экологическая культура, рациональное и нерациональное природопользование, горнодобывающая промышленность, поселок Ольчан

ABOUT A NEW ASPECT OF ECOLOGICAL TOURISM**Topchan V.A., Krivoshapkina O.M.***North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: dalek.iamd@gmail.com*

In the course of our study, we revealed the features of ecological tourism related to special and innovative types of tourism. Its main goal is positive changes in the level of ecological culture of tourists. In the traditional sense, this process is possible only during a visit and admiring the areas with pristine nature, that is specially protected natural areas: reserves, national parks, reserves, natural monuments. Beautiful landscapes create a desire to protect these rare corners of nature. We hypothesized that the improvement of ecological culture can continue throughout a person's life, and his visit to areas unfavorable from an environmental point of view can also have a positive effect. Since nature management can be both rational and irrational, a focused acquaintance with examples of the destructive impact on the natural environment of various sectors of the economy, especially mining facilities, amazes the traveler's imagination, and in our opinion, acts much more strongly than positive examples on the restructuring of thinking making it more eco-friendly. During the development of the ecological-tourist route «Yakutsk-valley of the Khangalas-Yakutsk», we proposed examples of eco-tourism objects for the Oymyakon district of Yakutia, highlighted on the basis of the structure of environmental science – global ecology (meteorite impact sites), bioecology (biota of the unique Lake Labynkyr) etc. As an example for a new subspecies of tourism – industrial-ecological, involving visits to abandoned economic facilities that negatively affect the surrounding nature, the township of Olchan, built for the extraction of alluvial gold, but currently closed, is proposed. The ecosystem of the Tuora-Tas stream, in the valley of which bulldozer-scraper gold mining was carried out, is completely destroyed, and represents a «lunar» landscape.

Keywords: ecological tourism, industrial-ecological tourism, tourism objects, ecological culture, rational and irrational nature management, mining industry, the township of Olchan

Согласно статистике Всемирной туристской организации ООН (UNWTO) в 2018 г. число поездок туристов во всем мире растет и достигло рекордных 1,4 млрд прибытий [1]. Цели, которые побуждают туристов отправиться в путешествие, самые разнообразные: лечебно-оздоровительные, рекреационные, познавательные, физкультурно-спортивные, профессио-

нально-деловые, религиозные и иные [2]. Множественность целей определяет разнообразие видов и подвидов туризма, которые в настоящее время продолжают интенсивно формироваться. Экологический туризм, обычно понимаемый как посещение и любование местами с девственной природой, создающие желание охранять эти редкие уголки, на наш взгляд, требует сущностно-

го уточнения, так как его объектами могут быть и места, демонстрирующие результаты нерационального природопользования. В связи с этим, *целью нашего исследования* является выявление новых аспектов экологического туризма – его сущности и объектов на примере Оймяконского района Якутии, основой экономики которого является горнодобывающая промышленность.

Анализ учебной и монографической литературы, посвященной туризму и его видам, показал, что классификация этого вида хозяйственной деятельности все еще находится в стадии формирования [3–5]. Также неявно положение экологического туризма в формирующейся классификации, так как он может быть отнесен как к специальным, новым, так и инновационным видам туризма [6–8]. Определений понятия «экологический туризм» достаточно много, но остановимся на двух, предложенных организациями, имеющими прямое отношение к экологическому туризму. Так, Международное Общество экотуризма (The International Ecotourism Society) описывает его как ответственное путешествие в природные зоны и области, сохраняющее окружающую среду и поддерживающее благосостояние местных жителей [9]. Известно и определение Всемирного Фонда дикой природы (World Wildlife Fund): Экологический туризм – это путешествия в места с относительно нетронутой природой, целью которого является получение представления о природных и культурно-этнографических особенностях данной местности и который не нарушает при этом целостности экосистем и создает такие экономические условия, при которых охрана природы и природных ресурсов становится выгодной для местного населения [10].

Выведем главную идею этого специального вида туризма – это посещение местностей, отличающихся абсолютно нетронутой (хотя бы на первый взгляд) природой. Основная цель экологического туризма – это формирование особого экологического мировоззрения у человека, понимание его неразрывной связи с природой, а также о взаимозависимости природных и общественных процессов. Результатом экологического туризма, таким образом, следует назвать повышение уровня экологической культуры, сущность которой (по О.М. Кривошапкиной) представляет собой комплекс экологически развитых знаний, отношений и деятельности [11].

Материалы и методы исследования

В ходе исследования проведен анализ научной литературы по проблеме экологической культуры и ее компонентов, а также экологического туризма, а также применены исторический, сравнительный, конструктивный и полевой методы географических исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования решался вопрос – как средствами туризма, кроме посещения и созерцания благополучных с экологической точки зрения местностей, можно совершенствовать экологическую культуру? Что должен увидеть турист в ходе своего экологического тура, чтобы произошли положительные изменения в уровне его экологической культуры – в его знаниях, мышлении, желании действовать и даже во владении необходимой терминологией? Предположим, что совершенствование экологической культуры может продолжаться в течение всей жизни человека и посещение им неблагополучных с экологической точки зрения местностей также может оказывать положительное влияние.

Как известно, природопользование может быть как рациональным, так и нерациональным. Рациональное природопользование реализуется разными путями, среди которых важнейшее значение имеет создание особо охраняемых природных территорий, таких как заповедники, природные парки, памятники природы и т.д. То есть рациональное природопользование дает туристам возможность любоваться и наслаждаться девственной природой и в ходе этого процесса повышать уровень своей экологической культуры.

Нерациональное природопользование реализуется столь же разными путями, как и рациональное, но созерцание его результатов, на наш взгляд, также может способствовать повышению уровня экологической культуры. Если рациональное природопользование говорит нам своими действиями, как надо взаимодействовать с природой, с окружающей средой, то нерациональное – убедит в том, как не надо поступать в ее отношении. Целенаправленное знакомство с примерами нерационального природопользования, продемонстрированными разными отраслями хозяйства, особенно горнодобывающей промышленностью, потрясая воображение путника, на наш взгляд, действует значительно сильнее, чем

положительные примеры, на перестройку мышления, делая его более экологичным.

Если учесть, что основой экономики Оймяконского района является добыча полезных ископаемых [12], то какие объекты можно предложить экотуристам на территории Оймяконского района Якутии? Мы решили соотнести эти объекты со структурой содержания науки экологии. Учитывая то, что сама наука экология является метанаукой и состоит из десятков научных отраслей, все эти многочисленные науки могут быть сведены к основным группам: глобальная экология, биоэкология (или классическая экология), геоэкология, экология человека и социальная экология. Согласно этой структуре, нами составлена выборка объектов для их осмотра и изучения в ходе экологических туров в районе с развитой горнодобывающей промышленностью (таблица).

Таким образом, объектами экологического туризма, расположенными на территории Оймяконского района, могут быть как объекты девственной, нетронутой природы, такие как уникальное озеро Лабынкыр, со-

брат знаменитого шотландского водоема Лох-Несс, так и разрушенные ландшафты, например закрытый рабочий поселок золотодобытчиков Ольчан. Один из авторов данной статьи летом 2017 г. выявлял возможности реализации эколого-туристского маршрута «Якутск – долина ручья Хангаласс – Якутск», который включал и посещение данного поселка.

Закрытый рабочий поселок Ольчан как объект экологического туризма. В долине ручья Туора-Тас с притоком ручей Безымянный на территории Оймяконского района находится месторождение россыпного золота, относящееся к Верхне-Индибирскому горнопромышленному району. Полезные ископаемые, которые здесь добывались, представлены месторождениями и проявлениями рудного и россыпного золота. Месторождение в настоящее время практически заброшено, рабочий поселок Ольчан закрыт. Постоянного населения здесь, по официальным данным, нет, однако оно составляло 1,2 тыс. чел. в 1989 г., 0,8 тыс. чел. в 1998, а уже в 2010 г. – 0 человек.

Объекты экотуризма на примере Оймяконского района Якутии (примеры)

№ п/п	Области экологии	Объекты, которые могут быть предложены для осмотра в рамках экотуров	Примеры
1	Глобальная экология	Ландшафты Оймяконского района, подверженные внешнему влиянию	Место падения метеорита Тобычан, 1971 г. Вес 52,1 кг (самый крупный метеорит в Якутии). Хранится в Новосибирске, в СО РАН
		Акклиматизация ондатры, завезенной из Северной Америки	Места расселения ондатры в Оймяконском районе
2	Биоэкология	Объекты живой природы в особо охраняемых природных территориях	Заказник «Верхнеиндигирский» с озером Лабынкыр, в глубинах которого предполагают наличие очень крупного неизвестного животного
3	Геоэкология	Объекты, образованные в результате нерационального природопользования	Закрытые рабочие поселки, в том числе п. Ольчан. Руслу рек и ручьев, полностью преобразованные золотодобывающей промышленностью (бедленды)
		Природно-антропогенные (культурные) ландшафты	Горы (трансформация мирового древа), реки, тайга Оймяконского района как символы священной географии эвенов
		Другие природные объекты	Кисилихи (останцы гор) на юге Оймяконского района Целебный источник Сытыган-Сылба на территории Сордоннохского наслега
4	Социальная экология	Культурные, этнографические, археологические и исторические достопримечательности	Объекты Индигирлага в Усть-Нере Мемориал «В память жертвам сталинских лагерей» и музей истории ГУЛАГа в с. Томтор Оймякон – полнос холода северного полушария, где ежегодно проводится международный фестиваль
		Территории родовых общин эвенов	Родовая община «Осикат» (Звезда) Мирона Егорова (оленеводство)
5	Экология человека	Жилища, пища, одежда, транспорт оленеводов	Эвенское село с. Ючюгей Оймяконского района. Праздник оленеводов

Возникло это поселение в послевоенные годы в связи с открытием и разработкой месторождений золота, и с 1977 г. Ольчан становится поселком городского типа. В 1970-х гг. он был активным центром добычи золота и перевалочным пунктом от Усть-Неры, как центра Оймяконского района, до удаленных приисков. Здесь была школа, поликлиника, муниципальная администрация. Каждые полтора часа отсюда курсировал автобус до Усть-Неры. В настоящее время Ольчан представляет собой полностью заброшенный и почти полностью разрушенный посёлок, с сильно выраженными подкопами рядом со зданиями. Это происходит по причине дополнительной отработки породы старателями, так как золото нашли на территории самого поселка. Постановлением Государственного Собрания (Ил Тумэн) Республики Саха (Якутия) посёлок Ольчан был упразднен в 2007 г.

На месторождении Ольчан, рядом с которым возник поселок, россыпное золото в одноименном ручье добывали бульдозерно-скреперным способом. При таком способе добычи уничтожалась вся экосистема водотока. Все уровни долины ручья: русло, пойма, террасы, коренные берега – подвергались разработке специальными приборами, после которых остались только лунные ландшафты, сформированные холмами отработанной породы. Как считают специалисты, добыча россыпного золота – одно из самых кардинальных антропогенных воздействий, связанное с уничтожением всех компонентов природного комплекса [13] (рисунок).



Долина ручья Туора-Тас, преобразенная добычей россыпного золота (фото автора)

Наиболее важными экологическими проблемами, связанными с добычей здесь россыпного золота, являются:

- полная деградация ландшафтов;

- регулярное, а также аварийное загрязнение водотоков в период добычи;

- очень медленная восстанавливаемость ландшафтов после окончания добычи, связанная с северным положением территории.

Глаз туриста, прежде всего, останавливается на катастрофических результатах добычи золота с применением тяжелой землеройной техники, полностью изменивших внешний вид долины ручья Туора-Тас – нельзя понять, где находилось русло ручья, исчезли пойма и террасы, изменился профиль коренных берегов водотока (рисунок). После созерцания этих изменений в ландшафте турист вспоминает о том, что в школе (или в другом образовательном учреждении) он слышал об обязательном проведении рекультивации после окончания добычи. Однако следов рекультивации здесь он не увидит, кроме следов естественного процесса самозарастания отвалов горных пород. Здесь же он сможет узнать от экскурсовода, что в таких отдаленных от жилых территорий местах рекультивация, как правило, не проводится.

Как видим, такие примеры позволяют познакомиться с результатами нерационального природопользования, возникшими в силу отсутствия социальной ответственности у недропользователей, работавших здесь в прошлом.

Вернемся к рассмотрению предложенных нами новых аспектов понятия «экологический туризм». Мы предлагаем рассмотреть особый аспект или подвид экологического туризма, назвав его «индустриально-экологический туризм». Уточним, что индустриальный туризм, в отличие от промышленного (посещение действующих предприятий), ставит своей целью знакомство и исследование заброшенных объектов, таких как промышленные территории, инженерные сооружения, здания производственного и специального назначения, и иные заброшенные долгое время объекты [14], однако не предполагает изучение негативного влияния этих объектов на природу.

Заключение

Таким образом, сущность индустриально-экологического туризма состоит в том, что формирование экологической культуры происходит уже не через любование девственной природой, а наоборот, через созерцание результатов нерационального природопользования, того, как не следует обращаться с природой. Объекты для та-

кого вида туризма могут быть подобраны соответственно структуре экологической области знания, и туристы смогут за один экотур посмотреть как уголки девственной природы, так и заброшенные уже объекты, нанешие невосполнимый ущерб окружающей среде. На примере планируемого экологического тура по территории Оймяконского района, характеризующегося развитой горнодобывающей промышленностью, показано, как сочетание демонстрации итогов нерационального и рационального природопользования может способствовать усилению обучающего влияния на экскурсанта и тем самым существенно повысить уровень его экологической культуры.

