УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 11 2020

ISSN 1681-7494

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300

Журнал издается с 2001 г.

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

Правила для авторов: http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – П7816

Главный редактор
Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор
Зам. главного редактора
Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор
Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., доцент, дицент, ди

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

Свидетельство – ПИ № ФС 77-63398.

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

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

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

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

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

Подписано в печать – 30.11.2020 Дата выхода номера – 30.12.2020

Формат 60х90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка Байгузова Л.М. Корректор Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный. Распространение по свободной цене. Усл. п.л. 18,5 Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/11-2020 Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяиственные науки (06.01.00, 06.03.00)	
СТАТЬИ	
СТРУКТУРА ЗЕЛЁНОГО ФОНДА ГОРОДА ПЕРМИ	
Аткина Л.И., Шарафеева А.С.	
ОЦЕНКА ЧЕРЕШНИ (<i>PRUNUS AVIUM</i> L.) ПО ПОМОЛОГИЧЕСКИМ И БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ	
Керимова Х.И.	13
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СКОРОСТЬ АВТОЛЕСОВОЗОВ	
Мохирев А.П., Рукомойников К.П., Мазуркин П.М.	20
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КОМПОНЕНТОВ ТРАВОСТОЯ МОДЕЛЕЙ ЛУГОВЫХ СТЕПЕЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА	
Пещанская Е.В.	26
Науки о Земле (25.00.00)	
СТАТЬИ	
ОЦЕНКА ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ТРУДНОСТИ ЭКСКАВАЦИИ ВЗОРВАННОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ	
Алькова Е.Л., Панишев С.В., Максимов М.С.	32
СОВРЕМЕННАЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ	
Аракчеева О.В., Кривдина И.Ю.	39
НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РЭЛЕЯ – ТЭЙЛОРА КАК МЕХАНИЗМ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В ОЗЕРЕ, ПОКРЫТОМ ЛЬДОМ	
Голосов С.Д., Тержевик А.Ю., Зверев И.С., Здоровеннов Р.Э., Здоровеннова Г.Э., Богданов С.Р., Волков С.Ю., Гавриленко Г.Г., Ефремова Т.В., Пальшин Н.И.	45
ВОПРОСЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ЧЕРНОЗЁМОВ В РАБОТАХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЁНЫХ КОНЦА XIX–XX ВВ.	
Грошева О.А.	52
ОТХОДЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА)	
Дмитриева Н.Г.	57
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОМАССЫ И ПОЧВ В ФАЦИЯХ ХАРАНОРСКОГО ПОЛИГОНА-ТРАНСЕКТА ОНОН-АРГУНСКОЙ СТЕПИ	
Дубынина С.С.	62
ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДЫ ОЗЕР ЗАВОЛЖЬЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ, ИМЕЮЩИХ СТАТУС ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	
Козлов А.В., Маркова Д.С., Бодякшина М.А., Клочков Е.А., Захарова А.А., Савинов М.И.	69
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАРКАСА РАССЕЛЕНИЯ И РЕГИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ АСПЕКТЫ)	
Крылов П.М.	76
ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И ОСАДКОВ ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА	
Everyone A.A. Mazanyana O.R.	27

УСТОЙЧИВОСТЬ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА Р. ВИЛЮЙ В ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ	
Николаева Н.А.	88
ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦА	
Песков А.В., Алекина Е.В., Тарасова Е.Ю.	95
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДОЕМОВ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ИНДЕКСОВ	
Пленкина А.К., Дмитриев В.В., Федорова И.В., Огурцов А.Н.	101
МОДУЛЯЦИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА ПЛОТИНОЙ БУРЕЙСКОЙ ГЭС	
Пупатенко В.В.	108
ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В АГЛОМЕРАЦИЯХ БАШКИРИИ: ТРЕНДЫ И ПРОБЛЕМЫ	
Сафиуллин М.Р.	114
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СОЛЕНЫХ ПОЧВ ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Таскина К.Б.	120
ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР БОЛЬШОГО СОЛОВЕЦКОГО ОСТРОВА	
Титова К.В., Жибарева Т.А., Морева О.Ю., Собко Е.И., Слобода А.А., Попов С.С., Прилуцкая Н.С.	125
МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ В КОНТЕКСТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	
Цыдыпов Б.З., Черных В.Н., Содномов Б.В., Куликов А.И.	132
ПОЗДНЕТРИАСОВЫЕ ВУЛКАНИТЫ ТАЛЬМИНСКОГО КОМПЛЕКСА (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ПРИМОРЬЕ): МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ГЕНЕЗИС	
Чащин А.А., Чащин С.А., Касаткин С.А., Голозубов В.В.	139

CONTENTS

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)	
ARTICLES	
STRUCTURE OF GREEN FUND THE CITY PERM	
Atkina l.I., Sharafeeva A.S.	
EVALUATION OF SWEET CHERRY (<i>PRUNUS AVIUM</i> L.) BY POMOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN	
Karimova Kh.I.	13
ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE SPEED OF LOGGING TRUCKS	
Mokhirev A.P., Rukomoynikov K.P., Mazurkin P.M.	20
COMPARATIVE STUDY OF YIELD AND COMPONENTS OF GRASS STAND OF MODELS OF MEADOW STEPPES OF THE STAVROPOL BOTANICAL GARDEN	
Peshchanskaya E.V.	26
Earth sciences (25.00.00)	
ARTICLES	
ESTIMATION OF THE RELATIVE INDICATOR OF EXCAVATION OF THE EXCAVATED MASSIVE UNDER CRYOLITHOZONE	
Alkova E.L., Panishev S.V., Maksimov M.S.	32
CURRENT DEMOGRAPHIC SITUATION IN THE RUSSIAN FEDERATION: REGIONAL ASPECT	
Arakcheeva O.V., Krivdina I.Yu.	39
RAYLEIGH-TAYLOR INSTABILITY AS A MECHANISM OF HEAT AND MASS EXCHANGE IN ICE-COVERED LAKE	
Golosov S.D., Terzhevik A.Yu., Zverev I.S., Zdorovennov R.E., Zdorovennova G.E., Bogdanov S.R., Volkov S.Yu., Gavrilenko G.G., Efremova T.V., Palshin N.I.	45
QUESTIONS OF THE ORIGIN AND EVOLUTION OF CHERNOZEMS IN THE WORKS OF RUSSIAN SCIENTISTS OF THE LATE 19TH – 20TH CENTURIES	
Grosheva O.A.	52
MINING WASTE (ON THE EXAMPLE OF THE DZHIDINSKY TUNGSTEN – MOLYBDENUM COMMINE)	
Dmitrieva N.G.	57
LANDSCAPE–GEOCHEMICAL STUDIES OF PHYTOMASS AND SOILS IN THE FACIES OF THE HARANOR POLYGON-TRANSECT OF THE ONON – ARGUN STEPPE	
Dubynina S.S.	62
ECOLOGY-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF LAKE WATER OF THE ZAVOLZHYE OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION WITH THE STATUS OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS	
Kozlov A.V., Markova D.S., Bodyakshina M.A., Klochkov E.A., Zakharova A.A., Savinov M.I.	69
PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE RESETTLEMENT FRAMEWORK AND THE REGIONAL TRANSPORT SYSTEM OF THE CHECHEN REPUBLIC (SPATIAL AND PLANNING ASPECTS)	
Krylov P.M.	76
ASSESSMENT OF SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF TEMPERATURE REGIME AND PRECIPITATION OVER THE LONG-TERM PERIOD IN THE TERRITORY OF NORTHERN KAZAKHSTAN	
Kusainova A.A., Mezentseva O.V.	82

ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF THE VILYUY BASIN LANDSCAPES	
Nikolaeva N.A.	88
TIPOMORFNY FEATURES OF QUARTZ	
Peskov A.V., Alekina E.V., Tarasova E.Yu.	95
ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATUS OF WATER BODIES BASED ON THE CONSTRUCTION OF COMPOSITE INDEXES	
Plenkina A.K., Dmitriev V.V., Fedorova I.V., Ogurtsov A.N.	101
HIGH-FREQUENCY SEISMIC NOISE MODULATION BY THE DAM OF THE BUREYA HYDROELECTRIC POWER STATIONS	
Pupatenko V.V.	108
ECOLOGICAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF BASHKIRIA AGGLOMERATIONS	
Safiullin M.R.	114
ASSESSMENT OF THE DEGREE OF CONTAMINATION OF SALTY SOILS IN THE TIDAL ZONE USING CYTOGENETIC CHARACTERISTICS	
Taskina K.B.	120
HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL STUDIES OF LAKES IN BOL'SHOY SOLOVETSKY ISLAND	
Titova K.V., Zhibareva T.A., Moreva O.Yu., Sobko E.I., Sloboda A.A., Popov S.S., Prilutskaya N.S.	125
MICROCLIMATIC FEATURES OF INDIVIDUAL INTERMONTANE BASINS OF THE SELENGA MIDDLE MOUNTAINS IN CONTEXT OF AGRICULTURE USE	
Tsydypov B.Z., Chernykh V.N., Sodnomov B.V., Kulikov A.I.	132
LATE TRIASSIC VOLCANIC ROCKS OF TALMINSKY COMPLEX (SOUTHWESTERN PRIMORYE): MINERALOGY, GEOCHEMISTRY AND GENESIS	
Chashchin A.A., Chashchin S.A., Kasatkin S.A., Golozubov V.V.	139

СТАТЬИ

УДК 630*233:712.4(470.53)

СТРУКТУРА ЗЕЛЁНОГО ФОНДА ГОРОДА ПЕРМИ

Аткина Л.И., Шарафеева А.С.

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

Зеленый фонд является незаменимой частью экологической системы города. Он бесценное социальноэкологическое достояние на многие поколения вперед. Неоценима рекреационная, эстетическая и оздоровительная роль лесов, лесопарков и городских насаждений как идеального места отдыха горожан, а также их водоохранная функция в бассейнах городских рек. Наряду с экологической защитой населения от техногенных и бытовых загрязнений в условиях психологически стрессовой среды крупного города организация регулярного эффективного отдыха граждан на природе – необходимая жизненная потребность всего его населения. Был проведен анализ объектов озеленения общего пользования города Перми: разделение их на эксплуатационные категории, распределение объектов по площади и типам по районам, доля уличных насаждений в озеленении районов, преобладающий ассортимент деревьев на объектах озеленения. В результате анализа было выявлено, что распределение объектов на эксплуатационные категории по районам неравномерно. Наибольшее количество объектов озеленения расположено в Ленинском районе, наименьшее в Индустриальном. Распределение общей площади под объектами озеленения варьирует от 11-12% в Кировском и Орджоникидзевском районах до 19% в Ленинском. По остальным районам различие составляет 2-3%, что говорит о достаточно равномерной озеленённости территории города. Среди наиболее значимых объектов озеленения общего пользования в г. Перми преобладают скверы - 52%, парки и сады занимают соответственно 19 и 16% от общей площади таких объектов озеленения. Площадь бульваров незначительна и составляет 13% от общей площади. Структура распределения наиболее значимых объектов имеет свои особенности в каждом районе. В Мотовилихинском районе по площади преобладают уличные насаждения – 63 %, тогда как в других районах их доля не превышает 20–30 %. Преобладающими породами по всему городу являются представители родов Populus, Acer, Tilia.

Ключевые слова: зеленый фонд, объекты озеленения, история озеленения, уличные насаждения, сад, парк, сквер, бульвар

STRUCTURE OF GREEN FUND THE CITY PERM

Atkina I.I., Sharafeeva A.S.