Список литературы/ References

1. International Tourism Highlights. Madrid: UNWTO, 2019. 23 p. DOI: 10.18111/9789284421152.
2. Федеральный Закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» (редакция, действующая с 1 января 2019 года). от 24.11.1996 № 132-ФЗ. Принят ГД 4 октября 1996 года. Одобрен Советом Федерации 14 ноября 1996 года. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9032907> (дата обращения: 05.10.2019).
The Federal Law «About the basics of tourism in the Russian Federation» (edition as of January 1, 2019). dated 11.24.1996 N 132-FZ. Adopted by the State Duma on October 4, 1996. Approved by the Federation Council on November 14, 1996. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9032907> (date of access: 05.10.2019) (in Russian).
3. Квартальнов В.А. Туризм: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2014. 336 с.
Kvartal'nov V.A. Tourism: Textbook. M.: Finansy i statistika, 2014. 336 p. (in Russian).
4. Соколова М.В. История туризма: учебное пособие. 7-е изд. М.: Академия, 2012. 352 с.
Sokolova M.V. History of Tourism: A Study Guide. 7th ed. M.: Akademiya, 2012. 352 p. (in Russian).
5. Зырянов А.И. География туризма: от теории к практике: монография. Пермь: Изд. центр Пермского ГНИУ, 2018. 382 с.
Zyryanov A.I. The geography of tourism: from theory to practice: monograph. Perm': Izd. tsentr Permskogo GNIU, 2018. 382 p. (in Russian).
6. Бабкин А.В. Специальные виды туризма. Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. 252 с.
Babkin A.V. Special types of tourism. Rostov-na-Donu: Phenix, 2008. 252 p. (in Russian).
7. Новиков В.С. Инновации в туризме: учеб. пособие. М.: Академия, 2007. 208 с.
Novikov V.S. Innovation in Tourism: tutorial. M.: Akademiya, 2007. 208 p. (in Russian).
8. Королева И.С., Маркова И.Д. Инновационные виды туризма // Материалы VI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014004348>. (дата обращения: 10.10.2019).
Koroleva I.S., Markova I.D. Innovative types of tourism // Materials of the VI International Student Scientific Conference «Student Scientific Forum». [Electronic resource]. URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014004348>. (date of access: 10.10.2019) (in Russian).
9. Бюллетень Международного общества эcotуризма (TIES). [Электронный ресурс]. URL: http://www.ecotourismrussia.ru/eshche_odna_vnutrennjaja_bjulletenmezhdunarodnogo_obschest (дата обращения: 10.10.2019).
Bulletin of the International Ecotourism Society (TIES). [Electronic resource]. URL: http://www.ecotourismrussia.ru/eshche_odna_vnutrennjaja_bjulletenmezhdunarodnogo_obschest (date of access: 10.10.2019) (in Russian).
10. Экологический туризм на пути в Россию. Принципы, рекомендации, российский и зарубежный опыт. Тула: Гриф и К, 2002. 284 с.
Ecotourism on the way to Russia. Principles, recommendations, Russian and foreign experience. Tula: Grif and K, 2002. 284 p. (in Russian).
11. Кривошапкина О.М. Геоэкологическое краеведение: теория и опыт: монография. СПб.: Изд. РГПУ им. А.И. Герцена, 2002. 206 с.
Krivoshapkina O.M. Geoeological study of local lore: theory and experience: monograph. SPb.: Izd. RGPU im. A.I. Gertsena, 2002. 206 p. (in Russian).
11. Инвестиционный паспорт муниципального образования «Оймяконский улус (район)». Усть-Нера, 2015. 47 с.
Investment passport of the municipality «Oymyakonsky ulus (district)». Ust-Nera, 2015. 47 p. (in Russian).
13. Шепелев В.В. Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S11. С. 440.
Shepelev V.V. Geomechanical and geotechnological problems of the development of the subsoil of the North Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2017. № S11. P. 440 (in Russian).
14. Солопов О.В. Солопова Н.Д. Индустриальный туризм как фактор развития культурно-туристского потенциала Тульской области // Инновационная наука. 2016. № 9. С. 371–375.
Solopov O.V. Solopova N.D. Industrial tourism as a factor in the development of cultural and tourist cooperation of the Tula region // Innovatsionnaya nauka. 2016. № 9. P. 371–375 (in Russian).

УДК 556.114.6

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ГИДРОЗОЛОТОВАЛА ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1

Усманова Л.И.

ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, e-mail: larisaum@mail.ru

На основе данных химико-аналитических исследований водных проб за период 2002–2018 гг. из пруда-отстойника гидрозоловала (ГЗО) Читинской ТЭЦ-1 и источников подземных вод (родник, скважины), расположенных в зоне его влияния, дана характеристика их химического состава. Воды отстойника сульфатные, щелочные с величиной pH 8.16–9.33, с высокими содержаниями фторидов, кремния, бора, ванадия, мышьяка, лития, вольфрама. Максимальное значение минерализации превышает 1 г/л, общей жесткости – 20 мг-экв./л. В результате фильтрации техногенных вод золоотвала в водоносный горизонт произошла смена природного гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного состава подземных вод на сульфатный и гидрокарбонатно-сульфатный. ореол загрязнения вод сульфатами развивается от золоотвала в сторону р. Кадалинка и оз. Кенон, его площадь в настоящее время составляет около 9,5 км². Наряду с сульфат-ионом в подземных водах превышены ПДК по фторидам, общей жесткости, величине минерализации. Отмечается уменьшение содержания кальция, при этом наблюдается рост концентраций магния и гидрокарбонатных ионов. Содержание кремния в водоносном горизонте близко к допустимому нормативу или превышает его. Превышение ПДК установлено по бору, марганцу, железу, литию, бериллию. Повышены содержания никеля, кобальта, цинка в воде одной из скважин. Вне зоны влияния гидрозоловала содержания компонентов-загрязнителей в подземных водах ниже ПДК. Разгрузка загрязненных подземных вод в оз. Кенон изменила гидрохимические характеристики озерной воды. Основными показателями загрязнения являются рост концентраций сульфатов, общей минерализации, а из микрокомпонентов – фтора.

Ключевые слова: пруд-отстойник, подземные воды, ореол загрязнения, компоненты-загрязнители, разгрузка

HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE WATERS OF INFLUENCED ZONE OF THE CHITA TPP-1 ASH DUMP

Usmanova L.I.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, e-mail: larisaum@mail.ru

Based on data from chemical and analytical studies of water samples for the period 2002–2018. from the settling pond of the Chita CHPP-1 ash dump and groundwater sources (spring, wells) located in the zone of its influence, their chemical composition is described. The sump waters are sulfate, alkaline with a pH value of 8.16–9.33, with high contents of fluorides, silicon, boron, vanadium, arsenic, lithium, and tungsten. The maximum value of mineralization exceeds 1 g / l, total hardness – 20 mEq. / L. As a result of the filtration of man-caused ash dump waters into the aquifer, the natural hydrocarbonate and sulfate-hydrocarbonate composition of groundwater changed to sulfate and hydrocarbonate-sulfate. The aureole of water pollution by sulfates develops from the ash dump towards the river. Kadalinka and Lake Kenon, its area is currently about 9.5 km². Along with the sulfate ion in groundwater, MPC for fluorides, total hardness, and mineralization are exceeded. A decrease in the calcium content is noted, while there is an increase in the concentrations of magnesium and bicarbonate ions. The silicon content in the aquifer is close to the acceptable standard or exceeds it. For trace elements, excess MPC is established for boron, manganese, iron, lithium, beryllium. The content of nickel, cobalt, zinc in the water of one of the wells is increased. Outside the zone of influence of the ash dump, the content of pollutant components in groundwater is below the MPC. Unloading of polluted groundwater in the lake. Kenon changed the hydrochemical characteristics of lake water. The main indicators of pollution are the growth of sulfate concentrations, total mineralization, and of the microcomponents – fluorine.

Keywords: settling pond, groundwater, aureole of pollution, pollutant components, discharge

Объекты теплоэнергетики, важные составляющие инфраструктуры города, вместе с тем являются источниками химического и физического загрязнения окружающей среды, в особенности фильтрационные воды золоотвалов, в которых накапливаются негоревшие продукты сжигания твердого топлива. Золы и шлаки могут содержать значительное количество микрокомпонентов, в том числе токсичных тяжелых металлов. В результате выщелачивания и последующей водной миграции химические элемен-

ты поступают в подземные воды, изменяя их природные характеристики и создавая при высоких концентрациях потенциальную опасность загрязнения питьевых вод.

Главными составляющими золошлаков являются оксиды SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO, в меньшем количестве присутствуют сульфаты CaSO₄, MgSO₄, FeSO₄, еще меньше содержания фосфатов и соединений щелочных металлов K₂O и Na₂O [1]. Минеральный состав золы зависит от состава минералов, входящих в уголь, которые представлены

главным образом (в среднем 80–60%) глинистыми минералами: иллитом, серицитом, монтмориллонитом, каолинитом, реже галлуазитом; сульфидами железа: пиритом, марказитом и мельковитом; карбонатами: кальцитом, сидеритом, доломитом, анкеритом, а также и кварцем. В меньших количествах встречаются полевые шпаты, фосфаты, нитраты, сульфаты, оксалаты, ванадаты, вольфраматы [2]. На разных стадиях технологического процесса в минеральном составе зол преобладают алюминаты, силикаты, частично или полностью дегидратированные формы глинистых минералов (муллит), оксиды кремния, гидрооксиды кальция (портландит), алюминия (гиббсит), сульфатсодержащие разности (бассанит, этtringит) и др. [3].

Состав раствора, поступающего в золоотвал, во многом определяется взаимодействием воды с золошлаковой смесью, зависит он и от степени смешения оборотных и подкачиваемых вод, отсутствия или наличия разбавления атмосферными осадками. В пруде-отстойнике происходит осаждение взвешенных частиц, состав вод усредняется и изменяется в результате физико-химических процессов – сорбции донными отложениями химических компонентов, возможного вторичного минералообразования и др. Основное значение во взаимодействии золошлаков с водой имеет реакция гидратации свободного оксида кальция, формирующая щелочную реакцию водной среды [4].

В большинстве вод прудов-отстойников основа солевого состава представлена преимущественно кальциевыми соединениями. Микроэлементный состав золоотвальных вод определяется солевым и кислотно-основным фоном осветленной от золы воды. Наиболее универсальными загрязнителями практически всех зольных вод являются фториды и ванадий, концентрации которых могут заметно превышать санитарные нормы для природных водных объектов [5]. Подвижность микроэлементов в большей степени зависит от кислотности среды. С увеличением щелочности миграционная способность катионов снижается, а микроэлементов В, Мо, Аs,

W, входящих в состав анионов, возрастает, что может приводить к формированию вокруг золоотвалов техногенных геохимических ореолов [3]. Наличие двух мощных геохимических барьеров: щелочного и сульфатного – ограничивает подвижность в водной среде золошлаковой толщи таких экологически активных элементов, как барий, стронций, хром, медь, цинк, марганец и другие [6]. Это приводит к высокому обогащению микроэлементами техногенных вод на границе контакта зол и подстилающих грунтов, которые являются источником загрязнения подземных вод [7].

Цель исследования: характеристика гидрогеохимической ситуации в зоне влияния ГЗО Читинской ТЭЦ-1.

Материалы и методы исследования

На территории Читы эксплуатируются две крупнейшие ТЭЦ топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Восточного Забайкалья. Одна из них, Читинская ТЭЦ-1, расположенная на северном берегу оз. Кенон, в течение 50 лет использует его в качестве источника технического водоснабжения и водоема-охладителя. Золоотвал Читинской ТЭЦ-1 находится по гипсометрическим отметкам выше ее площадки, в 3 км к северо-западу. ГЗО введен в эксплуатацию в 1973 г. без противодиффузионного экрана. ТЭЦ-1 работает на смеси уруйского, харанорского и татауровского бурых углей (табл. 1).

Объекты исследования – пруд-отстойник ГЗО (рис. 1), разгрузка, появившаяся приблизительно в 1 км южнее ГЗО вследствие фильтрационных потерь из него; самоизливающаяся скважина глубиной 70 м в левом борту долины реки Кадалинки, пробурена для выяснения причин подтопления взлетной полосы аэропорта, возникшего после начала заполнения золоотвала; скважины наблюдательной сети за гидродинамическим и гидрохимическим режимом подземных вод водоносного комплекса нижнемеловых отложений на участке золоотвала: скв. 241 глубиной 60 м, скв. 26 кн глубиной 100 м, скв. 24 кн глубиной 77,2 м.

Таблица 1

Химический состав минеральной части исходных углей и продуктов их сжигания на Читинской ТЭЦ-1 [1]

Материал	Компоненты, % мас. на золу									
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O
Уголь	52,5	6,3	20,9	11,9	1,3	0,7	–	1,1	3,1	3,5
Золошлак	56,9	7,5	15,9	8,3	3,2	0,7	0,2	0,3	0,9	0,6



Местоположение объектов исследования: 1 – гидрозолоотвал; 2 – разгрузка; 3 – скважина в долине р. Кадалинки; 4 – скважина 241; 5 – скв. 26 кн; 6 – скв. 24 кн. Стрелками показано направление движения вод

В зоне влияния фильтрационных вод ГЗО развиты трещинно-пластовые воды водоносного комплекса доронинской свиты раннемелового возраста. Водовмещающие породы представлены песчаниками на карбонатном цементе с прослоями аргиллитов и алевролитов. Воды пресные с отдельными участками слабосоленых вод (1,36–1,50 г/л) гидрокарбонатного кальциевого или магниевого типа. В верхней гидродинамической зоне (на первом водоупоре) они грунтовые, с глубиной становятся напорными. Сульфатные воды прослеживаются от золоотвала на юго-восток.

В работе использованы данные химико-аналитических исследований лаборатории гидрогеохимии и геоэкологии ИПРЭК СО РАН за 2002–2018 гг. и ГУП «Забайкалгеомониторинг» за 2004–2017 г. Микрокомпонентный состав (за исключением фторид-иона) описан по результатам масс-спектрометрического анализа единичных проб за 2015 и 2018 гг., выполненного в Институте геохимии СО РАН. Наименование химического типа воды дано от 20 экв.-% по возрастанию содержания основ-

ных ионов согласно отраслевому стандарту ОСТ 41-05-263-86.

Химико-аналитические исследования выполнены по стандартным методикам в лаборатории, аттестованной на выполнение анализов природных вод. Применялись титриметрический (CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}), турбидиметрический (SO_4^{2-}), потенциметрический (pH, Cl^- , F^-), фотометрический (Si, P, перманганатная окисляемость), атомно-абсорбционный (основные катионы, стронций, другие металлы) и другие методы анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Воды пруда-отстойника ГЗО Читинской ТЭЦ-1 сульфатные магниево-кальциевые, в период 2008–2015 гг. хлоридно-сульфатные трехкомпонентные по катионному составу с величиной минерализации за исследуемый период 0,77–1,36 г/л (среднее 1,06 г/л), щелочные со значением pH 8,16–9,33. Основные гидрохимические характеристики вод отстойника приведены в табл. 2. Источником высоких содержаний сульфат-иона является сульфидная сера,

содержащаяся в сжигаемом топливе и минералах, образующихся в результате геохимического преобразования первичного вещества углей при их сжигании, отчасти серная кислота, используемая для чистки котлов от накипи. Геохимических барьеров, ограничивающих накопление в водах ГЗО сульфатов, практически не существует. Насыщение по гипсу, наименее растворимому сульфатному минералу, не достигается [8].

золотшляковые отложения фтор удаляется из фильтрующихся вод, что обусловлено процессом образования флюорита, по которому воды отстойника пересыщены [8]. В сравнении с водами отстойника в подземных водах уменьшается содержание кальция, но растут концентрации магния, за счет которого увеличивается жесткость воды [10]. Высокие содержания гидрокарбонатных ионов соответствуют естественному гидрогеохимическому фону.