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

The green fund is an indispensable part of the city's ecological system. This is an invaluable social and ecological asset for plenty of generations to come. Forests, forest parks and urban plantings are ideal places for recreation of the citizens, therefore it is difficult to overestimate their recreational, aesthetic and health-improving role. Their water protection function in urban river basins is also important. Along with the environmental protection of the population from technogenic and household pollution, in a psychologically stressful environment of a large city, the organization of regular effective recreation of citizens in nature is a necessary vital need of its entire population. In this regard, an analysis was carried out of the public greening objects of the city of Perm. This analysis includes: the division of public facilities into operational categories, the distribution of facilities by area and type by district, the share of street plantings in the area's greening, the prevailing assortment of trees in landscaping objects. As a result of the analysis, it was revealed that the distribution of facilities into operational categories across regions is uneven. The largest number of landscaping facilities are located in the Leninsky District, the smallest in the Industrialny District. The distribution of the total area under landscaping facilities varies from 11-12% in Kirovsky and Ordzhonikidzevsky to 19% in Leninsky districts. For the rest of the districts, the difference is 2-3%, which indicates a fairly uniform landscaping of the city's territory. Among the most significant objects of public gardening in the city of Perm, squares prevail with a share of 52%; parks and gardens occupy 19 and 16% respectively, of the total area of such landscaping objects. The boulevards' area is minor and amounts to 13% of the total area. The distribution structure of the most significant objects has its own characteristics in each district. In the Motovilikhinsky District, street plantings prevail in area with a share of 63%, while in other regions their share does not exceed 20-30%. The predominant breeds throughout the city are representatives of the following genera - Populus, Acer, Tilia.

Keywords: green fund, green space, history of gardening, street plantings, garden, park, square, boulevard

Город Пермь — один из крупных индустриальных центров Урала. В XX веке границы города неоднократно менялись, что было связано с его развитием и ростом населения. В городскую черту включались новые территории, в том числе и обширные лесные массивы.

Климат г. Перми умеренно континентальный; коэффициент континентальности

по Н.Н. Иванову равен 3,5. Среднегодовая температура по многолетним данным для Перми составляет плюс 2,0 °С, средняя температура самого теплого месяца — июля — плюс 17,9 °С, самого холодного — января — минус 14,7 °С [1]. Почвенный покров в условиях города, как и все компоненты природной среды, подвергаются трансформации. Почвы разных функциональных зон

(селитебных, промышленных и др.) в разной степени сохранили зональные особенности [2]. Главной водной артерией является р. Кама, в которую в черте города впадают р. Чусовая с ее притоком – р. Сылвой. Пермь – это город множества очень малых водотоков. По территории города протекает около 100 водотоков, образующих сложную речную сеть (из рек, речек, речушек, ручьев, их притоков) [3]. М.М. Данилов при проведении геоботанического районирования Пермской области включает территорию города в район южно-таежных пихтовоеловых лесов с мелколиственными породами и липой в древесном ярусе [1]. Природно-географические особенности оказывают свое влияние на формирование системы озеленения города, в первую очередь на ассортимент основных видов древесных.

Роль системы озеленения города Перми в настоящее время возросла многократно. С 2018 г. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ отслеживается Индекс качества городской среды, результаты которого отражаются в реализации положений национального проекта «Жилье и городская среда» [4]. Город Пермь в целом имеет показатель 168 из 360 возможных, что отражает недостаточность комфортности среды. Шестую часть показателей рассчитывают по показателю озелененности территории. По итогам 2019 г. у города хорошие результаты – 36 баллов из 60 возможных, а всего год назад он составлял 29, прогресс очевиден. В настоящее время площадь зелёного фонда составляет 45,4 тыс. га (56,7% площади города), в том числе 37,9 тыс. га – площадь городских лесов; 319,3 га - площадь объектов озеленения общего пользования. В мировой классификации такой город принято считать экополисом. Ассортимент деревьев и кустарников насчитывает более 150 видов [5].

Цель проведенного исследования: изучение структуры зеленого фонда города Перми и особенности распределения объектов озеленения по районам.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов для исследования использовались нормативно-правовые и реестровые документы города Перми [6–8].

В ходе работы были изучены материалы по истории озеленения города Перми [1], научные публикации по теме исследования [9; 10], а также проведены натурные обследования насаждений и объектов озеленения общего пользования.

Результаты исследования и их обсуждение

Как и во многих крупных городах Российской Федерации, с целью рационального использования бюджетных средств, выделяемых на поддержание системы озеленения, все объекты озеленения города дифференцированы по категориям. Критерием выступает величина предельной рекреационной нагрузки. Согласно решению Пермской городской думы от 23 июня 2009 г. [7] в г. Перми принята система деления (табл. 1).

В результате анализа данного показателя установлено, что распределение объектов зеленого фонда на эксплуатационные категории по районам неравномерно (табл. 2).

Объектов, относящихся к первой и второй категориям, в городе одинаковое количество, в то время как скверов и садов местного назначения, расположенных внутри микрорайонов, значительно меньше, а в трех районах — Индустриальном, Кировском и Орджоникидзевском — они отсутствуют. Установленная особенность обусловлена плотной и интенсивно развивающейся застройкой. При планировании будущего микрорайона новые сады и скверы практически не предусмотрены.

Деление объектов озеленения общего пользования (парки, сады, скверы, бульвары) на эксплуатационные категории

Эксплуа-	Предельная рекреаци-	Характеристика объектов озеленения общего пользования
тационная категория	онная нагрузка, чел./га	
I	100 и более	Наиболее посещаемые городские парки, скверы, бульвары, сады,
1	100 H Oosice	в том числе места массового отдыха населения и места, предназна-
		ченные для проведения праздничных мероприятий
П	50–100	Парки, скверы, сады, бульвары районного значения
III	до 50	Скверы, сады местного значения, расположенные внутри микро-
		районов, использующиеся для прогулок и тихого отдыха людей

F -7		r	r	- r			
Район города	Общее количество	Количество объектов в зависимости от категории, шт.					
	объектов, шт.	I	II	III			
Дзержинский	15	10	1	4			
Индустриальный	9	3	6	_			
Кировский	10	5	5	_			
Ленинский	22	15	6	2			
Мотовилихинский	19	5	11	3			
Орджоникидзевский	10	2	8	_			
Свердловский	17	6	9	2			
Итого	103	46	46	11			

Таблица 2 Распределение объектов по категориям в разных районах г. Перми

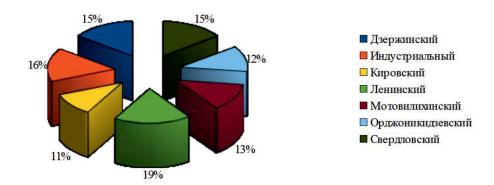


Рис. 1. Долевая структура распределения объектов озеленения г. Перми по площади

Эти три района расположены на границе города Перми, и на их территории расположена большая площадь городских лесов, что компенсирует потребность в рекреационных территориях. Жители прилегающих районов используют лесные массивы для прогулок и тихого отдыха.

Как показано в табл. 2, наибольшее количество объектов озеленения отмечено в Ленинском районе, наименьшее в Индустриальном. Но средняя площадь объекта во всех районах, кроме Мотовилихинского — около 2 га. В то время как в Мотовилихинском всего 1 га.

Распределение общей площади под объектами озеленения варьирует от 11–12% в Кировском и Орджоникидзевском районах до 19% в Ленинском (рис. 1). По остальным районам различие составляет 2–3%, что говорит о достаточно равномерной озеленённости территории города.

Среди наиболее значимых объектов озеленения общего пользования в г. Перми преобладают скверы — 52%, парки и сады занимают соответственно 19 и 16% от об-

щей площади таких объектов озеленения. Площадь бульваров незначительна и составляет 13% от общей площади.

Структура распределения наиболее значимых объектов озеленения общего пользования города имеет свои особенности в каждом районе. В Ленинском, Мотовилихинском и Свердловском районах парки отсутствуют, но большая площадь под скверами — от 48 до 81% (рис. 2).

Особенность системы озеленения районов проявляется и преобладании тех или иных типов объектов ландшафтной архитектуры. Так, почти треть площади всех городских бульваров находится в Мотовилихинском районе, в Ленинском районе расположено около 40% от общегородской площади скверов, и треть площади всех садов – в Индустриальном районе (рис. 3). Сады – историческая форма объектов городского озеленения, они отражают историю становления системы озеленения. Характерно, что в крупных городах-соседях, Тюмени и Екатеринбурге, сады в структуре озеленения практически отсутствуют.

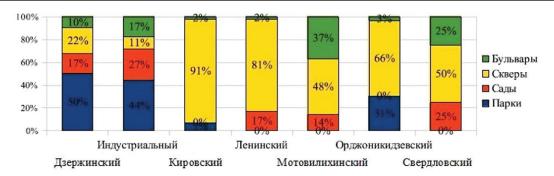


Рис. 2. Распределение типов объектов озеленения в районах города

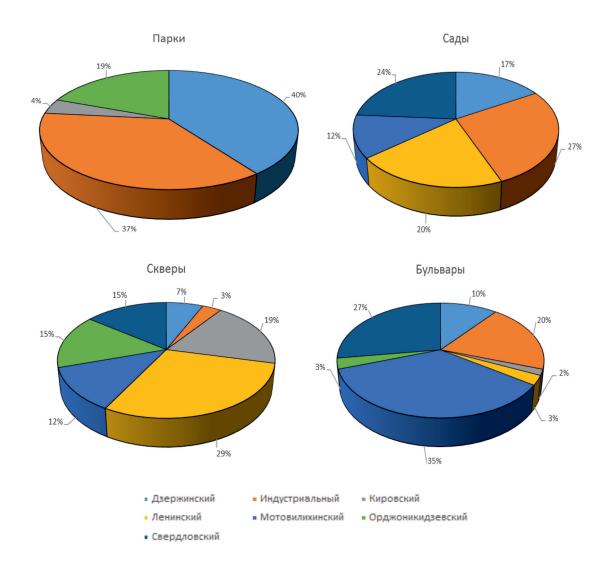


Рис. 3. Структура долевого распределения объектов озеленения общего пользования по районам г. Перми

Ленинский район города — наиболее старая часть города, начавшая развитие с 1723 г., со времени основания медеплавильного завода на р. Егошихе. Дальше строительство и развитие города пошло

в направлении рельефа – вниз по течению Камы. В центральном микрорайоне Ленинского района основа благоустройства была заложена в XIX веке во времена губернатора Карла Федоровича Модераха. При нем

уделялось огромное внимание благоустройству улиц, а также были созданы Загородный сад и Набережные сады [10].

Неотъемлемой частью системы озеленения являются уличные посадки. На рисунке 4 представлено соотношение мест массового отдыха жителей и объектов озеленения общего пользования, находящихся в границах улично-дорожной сети (в подсчёте учитывались наиболее значимые, подлежащие ежегодному уходу территории) [6].

Так, в Мотовилихинском районе по площади преобладают уличные насаждения — 63%, тогда как в других районах их доля не превышает 20–30% от площади всех объектов озеленения общего пользования. Выделяется Орджоникидзевский район, в котором насаждений на улицах практически нет: их доля составляет всего 2%.

Различается и ассортимент основных видов древесных растений, используемый для озеленения в разных районах города (табл. 3).



Парки, сады, скверы, бульвары Пуличные насаждения

Рис. 4. Доля уличных насаждений в озеленении районов

Таблица 3 Преобладающий ассортимент деревьев по районам г. Перми

	Районы города						
Вид	Дзержинский	Индустриальный	Кировский	Ленинский	Мотовилихинский	Орджоникидзевский	Свердловский
Betula pendula	+		+			+	
Betula pubescens	+						
Populus balsamifera*	+	+		+		+	+
Fraxinus excelsior		+					
Populus x sowetica «Pyramidalis»*		+					
Tilia cordata et platyphyllos		+	+	+			+
Pinus sylvéstris			+				
Acer tataricum				+			
Populus ×berolinensis				+			
Ulmus scabra					+		
Acer negundo					+		+
Salix alba							+

П р и м е ч а н и е . *Название растения дано по научной статье Н.А. Молгановой, С.А. Овеснова [9].

Преобладающими породами по всему городу являются представители родов Populus, Acer, Tilia. Липы встречаются в четырех районах, которые наиболее близко расположены к историческому центру города. Это обусловлено историей озеленения города, которая началась в 1832 г. с высадки деревьев данного вида. Различные виды и гибридные формы тополей присутствуют во всех районах, кроме Кировского и Орджоникидзевского, самых молодых районов города, которые отделены от центра рекой Камой и лесными массивами. Наиболее отчетливо эта особенность проявилась в озеленении Кировского района, где в процессе застройки между домами оставляли фрагменты естественных сосняков. Как и в большинстве городов региона, почти во всех районах Перми преобладает тополь бальзамический.

Заключение

В итоге можно утверждать, что для города Перми характерна развитая система озеленения, достаточно равномерно распределенная по всей территории города. Тем не менее каждый район в силу истории градостроительной ситуации имеет свои отличительные черты. Двух одинаковых районных систем озеленения нет. Это проявляется в структуре распределения по эксплуатационным категориям, долевому участию уличных насаждений в озеленении районов, по типам объектов озеленения, а также по ассортименту преобладающих деревьев, формирующих насаждения города.

Общей чертой является преобладание в большинстве районов (кроме Мотовилихинского) объектов озеленения общего пользования, являющихся местами массового отдыха, над линейными уличными насаждениями.

Список литературы / References

1. Овеснов С.А., Молганова Н.А., Василенко В.В. Деревья и кустарники города Перми. Справочник. Нижний Новгород: 2019. 226 с.

Ovesnov S.A., Morgunova N.A., Vasilenko V.V. Trees and shrubs of Perm city. Guide. Nizhny Novgorod: 2019. 226 p. (in Russian).

2. Шестаков И.Е. Экологическое состояние почвенного покрова г. Перми: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2012. 219 с.

Shestakov I.E. the Ecological status of soils in Perm: author. dis. ... cand. biol. sciences. Perm, 2012. 219 p. (in Russian).

3. Двинских С.А., Китаев А.Б. Экологическое состояние малых рек города Перми // Географ. вестн. 2011. № 2. С. 32–43.

Dvinskikh S.A., Kitaev A.B. Ecological state of small rivers of Perm // GeoGraph. Vestn. 2011. No. 2. P. 32–43 (in Russian).

4. Индекс качества городской среды. [Электронный ресурс]. URL: https://индекс-городов.рф/#/ (дата обращения: 04.10.2020).

The quality index of the urban environment. [Electronic resource]. URL: https://индекс-городов.rf/#/ (date of access: 04.10.2020) (in Russian).

5. Аткина Л.И., Збруева И.И., Шарафеева А.С. Леса России: политика, промышленность, наука, образование // Материалы пятой научно-технической конференции-вебинара. 2020. С. 21–23.

Atkina L.I., Zbrueva I.I., Sharafeeva A.S. Forests of Russia: politics, industry, science, education // Materialy pyatoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii-vebinara. 2020. P. 21–23 (in Russian).

6. Постановление Администрации г. Перми от 29 апреля 2011 года № 188 «Об утверждении Перечня объектов озеленения общего пользования города Перми» (с изменениями от 06 сентября 2019 года). [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/428681751 (дата обращения: 04.10.2020).

Resolution of the Perm city Administration dated April 29, 2011 No. 188 «On approval of the List of public gardening facilities in the city of Perm» (as amended on September 06, 2019). [Electronic resource]. URL: http://docs.cntd.ru/document/428681751 (date of access: 04.10.2020) (in Russian).

7. Решение Пермской Городской Думы от 23 июня 2009 года № 147 «Об утверждении эксплуатационных категорий и уровней содержания объектов озеленения общего пользования города Перми». [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/432445355 (дата обращения: 04.10.2020).

Decision of the Perm City Duma of June 23, 2009 No. 147 «On approval of operational categories and levels of maintenance of public gardening facilities in the city of Perm». [Electronic resource]. URL: http://docs.cntd.ru/document/432445355 (date of access: 04.10.2020) (in Russian).

8. Национальный проект «Жилье и городская среда». [Электронный ресурс]. URL: http://government.ru/projects/selection/735/35560/ (дата обращения: 04.10.2020).

The national project «Housing and the urban environment». [Electronic resource]. URL: http://government.ru/projects/selection/735/35560/ (date of access: 04.10.2020) (in Russian).

9. Молганова Н.А., Овеснов С.А. Деревья и кустарники скверов Свердловского и Индустриального районов г. Перми // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2017. Вып. 1. С. 10–20.

Molchanova N.A. Ovesnov S.A. Trees and shrubs of the squares of Sverdlovsk and Industrial districts of Perm // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya Biologiya. 2017. Issue 1. P. 10–20 (in Russian).

10. Молганова Н.А., Овеснов С.А. Деревья и кустарники скверов Ленинского района г. Перми // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2014. \mathbb{N} 4. С. 5–11.

Molchanova N.A., Ovesnov S.A. Trees and shrubs of the squares of the Leninsky district of Perm // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya Biologiya. 2014. № 4. P. 5–11 (in Russian).

УДК 634.232:575.1/.2(479.24)

ОЦЕНКА ЧЕРЕШНИ (*PRUNUS AVIUM* L.) ПО ПОМОЛОГИЧЕСКИМ И БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Керимова Х.И.

Институт генетических ресурсов HAHA, Баку, e-mail: xayalakerimova90@gmail.com

Оценку 74 генотипов черешни проводили по 13 помологическим и биохимическим параметрам. Генотипы черешни из пяти регионов Азербайджана были исследованы в течение двух лет, и получены средние величины изученных параметров. Для статистических расчетов использовали среднее значение каждого параметра. Взаимосвязь между признаками была исследована методом многомерных вариаций (principal component analysis, PCA). Статистический анализ проводили с помощью статистических компьютерных программ PAST и SPSS. Широкий диапазон вариаций был обнаружен у изученных нами характеристик, таких как вес, длина и ширина фруктов и количество общего сахара. Наблюдалась положительная корреляция между массой исследуемого фрукта и большинством признаков, связанных с этим параметром. При этом между показателями была выявлена значимая зависимость. Оценка генотипов по индексу евклидовой дистанции показала, что наиболее близкими генотипами являются Дум Аг Килас из Шекинского и Чахрайы Наполеон из Тартарского района (7,713), а самыми отдаленными генотипами являются сорта черешни Самба и Джир Килас из Губы (83,753). Это можно объяснить различием их происхождения. Во втором кластере дендрограммы сгруппированы 12 генотипов, из которых одиннадцать находятся в подкластере 2A, а один — в подкластере 2B. Собранный в Хачмазском районе сорт Аг Килас, который находится в подкластере 2B, был выделен из общего кластера из-за ряда отличий. В целом выявлено высокое генетическое разнообразие широко распространенных в Азербайджане местных и интродуцированных генотипов черешни.

Ключевые слова: Prunus avium L., разнообразие, SPSS, индекс расстояния, корреляционный анализ

EVALUATION OF SWEET CHERRY (*PRUNUS AVIUM* L.) BY POMOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Karimova Kh.I.

Genetic Resources Institute, ANAS, Baku, e-mail: xayalakerimova90@gmail.com

Evaluation of 74 sweet cherry genotypes was performed based on 13 pomological and biochemical parameters. Cherry genotypes from five regions of Azerbaijan were studied for two years and the average values of the studied parameters were obtained. For statistical calculations, the average value of each parameter was used. The relationship between the traits was investigated by the method of multivariate variation (principal component analysis, PCA). Statistical analysis was performed using the PAST and SPSS statistical computer programs. A wide range of variation was found in the studied characteristics, such as mass, length and width of fruit, and total sugar content. There was a positive correlation between the mass of the studied fruit and most of the indices associated with this parameter. Besides, a significant relationship was revealed between the indices. Evaluation of genotypes according to the Euclidean distance index showed that the closest genotypes are Dum Agh Gilas from Sheki and Chakhrayi Napoleon from the Tartar region (7.713), and the most distant genotypes are sweet cherry varieties Samba and Jyr Gilas from Guba (83.753). This can be explained by the difference in their origin. In the second cluster of the dendrogram, 12 genotypes are grouped, of which eleven are in subcluster 2A, and one is in subcluster 2B. The Ag gilas cultivar collected in the Khachmaz region, which is in subcluster 2B, was separated from the general cluster due to a number of differences. In general, a high genetic diversity of local and introduced genotypes of sweet cherry widespread in Azerbaijan was revealed.

Keywords: Prunus avium L., diversity, SPSS, distance index, correlation analysis

Черешня (*Prunus avium* L.) является древесным растением, принадлежащим к семейству розоцветных, с перекрестно опыляемым диплоидным геномом (AA, 2n = 2x = 16) и гаплоидным геномом небольшого размера (338Mbp) [1].

В настоящее время черешню выращивают более чем в 50 странах мира. По производству черешни Турция занимает первое место в северном, а Чили – в южном полушарии. Сорта черешни 0900 Зираат, Ерли Бурлат, Старкс Голд широко культивируются в Турции. В Чили выращивают около 70 сортов. Основными сортами являются

Лапин, Ван, Стелла и Саммит. Соединенные Штаты занимают первое место по экспорту черешни. Черешня в основном производится в Вашингтоне, Орегоне, Айдахо и Юте. В основном выращиваются сорта Челан, Тиетон, Рейнер, Бинг, Скена и Свитхарт [2]. Фрукты используют для употребления в свежем виде, из них готовят мармелад, варенье, сухие продукты с уксусом, но специально обработанные для получения сока [3]. Горькие плоды и семена черешни используются как тонизирующее средство для сердца и в народной медицине при диабете и желудочно-кишечных заболеваниях [4]. Пло-

ды мелкие, шаровидные, плоские, сочные. Цвет плода меняется с желтого на красный на ранних стадиях созревания, а затем становится черным по мере созревания [5; 6].

Среди экономических регионов Азербайджана 45% производства черешни приходится на Губа-Хачмазскую зону. В нашей республике выращиваются в основном районированные сорта Бигарро Грол, Рамон Олива, Тезйетишен Кассини, Сары Дрогана, Франц Иосиф, Калурейи [7]. Причиной растущего интереса к этому растению является содержание в нем групп веществ, полезных для профилактики заболеваний, вследствие чего это растение считается

функциональным продуктом в питании человека [8–10].

В последнее время проводились исследования, основанные на морфологическом и биохимическом анализе, для определения степени полиморфизма местных генотипов черешни. К сожалению, морфо-помологические особенности генотипов черешни изучены недостаточно в мире. Хотя морфологические особенности зависят от условий окружающей среды и агротехнического опыта, их характеристика — это первый шаг, который предлагается изучить перед началом биохимических или молекулярных исследований [11].