Таблица 2
Макрокомпонентный состав вод пруда-отстойника ГЗО Читинской ТЭЦ-1

Компоненты	Содержание, мг/л		
	Сред.	Мин.	Макс.
CO ₃ ⁻²	14,1	5,04	33,0
HCO ₃ ⁻	79,6	18,9	126,8
SO ₄ ⁻²	540,3	291,0	730,0
Cl ⁻	99,4	70,8	122,6
F ⁻	14,6	8,68	18,1
Ca ⁺²	183,3	91,3	299,6
Mg ⁺²	48,6	19,8	89,3
Na ⁺	73,1	27,6	93,5
K ⁺	6,74	2,86	11,1
Si	10,6	4,04	20,8
Жесткость общ., мг-экв./л	12,7	9,33	22,4

Для воды разгрузки характерна переменность состава – сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные по анионам, магниевые-кальциевые, кальциево-магниевые по катионам. Вода скважин гидрокарбонатно-сульфатная, кальциево-магниевая, за исключением скважины 24 кн, находящейся на периферии ореола загрязнения, где она имеет гидрокарбонатный натриево-магниевый состав. Данные по химическому составу подземных вод (табл. 3) свидетельствуют о превышении ПДК по сульфатам, фтору, общей жесткости, величине минерализации, за исключением той же скважины. Близко к допустимой норме или превышает ее в отдельных случаях содержание в подземных водах кремния, источником которого могут являться как инфильтрационные воды золоотвала, так и, скорее всего, он может накапливаться в водоносном комплексе в результате выщелачивания его из вмещающих пород [10]. Содержание Si в скважине, расположенной наиболее близко к золоотвалу (т. 4, табл. 3), ниже 10 мг/л.

Взаимодействие техногенных вод с золошлаками, почвами и породами приводит к понижению их кислотно-основных свойств [9]. В результате фильтрации через

Таблица 3
Макрокомпонентный состав подземных вод зоны влияния ГЗО (мг/л, кроме рН)

Компоненты	Объекты опробования					ПДК
	2002–2018 гг.		2017–2018 гг.			
	2	3	4	5	6	
рН	$\frac{6,64 - 8,27}{7,07}$	$\frac{6,86 - 7,58}{7,14}$	$\frac{6,09 - 7,20}{6,90}$	$\frac{6,70 - 7,20}{6,90}$	$\frac{7,53 - 7,80}{7,66}$	6–9
Жесткость общая	$\frac{11,1 - 20,2}{15,5}$	$\frac{11,5 - 16,0}{13,7}$	$\frac{16,0 - 21,5}{18,0}$	$\frac{15,0 - 17,4}{15,9}$	$\frac{7,02 - 7,97}{7,58}$	7,0
HCO ₃ ⁻	$\frac{259,8 - 678,3}{512,9}$	$\frac{226,3 - 281,1}{254,3}$	$\frac{237,9 - 571,1}{392,4}$	$\frac{230,3 - 237,9}{234,7}$	$\frac{420,9 - 443,8}{433,0}$	–
CO ₂	$\frac{18,5 - 1265}{247,5}$	$\frac{11,1 - 76,6}{35,4}$	$\frac{33,9 - 95,9}{67,8}$	$\frac{51,0 - 67,3}{58,2}$	$\frac{15,2 - 24,6}{20,5}$	–
SO ₄ ⁻²	$\frac{160,0 - 637,8}{421,3}$	$\frac{397,0 - 590,0}{502,3}$	$\frac{492,0 - 762,0}{656,2}$	$\frac{612,0 - 660,0}{640,2}$	$\frac{64,8 - 85,8}{79,0}$	500

Окончание табл. 3						
Компоненты	Объекты опробования					ПДК
	2002–2018 гг.		2017–2018 гг.			
	2	3	4	5	6	
Cl ⁻	$\frac{30,2-82,2}{50,8}$	$\frac{50,2-67,6}{57,6}$	$\frac{67,4-93,4}{84,3}$	$\frac{57,6-60,5}{58,7}$	$\frac{46,8-56,6}{52,1}$	350
F ⁻	$\frac{0,36-0,91}{0,58}$	$\frac{1,12-2,23}{1,90}$	$\frac{1,75-3,46}{2,63}$	$\frac{1,65-1,70}{1,66}$	$\frac{1,31-1,85}{1,55}$	1,2–1,5
Ca ²⁺	$\frac{136,3-195,0}{164,9}$	$\frac{87,3-166,8}{137,4}$	$\frac{119,9-155,1}{144,4}$	$\frac{105,3-140,9}{126,4}$	$\frac{83,0-97,5}{88,8}$	–
Mg ²⁺	$\frac{56,2-124,9}{96,7}$	$\frac{48,4-99,8}{77,1}$	$\frac{111,8-175,7}{141,7}$	$\frac{96,3-129,3}{119,2}$	$\frac{35,0-40,2}{38,1}$	–
Na ⁺	$\frac{4,16-93,3}{45,5}$	$\frac{52,8-77,8}{66,8}$	$\frac{26,2-67,5}{43,1}$	$\frac{43,4-65,8}{55,0}$	$\frac{51,2-63,2}{58,3}$	200
K ⁺	$\frac{1,63-9,20}{4,98}$	$\frac{1,88-8,50}{4,76}$	$\frac{4,34-7,68}{5,84}$	$\frac{6,32-7,56}{6,87}$	$\frac{6,15-7,09}{6,54}$	–
M, г/л	$\frac{0,99-1,77}{1,30}$	$\frac{0,97-1,20}{1,10}$	$\frac{1,31-1,48}{1,41}$	$\frac{1,21-1,27}{1,25}$	$\frac{0,73-0,78}{0,76}$	1,00
Si	$\frac{6,68-12,3}{9,79}$	$\frac{4,81-11,5}{8,99}$	$\frac{5,61-7,18}{6,15}$	$\frac{10,5-11,4}{11,1}$	$\frac{9,20-9,65}{9,37}$	10,0

Примечания: М – минерализация; в числителе минимальное – максимальное, в знаменателе – среднее значения; ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» (с изменениями на 2 апреля 2018 года)».

Таблица 4

Содержание металлов в подземных водах зоны влияния ГЗО (мкг/л)

Компоненты	Объекты					ПДК
	1		2	3	5	
	2015 г.	2018 г.	2015 г.	2015 г.	2018 г.	
Al	73,0	293,0	28	18	25	500
As	11,3	152,0	0,97	6,60	3,76	50
B	5537	4123	230	1194	910	500
Be	0,023	0,050	0,028	1,27	0,73	0,20
Ba	215	725	25	23	8,2	100
Br	137	328	80	104	331	200
V	104,0	147,0	0,57	0,13	0,090	100
Cu	1,34	3,18	0,84	0,79	2,40	1000
Fe	–	185,0	–	–	96	300
Mn	3,06	30,0	540,0	484	1696	100
Ni	1,27	3,70	16,0	0,92	64,0	100
Co	0,29	0,85	0,39	0,22	81	100
Zn	2,87	6,10	74,0	4,54	160,0	5000
Mo	151,0	69,0	1,22	4,93	5,10	250
Li	117,0	97,0	194,0	126	143	30
Sr	6520	5825	2561	1905	820	7000
Se	3,23	21,0	0,056	0,37	0,30	10
Rb	20,0	18	26,0	13,6	32	100

Окончание табл. 4						
Компоненты	Объекты					ПДК
	1		2	3	5	
	2015 г.	2018 г.	2015 г.	2015 г.	2018 г.	
W	55,0	53,0	<ПО	<ПО	0,12	50
Th	0,018	0,067	0,0073	0,0033	0,0038	–
TI	0,060	0,066	0,066	0,016	0,17	10
U	1,90	7,10	3,90	0,032	2,51	–

Примечание: ПО – предел обнаружения; ПДК аналогично табл. 3.

В подземных водах в районе ГЗО вне зоны его влияния концентрации сульфат-иона изменялись от 22,8 до 66,0 мг/л [8]. Анионный состав гидрокарбонатный.

По данным масс-спектрометрического анализа по единичным пробам за 2015 и 2018 гг. из пруда-отстойника (т. 1, табл. 4), разгрузки (т. 2), скважины в долине р. Кадалинки (т. 3) и скв. 26 кн (т. 5) в подземных водах зоны влияния золоотвала отмечаются повышенные, в том числе превышающие ПДК, содержания бора, лития, бериллия, марганца, железа, никеля, кобальта, цинка, рубидия, брома, бария. По результатам атомно-абсорбционного анализа водных проб из скв. 241 за период 2017–2018 гг. содержания железа изменялись в пределах 1,25–9,87 мг/л, марганца – 0,19–1,31 мг/л, никеля – 1,11–12,6 мкг/л, кобальта – 0,99–2,56 мкг/л; из скв. 24кн: железа – 0,65–3,86 мг/л, марганца – 0,08–0,21 мг/л, никеля – 2,44–12,9 мкг/л, кобальта – 0,33–2,28 мкг/л.

Источником высоких содержаний бора является золоотвал. Высокие концентрации марганца и железа определяются физико-химическими условиями водной среды. Источник кобальта и никеля – водовмещающие породы

Выводы

Фильтрационные воды золоотвала сульфатного магниево-кальциевого состава с высокими содержаниями сульфат-иона, фторидов, максимальной величиной минерализации больше 1 г/л, распространяясь за его пределы и смешиваясь с водами подземного водоносного горизонта, вносят изменения в их гидрохимические характеристики. Природный гидрокарбонатный и сульфатно-гидрокарбонатный состав вод сменился на сульфатный и гидрокарбонатно-сульфатный. Ореол загрязнения подземных вод сульфатами развивается от золоотвала в сторону р. Кадалинки и оз. Кенон, его площадь в настоящее время составляет около 10 кв. км. ПДК превыше-

ны по фторидам, величинам минерализации и общей жесткости, кремнию, бору, марганцу, железу, литию.

Список литературы / References

1. Мязина В.И. Эколого-технологическая оценка золошлаковых отходов тепловых электростанций Восточного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Чита, 2004. 22 с.
Myazina V.I. Ecological and technological assessment of ash and slag waste from thermal power plants in East Transbaikalia: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Chita, 2004. 22 p. (in Russian).
2. Воробьев А.Е., Мозолькова А.В. Минеральные включения угольных пластов: формы нахождения и основные способы растворения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 3. С. 141–148.
Vorobiev A.E., Mozolkova A.V. Mineral inclusions of coal seams: forms of finding and basic methods of dissolution // Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'. 2007. № 3. P. 141–148 (in Russian).
3. Огородникова Е.Н., Барабошкина Т.А., Николаева С.К. Особенности минерального состава золошлакоотвалов – продуктов техногенеза // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 3. С. 20–24.
Ogorodnikova E.N., Baraboshkina T.A., Nikolaeva S.K. Features of the mineral composition ash dump – products technogenesis // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: ekologiya i bezopasnost' zhizhnedeyatel'nosti. 2011. № 3. P. 20–24 (in Russian).
4. Кузнецов Г.И., Балацкая Н.В., Озерский Д.А. Влияние золошлаковых отложений на фильтрацию из золоотвала // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 1. С. 60–64.
Kuznetsov G.I., Balatskaya N.V., Ozersky D.A. Influence of water permeability of ash slags on the filtration from ash damp // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2015. V. 19. № 1. P. 60–64 (in Russian).
5. Алексеева Т.Е., Гольдина Т.М. Некоторые аспекты мониторинга состояния золошлакоотвалов ТЭС и объектов природной среды в зоне их воздействия // Теплоэнергетика. 2004. № 12. С. 29–33.
Alekseeva T.E., Goldina T.M. Certain aspects of monitoring the state of ash and slag dumps at thermal power stations and of the components of the natural environment in their zone of influence. Thermal Engineering. 2004. Vol. 51. № 12. P. 974–978.
6. Ларионова Н.А. Золоотвалы – источники загрязнения подземных вод // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (г. Москва, 23–24 марта 2015 г.). М.: Изд-во РУДН, 2015. С. 363–367.
Larionova N.A. Ash dumps – sources of groundwater pollution // Sergeevskie chteniya. Inzhenerno-geologicheskie i geoekologicheskie problemy gorodskih aglomeracij: mate-

rialy godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geokologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii (g. Moskva, 23–24 marta 2015 g.). M.: Izd-vo RUDN, 2015. P. 363–367 (in Russian).

7. Целюк Д.И. Особенности минерального состава золовых отложений из золоотвалов Средней Сибири // Разведка и охрана недр. 2010. № 1. С. 67–71.

Tselyuk D.I. Special features of the mineral composition of ash deposits from the ash disposals of average Siberia // Razvedka i ohrana neдр. 2010. № 1. P. 67–71 (in Russian).

8. Усманова Л.И., Замана Л.В., Усманов М.Т. Геохимия подземных и поверхностных вод в зоне влияния золоотвала Читинской ТЭЦ-1 // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы третьей Всероссийской конференции с международным участием (г. Чита, 20–25 августа 2018 г.). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2018. С. 379–382. DOI: 10.31554/978-5-7925-0536-0-2018-379-382.

Usmanova L.I., Zamana L.V., Usmanov M.T. Geochemistry of underground and surface waters in the zone of influence

of the ash dump of Chita TPP-1 // The geological evolution of the water-rock interaction: proceedings of the third All-Russian scientific conference with international participation (Chita, 20–25 August 2018). Ulan-Ude: BSC SB RAS Publisher, 2018. P. 379–382 (in Russian).

9. Павлов С.Х., Оргильянов А.И., Бадминов П.С., Крюкова И.Г. Фильтрационные утечки из золошлакоотвала и их взаимодействие с геологической средой // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2014. Т. 7. С. 100–115.

Pavlov S.Kh., Orgilynov A.I., Badminov P.S., Krjukova I.G. The filtration leakage from ash dumps and their interaction with the geological environment // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle. 2014. Vol. 7. P. 100–115 (in Russian).

10. Zamana L.V., Usmanova L.I. Transformation of groundwater chemical composition in the zone of influence of the Chita TPP-1 ash dump (Transbaikalia, Russia). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). 2019. Vol. 1. P. 651–655. DOI: 10.2991/isees-19.2019.129.