Таблица 1 Образцы черешни, собранные в разных регионах Азербайджана

N	Название образца	Происхождение	N	Название образца	Происхождение
1	Самба	ГУБА	38	Баллы килас	ШЕКИ
2	Лапинс	ГУБА	39	Джыр килас аджы	ШЕКИ
3	Зираат	ГУБА	40	Джыр килас -2	ШЕКИ
4	Джыр килас	ГУБА	41	Майовка кырмызы	ШЕКИ
5	Чахрайы Наполеон	ГУБА	42	Дум аг килас	ШЕКИ
6	Сары Драгона	ГУБА	43	Албалы килас йумру	ШЕКИ
7	Тезйетишен Кассини	ГУБА	44	Майовка чил-чил	ШЕКИ
8	Рамон Олива	ГУБА	45	Гара Майовка	ШЕКИ
9	Регина	ГУБА	46	Сары килас	ШЕКИ
10	Свит хат	ГУБА	47	Албалы килас аг	ШЕКИ
11	Бианка гёзели	ГУБА	48	Сары узун килас	ШЕКИ
12	Сары Дениссема	ГУБА	49	Гузугёрен килас	ШЕКИ
13	Джыр килас -2	ГУБА	50	Гара окюзурейи	TAPTAP
14	Бигарро Бурлат	ГУБА	51	Зогалы	TAPTAP
15	Аг килас	ГУБА	52	Чал крым	TAPTAP
16	Ерли Лори	ГУБА	53	Геджйетишен гара окюзурейи	TAPTAP
17	Норс Вандер	ГУБА	54	Ябаны килас Антипка	TAPTAP
18	Гара килас	ГУБА	55	Чахрайы Наполеон	TAPTAP
19	Май киласы	ГУБА	56	Шампан килас	TAPTAP
20	Крым	ГУБА	57	Аг Крым	TAPTAP
21	Гара Наполеон	ГУБА	58	Май киласы аг	АГДАШ
22	Франс Иосиф	ГУБА	59	Аг килас	АГДАШ
23	Гара джыр килас	ГУБА	60	Ала килас	АГДАШ
24	Муреббе аг килас	ШЕКИ	61	Гара окюзурейи	АГДАШ
25	Аг джыр килас	ШЕКИ	62	Крым гырмызы	ХАЧМАЗ
26	Гара шабады	ШЕКИ	63	Наполеон	ХАЧМАЗ
27	Гара килас	ШЕКИ	64	Крым геджйетишен	ХАЧМАЗ
28	Ала килас	ШЕКИ	65	Аг килас	ХАЧМАЗ
29	Джыр килас кесикли	ШЕКИ	66	Хрустал	ХАЧМАЗ
30	Окюзурейи аг	ШЕКИ	67	Рамон Олива	ХАЧМАЗ
31	Окюзурейи гара	ШЕКИ	68	Тезйетишен Крым	ХАЧМАЗ
32	Гызыл килас	ШЕКИ	69	Еркен Краснадар	ХАЧМАЗ
33	Кахраба килас	ШЕКИ	70	Джыр килас	ХАЧМАЗ
34	Алыдж килас	ШЕКИ	71	Алянаг	ХАЧМАЗ
35	Аг килас	ШЕКИ	72	Ен геджйетишен Крым	ХАЧМАЗ
36	Крым	ШЕКИ	73	Гара Крымсон	ХАЧМАЗ
37	Наполеон	ШЕКИ	74	Регина	ХАЧМАЗ

Таблица 2 Статистические показатели генотипов черешни

Показатели	Аббревиатура	Мин.	Макс.	Средн.	CX	CO	КВ, %
Длина плода	ДП	8	29	22	0	4	16
	 ' ' ' 	7			0	-	
Ширина плода	ШП	7	29	21	1	4	19
Длина стебля	ДС	24	63	39	1	8	67
Масса косточки	MK	0	1	1	1	0	1
Масса мякоти	MM	1	25	24	0	3	9
Общий сахар	OC	11	27	16	0	4	16
Длина косточки	ДК	6	13	7	0	2	3
Ширина косточки	ШК	6	10	4	0	1	2
Масса плода	МΠ	1	11	10	0	2	4
Масса 20 плодов	МДП	20	224	203	5	40	1595
Длина черешка	ДЧ	30	52	22	1	5	20
Длина листа	ДЛ	64	122	58	2	13	178
Ширина листа	ШЛ	28	68	41	1	8	68

Материалы и методы исследования

74 генотипа черешни, использованные в исследовании, были собраны в пяти регионах Азербайджана (Губа, Хачмаз, Шеки, Агдаш, Тертер). 20 случайно выбранных фрукта оценивались по некоторым помологическим и биохимическим параметрам. Исследованные генотипы черешни приведены в табл. 1. Были определены следующие параметры: длина плода (мм), ширина плода (мм), длина стебля (мм), масса косточки (г), масса мякоти (г), общий сахар (%), длина косточки (мм), ширина косточки (мм), масса одного плода (г), масса двадцати плодов (г), длина черешка (мм), длина листа (мм), ширина листа (мм). Для измерения длины использовали штангенциркуль. Массу измеряли на электронных весах с точностью в 0,01 г. Количество сахара в плодах определяли ручным рефрактометром (Brix, 0–32%).

Для статистических расчетов использовали среднее значение каждого параметра. Взаимосвязь между признаками была исследована методом многомерных вариаций (principal component analysis, PCA). Статистический анализ проводили с помощью статистических компьютерных программ PAST и SPSS.

Результаты исследования и их обсуждение

Стандартное отклонение (СО), стандартная погрешность (СП), средние значения и коэффициент вариации (КВ%) для исследуемых показателей приведены в табл. 2. Са-

мый высокий коэффициент вариации обнаружен у массы 20 плодов (1595%), а самый низкий коэффициент вариации — у массы косточки (1%). Длина листа (178%) — также обладала высоким коэффициентом вариации. Наивысший показатель была установлена для массы двадцати плодов (224).

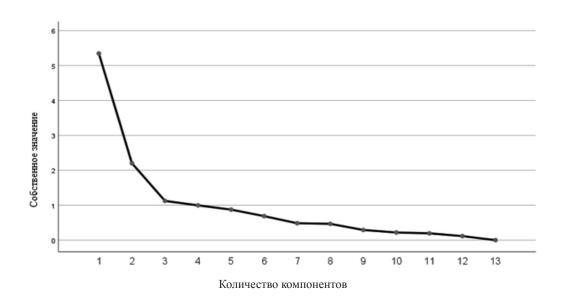
Метод Principle component был использован для установления значительности различных признаков в генотипах. Для правильного выполнения анализа были использованы 2 статистических теста КМО (Kaiser-Meyer-Olkin) и Bartlett. Результаты обоих тестов представлены в табл. 3. Если КМО равен 0,809, и результат теста Бартлетта является статистически значимым, это свидетельствует о правильности проведения анализа Principle component. Тест Бартлетта определяет, является ли матрица данных единой матрицей и достаточна ли корреляция между переменными. КМО меняется от 0 до 1, и чем он ближе к 1, тем больше соответствует факторному анализу. Значение КМО должно быть больше 0,50 (табл. 3).

Как показано на Scree plot, изображенном на рис. 1, до трех индикаторных элементов, каждый элемент в отдельности эффективно объясняет межгенотипную изменчивость. Вследствие этого все анализы проводились на основе трех выбранных индикаторных элементов. Конечно, в ходе этого процесса некоторые особенности данных будут уничтожены, но основная цель здесь — сохранить стабильность изменений и минимизировать ошибки. Кроме того, поскольку РСА уменьшает многомерные данные, он позволяет просматривать их визуально.

Таблица 3

Результаты тестов KMO и Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin (Measure of sampling adequacy)	0,809
Bartlettin тест на сферичность составляет примерно х-квадрат	885,102
Разнообразие	78
Значимость	000



Puc. 1. Scree plot на основе Principle component

Таблица 4 Матрица компонентов

	Компонент					
1	1	2	3			
ШП	.907	.101				
ДП	.887					
МДП	.881	157				
МΠ	.881	161				
MK	.878					
ДК	.755					
ШК	.704		.335			
ШЛ		.844				
ДЛ	.129	.838				
ДЧ	.234	.594	121			
ДС	256	.516				
OC	.142	112	.831			
MM	.426	281	525			

В результате РСА (табл. 4), было установлено, что ширина плода (.907), длина плода (.887), масса двадцати плодов (.881), масса плода (.881), масса косточки (.878), длина косточки (.755), ширина косточки (.704), длина листа (.129), длина черешка (.234), длина стебля (-.256), общий са-

хар (.142), масса мякоти (.426) находятся в первом компоненте. Во втором компоненте расположены ширина плода (.101), масса двадцати плодов (-.157), масса плода (-.161), ширина листа (0.838), длина черешка (.594), длина стебля (.516), общий сахар (-.112), масса мякоти (-.281). Ширина косточки (.335), длина черешка (-.121), общий сахар (.831) и масса мякоти (-.525), указаны в третьем компоненте. В первом компоненте наибольшее значение имели ширина плода, длина плода и масса двадцати плодов. По отношению ко второму фактору были значительны такие характеристики, как ширина и длина листа. В третьем компоненте количество общего сахара (в процентах) имеет наибольшее значение.

Значения РС, составляющие 67% наблюдаемой изменчивости, равны 41,110%, 16,942% и 8,647% соответственно (табл. 5).

Взаимосвязь между признаками, оцениваемыми с помощью анализа РС, может быть обусловлена плейотропным действием локуса или генов, контролирующих признак [12].

Согласно результатам исследования, у таких характеристик, как ширина плода,

Таблица 5

Факторный анализ

Начальные собственные		Извлечение суммы			Ротация суммы				
		значени	Я	КВ	квадратов нагрузок		К	вадратов нагр	рузок
Компо-		% дис-	Суммар-		% дис-	Суммар-		% диспер-	Суммар-
нент	Всего	персии	ный%	Всего	персии	ный%	Всего	сии	ный%
1	5.344	41.110	41.110	5.344	41.110	41.110	5.334	41.030	41.030
2	2.202	16.942	58.052	2.202	16.942	58.052	2.206	16.969	57.999
3	1.124	8.647	66.699	1.124	8.647	66.699	1.131	8.700	66.699
4	.995	7.655	74.354						
5	.875	6.728	81.083						
6	.687	5.287	86.370						
7	.484	3.725	90.095						
8	.467	3.592	93.687						
9	.291	2.238	95.925						
10	.219	1.681	97.606						
11	.195	1.499	99.105						
12	.116	.889	99.994						
13	.001	.006	100.000						

длина плода, масса плода, вес косточки, длина косточки, ширина косточки, ширина писта и общий сахар, обнаружены самые высокие вариации, и они могут быть использованы при изучении генотипов черешни.

Корреляционный анализ. Корреляционный анализ может предоставить ценную информацию о наиболее важных характеристиках для оценки генотипов [13]. Идентифицируя признаки, которые показывают значительную корреляцию, можно по одному признаку предсказать другой, что облегчает выбор подходящих генотипов.

В нашем исследовании была установлена корреляция между двумя признаками. Было обнаружено, что существует очень значимая корреляция ($r=0,999^{**}$) между массой плода и массой двадцати плодов. Кроме того, обнаружена очень значимая зависимость ($r=0,801^{**}$) между длиной и массой косточки. Было обнаружено, что существует отрицательная, незначительная ($r=-242^*$) корреляция между длиной стебля и длиной плода.

Кластерный анализ. Кластерный анализ был проведен на основе индекса евклидова генетического расстояния методом UPGMA пакета статистических программ PAST. Исследованные нами генотипы сгруппированы в 6 основных кластеров в соответствии с указанными характеристиками, дендрограмма разделена на 6 кластеров и проанализирована.

Первый кластер дендрограммы содержит 19 генотипов, из которых 12 образцов

находятся в подкластере 1А, а 7 образцов – в подкластере 1В. В подкластере 1А масса плодов варьировала от 5,58 до 7,08 г, а в подкластере 1В – от 6 до 7,02 г. Индекс евклидова расстояния был самым низким (7,713) между сортами Дум Аг из Шеки и сортов Чахрайы Наполеон из Тартара, сгруппированных в этом кластере. Это означает, что эти генотипы являются ближайшими генотипами. Во втором кластере дендрограммы сгруппированы 12 генотипов, из которых одиннадцать находятся в подкластере 2А, а один – в подкластере 2В. Собранный в Хачмазском районе сорт Аг Килас, который находится в подкластере 2В, был выделен из общего кластера из-за ряда отличий. Третий кластер состоит из 7 генотипов. Четвертый кластер дендрограммы, состоящий из 12 генотипов, разделен на два подкластера. В результате 7 генотипов были включены в подкластер 4А и 5 генотипов в 4В. В пятом кластере сгруппированы 11 генотипов. Собранный в Губе сорт Самба, расположенный в подкластере 5В, был выделен из общего кластера из-за ряда отличий. Последний кластер дендрограммы включает 13 генотипов. Из них 8 генотипов расположены в подкластере 6А и 5 генотипов – в подкластере 6В. Согласно индексу евклидового расстояния, наиболее отдаленными генотипами кластеров были сорта черешни Самба (турецкого происхождения) и Джыр Килас (83 753), собранные в Губе. Это можно объяснить различием их происхождения.

 Таблица 6

 Межпризнаковая корреляция между исследованными генотипами черешни

	1	.794**	242*	.753**	.303**	.039	.732**	.582**	.699**	.700**	.221	.166	.102
ДП		.000	.038	.000	.009	.743	.000	.000	.000	.000	.058	.158	.389
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
ШП	.794**	1	199	.781**	.340**	.172	.634**	.623**	.747**	.748**	.238*	.218	.152
	.000		.089	.000	.003	.143	.000	.000	.000	.000	.041	.062	.195
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
ДС	242*	199	1	113	179	041	104	208	221	220	.095	.236*	.335**
	.038	.089		.337	.126	.726	.380	.075	.059	.060	.421	.043	.003
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
МК	.753**	.781**	113	1	.260*	.040	.801**	.553**	.701**	.703**	.181	.079	.097
	.000	.000	.337		.025	.733	.000	.000	.000	.000	.123	.503	.411
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	.303**	.340**	179	.260*	1	053	.123	.166	.463**	.463**	.017	060	161
MM	.009	.003	.126	.025		.657	.296	.157	.000	.000	.888	.612	.171
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	.039	.172	041	.040	053	1	.027	.247*	.136	.129	069	026	044
OC	.743	.143	.726	.733	.657		.821	.034	.246	.274	.561	.829	.709
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	.732**	.634**	104	.801**	.123	.027	1	.485**	.492**	.495**	.213	.001	.099
ДК	.000	.000	.380	.000	.296	.821		.000	.000	.000	.069	.996	.403
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	.582**	.623**	208	.553**	.166	.247*	.485**	1	.526**	.524**	.158	.059	023
ШК	.000	.000	.075	.000	.157	.034	.000		.000	.000	.178	.617	.843
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	.699**	.747**	221	.701**	.463**	.136	.492**	.526**	1	.999**	.065	.021	017
МΠ	.000	.000	.059	.000	.000	.246	.000	.000		.000	.584	.857	.884
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	.700**	.748**	220	.703**	.463**	.129	.495**	.524**	.999**	1	.068	.022	011
МДП	.000	.000	.060	.000	.000	.274	.000	.000	.000		.565	.851	.923
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
ДЧ	.221	.238*	.095	.181	.017	069	.213	.158	.065	.068	1	.441**	.301**
	.058	.041	.421	.123	.888	.561	.069	.178	.584	.565		.000	.009
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	.166	.218	.236*	.079	060	026	.001	.059	.021	.022	.441**	1	.682**
ДЛ	.158	.062	.043	.503	.612	.829	.996	.617	.857	.851	.000		.000
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	.102	.152	.335**	.097	161	044	.099	023	017	011	.301**	.682**	1
ШЛ	.389	.195	.003	.411	.171	.709	.403	.843	.884	.923	.009	.000	
	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74

 Π р и м е ч а н и е : *значимая, ** очень значимая.

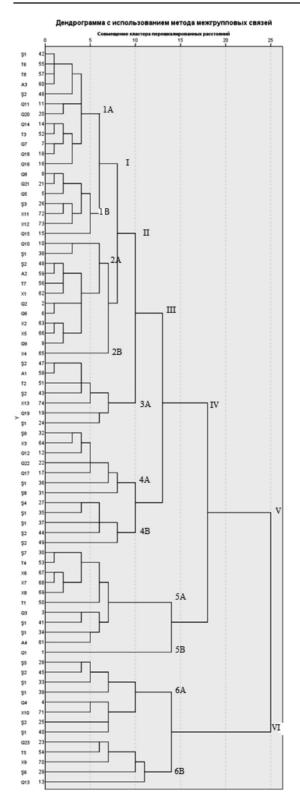


Рис. 2. Дендрограмма, построенная на основе евклидова расстояния между генотипами черешни

Заключение

Были изучены различные помологические и биохимические особенности плодов

и листьев у 74 генотипов черешни, собранных из 5 регионов Азербайджана. Результаты показали высокую степень разнообразия изучаемых признаков. Наибольшей вариацией обладали такие признаки, как масса, длина, ширина плода и общий сахар.

Список литературы / References

- 1. Armugananathan K., Earle E.D. Nuclear DNA content of some important plant species. Plant Mol. Biol. Rep. 1991. V. 3. P. 208–218.
- 2. Багиров О., Талыбов Т. Генофонд черешни и вишни Нахчыванской Автономной Республики. Национальная Академия Наук Азербайджана Нахчыванская Автономная Республика, 2013. [Электронный ресурс]. URL: http://e-kitab.ameanb.nmr.az/az/KitabEtrafli.aspx?id=10859 (дата обращения: 7.11.2020).
- Bagirov O., Talibov T. Cherry and cherry gene pool of Nakhchivan Autonomous Republic. Natsional'naya Akademiya Nauk Azerbaydzhana Nakhchyvanskaya Avtonomnaya Respublika, 2013. [Electronic resource]. URL: http://e-kitab.ameanb.nmr.az/az/KitabEtrafli.aspx?id=10859 (date of access: 7.11.2020).
- 3. Hayaloglu A.A., Demir, N. Physicochemical characteristics, antioxidant activity, organic acid and sugar contents of 12 sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Turkey. J. Food Sci. 2015. V. 80 (3). P. 564–570.
- 4. Halilova H., Ercisli S. Several physic-chemical characteristics of cherry laurel (*Laurocerasos officinalis* Roem.) Fruits. Biotechnol. Biotechnol. Equip. 2010. V. 24 (3). P. 1970–1973.
- 5. Jerkovic I., Marijanovic Z., Staver M.M. Screening of natural organic volatiles from *Prunus mahaleb* L. honey: coumarin and vomifoliol as nonspecific biomarkers. Molecules. 2011. V. 16 (3). P. 2507–2518.
- 6. Ozbey A., Onjul N., Yildirim Z., Yildirim M. Mahaleb and mahaleb products. Gaziosmanpasa Univ. Faculty of Agriculture. Journal. 2011. V. 28 (2). P. 153–158.
- 7. Министерство Сельского Хозяйства Азербайджанской Республики. Многолетние насаждения. Черешня. 8 июля 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.agro.gov.az/az/bitkicilik/coxillik-ekmeler/gilas (дата обращения: 7.11.2020).

Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan. Perennial plantings. Cherry. July 8, 2019. [Electronic resource]. URL: https://www.agro.gov.az/az/bitkicilik/coxillik-ekmeler/gilas (date of access: 7.11.2020).

- 8. Anonymous (2013) Agriculture Statistic, Volume III, Horticultural Crops, Iran's Ministry of agriculture. P. 138.
- 9. Caliskan O., Bayazit O. Morpho-pomological and chemical diversity of pomegranate accessions grown in Eastern Mediterranean region of Turkey. J. Agric. Sci. Tech. 2013. V. 15. P. 1449–1460.
- 10. Damania A.B. The pomegranate: its origin, folklore, and efficacious medicinal properties. In:Y.L. Nene, ed., Agriculture heritage of Asia-Proceedings of the International Conference, Asian Agri History Foundation, Secunderabad, India, 2015. P. 175–183.
- 11. Berinyuy J.E., Fontem D.A., Focho D.A., Schippers R.R. Morphological diversity of Solanum scabrum accessions in Cameroon. Pl. Genet. Resources Newslett. 2002. No. 131. P. 42–48.
- 12. Iezzoni A.F., Pritts MP. Applications of principal components analysis to horticultural research. HortSci. 1991. V. 26. P. 334–338.
- 13. Norman P.E., Tongoona P., Shanahan P.E. Determination of interrelationships among agr-morphological traits of yams (Discorea spp.) using correlation and factor analyses. J. Apple Bios. 2011. V. 45. P. 3059–3070.

УДК 630*31:338.2

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СКОРОСТЬ АВТОЛЕСОВОЗОВ

¹Мохирев А.П., ²Рукомойников К.П., ²Мазуркин П.М.

¹Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Лесосибирск, e-mail: ale-mokhirev@yandex.ru; ²ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола

Одним из ключевых производственных параметров лесозаготовительного процесса является скорость движения лесовозов при вывозке древесины с лесосеки. От нее зависит максимально возможный объем заготовленной древесины. На скорость движения лесовоза влияет множество природно-производственных факторов. Целью настоящих исследований является определение значимости факторов, влияющих на скорость движения автолесовоза. Для выявления наиболее значимых факторов, влияющих на скорость лесовозов при вывозке древесины, применен метод идентификации закономерностей в виде последовательности асимметричных вейвлет-сигналов. Анализировался 31 фактор влияния на скорость лесовоза в семи подсистемах. Идентификация влияния множества выполнена двумя способами: 1) выявление однофакторных закономерностей парных влияний типа «фактор - скорость», автоматическое получение адекватности выявленной закономерности по коэффициенту корреляции в программной среде CurveExpert-1.40, а затем ранжирование факторных связей по убыванию значений коэффициента корреляции; 2) после выполнения п. 1 первая закономерность с максимальным коэффициентом корреляции принимается без изменения, а затем последовательно выполняется идентификация путем подстановки в остатки (ордината - скорость) от предыдущей формулы последующей в рейтинге однофакторной модели (абсцисса). В идентификации закономерностей были использованы измеренные данные о скорости движения автолесовозов при вывозке древесины с лесной территории на береговые нижние склады во время лесозаготовительного сезона 2019-2020 гг. по территории Мотыгинского и Енисейского лесничеств Красноярского края. Выполнено 162 измерения в различных природно-производственных условиях. В исследовании определены наиболее значимые группы факторов и отдельные параметры, влияющие на скорость автолесовоза. Выявлено, что наиболее значимые факторы характеризуют дорожное покрытие.

Ключевые слова: скорость лесовоза, природно-производственные условия, коэффициент корреляции, идентификация закономерностей, значимость фактора

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE SPEED OF LOGGING TRUCKS

¹Mokhirev A.P., ²Rukomoynikov K.P., ²Mazurkin P.M.

¹Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk, e-mail: ale-mokhirev@yandex.ru; ²Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

One of the key production parameters of the logging process is the speed of movement of log trucks when removing wood from the cutting area. The maximum possible volume of harvested wood depends on it. Many natural and industrial factors affect the speed of a timber truck. The purpose of this research is to determine the significance of factors that affect the speed of a logging truck. To identify the most significant factors that affect the speed of logging trucks when removing wood, the method of identifying patterns in the form of a sequence of asymmetric wavelet signals is used. We analyzed 31 factors affecting the speed of the timber carrier in seven subsystems. There are two ways to identify the influence of a set: 1) identification of one – factor regularities of paired influences of the «factor-speed» type, automatic obtaining of the adequacy of the calculated regularity by the correlation coefficient in the CurveExpert-1.40 software environment, and then ranking of factor relationships in descending order of the correlation coefficient values; 2) after performing p. 1 the first pattern with the maximum correlation coefficient is accepted without change, and then identification is performed sequentially by substituting the remainder (ordinate rate) from the previous formula of the subsequent one-factor model in the rating (abscissa). In order to identify the patterns, we used measured data on the speed of logging trucks when transporting wood from the forest area to the lower coastal warehouses during the 2019-2020 logging season on the territory of the Motyginsky and Yenisey forest districts of the Krasnoyarsk territory. 162 measurements were made in various natural and industrial conditions. The study identified the most significant groups of factors and individual parameters that affect the speed of a logging truck. It is revealed that the most significant factors characterize the road surface.

Keywords: logging truck speed, natural and production conditions, correlation coefficient, identification of regularities, significance of the factor

Скорость движения лесовозов при вывозке древесины с лесосеки является одним из ключевых производственных параметров [1–4]. От нее зависит максимально возможный объем заготовленной древеси-

ны. На скорость движения лесовоза влияют множество факторов.

Классификация факторов – крайне сложная задача, особенно с учетом их зависимостей и взаимообусловленностей.