УДК 911.37:711.4

**ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ УРБАНИЗАЦИИ И РУРАЛИЗАЦИИ
НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ****Чибилёв А.А. (мл.), Григорьевский Д.В., Мелешкин Д.С.***Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург,
e-mail: a.a.ml@mail.ru, grag92@mail.ru, aventureiro@mail.ru*

Изучение процессов урбанизации и рурализации является одним из важных вопросов в стратегии устойчивого развития степных регионов. В Западной части Южного Приуралья в последние десятилетия интенсивное развитие процессов урбанизации наблюдается на прилегающих к городам Оренбург и Стерлитамак территориях, которые играют важную роль в расселении и территориальной структуре хозяйства. В сельской местности проживает 42% населения исследуемой территории, производится вся сельскохозяйственная, лесная продукция и добываются полезные ископаемые. Картографический анализ изменения численности населения за 1991–2018 гг. демонстрирует, что в большей части (в 31 из 38) муниципальных образований наблюдается стабильное его сокращение (в среднем на 20%). Оценка тенденций урбанизации на основании динамики численности населения муниципальных образований за последние 3 десятилетия позволяет сделать вывод о продолжении развития процессов депопуляции в северо-западных и южных периферийных районах. Предпосылки к развитию на своей территории процессов рурализации имеют Саракташский, Ташлинский, Первомайский, Переволоцкий и Тощкий районы Оренбургской области, а также Куюргазинский и Фёдоровский районы Республики Башкортостан. На фоне продолжающегося общего сокращения численности населения рассматриваемой территории в ближайшее десятилетие доля городского населения увеличится до 63–65%. Разработка стратегии развития Бузулукско-Бугурусланской (на западе), Соль-Илецко-Акбулакской (на юге) и Кувандыкско-Медногорской (на востоке) малых агломераций, позволит избежать диспропорций пространственной организации Западной части Южного Приуралья. Для предотвращения тенденций образования в экономико-географическом смысле маргинальных территорий и усиления социально-экономического потенциала периферийных районов необходимо в структуре их экономик увеличить долю промышленности (главным образом перерабатывающей) и сферы услуг.

Ключевые слова: Южное Приуралье, урбанизация, рурализация, муниципальные образования, депопуляция, пространственное развитие

**THE PROCESSES DYNAMICS OF URBANIZATION AND RURALIZATION
IN THE TERRITORY OF THE WESTERN PART OF THE SOUTH PRIURALS****Chibilev A.A. (jr.), Grigorevskiy D.V., Meleshkin D.S.***Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: a.a.ml@mail.ru,
grag92@mail.ru, aventureiro@mail.ru*

Studying the processes of urbanization and ruralization is one of the important issues in the strategy of sustainable development of the steppe regions. In the Western part of the Southern Priurals, in recent decades, the intensive development of urbanization processes has been observed in the Orenburg and Sterlitamak districts, which play an important role in the resettlement and territorial structure of the economy. In rural areas, 42% of the population of the study area lives and all agricultural and forest products are produced and minerals are extracted. Cartographic analysis of changes in population for the period 1991-2018 demonstrates that in most (in 31 out of 38) municipalities there is a steady decline (by an average of 20%). An assessment of the development trends of urbanization processes in the study area based on the dynamics of the population of municipalities over the past 3 decades allows us to conclude that the development of depopulation processes continues in the northwestern and southern peripheral regions. The development of the processes of ruralization on its territory are the Saraktash, Tashlinsky, Pervomaisky, Perevolotsky and Totsky districts of the Orenburg region, as well as to the Kuyurgazinsky and Fedorovsky districts of the Republic of Bashkortostan. Against the background of the ongoing general decline in the population of the territory under consideration in the next decade, the share of urban population will increase to 63-65%. The development of a strategy for the development of territorial planning of the Buzuluks-Buguruslan (in the west), Sol-Iletsko-Akbulak (in the south) and Kuvandyks-Mednogorsk (in the east) small agglomerations will allow to avoid disproportions in the spatial development of the Western part of the South Urals. To prevent the formation of marginal territories in the economic and geographical sense and to strengthen the socio-economic potential of the peripheral regions, it is necessary to increase the share of industry (mainly processing) and the service sector in the structure of their economies.

Keywords: Southern Priurals, urbanization, ruralization, municipalities, depopulation, spatial development

На территории Западной части Южного Приуралья, территориально включающей 29 муниципальных районов и 9 городских округов проживает около 1901,1 тыс. человек, общая плотность населения составляет 18,7 чел./км². Одной из характерных особенностей пространственного развития этой

территории за последние три десятилетия является ускоренное развитие процессов урбанизации двух урбанизированных районов: Оренбургского и Стерлитамакского. Эти агломерации играют определяющую роль в расселении и территориальной структуре хозяйства рассматриваемой террито-

рии. Выступая в качестве двух полюсов или точек роста процессов урбанизации, Оренбург и Стерлитамак в пределах Западной части Южного Приуралья формируют экономические районы, доминирующие в территориальной структуре хозяйства, наращивающие инфраструктурный потенциал, и вместе с тем приводящие к обезлюдению традиционных сельских территорий, находящихся на периферии региона [1].

В XX в. на территории Западной части Южного Приуралья оформилось разделение социального пространства на урбанизированные территории и сельскую местность. На сегодня в девяти городах проживает более 1,1 млн жителей (58%). Основная доля городского населения приходится на города Оренбург (51,2%), Стерлитамак (25,3%), Бузулук (7,8%) и Бугуруслан (4,5%). Роль сельской местности и проживающего в ней населения остаётся важной: здесь живёт 798,1 тыс. чел., производится вся сельскохозяйственная и лесная продукция, добываются полезные ископаемые. Характерными чертами сельской местности, представляющей собой пространство между городами и вне городов, традиционно является преобладание доминирующих сельских (руральных) первичных сырьевых отраслей народного хозяйства [2] и экстенсивного использования земельного фонда.

Цель исследования: изучить динамику процессов урбанизации и рурализации, провести картографический анализ изменения численности населения за период 1991–2018 гг. в муниципальных образованиях Западной части Южного Приуралья.

Материалы и методы исследования

Рассматривая динамику процессов рурализации в муниципальных районах Западной части Южного Приуралья, отметим общее увеличение численности их населения в 2000 г. в сравнении с 1991 г. на 68,6 тыс. чел.; сокращение в 2010 г. в сравнении с 2000 г. на 77,9 тыс. чел.; сокращение в 2018 г. в сравнении с 2010 г. на 16,0 тыс. чел. Суммарное сокращение численности населения в муниципальных районах рассматриваемой территории за период 1991–2018 гг. составило 59,7 тыс. жителей.

Наибольшее сокращение абсолютного показателя численности населения за последние 27 лет среди рассматриваемых муниципальных районов произошло в Северном (–8,3 тыс. чел.), Красногвардейском (–7,8 тыс. чел.), Кур-

манаевском (–7,5 тыс. чел.) и Шарлыкском (–7,3 тыс. чел.) районах. По относительно значению максимальная депопуляция населения с 1991 г. отмечается в Северном (–39,9%), Александровском (–33,6%), Курманаевском (–32,3%), Матвеевском (–31,0%) и Шарлыкском (–30,8%) районах. Районами, которые увеличили численность проживающего на их территории населения с 1991 г., являются: Оренбургский (+73,8%), Стерлитамакский (+31,9%), Сакмарский (+6,4%) и Ташлинский (+1,3%).

В 2018 г. в девяти городских округах проживало 1180,6 тыс. чел., из которых 77,6 тыс. чел. (6,6%) сельского населения. В трех из девяти городских округов с 1991 г. увеличилась численность населения: ГО г. Оренбург (+52,1 тыс. чел.), ГО г. Стерлитамак (+31,9 тыс. чел.) и ГО г. Бузулук (+1,1 тыс. чел.). Стоит отметить, что причинами такого увеличения стали в том числе и административно-территориальные изменения.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный картографический анализ изменения численности населения за период 1991–2018 гг. наглядно демонстрирует (рисунок, таблица), что в большей части (в 31 из 38) муниципальных образований наблюдается стабильное сокращение (в среднем на 20%). Максимальные значения относительных показателей убыли населения зафиксированы в периферийных районах Западной части Южного Приуралья: в Северном районе, Абдулинском и Соль-Илецком городских округах. В абсолютных значениях максимальная убыль населения наблюдается в Соль-Илецком (25 тыс. чел.), Кувандыкском (16,3 тыс. чел.) и Абдулинском (13,8 тыс. чел.) городских округах.

Прирост численности населения зафиксирован в семи муниципальных образованиях. Максимальные показатели прироста численности характерны для двух крупных городов и примыкающих к ним районов: ГО г. Оренбург (9,9%, 52,1 тыс. чел.), Оренбургский район (73,8%, 41,9 тыс. чел.), ГО г. Стерлитамак (12,9%, 31,9 тыс. чел.) и Стерлитамакский район (31,9%, 10,4 тыс. чел.). Очевидны процессы оттока населения с окраин в административные и экономические центры. Численность населения в городских округах, некогда бывших в статусе муниципальных районов, неуклонно снижается.

Свою специфику имеют проблемы депопуляции населения в муниципальных образованиях, расположенных на северо-западной периферии Оренбургской области. Её экономические узлы в значительной мере удалены от г. Оренбурга. Так, например, расстояние от г. Бугуруслана до г. Уфы (320 км) – на 40 км короче, а до Самарской агломерации (180 км) – в 2 раза короче, чем до областного центра (360 км). Показатель инвестиций в основной капитал на душу населения здесь один из самых низких среди экономических районов Оренбуржья. Периферийность территории проявляется в сравнительно невысоких показателях промышленного производства (50,7 тыс. руб./чел.) и доли населения, занятого

в экономике (17,1%). Средняя людность сельских населённых пунктов этой территории составляет около 250 человек. Вместе с тем эта зона обладает благоприятными природно-климатическими условиями и высоким социально-экономическим потенциалом [3].

Общая плотность населения в 29 муниципальных районах не превышает 8,6 чел./км². Если рассматривать плотность жителей муниципальных районов на единицу посевных площадей сельскохозяйственных культур, то по этому показателю наименьшие значения имеют Александровский (10,7 чел./км²), Октябрьский (11,9 чел./км²), Курманаевский (12,0 чел./км²) и Матвеевский (12,6 чел./км²) районы.



* Цифрами обозначены:

Районы:

Оренбургская область – 1. Северный; 2. Бугурусланский; 4. Асекеевский; 5. Матвеевский; 6. Пономарёвский; 7. Бузулукский; 8. Грачёвский; 9. Красногвардейский; 10. Александровский; 11. Шарлыкский; 12. Курманаевский; 13. Тоцкий; 15. Новосергиевский; 16. Переволоцкий; 17. Октябрьский; 18. Тюльганский; 19. Первомайский; 20. Ташлинский; 21. Илекский; 22. Сакмарский; 23. Оренбургский; 24. Саракташский; 26. Акбулакский; 27. Беляевский. Республика Башкортостан – 29. Аургазинский; 30. Стерлитамакский; 31. Стерлибашевский; 32. Фёдоровский; 33. Куюргазинский.

Городские округа:

Оренбургская область – 3. Абдулинский; 14. Сорочинский; 25. Соль-Илецкий; 28. Кувандыкский.

Изменение численности населения (1991–2018 гг.) и плотность населения в 2018 г. по муниципальным районам и городским округам Западной части Южного Приуралья

Численность населения МО западной части Южного Приуралья [4, 5]

Муниципальные образования	Площадь территории, тыс. км ²	Численность населения, тыс. чел.			
		1991 г.	2000 г.	2010 г.	2018 г.
Оренбургская область					
Бугурусланский район	2,8	23,2	24,5	19,7	17,7
Бузулукский район	3,8	30,6	33,6	31,1	30,1
Курманаевский район	2,9	23,2	21,9	17,7	15,7
Первомайский район	5,1	25,3	30,3	25,7	24,0
Акбулакский район	5,0	29,8	31,2	25,6	24,8
Октябрьский район	2,7	22,2	22,2	20,0	18,8
Оренбургский район	5,0	56,8	63,3	74,4	98,7
Сакмарский район	2,0	26,7	28,4	29,2	28,4
Шарлыкский район	2,9	23,7	22,6	18,0	16,4
ГО г. Оренбург	0,9	527,7	570,5	563,8	579,8
Беляевский район	3,7	19,9	20,5	17,1	15,7
Саракташский район	3,6	41,3	42,3	40,1	39,1
Тюльганский район	1,9	24,6	23,9	19,7	17,8
ГО г. Медногорск	0,4	37,1	34,9	29,1	26,8
Асекеевский район	2,4	25,0	24,9	21,0	17,9
Александровский район	3,1	21,1	20,4	15,7	14,0
Грачевский район	1,7	16,2	16,6	13,5	11,6
Илекский район	3,6	28,4	29,3	25,1	23,9
Красногвардейский район	2,9	26,9	26,3	21,1	19,1
Матвеевский район	1,8	15,8	15,9	12,3	10,9
Новосергиевский район	4,5	38,0	38,4	36,3	34,5
Переволоцкий район	2,8	30,2	29,4	28,4	26,3
Пономаревский район	2,1	18,0	18,2	15,5	13,8
Северный район	2,1	20,8	19,1	15,0	12,5
Ташлинский район	3,4	23,5	27,0	25,3	23,8
Тоцкий район	3,1	32,5	41,3	32,9	31,6
ГО г. Бузулук	0,1	85,1	87,0	82,6	86,2
ГО г. Бугуруслан	0,1	54,1	54,8	50,2	49,7
Сорочинский ГО	2,8	43,3	47,3	43,5	40,3
Абдулинский ГО	1,8	40,0	37,0	30,6	26,2
Соль-Илецкий ГО	5,2	76,3	55,6	53,7	51,3
Кувандыкский ГО	5,7	57,0	53,8	45,8	40,7
Республика Башкортостан					
Аургазинский район	2,0	39,0	38,5	37,1	32,7
Стерлибашевский район	1,6	21,7	22,6	20,5	17,9
Куюргазинский район	2,2	23,5	25,6	26,3	23,0
Стерлитамакский район	2,2	32,6	35,8	32,7	43,0
Фёдоровский район	1,7	19,7	20,4	19,5	16,8
ГО г. Стерлитамак	0,1	247,7	261,8	273,5	279,6

На территории муниципальных районов Западной части Южного Приуралья сосредоточены более 3,3 млн га посевных площадей сельскохозяйственных культур [6, 7]. Кроме занятия растениеводством и животноводством специфика расселения сельского населения определяется его участием в других отраслях народного хозяйства. Как правило, структура экономики наиболее

развитых сельских территорий отличается высоким уровнем диверсификации при повышенном значении промышленности и сферы услуг.

На исследуемой территории сохраняются социально-экономическое отставание и напряжённость между сельской местностью и городом. Сложившаяся ситуация требует проведения социально-экономиче-

ских и экономико-географических исследований проблем сельской местности, связанных с ускорением процессов депопуляции, ростом взаимосвязи с городами, развитием рекреационной сферы, структурными сдвигами в сельском хозяйстве и их социальными последствиями. Главным фактором пространственных сдвигов населения на рассматриваемой территории выступает его социально-экономическая дифференциация. В последние десятилетия усугубляется диспропорция по величине доходов населения в сельской местности и городских жителей.