Тем не менее многие современные авторы успешно решают данную задачу и приводят различные примеры систематизации факторов. Одним из выводов, отмечаемым многими исследователями, следует признать необходимость осуществления заготовки и вывозки древесины в зимний период при неблагоприятных почвенно-грунтовых условиях [5-8]. Обращаясь к одному из вариантов классификации, можно разделить природно-производственные условия на две группы: внутренние и внешние. Первые из них определяются конкретной структурной схемой и организацией ее использования. В частности, ими могут быть: производственные условия, основные параметры и конструктивные особенности машин. Очевидно, что внутренние факторы напрямую зависят от способа организации производственного процесса. В то же время управление внешними крайне затруднительно, а зачастую и вовсе невозможно [9]. Вследствие этого возникает потребность минимизации их влияния [10].

Для организации наиболее эффективных мероприятий по воздействию на неблагоприятные факторы проводят факторный анализ. Он выявляет наиболее значимые параметры, на которые стоит влиять для улучшения производственных показателей.

Целью настоящих исследований является определение значимости факторов, влияющих на скорость движения автолесовоза.

Материалы и методы исследования

Существует множество методик факторного анализа. В данных исследованиях для выявления наиболее значимых факторов, влияющих на скорость лесовозов при вывозке древесины, применен метод идентификации закономерностей. Последовательность действий выполнялась по технологии [11]. Сначала приводится статистическая выборка по парам «фактор — скорость». Далее проводится идентификация нелинейного двухчленного тренда, как частного случая асимметричного вейвлета [12]. При этом в данной задаче бинарные связи появляются между факторами и одного зависимого показателя.

В процессе идентификации по принципу от простого к сложному из математических инвариантов (фрагментов) [13] составляется сложное алгебраическое уравнение. Фрагменты могут быть использованы как со знаком «+», так и «-». Инварианты колебательных возмущений в виде асимме-

тричных вейвлет-сигналов также включают в себя конструкты как амплитуда (половина) и полупериод. По составленным уравнениям автоматически выполняется в программной среде CurveExpert-1.40 поиск значения параметров модели в виде однофакторной зависимости.

После выявления закономерностей всех пар «фактор – скорость» по значениям ко-эффициентов корреляции выполняется ранжирование формул по убыванию адекватности. Выбор первого в рейтинге уравнения проводится по наибольшему коэффициенту корреляции. Тогда факторы ранжируют по их значимости по мере уменьшения коэффициента корреляции.

Для построения многофакторной модели, аналогично предыдущим расчетам, составляется уравнение и производится расчет наиболее значимого фактора. Полученная зависимость записывается, а в полученные остатки, как переменная ставится второй по значимости параметр и т.д. Таким образом, просчитываются все показатели, участвующие в моделировании. Получаемое адаптивное уравнение будет являться многофакторной моделью. Все расчеты проводятся с использованием программной среды CurveExpert-1.40. По значениям коэффициентов корреляции определяется значимость и соответственно ранг параметра.

Для определения зависимости включаются следующие подсистемы с группами параметров, влияющих на скорость движения лесовоза:

- время измерения: X1- номер месяца в году, X2- номер суток в месяце, X3- номер часа в сутках;
- приведенные координаты участка:
 X4 широта, X5 долгота, X6 высота над уровнем моря, м;
- параметры водителя: X7- стаж работы водителя, лет, X8- возраст водителя, лет, X9- время в пути, ч;
- параметры лесовоза: X10 колесная формула автолесовоза (0 6x6, 1 6x4), X11 грузоподъемность автолесовоза, т, X12 тип кузова автолесовоза (1 тягач, 2 прицеп, 3 -полуприцеп), X13 время эксплуатации автолесовоза, лет, X14 мощность двигателя автолесовоза, л.с., X15 пробег автолесовоза, тыс. км, X16 время, пройденное с капремонта автолесовоза, мес., X17 нагруженность автолесовоза (масса груза / грузоподъемность), X18 тип шин на автолесовозе (0 425/85 r21; 1 14.00/r20 xml);

- характеристика дорожного покрытия: X19 – тип покрытия дороги (0 – без покрытия; 1 – гравий; 2 – асфальт), X20 – ширина дороги, м, X21 – время эксплуатации дороги с момента строительства, лет, X22 – количество капитальных ремонтов дороги с момента ее строительства, шт., X23 – уклон дороги, $\%_0$;

- состояние покрытия: X24 – влажность покрытия дороги (0 – сухое; 1 – влажное; 2 – сырое; 3 – мокрое; 4 – насыщенное водой), X25 – вид снежно-ледяного покрытия дороги (0 – без снега; 1 – уплотненный снег; 2 – снежное сухое; 3 – мокрый снег; 4 – снежно-ледяное);

- метеорологические данные: X26 – температура воздуха, °C, X27 – атмосферное давление, мм рт. ст., X28 – относительная влажность на высоте 2 м,%, X29 – скорость ветра, м/с, X30 – горизонтальная дальность видимости, км, X31 – количество осадков, выпавших за 12 ч, мм.

Параметры объединены в группы факторов на причинно-следственной диаграмме (рис. 1).

В ходе исследования использованы данные о скорости движения автолесовозов при вывозке древесины с лесной территории на береговые нижние склады во время лесозаготовительного сезона 2019—2020 гг. по территории Мотыгинского и Енисейского лесничеств Красноярского края.

Для выявления зависимостей скорости автолесовоза от всех рассматриваемых факторов, а также многофакторной модели, выполнено 162 наблюдения, заключающихся в измерениях скорости лесовоза в различных природно-производственных условиях. Исследования проводились при условиях: участок без поворотов более 300 м, анализируемый уклон постоянный на этом участке. При этом достигается равномерная скорость на участке.

Результаты исследования и их обсуждение

С использованием программной среды CurveExpert-1.40 по каждому фактору получены однофакторные зависимости с коэффициентами корреляции. Наибольшее значение по оценке коэффициента корреляции получено у фактора X19 (тип покрытия). В соответствии с методикой производим расчет, начиная в общем аддитивном уравнении именно с фактора X19, затем в остатки от X19 как переменная ставится параметр X20 (второй по значимости) и т.д. Таким образом, учтены

в последующих членах многофакторного уравнения все составляющие в рейтинге переменные.

После моделирования многофакторной модели снова был выполнен рейтинг по убыванию коэффициента корреляции у членов многофакторной модели. На диаграмме (рис. 2) представлен рейтинг по убыванию коэффициента корреляции, выполненный с учетом волновых составляющих многофакторной модели.

Наиболее значимым фактором, с сильным уровнем связи [12], оказался «Тип покрытия». Данный показатель характеризовался тремя категориями: без покрытия, грунтовое покрытие и асфальтовое покрытие. Именно эти характеристики в значительной степени влияют на скорость движения автолесовоза. Значимым фактором (слабый уровень связи) также является уклон дороги. Значимость данных факторов объясняется увеличением сопротивлений движителя при снижении качества дорожного покрытия и (или) увеличения уклона дороги.

Некоторые параметры связаны с расположением анализируемых маршрутов. Транспортные пути протягиваются от складских терминалов, которые находятся на берегах рек Ангара и Енисей, вглубь лесосырьевых баз. При этом при увеличении расстояния от терминалов увеличивается высота над уровнем моря (и, соответственно, атмосферное давление (X27)), широта (X4), а также ухудшается дорога (тип покрытия (X19), ее ширина (X20)), увеличивается время в пути (X9).

Распределение групп факторов представлено на рис. 3.

Анализируя диаграмму, изображенную на рис. 3, а, можно сказать, что наиболее значимой является группа факторов, характеризующая дорожное покрытие. По среднему значению коэффициента корреляции (рис. 3, б) можно утверждать, что в данной группе находятся самые значимые параметры.

По суммам коэффициентов корреляции (рис. 3, а) значимыми группами факторов также являются метеорологические данные и параметры лесовоза. Однако средние значения коэффициентов корреляции группы параметров лесовоза на предпоследнем месте, что говорит об их слабой значимости.

Полученные результаты согласуются с исследованиями других авторских коллективов.

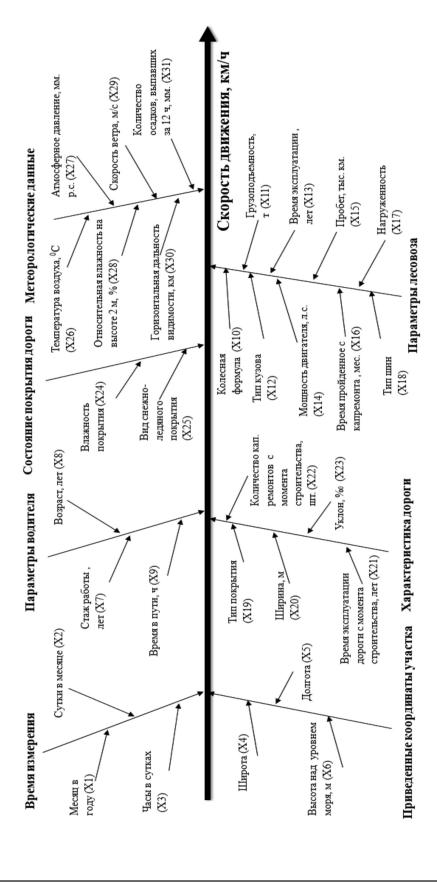


Рис. І. Причинно-следственная диаграмма (в скобках обозначение параметра)

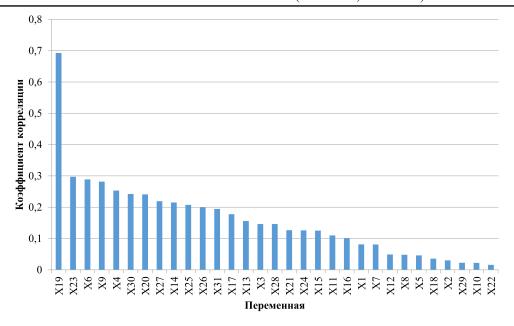


Рис. 2. Переменные, ранжированные по убыванию коэффициентов корреляции

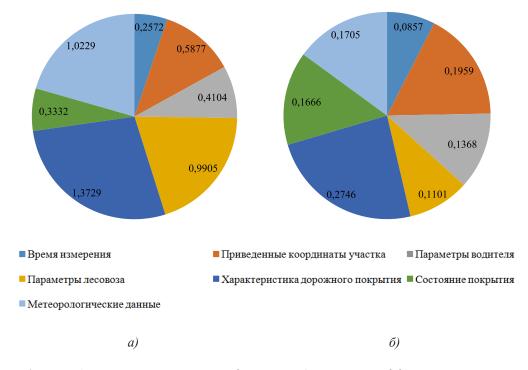


Рис. 3. Распределение значимости групп факторов: а) по сумме коэффициентов корреляции; б) по средним значениям коэффициентов корреляции

Заключение

Представленные материалы систематизируют накопленные к настоящему времени знания по исследуемым вопросам, а также предлагают ряд новых подходов к оценке скорости лесовозного транспорта

в зависимости от различных природно-производственных условий. Предложенная методика показала свою работоспособность при выявлении наиболее значимых факторов. Выявлены наиболее значимые группы факторов и отдельные параметры, влияющие на скорость лесовозного автотранспорта при вывозке древесины с лесосеки. Для дальнейших исследований, с целью снижения трудозатрат на сбор исходной информации и расчет, целесообразно многие анализируемые факторы объединить.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта: «Исследование и моделирование процессов развития экономики лесной промышленности региона в контексте природно-климатических условий и ресурсного потенциала», № 18-410-240003.

Список литературы / References

- 1. Grigorev I.V., Khitrov E.G., Kalistratov A.V., Stepanischeva M.V. Dependence of filtration coefficient of forest soils to its density. Proceedings of the 14th International Multi-disciplinary Scientific Geoconferences, Vol. 2 «Water Resources. Marine and Ocean Ecosystems», 16–26 June 2014, Albena, Bulgaria, P. 339–344.
- 2. Mokhirev A., Ryabova T., Pozdnyakova M. Comprehensive evaluation of technological measures for increasing availability of wood resources. Journal of Applied Engineering Science. 2018. № 16 (4). P. 565–569. DOI: 10.5937/jaes16-18842.
- 3. Козлов В.Г. Методы, модели и алгоритмы проектирования лесовозных автомобильных дорог с учетом влияния климата и погоды на условия движения: дис. ... докт. техн. наук. Архангельск, 2017. 406 с.

Kozlov V.G. Methods, models and algorithms for designing logging roads taking into account the Influence of climate and weather on traffic conditions: dis. ... dr. techn. sciences'. Arkhangelsk, 2017. 406 p.

- 4. Henningsson M., Karlsson J., Rönnqvist M. Optimization models for forest road upgrade planning. Journal of Mathematical Models and Algorithms. 2007. N 6 (1). P. 3–23.
- 5. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Дорохин С.В. Влияние условий движения на скоростные режимы транспортных потоков при вывозке древесины // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 153.

Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Skvortsova T.V., Dorohin S.V. Influence of traffic conditions on the speed modes of traffic flows during wood removal // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2014. № 4. P. 153 (in Russian).

6. Коваленко Т.В., Коточигов М.В. Использование климатической информации для организации транспортного освоения лесных массивов // Технология и оборудование лесопромышленного комплекса: сборник научных трудов. Выпуск 6. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. С. 104–108.

Kovalenko T.V., Kotochigov M.V. Use of climate information for the organization of transport development of woodlands // Tekhnologiya i oborudovanie lesopromyshlennogo kompleksa: sbornik nauchnyh trudov. Vypusk 6. SPb.: SPbGLTU, 2013. P. 104–108 (in Russian).

7. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Дорохин С.В. Влияние условий движения на скоростные режимы транспортных потоков при вывозке древесины // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 153.

Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Skvortsova T.V., Dorokhin S.V. Influence of traffic conditions on high-speed modes of transport flows during wood removal // Modern science-intensive technologies. 2014. No. 4. P. 153 (in Russian).

8. Мельник М.А., Волкова Е.С. Сезонная дифференциация опасных и неблагоприятных природных явлений для сферы лесопользования Томской области // Вестник СГУГиТ. 2019. Т. 24. № 2. С. 229–237. DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-2-229-237.

Mel'nik M.A., Volkova E.S. Seasonal differentiation of dangerous and adverse natural phenomena for the sphere of forest management in the Tomsk region // Vestnik SGUGiT. 2019. № 24. P. 229–237 (in Russian).

9. Морозов Е.В., Шегельман И.Р. О применении вероятностного моделирования для анализа некоторых технологических процессов лесозаготовок // Глобальный научный потенциал. 2011. № 9. С. 67–71.

Morozov E.V., Shegelman I.R. On the application of probabilistic modeling for the analysis of some technological forest harvesting processes // Global'nyy nauchnyy potentsial. 2011. N_2 9. P. 67–71 (in Russian).

10. Демаков Д.В. Анализ исследований в области моделирования технологических процессов лесозаготовок // Перспективы науки. 2012. № 9 (36). С. 98–100.

Demakov D.V. Analysis of research in the sphere of modeling of technological processes of forest harvesting // Perspektivy nauki. 2012. № 9 (36). P. 98–100 (in Russian).

11. Мазуркин П.М. Экономико-статистическое моделирование: учеб. пос. с грифом УМО РАЕ. Йошкар-Ола: Поволжский ГТУ, 2016. 276 с.

Mazurkin P.M. Economic and statistical modeling: textbook with a stamp UMO RAE. Yoshkar-Ola: Povolzhskiy GTU, 2016. 276 p. (in Russian).

12. Мазуркин П.М., Сафин Р.Г., Просвирников Д.Б. Статистическое моделирование процессов деревообработки: учебное пособие с грифом УМО МГУЛ. Казань: КНИТУ, 2014. 290 с.

Mazurkin P.M., Safin R.G., Prosvirnikov D.B. Statistical modeling of woodworking processes: textbook with a signature stamp UMO MSFU. Kazan: KNITU, 2014. 290 p. (in Russian).

13. Мазуркин П.М. Биотехнический закон и виды факторных связей // Успехи современного естествознания. 2009. № 9. С. 152–156.

Mazurkin P.M. Biotechnical law and types of factor relations // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2009. No. 9. P. 152–156 (in Russian).

УДК 631.559

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КОМПОНЕНТОВ ТРАВОСТОЯ МОДЕЛЕЙ ЛУГОВЫХ СТЕПЕЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Пещанская Е.В.

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Ставрополь, e-mail: ekaterina108@mail.ru

Более 60 лет в Ставропольском ботаническом саду ведутся исследования по изучению состояния моделей луговых степей, воссозданных методом посадки дёрна. Решение о создании моделей было обусловлено необходимостью сохранения уникальных природных луговых степей Ставропольской возвышенности. Основная идея методики – восстановление степей методом посадки дёрна, взятого из природных ценозов: гора Бучинка, гора Стрижамент, урочище Новомарьевская поляна. В целях изучения состояния моделей ценозов («Бучинка», «Стрижамент», «Новомарьевская поляна») регулярно проводятся исследования моделей в сравнении с природными луговыми степями, с которых был взят дёрн. Получение сравнительных данных в отношении высоты травостоя, его урожайности, содержание хозяйственно-ботанических групп - одни из важнейших компонентов исследования. Исследования проводятся в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края, в Ставропольском ботаническом саду и окрестностях г. Ставрополя. Средняя высота травостоя на восстановленных участках колеблется в пределах от 45 до 47 см, максимальная – от 115 до 135 см. На природных участках те же показатели находятся в пределах от 43 до 45 см и от 85 до 95 см. Урожайность модельных формаций находится в пределах 2,8-3,8 т/га и отличается от показателей эталонов, составляющих 2,3-5,0 т/га. В целом урожайность эталонов выше, чем восстановленных формаций, на 1,0-1,2 т/га, за исключением участков «Бучинка», где урожайность эталона ниже на 0,5 т/га. Максимальный процент содержания ботанических групп в травостое во всех случаях приходится на злаковые и разнотравье, процент содержания которых находится в пределах от 19,5 до 60,7% и от 18,3 до 33,3% соответственно. Разница высоты и урожайности травостоя обусловлена особенностями почвенно-климатических, экологических условий и видового разнообразия ценозов. Соотношение хозяйственно-биологических групп позволяет охарактеризовать все участки как злаково-разнотравные.

Ключевые слова: модели, луговые степи, восстановленные ценозы, посадка дёрном, хозяйственно-ботанические группы, урожайность

COMPARATIVE STUDY OF YIELD AND COMPONENTS OF GRASS STAND OF MODELS OF MEADOW STEPPES OF THE STAVROPOL BOTANICAL GARDEN Peshchanskaya E.V.

Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasus Federal Scientific Agricultural Center», Stavropol, e-mail: ekaterina108@mail.ru

For more than 60 years, studies have been conducted in the Stavropol Botanical Garden to study the state of models of meadow steppes recreated by the method of planting turf. The decision to create models was due to the need to preserve the unique natural meadow steppes of the Stavropol Upland. The main idea of the methodology is the restoration of the steppes by the method of planting turf, taken from natural cenoses - Mount Buchinka, Mount Strizhament, tract Novomaryevskaya Polyana. For the study the state of cenosis models (Buchinka, Strizhament, Novomaryevskaya Polyana), this steppes are regularly studied in comparison with the natural meadow steppes from which the turf was taken. Obtaining comparative data on the height of the grass stand, its yield, and the maintenance of fodder-botanical groups are some of the most important components of the study. Studies are conducted in the zone of unstable moisture in the Stavropol Upland, in the Stavropol Botanical Garden and the environs of the city of Stavropol. The average height of the grass stand in the restored areas ranges from 45 to 47 cm, the maximum from 115 to 135 cm. In the reference areas, the same indicators range from 43 to 45 cm and from 85 to 95 cm. The productivity of the model formations is in the range of 2.8 – 3.8 t/ha and differ from the nature, which is 2.3 – 5.0 t/ha. In general, the productivity of the natural cenoses is higher than the model formations by 1.0 - 1.2 t/ha, with the exception of areas «Buchinka», where the productivity of the standard is lower by 0.5 t/ha. The maximum percentage of the content of botanical groups in the grass stand in all cases falls on cereals and mixed herbs, the percentage of which is in the range from 19.5 to 60.7% and from 18.3 to 33.3%, respectively. The difference in height and productivity of the grass stand is due to the peculiarities of soil-climatic, environmental conditions and the species diversity of cenoses. The ratio of fodder-botanical groups in the grass stand allows us to characterize all areas as motley grass-grasses steppes.

Keywords: models, meadow steppes, restored cenoses, turf planting, fodder-botanical groups, productivity

В Ставропольском ботаническом саду более 60 лет ведутся исследования по изучению состояния моделей луговых степей, воссозданных методом посадки дёрна. Решение о создании моделей было об-

условлено необходимостью сохранения уникальных природных луговых степей Ставропольской возвышенности. Основная идея методики — восстановление степей методом посадки дёрна, взятого из природных

ценозов: г. Бучинка, г. Стрижамент, урочище Новомарьевская поляна [1–3]. Указанный метод заключался в выборе эталонного участка степей Ставропольской возвышенности, его мониторинге, подборе мест для снятия дерна. В период с 1963 по 1984 г. на площади около 2 гектаров были созданы модели луговых степей [1; 4]. В процессе исследований были разработаны отдельные теоретические и практические вопросы, в частности урожайность искусственных и естественных видов ценозов [5–7]. На основе этого опыта был создан метод восстановления степи поликомпонентной смесью семян [6–8].

Цель и задачи исследований: провести сравнительное изучение урожайности и компонентов травостоя восстановленных и эталонных лугово-степных ценозов.

Практическая значимость: восстановление целины, пастбищ и сенокосов, рекультивация земель, подвергшихся распашке, чрезмерному выпасу скота, эрозиям разного типа, нарушениям травянистого покрова вследствие промышленного и гражданского строительства, в местах экологических катастроф. Также рекультивация луговостепных формаций методом посадки дерна может быть рекомендована в качестве способа сохранения редких и исчезающих видов, создания экспозиционных участков для школ и вузов и др.

Материалы и методы исследования

Исследования проводятся в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Безморозный период 180-190 дней, среднегодовое количество осадков – 630 мм, из них в тёплый период выпадает около 70%, более 35% от общего количества приходятся на май – июль. Максимум приходится на июнь (192 мм), а минимум – на февраль (28 мм). Летом дожди имеют ливневый характер, сопровождаются грозами, иногда градом [9]. Объект исследований – восстановленные луговые степи Ставропольского ботанического сада (640 м н.у.м.) – «Бучинка», «Стрижамент», «Новомарьевская поляна» (модельные участки), и луговые степи в природе - целинные природоохранные территории окрестностей г. Ставрополя г. Бучинка (587,7 м н.у.м.), г. Стрижамент (831 м н.у.м.), урочище Новомарьевская поляна (550 м н.у.м.) [4]. Почвы представлены слабо выщелоченными деградированными чернозёмами. Глубина гумусового горизонта – 31–45 см. На территории г. Ставрополя и его окрестностей, в местах проведения исследований, расположен верхний холоднородниковский горизонт Ставропольской свиты, который сложен известняками, ракушечниками, песчаниками и песками [10]. В Ставропольском ботаническом саду под территориями, занимаемыми восстановленными луговыми степями, ракушечник встречается на глубине 35–80 см, в природе, в местах проведения исследований, ракушечник расположен на глубине 10–30 см, часто с выходом на поверхность [4].