Выводы

Оценка тенденций развития процессов урбанизации на исследуемой территории на основании динамики численности населения муниципальных образований за последние три десятилетия позволяет сделать вывод о продолжении развития процессов депопуляции в северо-западных и южных периферийных районах. В среднесрочной перспективе города Бугуруслан, Соль-Илецк, Кувандык и Медногорск будут терять численность населения, в то время как Оренбургская и Стерлитамакские агломерации на фоне возрастающих процессов урбанизации в прилегающих территориях будут увеличивать численность населения.

Неплохие предпосылки к развитию на своей территории процессов рурализации имеют Саракташский, Ташлинский, Первомайский, Переволоцкий и Тоцкий районы Оренбургской области, а также Курганский и Фёдоровский районы Республики Башкортостан. На фоне продолжающегося общего сокращения численности населения рассматриваемой территории в ближайшем десятилетии доля городского населения увеличится до 63–65 %.

Для избежания диспропорций пространственного развития Западной части Южного Приуралья целесообразно на уровне территориального планирования разработать стратегию развития Бузулукско-Бугурусланской (на западе), Соль-Илецко-Акбулакской (на юге) и Кувандыкско-Медногорской (на востоке) малых агломераций. На рассматриваемой территории подтверждается тезис, что экономическое развитие сельских территорий повышается при снижении удельного веса занятых в аграрном секторе. Для предотвращения тенденций образования в экономико-географическом смысле маргинальных территорий и усиления социально-экономи-

ческого потенциала периферийных районов необходимо в структуре их экономик увеличивать долю промышленности (главным образом перерабатывающей) и сферы услуг.

Развитие только крупных городов, сосредоточивающих в себе большую часть населения, инвестиций, важнейших объектов социальной инфраструктуры – является отчасти результатом несостоятельности современной структуры административно-территориального деления (АТД). Концентрация финансовых, административных и социальных ресурсов лишь в областном центре негативно сказывается на уровне жизни населения в отдаленных районах. При современной структуре сельского хозяйства, где повсеместная «экспансия» сельхозугодий агрохолдингами приводит к уменьшению количества рабочих мест для сельских жителей, неизбежны процессы депопуляции в сельской местности. Одним из решений данной проблемы может служить совершенствование внутрирегиональной системы АТД. Рассматривая территорию Западной части Южного Приуралья, включающую в себя муниципальные образования двух субъектов РФ, можно предложить варианты изменения структуры АТД, не затрагивающие современные границы муниципальных образований и не нарушающих целостность субъектов. Для западной части Оренбургской области предлагается объединение следующих муниципальных образований: Бугурусланский и Северный районы (с центром в г. Бугуруслане); Абдулинский ГО, Асекеевский и Матвеевский районы (с центром в городе Абдулино); Бузулукский и Грачёвский районы (с центром в г. Бузулук); Курманаевский и Первомайский (с центром в селе Курманаевка); Сорочинский ГО и Тоцкий район (с центром в городе Сорочинск). Основными функциями центров объединенных муниципальных образований должны стать: предоставление многопрофильного медицинского обслуживания и профессионального образования; наличие и доступ к физкультурно-оздоровительным и культурно-досуговым учреждениям, коллективным средствам размещения, пунктам общественного питания; обустройство качественной дорожной сети; организация современных предприятий по переработке ТБО и т.д.

Подобная структура будет способствовать устойчивому пространственному развитию территорий с учетом их специфики, поддержки и обеспечения доступа населения к необходимым социальным услугам,

нивелируя отрицательные (для жителей сельской местности) эффекты урбанизации и способствуя развитию положительных тенденций рурализации в Западной части Южного Приуралья.

Статья подготовлена в рамках темы «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (№ ГР АААА-А17-117012610022-5) и комплексной программы УрО РАН 18-5-5-49 «Эволюция и пространственная дифференциация ландшафтов Южного Приуралья в условиях климатических и антропогенных изменений».

Список литературы / References

1. Чибилёв А.А., Чибилёв А.А. (мл.), Руднева О.С., Соколов А.А., Падалко Ю.А., Мелешкин Д.С., Григоревский Д.В. Проблемы устойчивого развития социально-экономических геосистем степной зоны Российской Федерации. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. 128 с.
2. География, общество, окружающая среда. Том V: География социально-экономического развития / Под ред. проф. А.И. Алексеева и проф. Н.С. Мироненко. М.: ИД «Гордец», 2004. 672 с.
3. Чибилёв А.А. (мл.), Падалко Ю.А., Семёнов Е.А., Руднева О.С., Соколов А.А., Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С. Очерки экономической географии Оренбургского края. Том II. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. 144 с.
4. Муниципальные образования Оренбургской области. 2018: Статистический сборник. Оренбургстат. Оренбург, 2018. 233 с.
5. База данных показателей муниципальных образований [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (дата обращения: 07.10.2019).
6. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 6 т. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. Т 3: Земельные ресурсы и их использование. Оренбург, 2018. 197 с.
7. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 6 т. Т. 3: Земельные ресурсы и их использование. Уфа: Башкортостанстат, 2018. 238 с.

УДК 550.42:551.578.4

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОБАХ СНЕГА ВОКРУГ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Яковлев Е.Ю., Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Очеретенко А.А.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаврова РАН, Архангельск, e-mail: abs2417@yandex.ru*

В статье представлены результаты работ, проведенных в 2019 г. по отбору проб снега вокруг Северодвинского промышленного района. Целью данной работы было провести комплексный анализ наличия тяжелых металлов в снежном покрове в их нерастворимой форме. Кроме того, была поставлена задача оценить водородный показатель, проводимость и минерализацию талой воды. Дополнительной задачей являлось измерить общую альфа-активность проб снега и оценить активность изотопов урана в объединенной пробе со всех участков. В результате обработки проб снега и анализа результатов обнаружены повышенные содержания таких элементов, как Mn и Pb, в пробах находящихся в непосредственной близости от промышленной зоны. Максимальные суммарные значения тяжелых металлов в нерастворимой форме, включая Ti и Fe, достигали в отдельных местах более 43 мг/кг. Напротив, были выявлены участки с достаточно благоприятной обстановкой, где значения большинства исследуемых элементов незначительны и приближаются к фоновым. Физико-химические показатели в основном коррелируют с высокими содержаниями тяжелых металлов. Полученные толстослойные образцы для определения общей альфа-активности в пробах показывают, что с повышением общего количественного содержания определяемых элементов увеличивается и значение общей альфа-активности снега. Объединенная проба всех отобранных талых снежных вод на изотопы урана показала низкое значение в 0,00025 до Бк/л ($^{234}\text{U} + ^{238}\text{U}$), что соответствует средним значениям для этой территории. Несмотря на незначительно повышенные концентрации некоторых тяжелых металлов рядом с промышленной зоной, на расстоянии 7–10 км снежный покров является относительно чистым, особенно в местах на юго-западе от района, благодаря направлению преобладающих ветров.

Ключевые слова: экология, тяжелые металлы, промышленный район, альфа-спектрометрия, радиохимия

SPATIAL DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SNOW SAMPLES AROUND THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA

Yakovlev E.Yu., Zykova E.N., Zykov S.B., Ocheretenko A.A.

*Federal Centre for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov RAS, Archangelsk,
e-mail: abs2417@yandex.ru*

The article presents the results of work carried out in 2019 on snow sampling around the Severodvinsk industrial region. The aim of this work was to conduct a comprehensive analysis of the presence of heavy metals in the snow cover in their insoluble form. In addition, the task was to assess the hydrogen index, conductivity and mineralization of the melt water. An additional task was to measure the total alpha activity of snow samples and evaluate the activity of uranium isotopes in the combined sample from all sites. As a result of processing snow samples and analyzing the results, elevated contents of elements such as Mn and Pb in samples located in the immediate vicinity of the industrial zone were found. The maximum total values of heavy metals in insoluble form, including Ti and Fe, reached in some places more than 43 mg/kg. On the contrary, areas with a rather favorable environment were identified where the values of most of the elements studied are insignificant and approach the background. Physicochemical parameters mainly correlate with high levels of heavy metals. The obtained thick-layer samples for determining the total alpha activity in the samples show that with an increase in the total quantitative content of the elements being determined, the value of the total alpha activity of the snow also increases. The combined sample of all melt snow water taken for uranium isotopes showed a low value of 0.00025 to Bq/l ($^{234}\text{U} + ^{238}\text{U}$), which corresponds to the average values for this territory. Despite slightly elevated concentrations of some heavy metals near the industrial zone, at a distance of 7-10 km, snow cover is relatively clean, especially in places southwest of the region due to the direction of the prevailing winds.

Keywords: ecology, heavy metals, industrial area, alpha spectrometry, radiochemistry

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и меры по его предотвращению являются неотъемлемой частью сегодняшнего мира. В г. Северодвинске Архангельской области располагается крупный техногенный объект – Северодвинский промышленный район. Данный район

расположен на берегу Белого моря в северо-западной части Архангельской области. Его образование в конце 1930-х гг. было связано с планами советского правительства по строительству на этой территории крупнейшего в Евразии предприятия судостроения. Деятельность

столь большого промышленного центра оказывает заметное влияние на окружающую среду. Основными составляющими комплекса являются предприятия металлургии, машиностроения, химии и энергетическая составляющая в виде электростанций, работающих на каменном угле и газе. Обращает на себя внимание и наличие в акватории комплекса судов с ядерными энергетическими установками. Все перечисленные факторы требуют качественного и продолжительного мониторинга окружающей среды вокруг Северодвинского промышленного района. Одним из объектов мониторинга, наряду с почвами, природными водами, донными отложениями, аэрозолями и растительностью являются осадки. В частности, снег очень удобен для мониторинга выпадений в период, когда отсутствует пыль, и позволяет определить в неизменном виде выбросы предприятий.

Цель исследования: отобрать пробы снега в непосредственной близости и на удалении 5–10 км от такого крупного промышленного района, как Северодвинский, и провести комплексный анализ наличия тяжелых металлов в снежном покрове, в частности их нерастворимой формы. Была поставлена задача определить валовую концентрацию тяжелых металлов Ti и Fe, сравнить повышенные концентрации исследуемых элементов с их содержаниями на фоновых участках, поскольку данный аспект имеет важное значение и исследовался многими учеными [1, 2]. Кроме того преследовалась цель оценить такие физико-химические параметры, как водородный показатель, проводимость, окислительно-восстановительный потенциал и минерализацию талых проб снега, так как эти величины характеризуют свойства поллютантов [3]. Дополнительной задачей было определить общую альфа-активность проб снега при помощи радиометра с предварительной подготовкой толстослойных образцов и оценить активность изотопов урана в объединенной пробе из всех участков.

Материалы и методы исследования

Отбор проб снега проводился в середине марта 2019 г. в период наибольшего влагозапаса, чтобы отобрать наиболее представительные пробы. Мощность снежного покрова в лесу варьировала от 60 до 75 см. Всего было отобрано 14 проб снега, 13 из которых находились

вокруг Северодвинского промышленного района (рис. 1). Одна проба С-95 была отобрана как фоновая на значительном удалении от промышленных объектов и находилась на территории Беломоро-Кулойского плато.

Отбор проб снега производился в новые пластиковые ведра с герметичной крышкой при помощи полипропиленового совка во избежание загрязнения металлами. Пробы были отобраны на глубину всего профиля до почвы. Все пробы были отобраны в лесу с таким расчетом, чтобы до близлежащей дороги расстояние составляло не менее 100 м. В лаборатории снег растапливали в емкостях, в которых он был отобран, при температуре от 18 до 23 °С. Сразу после этого в талой воде методом прямой потенциометрии измерялась минерализация, проводимость с помощью кондуктометра «Mettler Toledo FiveGo F3» и водородный показатель (рН) при помощи «HannaInstruments 9124». После этого пробы фильтровались через предварительно взвешенный и высушенный в сушильном шкафу фильтр «синяя лента» диаметром 90 мм на воронке Бюхнера. Далее фильтр с осадком высушивался в сушильном шкафу при 105 °С и после этого помещался в эксикатор для стабилизации массы. Затем фильтр взвешивали и вычисляли массу осадка. Анализ проб проводился в ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова с использованием метода ИСП-МС (прибор «Auriga Elite» фирмы Bruker Daltonics, Inc). Абсолютная погрешность данного метода измерения составляла $\pm 0,005$ мг/кг.

Определение общей альфа-активности проб снега проводили на радиометре «Абелия». Методика включала в себя получение толстослойного образца на подложке 10 см² через выпаривание подкисленной HNO₃ талой воды с введением в получившийся осадок 50 % H₂SO₄. Полученный образец взвешивали и выдерживали в муфельной печи при температуре 400–500 °С до серого осадка, который переносили на подложку и измеряли на радиометре не ранее чем через 7 ч после приготовления. Значение общей удельной активности альфа-излучающих естественных радионуклидов в счетном образце в Бк/г проводили с учетом статистической составляющей неопределенности и погрешности измерений [4].

Для альфа-спектрометрических измерений объединенной водной пробы была выбрана аттестованная радиохимическая методика подготовки проб для измерений объемной активности урана [5]. Концентрации подвижной формы изотопов урана в снеге очень малы и составляют от 2 до $4 \cdot 10^{-9}$ г/л. Для обеспечения необходимой точности требовалось не менее 100 л растаявшей воды, а все отобранные пробы были объемом от 9 до 12 л. По этой причине сухие остатки после радиометрии объединялись в один. Затем его переносили в стакан объемом 1 л с дистиллированной водой и подкисляли с добавлением радиоизотопного индикатора ^{232}U . Далее из раствора удаляли карбонаты с помощью кипячения, добавляли раствор хлорного железа ($50 \text{ мг железа в } 1 \text{ см}^3$) и осаждали гидроокиси аммиаком. Отфильтрованные гидроокиси растворяли на фильтре 7M HNO_3 и проводили экстракцию изотопов урана 30% трибутилфосфатом. Реэкстракцию проводили дистиллированной водой 3 раза по 1 мин. Полученный реэкстракт выпаривали, обрабатывали HNO_3 и заливали 2% раствором соды. Полученный электролит переносили в электролитическую ячейку и проводили электролиз на диск из нержавеющей стали. Полученный образец измеряли на альфа спектрометре «Мультирад-АС». Определение и расчет объемной активности проводили относительно введенного трассера ^{232}U в программе «Progress 5.10».

Результаты исследования и их обсуждение

Суммарные значения тяжелых металлов в точках отбора снега С-87 и С-88, находящихся в нескольких десятках метров от промышленных объектов варьируют в пределах от 0,259 до 0,312 мг/кг (рис. 2). Если к этим значениям добавить концентрации Ti и Fe, то суммарные показатели вырастут до 8,44 мг/кг для пробы С-88 и до 43,24 мг/кг для С-87. В удаленных от Северодвинского промышленного района пробах снега суммарные значения колеблются от 0,026 до 0,077 мг/кг (пробы С-89 и С-92 соответственно), что существенно ниже. С учетом Ti и Fe наименьшие суммарные значения имеет проба С-89 (0,037 мг/кг) и С-90 (0,058 мг/кг). Если посмотреть значения содержания отдельного элемента по всем точкам, то видны незначительные колебания. Только в пробах снега С-87 и С-88, которые ближе всего находятся к промышленным объектам, концентрации большинства элементов явно выше.

Проба, отобранная на значительном удалении от техногенных источников загрязнения, показывает, что некоторые точки вокруг изучаемого промышленного района имеют низкие концентрации исследуемых элементов и могут считаться фоновыми. Это также подтверждается низкими содержаниями тяжелых металлов и титана в растительности и почвах, полученных в этих точках ранее [6].

К сожалению, ГОСТа в России на наличие загрязнения в снеге не существует. Использование норм для поверхностных вод по отношению к растаявшему снегу не совсем корректно. По этой причине для правильного отражения загрязнения снежного покрова используется метод сравнения проб, отобранных вблизи промышленного района с пробами фоновых участков. Данное сравнение отражено в таблице.

Наиболее представительной по содержанию тяжелых металлов является проба С-87. На ее примере можно рассмотреть содержание конкретных элементов составляющих нерастворимую фазу (таблица). Анализируя состав и концентрацию измеренных химических элементов, можно сказать, что источником загрязнения здесь являются металлообработка, металлургия и энергетика. Из таблицы видно, что в целом ПДК не превышено ни в одной точке, за исключением С-87, где допустимый порог незначительно превышают марганец и свинец. Кроме того кадмий и мышьяк имеют в этом месте значения близкие к верхней границе рекомендуемых уровней для вод хозяйственно-питьевого водопользования. Следует также отметить большое осадконакопление за зимний период 2018–2019 г., что могло понизить содержания металлов в снеге. Если рассматривать разницу между концентрациями исследуемых элементов вблизи источника загрязнений и на удалении 10 км (проба С-89), то разница колеблется от 5,6 до 139 раз, что свидетельствует о загрязнении снега предприятиями Северодвинского промышленного района, несмотря на то, что пороги ПДК практически не превышены ни в одной точке, кроме С-87.

Параллельно проведенные исследования растворимой фазы данных проб показали, что концентрационные ряды во многом сходны. В связи с этим можно сказать, что вероятно исследованные тяжелые металлы выделяются из твердых частиц посредством растворения, выщелачивания и мигрируют далее по почвенному профилю, загрязняя окружающую среду.

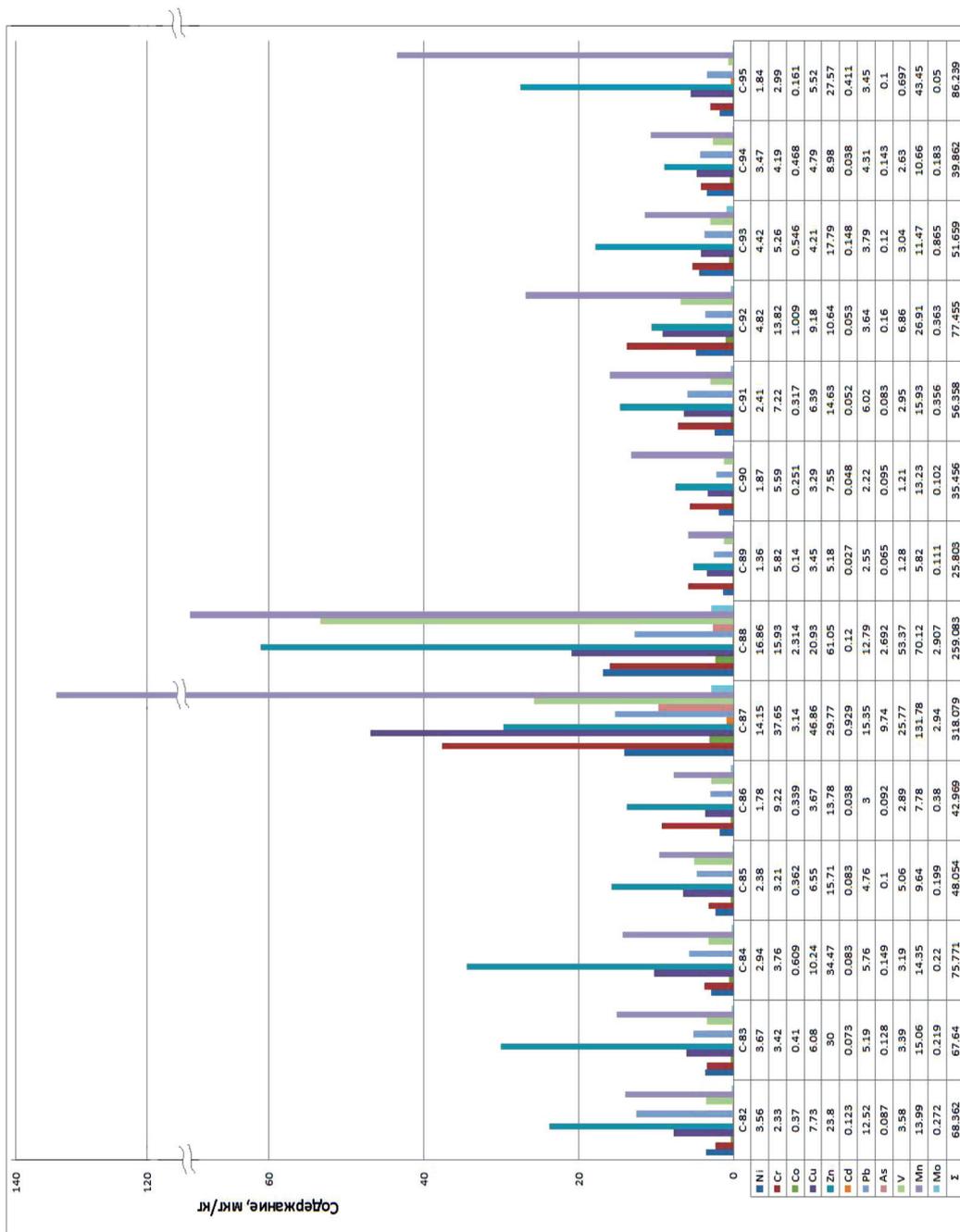


Рис. 2. Содержание Y, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Pb в точках отбора снега вокруг Северодвинского промышленного района, в фоновой точке C-95 и суммарные значения по точке отбора Σ, мкг/кг

Валовое содержание нерастворимой формы тяжелых металлов в пробе снега С-87 вокруг Северодвинского промышленного района, мкг/кг (март 2019 г.)

Элемент	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Pb
С-87	0,185	25,8	37,7	132	42739	3,14	14,2	46,9	29,8	9,74	2,94	0,93	15,4
С-89	0,018	1,28	5,82	5,82	0,324	0,14	1,36	3,45	5,18	0,07	0,11	0,03	2,55
С-87/С-89	10,3	20,2	6,3	22,6	13,2	21,4	14	13,4	5,6	139	26,7	33,3	5,8
ПДК в воде, мкг/л	100	100	50	100	1000	100	20	1000	1000	10	250	1	10
Класс опасности	3	3	2	3	4	2	2	2	3	1	2	2	2

Физико-химический показатель кислотности в пробах талой воды варьировал от 5,02 до 6,04 единиц рН, то есть находился в нейтральной и слабокислой зоне. Валовое содержание электролитов в снеге было незначительным и изменялось в пределах 5,25–14,31 мкСм/см. Минерализация как величина находилась в интервале от 2,49 до 7,08 мг/л. Окислительно-восстановительный потенциал варьировал от 52 до 121 мВ. Показатели общей альфа-активности в пробах снега варьировали в пределах от 0,0025 до 0,0041 Бк/л. Максимальные значения были зафиксированы вблизи промышленной зоны на юго-востоке и в целом тяготеют к городской черте. Измеренные значения активности изотопов урана имели низкие уровни, близкие к значениям для снега в этом районе, определенные в 2017 г., и составляли 0,000058 Бк/л (^{238}U) и 0,0001927 Бк/л (^{234}U).

Закключение

В результате исследований проб снега обнаружены повышенные содержания таких элементов, как Mn и Pb, в пробах находящихся в непосредственной близости от Северодвинского промышленного района. Максимальные суммарные значения тяжелых металлов в нерастворимой форме с учетом Ti и Fe достигали в отдельных пробах 43 мкг/кг. Однако были выявлены и участки с достаточно благоприятной экологической обстановкой, где содержания большинства исследуемых элементов незначительны и могут считаться фоновыми. Физико-химические показатели в целом прямо коррелируют с высокими содержаниями тяжелых металлов. Полученные толстослойные образцы для определения общей альфа-активности в пробах показывают, что с повышением общего количественного содержания определяемых элементов увеличивается и значение общей альфа-активности снега. Объединенная проба всех отобранных талых снежных вод, исследованная на содержание в ней изотопов урана, показала низкие уровни, что соответствует средним значениям для данной территории. Несмотря на немного повышенные концентрации некоторых тяжелых металлов рядом с промышленной зоной,

на расстоянии 7–10 км снежный покров является относительно чистым, особенно в местах на юго-западе от Северодвинского промышленного района благодаря направлению преобладающих ветров. После данных исследований стало очевидно, на каком расстоянии следует изучать выпадение тяжелых металлов для выявления путей поступления их в растительный покров, почву и природные воды.

Работа была выполнена при поддержке программы НИР № АААА-А19-119011890018-3.

Список литературы / References

1. Siudek P., Frankowski M., Siepak J. Trace element distribution in the snow cover from an urban area in central Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 187. no. 5. P. 225–235. DOI: 10.1007/s10661-015-4446-1.
2. Чагина Н.Б., Айвазова Е.А., Иванченко Н.Л., Варакин Е.А., Соболев Н.А. Исследование содержания тяжелых металлов в снеговом покрове г. Архангельска и их влияние на здоровье населения // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные Науки*. 2016. № 4. С. 57–68. DOI: 10.17238/issn2227-6572.2016.4.57.
3. Chagina N.B., Aivazova E.A., Ivanchenko N.L., Varakin E.A., Sobolev N.A. The study of the content of heavy metals in the snow cover of the city of Arkhangelsk and their impact on public health // *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences*. 2016. № 4. P. 57–68 (in Russian).
4. Pilecka J., Grinfelde I., Valujeva K., Straupe I., Purmalis O. Heavy metal contamination and distribution in the urban environment of Jelgava. *Rural And Environmental Engineering, Landscape Architecture*. 2017. Vol. 1. P. 173–179. DOI: 10.5593/sgem2017/41/S19.058.
5. Предварительная оценка радиационной безопасности питьевой воды по удельной общей (суммарной) активности альфа и бета-излучающих (ЕРН) в счетных образцах, приготовленных выпариванием, в соответствии с пунктом 2.5 МИ 2707-2010. М.: НТЦ Амплитуда, 2010. 16 с.
6. Preliminary assessment of the radiation safety of drinking water by the specific total (total) activity of alpha and beta-emitting (ERN) in counting samples prepared by evaporation in accordance with clause 2.5 of MI 2707-2010. М.: NTTS Amplituda, 2010. 16 p. (in Russian).
7. Методика измерений объемной активности урана (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U) в пробах природных (пресных и минерализованных), технологических и сточных вод альфа спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой. М.: ФГУП ВИМС, 2013. 16 с.
8. The procedure for measuring the volumetric activity of uranium (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U) in samples of natural (fresh and mineralized), process and wastewater alpha spectrometric method with radiochemical preparation. М.: FGUP VIMS, 2013. 16 p. (in Russian).
9. Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Ларионов Н.С. Сравнительно-временной анализ содержания тяжелых металлов в аномальных зонах почв Северодвинского промышленного района // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 8. С. 130–135.
10. Zykova E.N., Zikov S.B., Yakovlev Y.Yu., Larionov N.S. The comparative-temporal analysis of the content of heavy metals in the anomalous zones of the soils of the Severodvinsk industrial region // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 8. P. 130–135 (in Russian).

ОБЗОРЫ

УДК 551.34:622.023.623

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕЩИН
В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ****Прудецкий Н.Д., Соколов К.О., Федорова Л.Л.***Институт горного дела Севера СО РАН им. Н.В. Черского, Якутск, e-mail: igds@ysn.ru*

На большинстве россыпных месторождений алмазов Якутии рыхление вскрышных пород производится буровзрывным способом. Мощность торфов на россыпях находится в пределах от десятков сантиметров до десятков метров, при этом породные массивы при отрицательных температурах превращаются в прочно армированные монолиты за счет заполнения пор и трещин льдом. Трещины рыхлых отложений образуются в результате такого криогенного процесса, как морозобойное растрескивание, образуя на поверхности полигоны, и в дальнейшем проникают вглубь массива горных пород. Заполнителями трещин в основном являются вода, воздух, песок, обломочные породы, торф, которые образуют полигонально-жилые ледяные структуры, создающие значительные трудности при проведении буровзрывных работ. Для решения этой проблемы необходимо выявить и очертить зону повышенной трещиноватости на полигонах буровзрывных блоков. В статье представлен аналитический обзор методов исследования трещин в четвертичных отложениях (геологическими, с помощью скважин, зарисовок и фотографирования и геофизическими). Из геофизических методов были рассмотрены сейсмоакустический, оптический, плотностной гамма-гамма-каротаж, электрометрический и георадиолокационный. А также перечислены модели разрезов трещин, заполненных различными горными породами, которые образовались в результате морозобойного растрескивания массива многолетнемерзлых пород. На основе их размеров и физических параметров заполнителей описаны особенности и недостатки каждого рассмотренного метода. По результатам аналитического обзора, выбран метод георадиолокации, который позволит выявлять зоны развития криогенных процессов и повышенной трещиноватости после соответствующей доработки методического обеспечения.

Ключевые слова: трещиноватость, массив горных пород, четвертичные отложения, георадиолокация, геофизические методы, лёд, буровзрывные работы

**ANALYTICAL REVIEW OF RESEARCH METHODS IN QUATERNARY
FRACTURES DEPOSITS OF PERMAFROST ZONE****Prudetskiy N.D., Sokolov K.O., Fedorova L.L.***Mining Institute of the North Siberian Branch Russian Academy of Sciences,
Yakutsk, e-mail: igds@ysn.ru*

On the majority of placer deposits of diamonds of Yakutia loosening of overburden is made by the drilling and blasting method. The power of peat on placers is in the range from tens of centimeters to tens of meters, while rock massifs at negative temperatures turn into strongly reinforced monoliths by filling pores and cracks with ice. Cracks of loose deposits are formed as a result of such a cryogenic process as frost cracking, forming polygons on the surface, and subsequently penetrate deep into the rock mass. Crack fillers are mainly water, air, sand, detritus, peat, which form polygonal-vein ice structures that create significant difficulties in drilling and blasting. To solve this problem, it is necessary to identify and delineate the zone of increased fracturing at the landfills of drilling and blasting blocks. The article presents an analytical review of methods for studying cracks in Quaternary sediments (geological, with the help of wells, sketches and photographing and geophysical). From geophysical methods seismoacoustic, optical, density gamma-gamma-ray logging, electrometric and georadar were considered. And also the models of sections of cracks filled with various rocks, which were formed as a result of frost cracking of permafrost massif, are listed. On the basis of their sizes and physical parameters of fillers, features and shortcomings of each considered method are described. According to the results of the analytical review, the method of GPR was chosen, which will allow identifying zones of cryogenic processes and increased fracturing after the appropriate refinement of the methodological support.

Keywords: fracture, of rocks, Quaternary deposits, ground-penetrating radar, geophysical techniques, ice blasting

Для эффективного и безопасного ведения горных работ при разработке алмазных россыпных месторождений криолитозоны необходима точная и надежная информация о строении и состоянии массива горных пород разрабатываемых месторождений. Россыпные месторождения алмазов Якутии разрабатываются открытым способом, при этом для подготовки россыпного месторождения к разработке с него

предварительно удаляют пустые породы (торфа), покрывающие пласт полезного ископаемого (пески). Учитывая особенности залегания россыпных месторождений в условиях криолитозоны, возникает необходимость разупрочнения многолетнемерзлых пород, с целью приведения их в состояние, при котором возможна их разработка. Мощность торфов на россыпях бывает различной и колеблется в пределах от десят-

ков сантиметров до десятков метров. В зависимости от мощности и объемов торфов применяют различные способы рыхления горных пород, например бульдозерный, экскаваторный или буровзрывной. Однако практика добычных работ показывает, что крупные алмазодобывающие предприятия в основном используют буровзрывной способ, так как он наиболее эффективен в условиях короткого полевое сезона.

Буровзрывные работы (БВР) производятся в условиях, когда породные массивы при влиянии отрицательной температуры превращаются в прочно армированные монолиты за счет заполнения пор и трещин льдом [1, 2]. Для эффективного и оперативного выявления трещин в четвертичных отложениях криолитозоны требуется выбрать наиболее оптимальный метод исследования, для достижения этой цели необходимо провести аналитический обзор геологических и геофизических методов изучения строения массива горных пород.

Трещины рыхлых отложений образуются в результате такого криогенного процесса, как морозобойное растрескивание (процесс деформации мерзлых пород в изменяющемся градиентном температурном поле) [3]. Трещины возникают на поверхности, образуя полигоны, и в дальнейшем проникают вглубь массива горных пород. В условиях Крайнего Севера, где охлаждение массива горных пород зимой происходит резко и глубоко, возникают частые морозобойные трещины, расположенные на расстоянии от 1–1,5 до 100–200 м, а их форма в зависимости от степени однородности пород по составу и льдистости изменяется от правильной тетрагональной до пяти-

шестиугольной часто неправильной формы (рис. 1). При сезонном промерзании пород их глубина ограничивается мощностью промерзшего слоя, а в криолитозоне трещина может проникать на глубину 3–4 м и более за один зимний сезон. Глубина проникновения трещины пропорциональна температуре многолетнемерзлых пород, т.е. чем ниже, тем глубже. Ширина трещин на поверхности массива горных пород может достигать 0,05–0,1 м.



Рис. 1. Морозобойные полигоны с системой повторно-жильных льдов на пойменной террасе р. Волосовича (остров Котельный)

Морозобойное растрескивание, как правило, сопровождается заполнением трещин водой (а), воздухом (б), песком (в), обломочными породами (г), торфом и образованием полигонально-жильных ледяных структур (д), которые подразделяются на четыре типа: повторно-жильные льды, изначально-грунтовые жилы, первично песчаные жилы и псевдоморфозы по повторно-жильным льдам (рис. 2) [4].



Рис. 2. Модели разрезов, образованных в результате морозобойного растрескивания массива горных пород криолитозоны

Исследование трещин мёрзлых горных пород проводится в рамках детальных геолого-геофизических изысканий. При изучении трещин основное внимание уделяется [4-6]:

– пространственной ориентировке трещин и системам трещин, установлению главного или главных направлений развития трещин;

– морфологии трещин и их соотношению со слоями пород, складками, разломами с целью восстановления генетического типа и вида трещин;

– определению интенсивности трещиноватости пород с целью количественной оценки степени раздробленности пород, выделения участков, различающихся по интенсивности трещиноватости;

– определению длины, ширины (раскрытия) трещин.

Трещины изучаются следующими методами: 1) геологическими, 2) с помощью скважин, 3) зарисовок и фотографирования, 4) геофизическими. Геологические методы изучения трещиноватости требуют наблюдений на обнаженной поверхности пород. На территории Анабарского района (Якутия) геологические обнажения (рис. 3), выходы коренных пород встречаются крайне редко, в основном в руслах рек и ручьев, в остальном рельеф местности пологий, местами ровный, что не позволяет проводить изучение трещиноватости массива горных пород по традиционным методикам.



Рис. 3. Геологические обнажения по руслу р. Анабар

Метод бурения скважин

Проведение исследований трещины в массиве горных пород по данным бурения скважин обладает рядом особенностей. Оно может быть произведено с помощью обзора или фотографирования стенок скважины либо путем описания керна. Сравнивая

кern и стенки скважин, можно отметить, что в керне наблюдаются как естественные, так и искусственные трещины. По трещинам kern разваливается, вследствие чего ширину трещин по керну определить совершенно невозможно, отчего неориентированном в керне невозможно определить азимут падения трещин. В противоположность этому в стенке скважины трещины сохраняют все параметры неискаженными или малоискаженными, но они труднодоступны, съемку стенок скважин можно провести лишь с применением сложных оптических приборов. Прибор позволяет фиксировать на стенках скважины следы трещин, определять местоположение трещин, ширину раскрытия и расстояние между ними. Наблюдение можно проводить непосредственно во взрывных скважинах до глубины 15–20 м. Из-за большой трудоемкости выполнения наблюдений и обработки результатов этот способ применяется как контрольный с другим способом оценки трещиноватости.

Исследования трещиноватости горных пород, извлеченных из скважины, не дают полной информации, поскольку, как правило, наиболее крупные и эффективные для фильтрации трещины не выявляются, так как по ним kern раскалывается. Из зоны повышенной трещиноватости извлекают наиболее плотные обломки пород. В связи с этим, естественно, возникает необходимость непосредственного наблюдения горных пород в скважинах, что осуществляется путем спуска в скважину телевизионного или фотоустройства. Эти оптические методы помогают получить качественную характеристику трещиноватости, определить, как и в каком состоянии залегают породы, установить характер трещиноватости в различных интервалах скважин, т.е. проследить ее изменчивость.

Метод зарисовок и фотографирования [7] применяется в основном для изучения структуры массива коренных пород и состояния уступов и бортов карьера. Метод является ручным и трудоёмким, а её конечный результат является субъективностью и неточностью. Альтернативой зарисовки является масштабированный фотоснимок, до недавнего времени его применение для геологического картирования карьеров было практически невозможно из-за отсутствия соответствующего оборудования. В настоящее время с помощью цифровых фотоаппаратов с высокой разрешающей способностью и высокоточных

фотообъективов можно получить качественные снимки при любой погоде и даже с удаленного расстояния (до 2 км), кроме того, значительно снижается время их обработки. Исходя из задач геолого-структурного картирования следует выделить три вида фотодокументации: одного уступа по трассе геологического маршрута, группы уступов и получение обзорных фотопанорам бортов карьера. В результате фотоснимков полученный масштабированный фотоматериал разрешит установить позицию и тип деформации уступов карьера, которых недоступных для непосредственного исследования, обнаружить проблемные с точки зрения устойчивости уступов участки прироторной зоны карьера, дать прогноз их развития на глубину.

В настоящее время для выявления трещин в массиве горных пород применяются разные геофизические методы: сейсмоакустический, оптический, плотностной гамма-гамма-каротаж, электрометрический и георадиолокационный.

графов, по которым определяются: 1) интервальные скорости упругих волн; 2) мощность отдельных слоев, отличающихся степенью трещиноватости; 3) акустические показатели трещиноватости по каждому слою; 4) зоны нарушений и отдельные раскрытые трещины. Результаты исследований наносятся на план участка, на котором приводится краткая геологическая характеристика пород, сейсмический разрез и указывается категория пород по крепости и трещиноватости. Однако положительные результаты можно получить только при горизонтальном или близко к горизонтальному залеганию слоев и если наблюдается возрастание скоростей упругих волн с глубиной от одного слоя к другому. При обратной картине методом преломленных волн определить степень трещиноватости нижележащих слоев породного массива не представляется возможным.

В этом случае успешно применяются сейсмоакустические исследования в скважинах (метод прозвучивания и ультразвуковой

Связь между трещиноватостью горных пород и акустическим показателем

Категория трещиноватости пород	I	II	III	IV	V
Акустический показатель трещиноватости	менее 0,1	0,1–0,25	0,25–0,4	0,4–0,6	0,6–1,0

Сейсмоакустический метод

Из геофизических методов для оценки трещиноватости и степени нарушенности массива горных пород, сейсмоакустический метод применяется в основном для исследования глубоко залегающих трещин. Методика определения трещиноватости этим способом основана на сопоставлении скоростей продольных волн в зоне трещиноватых горных пород и находящихся вне ее пределов. Количественно степень трещиноватости пород оценивается акустическим показателем трещиноватости. Специально проведенными исследованиями на ряде карьеров в породах с различной трещиноватостью установлена зависимость [8, 9] между категорией пород по классификации Межведомственной комиссии по взрывному делу и акустическим показателем трещиноватости (таблица). Для определения скорости продольной волны в нарушенном массиве применяется метод продольного профилирования, который позволяет проводить исследования на расчищенных под бурение рабочих участках.

По результатам профилирования строится система встречно-нагоняющих годо-

каротаж «УЗК») [10, 11]. Исследования проводятся с помощью двух скважин, в одной размещается источник упругих колебаний, в другой на такой же глубине приемник, при этом расстояние между ними принимается от 5–10 до 20 и более метров. Методика определения трещиноватости горных пород методом УЗК приводится в работе [11]. На каждой стоянке зонда в скважине производятся наблюдения по встречной системе, когда один из крайних датчиков поочередно включается в качестве излучателя упругих импульсов. При перемещении зонда по скважине с шагом 1 м по всей ее длине получается непрерывная система встречных годографов, на которых определяется скорость упругих волн в массиве. Результаты исследований методом УЗК наносятся на разрез скважины и служат для оценки степени трещиноватости и особенностей строения породного массива.

Электроразведочные методы

Для изучения трещин на малых глубинах (до 50 м) возможно применение следующих методов электроразведки: дипольного электромагнитного профилирования

(ДЭМП), вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), зондирования методом переходных процессов (ЗМПП), электропрофилеирования (ЭП) и георадиолокации (ГРЛ) [12]. Каждый метод применяется для изучения трещин разными материалами заполнителя, в соответствии создаваемым его источником (рамка, петля, заряд, заземлённый кабель) и перемещением приёмного устройства (рамка, линия *MN*) относительно источника поля [13]. Метод ВЭЗ применяется для изучения горизонтально-слоистых сред с небольшими углами наклона границ (до 15–20 градусов). В частности, для поиска локальных объектов (вертикальных) принято применять метод ЭП. При благоприятных условиях обводнённые трещины выделяются пониженным сопротивлением, а «сухая» трещина (полости и трещины заполнены воздухом) – повышенным, которые легко оконтуриваются методом ДЭМП.

возможным [16]. Толщи мёрзлых горных пород представляют собой экранирующие горизонты для зондирования методом переходных процессов (ЗМПП), а низкая контрастность электрических свойств льда, рыхлых отложений и скальных коренных пород не позволяет уверенно их дифференцировать. Следовательно, выявление трещины, в частности заполненной льдом, в массиве мёрзлых горных пород с помощью большинства электроразведочных методов сильно затруднено, в условиях современного уровня развития их методического и аппаратного обеспечения.

В настоящее время метод георадиолокации применяется для изучения в верхней части разреза (до 30 м). Принцип действия подповерхностного радиолокационного зондирования (в общепринятой терминологии – георадара) основан на излучении сверхширокополосных (наносекундных)

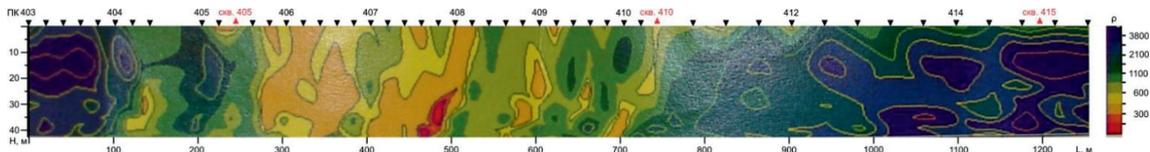


Рис. 4. Результаты количественной интерпретации ДЭМП по ПР-М1 (уч. 405, АО «Алмазы Анабара»)

Глубина трещины оценивается много-разносным профилированием или методом ВЭЗ, но кривые зондирования в этом случае могут быть существенно искажены [14]. Измерения методом ЭП производятся с такой же электроразведочной установкой, как в методе ВЭЗ, но только при одном-двух значениях разносов АВ. Установка профилирования перемещается по профилю наблюдений с шагом от 5–10 до 50–100 м, в зависимости от размеров объектов поиска и требуемой детальности съемки. Однако при выполнении работ в области распространения многолетнемёрзлых горных пород существуют значительные трудности с заземлением электродов (для методов ДЭМП, ВЭЗ, ЭП) и интерпретацией полученных данных, так как удельное электрическое сопротивление (*УЭС*) мёрзлых суглинков и супесей с массивной криотекстурой составляет $3 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, а у подземного льда $10^4 - 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ [15] (рис. 4).

Указанные значения *УЭС* не являются контрастными и выявление подземного льда в многолетнемёрзлых горных породах методами ВЭЗ и ЭП не представляется

импульсов метрового и дециметрового диапазона электромагнитных волн и приеме сигналов, отраженных от границ раздела слоев зондируемой среды, имеющих различную диэлектрическую проницаемость (ϵ') [17]. Для мёрзлых суглинков и супесей диэлектрическая проницаемость не превышает ($\epsilon = 6-9$), для льда составляет ($\epsilon = 3,2$), следовательно, отражение между этими средами будет достаточно контрастной.

В настоящее время большинство георадаров работают в диапазоне от 50 МГц до 2000 МГц, в зависимости от геометрических размеров и положение по глубине залегания трещин в рыхлых отложениях криолитозоны, выбираются соответствующие типы антенных блоков.

Исходя из априорных данных исследуемого участка проводится профилирование или площадная съемка по ранее намеченным профилям. По результатам профилирования получается волновая картина (радарограмма), по которой определяются: ширина трещины, материал заполнителя. Результаты исследований наносятся на план участка, на котором приводится геологический раз-

рез с литологической колонкой опорных скважин, георадиолокационный разрез, и указываются трещины в четвертичных отложениях криолитозоны. Однако положительный результат можно получить, выполняя георадиолокационные работы при полном промерзании сезонно-талого слоя, чтобы талые и водонасыщенные горные породы не создавали дополнительные помехи и шумы, а также при правильном выборе антенного блока в зависимости от ширины и глубины залегания трещины.

Анализ ранее проведенных георадиолокационных исследований показывает, что в основном работы проводились для изучения тектонических трещин [18–20], где критерием выявления являются: разрыв осей синфазности [21–23], их смещения или резкое изменение угла наклона [24–26], образование дифрагированных волн в плоскости сместителя, уменьшение амплитуды и т.д. [27, 28]. Публикации по поиску трещин в мерзлых рыхлых отложениях, и в частности заполненных льдом, вовсе не встречаются. Однако имеются успешные георадиолокационные исследования полигональных, повторно-жильных и подземных льдов [29, 30]. Следовательно, для изучения трещиноватости четвертичных отложений криолитозоны с целью повышения эффективности проведения буровзрывных работ необходимо разработать соответствующую методику георадиолокационных исследований.

Заключение

В обзоре рассмотрены основные методы исследования трещин в четвертичных отложениях криолитозоны на территории Анабарского района Республики Саха (Якутия), где традиционными геологическими методами невозможно выявить зоны повышенной трещиноватости из-за отсутствия обнажений и выходов коренных пород. Для изучения на малых глубинах (до 50 м) возможно использование электроразведочных методов разных модификаций, для глубоко залегающих трещин применяется сейсмоакустический метод. Выбор конкретной модификации производится по особенностям электрофизических свойств заполнителя трещины, глубине и направлению залегания. Однако показано, что существуют сложности при выделении трещин, заполненных льдом в массиве многолетнемерзлых горных пород методами ВЭЗ и ЭП, так как УЭС льда и мерзлых пород в достаточной степени не являются контраст-

ными. Аналитический обзор показал, что наиболее перспективным геофизическим методом для этих целей является метод георадиолокации, который является достаточно точным, хотя и не позволяет в некоторых случаях однозначно определить наличие трещин в многолетнемерзлых горных породах. Это вызвано тем, что множество других явлений, например неоднородности, валунистость и т.д., дают отражение георадиолокационных сигналов, сравнимых с отражением от трещин. Таким образом, для эффективного изучения трещин в четвертичных отложениях криолитозоны с помощью метода георадиолокации, необходимо разработать соответствующее методическое обеспечение обработки и интерпретации георадиолокационных данных, основанное на результатах современных исследований [31].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 18-45-140061 p_a.

Список литературы / References

1. Кутузов Б.Н. Взрывные работы. М.: Недра, 1988. 217 с.
Kutuzov B.N. Blasting operations. M.: Nedra, 1988. 217 p. (in Russian).
2. Негодяева А.А. Обоснование геолого-информационного обеспечения технологии горных работ на угольных карьерах: автореф. дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2016. 22 с.
Negodyaeva A.A. Substantiation of geological and information support of mining technology in coal mines: avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk. SPb., 2016. 22 p. (in Russian).
3. Ершов Э.Д. Общая геокриология. М.: Недра, 1990. 559 с.
Ershov E.D. General Geocryology. M.: Nedra, 1990. 559 p. (in Russian).
4. Шишкин И.В. Развитие методов оценки устойчивости газопроводов в многолетнемерзлых грунтах: дис. ... канд. тех. наук. Ухта, 2014. 159 с.
Shishkin I.V. Development of methods for assessing the stability of gas pipelines in permafrost soils: dis. ... kand. tekh. nauk. Ukhra, 2014. 159 p. (in Russian).
5. Васильев П.Н., Зубков В.П., Иудина Т.М., Заровняев Б.Н., Шубин Г.В., Сорокин В.С. Трещиноватость горных пород на угольных месторождениях Республики Саха (Якутия). Якутск: ИД СВФУ, 2013. 182 с.
Vasilev P.N., Zubkov V.P., Judina T.M., Zarovnyayev B.N., Shubin G.V., Sorokin V.S. Fracturing of rocks in the coal deposits of the Republic of Sakha (Yakutia). Yakutsk: ID SVFU, 2013. 182 p. (in Russian).
6. Ефремов Э.И. Разрушение горных пород энергией взрыва. Киев: Наукова думка, 1987. 264 с.
Efremov E.I. Rock destruction by explosion energy. Kiev: Naukova Dumka, 1987. 264 p. (in Russian).
7. Бурзунова Ю.П. Сложные сети трещин в разломных зонах (результаты тектонофизического анализа): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Иркутск, 2015. 23 с.
Burzunova Y.P. Complex crack networks in fault zones (results of tectonophysical analysis). dissertation abstract. avtoref. dis. ... kand. geol.-mineral. nauk. Irkutsk, 2015. 23 p. (in Russian).
8. Яницкий Е.Б., Игнатенко И.М., Дунаев А.В. Применение фотометодов для изучения структуры массива скальных пород и состояния стационарных уступов в карьере // Геология, география и глобальная энергия. 2009. № 1 (32). С. 31–36.
Janicki E.B., Ignatenko I.M., Dunaev A.V. Application of photomethod to study the structure of solid rock and the state

- of the stationary ledges in the quarry // *Geologia, geographia i globalnaya energia*. 2009. № 1 (32). P. 31–36 (in Russian).
9. Шамурина А.И. Разработка алгоритмов обработки сигналов в информационно-измерительных системах для контроля изменения трещиноватости в образцах горных пород: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Хабаровск, 2017. 18 с.
- Shamurina A.I. Development of signal processing algorithms in information-measuring systems for monitoring fracture changes in rock samples: avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk. Khabarovsk, 2017. 18 p. (in Russian).
10. Методические указания по оценке механического состояния горных массивов с помощью упругих волн. М.: Изд-во СФТПГ ИФЗ АН СССР, 1978. 59 с.
- Guidelines for the assessment of the mechanical state of rock massifs by means of elastic waves. M.: Izd-vo SFPTPG IFZ AN SSSR. 1978. 59 p. (in Russian).
11. Ржевский В.В., Ямщиков В.С. Акустические методы исследования и контроля горных пород в массиве. М.: Наука, 1973. 224 p.
- Rzhevsky V.V., Yamshchikov V.S. Acoustic methods of investigation and control of rocks in the massif. M.: Nauka, 1973. 224 p. (in Russian)
12. Лаломов Д.А. Комплексирование методов электротомографии и георадиолокации при решении инженерно-геологических задач на объектах транспортного строительства: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. СПб, 2017. 182 с.
- Lalomov D.A. Integration of methods of electrotomography and GPR in solving engineering and geological problems at the objects of transport construction: dis. ... kand. geol.-mineral. nauk. SPb, 2017. 182 p. (in Russian).
13. Ялов Т.В. Электрическая анизотропия горизонтально-неоднородных сред: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2014. 27 с.
- Yalov T.V. Electrical anisotropy of horizontally heterogeneous media: avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk. M., 2014. 27 p. (in Russian).
14. Савич А.И., Коптев В.И., Никитин В.Н., Ященко З.Г. Сейсмоакустические методы изучения массива скальных пород / под ред. А.М. Епинатьева. М.: Недра, 1969. 239 с.
- Savich A.I., Koptev V.I., Nikitin V.N., Yashchenko Z.G. Seismoacoustic methods for studying rock massif / Ed. A.M. Yepinat'eva. M.: Nedra, 1969. 239 p. (in Russian).
15. Иголкин В.И., Тронин О.А., Хохлов М.Ф., Шайдуров Г.Я. Методы и аппаратура электроразведки на переменном токе. Красноярск: СФУ, 2016. 272 с.
- Igolkin V.I., Tronin O.A., Khokhlov M.F., Shaidurov G.Ya. Methods and apparatus for electrical intelligence on alternating current. Krasnoyarsk: SFU, 2016. 272 p. (in Russian).
16. Дортман М.Н. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика. М.: Недра, 1984. 455 с.
- Dortman M.N. Physical properties of rocks and minerals (petrophysics). Handbook of Geophysics. M.: Nedra, 1984. 455 p. (in Russian).
17. Электрическое зондирование геологической среды. Часть II / Под ред. В.К. Хмелевского, В.А. Шевнина. М., 1992. 199 с.
- Electrical sounding of the geological environment. Part II / Pod red. V.K. Khmelevskogo, V.A. Shevnina. M., 1992. 199 p. (in Russian).
18. Владов М.Л., Судакова М.С. Георадиолокация: от физических основ до перспективных направлений. Учебное пособие. М.: «ГЕОС», 2017. 240 с.
- Vladov M.L., Sudakova M.S. GPR: from the physical basics to the most promising directions. Textbook. M.: «GEOS», 2017. 240 p. (in Russian).
19. Arosio D. Rock fracture characterization with GPR by means of deterministic deconvolution. *Journal of Applied Geophysics*. 2016. Vol. 126. P. 27–34. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2016.01.006.
20. Elkarmoty M., Tinti F., Kasmaeeyazdi S., Giannino F., Bondua S., Bruno R. Implementation of a Fracture Modeling Strategy Based on Georadar Survey in a Large Area of Limestone Quarry Bench. *Geosciences*. 2018. Vol. 8 Issue 12. P. 481. DOI: 10.3390/geosciences8120481.
21. Соколов К.О., Попков П.А., Прудетский Н.Д. Возможности георадиолокации при исследовании разрывных нарушений на месторождениях полезных ископаемых криолитозоны // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2013. № 3. С. 351–355.
- Sokolov K.O., Popkov P.A., Prudetskiy N.D. The capabilities of GPR in the study of faulting on the mineral deposits of the permafrost zone // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2013. № 3. P. 351–355 (in Russian).
22. Соколов К.О., Прудетский Н.Д. Опыт применения георадиолокации для исследования разрывных нарушений на россыпных месторождениях криолитозоны // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2015. № S30. С. 333–337.
- Sokolov K.O., Prudetskiy N.D. Experience in the application of GPR to the study of faulting on placer deposits of the permafrost zone // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2015. № S30. P. 333–337 (in Russian).
23. Лунина О.В., Гладков А.С., Афонкин А.М., Серебряков Е.В. Стиль деформаций в зоне динамического влияния Мондинского разлома по данным георадиолокации (Тункинская впадина, юг Восточной Сибири) // *Геология и геофизика*. 2016. Т. 57. № 9. С. 1616–1633. DOI: 10.15372/GiG20160902.
- Lunina O.V., Gladkov A.S., Afonkin A.M., Serebryakov E.V. Deformation style in the damage zone of the Mondy fault: GPR evidence (Tunka basin, southern East Siberia) // *Russian Geology and Geophysics*. 2016. T. 57. № 9. P. 1269–1282. DOI: 10.1016/j.rgg.2016.08.012.
24. Arosio D., Deparis J., Zanzi L., Garambois S. Fracture characterization with GPR: A comparative study // *GPR 2016: 16th International Conference of GPR on 13–16 June 2016. Hong Kong, 2016*. [Electronic resource]. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7292656/>. (date of access: 15.10.2019). DOI: 10.1109/ICGPR.2016.7572679.
25. Ercoli M., Pauselli C., Forte E., Volpe R., Federico C. 2D-3D GPR as an efficient tool for paleoseismology: A successful case history across the Castrovillari fault (southern Apennines, Italy) // *GPR 2014: 15th International Conference of GPR on 30 June – 4 July 2014. Brussels, 2014*. [Electronic resource]. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6970566> (date of access: 15.10.2019). DOI: 10.1109/ICGPR.2014.6970566.
26. Uddin W. An overview of GPR applications for evaluation of pavement thickness and cracking // *GPR 2014: 15th International Conference of GPR on 30 June – 4 July 2014. Brussels, 2014*. [Electronic resource]. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6970561> (date of access: 15.10.2019). DOI: 10.1109/ICGPR.2014.6970561.
27. Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных: учеб. пособие. М.: Изд. МГУ, 2008. 192 с.
- Starovoytov A.V. Interpretation of GPR data. Textbook. M.: Izd. MGU, 2008. 192 p. (in Russian).
28. Markovaara-Koivisto M., Hokkanen T., Huuskonen-Snicker E. The effect of fracture aperture and filling material on GPR signal. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 2014. V. 73. Issue 3. P. 815–823. DOI: 10.1007/s10064-013-0566-4.
29. Dallimore S.R., Davis J.L., Pilon J. Ground penetrating radar investigations of massive ground ice. In *Ground penetrating radar. Geological Survey of Canada*, 1992. P. 41–48.
30. Бричева С.С., Станюковская Ю.В. Изучение «скрытых» повторно-жильных льдов в Чарской котловине (Забайкальский край, Россия) методом георадиолокации // 13 Конференция и выставка. Инженерная геофизика 2017. Кисловодск, 24–28 апреля 2017 г. DOI: 10.3997/2214-4609.201700386.
- Bricheva S.S., Stanilovskaya Yu.V. The study of «hidden» re-vein ice in the Charskaya Depression (Trans-Baikal Territory, Russia) using georadar // 13th Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2017. Kislovodsk, 24–28 april 2017. DOI: 10.3997/2214-4609.201700386 (in Russian).
31. Прудетский Н.Д., Соколов К.О., Федорова Л.Л. Физическое моделирование распространения электромагнитной высокочастотной волны в массиве горных пород с трещиной, заполненной льдом // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2018. № 11. С. 107–114. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-107-113.
- Prudetskiy N.D., Sokolov K.O., Fedorova L.L. Physical modeling of the propagation of an electromagnetic high-frequency wave in a rock mass with a crack filled with ice // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2018. № 11. P. 107–114 (in Russian).