В основе методики проводимых исследований использованы «Методические указания по восстановлению и изучению травянистых сообществ» [5]. На природных и экспериментально-экспозиционных участках, воссозданных методом посадки дёрна, исследования ведутся стационарным, экспедиционным и лабораторным методами. Период проведения работ — 2016—2019 гг. Во время их проведения на каждом участке изучается:

- 1) высота травостоя (измеряется в верхнем и среднем ярусах);
- 2) учет урожайности (проводится на пробных площадках 0,5 м² в шестикратной повторности в период цветения максимального количества доминантов травостоя на природных и модельных участках учитывается зелёная (методом взвешивания сразу после скашивания) и воздушно-сухая масса пробного снопа);
- 3) процент содержания хозяйственноботанических групп в травостое (определяется посредством разбора учетных снопов);
- 4) геоботанические обследования указанных территорий [4].

Общая площадь модельных участков — 2,0 га. Используемая техника: экспедиционный транспорт; ручной инвентарь: овечьи ножницы, рамка $0,5 \times 0,5$ м², линейка 1,5 м, линейка 0,3 м, весы.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования проводились на трех созданных экспериментальных моделях луговых степей («Бучинка», «Вишневая поляна», «Стрижамент») и трех природных (урочище г. Бучинка, г. Стрижамент, урочище Новомарьевская поляна). Высота травостоя (рис. 1) верхнего и среднего яруса на модельных участках выше, чем на природных участках. Средняя высота на модельных участках 45–47 см, максимальная 115–135 см. На природных участках эти показатели составляют 43–45 см и 85–95 см (соответственно).

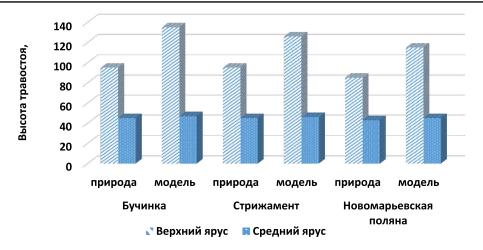


Рис. 1. Высота травостоя луговых степей (см)

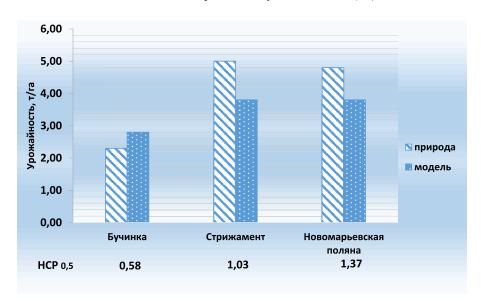


Рис. 2. Урожайность травостоя луговых степей, воздушно-сухая масса (т/га)

Урожайность воздушно-сухой массы травостоя (рис. 2, 3) моделей степей находится в пределах от 2,8 т/га (Бучинка) до 3,8 т/га (Стрижамент, Новомарьевская поляна) и отличается от показателей степей в природе - 2,3-5,0 т/га (Бучинка, Стрижамент соответственно). При этом урожайность модельных участков относительно выровненная, с разницей 1,0 т/га, в то время как в природе разница варьирует от 0,2 до 2,7 т/га. В целом эти показатели в природе выше, чем моделей степей, на 1,0-1,2 т/га (Стрижамент, Новомарьевская поляна соответственно), за исключением участков «Бучинка», где урожайность природных участков ниже на 0,5 т/га. Разница максимальных высот и урожайности обусловлена особенностями почвенно-климатических, экологических условий и флористического разнообразия ценозов.



Рис. 3. Учет урожайности

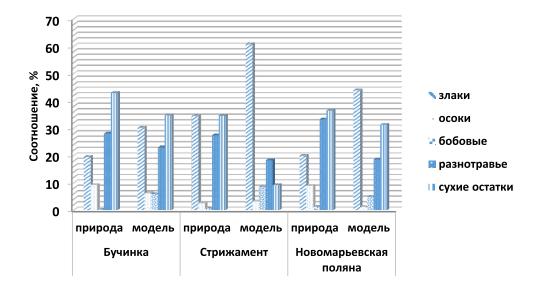


Рис. 4. Хозяйственно-ботаническая составляющая урожая травостоя луговых степей (%)

Процентное соотношение массы ботанических групп к средней массе пробы приводится на рис. 4. Наиболее высокий процент содержания в пробе во всех случаях приходится на злаковые и разнотравье -19,5-60,7% и 18,3-33,3% (соответственно). Максимальный показатель в пробе среди всех ценозов приходится на злаковые 60,7% (Стрижамент, модель луговой степи), минимальный – на осоки (1,2%, Новомарьевская поляна, модель луговой степи) и бобовые (0,3%, Бучинка, эталон). Достаточно высокий процент содержания в пробах сухих остатков – от 9,2% (Стрижамент, модель луговой степи) до 42,6% (Бучинка, природа) и разнотравья - 18,3% (Стрижамент, модель луговой степи) – 28,0% (Бучинка, природа).

Процент содержания осок на обследованных участках составляет 1,2-9,2% (Новомарьевская поляна, модель луговой степи, Бучинка, природа). При сравнении показателей природных участков с восстановленными участками отмечено отличие моделей ценозов - большее количество бобовых, количество которых находится в переделах от 4,9 до 8,6% (Новомарьевская поляна, Стрижамент соответственно). На природных участках показатели бобовых ниже и составляют от пробы 0,3-1,3% (Бучинка, Новомарьевская поляна соответственно). Содержание осок в большинстве случаев на искусственно созданных участках ниже, чем в природе, на 3,0-7,8% (Бучинка, Новомарьевская поляна соответственно), за исключением участка Стрижамент, где доля осок выше на 0,6%, чем в природе. Несмотря на достаточно высокий процент злаков во всех пробах, минимальный показатель приходится на природные формации – 19,5% (Бучинка), 20,0% (Новомарьевская поляна). Содержание злаков во всех пробах, кроме указанных, несколько выше, чем разнотравья (от 7,2% – Бучинка, Стрижамент – модели луговой степи, до 42,4%, – Стрижамент эталон), что позволяет охарактеризовать все участки как злаково-разнотравные.

При проведении геоботанических обследований указанных территорий получены следующие данные (таблица): минимальное количество видов среди всех обследованных формаций — в природе — г. Стрижамент — 46, максимальное — на модельном участке Бучинка — 101 вид.

Видовая насыщенность большинства природных участков выше, чем модельных: на Новомарьевской поляне разница составляет 24 вида, на Бучинке — 36 видов. На модели степи Стрижамент количество видов на 52 превышает природные формации. Коэффициент общности видов (по Жаккару) обследованных участков находится в пределах от 23,6 до 46,9%, минимальный — на участке Стрижамент. Несмотря на то что модельным участкам около 60 лет, максимально сохранились целинные виды на Новомарьевской поляне (47 видов), г. Бучинка (53 вида).

Количество видов	Наименование обследованного участка							
на 100 м ²	г. Бучинка		г. Стрижамент		Новомарьевская пол.			
	природа	модель	природа	модель	природа	модель		
Разнотравье	70	41	31	67	65	43		
Злаки	16	11	8	16	14	13		
Бобовые	13	11	6	13	7	6		
Осоки	2	2	1	2	2	2		
Всего видов на 100 м2	101	65	46	98	88	64		
Коэффициент общности (по Жаккару)	46.9		23.6		44.7			

Флористическая характеристика изучаемых территорий луговой степи

Заключение

В результате исследований, проведенных согласно указанной методике, на восстановленных моделях луговых степей Ставропольского ботанического сада в сравнении с целинными природоохранными объектами установлено, что высота травостоя как верхнего, так и среднего яруса на моделях луговой степи выше, чем в природе. При этом средняя высота на модельных участках колеблется в пределах от 45 до 47 см, максимальная — от 115 до 135 см. На природных участках эти показатели составляют 43 до 45 см и от 85 до 95 см.

Урожайность моделей луговой степи находится в пределах 2,8–3,8 т/га и отличается от показателей участков в природе, составляющих 2,3–5,0 т/га (Бучинка, Стрижамент соответственно). В целом урожайность луговых природных степей выше, чем модельных участков, на 1,0–1,2 т/га (Стрижамент, Новомарьевская поляна соответственно), за исключением объекта «Бучинка», где урожайность участка в природе ниже на 0,5 т/га.

Соотношение в травостое ботанических групп выражено следующим образом: максимальный процент содержания в пробе во всех случаях приходится на злаковые и разнотравье — от 19,5 до 60,7% и от 18,3 до 33,3% соответственно. На модельной луговой степи большее количество бобовых — от 4,9 до 8,6%, на природных участках показатели бобовых ниже — 0,3—1,3%. Доля осок на обследованных участках составляет 1,2—9,2%. При этом на моделях луговой степи этот показатель ниже, чем в природе, на 3,0—7,8%, за исключением участка Стрижамент, где содержание осок выше на 0,6%, чем в природе.

При проведении геоботанических обследований указанных территорий установлено, что минимальное количество видов среди всех обследованных формаций – в природе – г. Стрижамент – 46, максимальное - на модельном участке Бучинка - 101 вид. Видовая насыщенность большинства природных участков выше, чем модельных: на Новомарьевской поляне разница составляет 24 вида, на Бучинке – 36 видов. На модели степи Стрижамент количество видов на 52 превышает природные формации. Коэффициент общности видов (по Жаккару) обследованных участков находится в пределах от 23,6 до 46,9 %, минимальный - на участке Стрижамент. Несмотря на то что модельным участкам около 60 лет, максимально сохранились целинные виды на Новомарьевской поляне (47 видов), г. Бучинка (53 вида).

Установлено, что разница высоты и урожайности травостоя обусловлена особенностями почвенно-климатических, экологических условий и флористического разнообразия ценозов. Соотношение хозяйственно-биологических групп в травостое, а также данные геоботанических обследований позволяют охарактеризовать все участки как злаково-разнотравные.

Список литературы / References

1. Скрипчинский В.В., Танфильев В.Г., Дударь Ю.А., Пешкова Л.И. Искусственное восстановление первичных типов растительности как основной части природных биоценозов // Ботанический журнал. 1971. Т. 56. № 12. С. 1–12.

Skripchinsky V.V., Tanfilev V.G., Dudar Yu.A., Peshkova L.I. Artificial restoration of primary vegetation types as the main part of natural biocenoses // Botanicheskiy jurnal. 1971. Vol. 56. No. 12. P. 1–12. (in Russian).

2. Скрипчинский В.В. К постановке вопроса об интродукции растительных сообществ // Тр. СНИИСХ. 1977. Вып. 43. С. 70–77.

Skripchinsky V.V. To the setting of the question of introduction of plant communities // Tr. SNIISH, 1977. Iss. 43. P. 70–77 (in Russian).

3. Гречушкина-Сухорукова Л.А., Пещанская Е.В. Полвека опыту по восстановлению лугово-степных ценозов методом посадки дёрна в Ставропольском ботаническом саду// Теоретические и прикладные проблемы использования, сохранения и восстановления биологического разнообразия травяных экосистем: материалы международной научной конференции. Ставрополь: «АГРУС», 2010. С. 116–118.

Grechushkina-Sukhorukova L.A., Peshchanskaya E.V. Half a century of experience in the restoration of meadow-steppe cenoses by planting turf in the Stavropol Botanical Garden // Theoretical and applied problems of using, preserving and restoring the biological diversity of herbal ecosystems. Materials of the international scientific conference. Stavropol: «AGRUS», 2010. P. 116–118 (in Russian).

4. Пещанская Е.В., Кожевников В.И. К вопросу об урожайности восстановленных лугово-степных формаций // Кормопроизводство. М., 2019. № 11. С. 12–16.

Pecshanskaya E.V., Kozhevnikov V.I. On the issue of productivity of restored meadow-steppe formations // Kormoproisvodstvo. M., 2019. No. 11. P. 12–16 (in Russian).

5. Дударь Ю.А. Методические указания по восстановлению и изучению травянистых сообществ. Ставрополь, 1976. 58 с.

Dudar Yu.A. Methodological guidelines for restore and study of grasslands. Stavropol, 1976. 58 p. (in Russian).

6. Дзыбов Д.С. Агростепи. Ставрополь: «АГРУС», 2010. 256 с.

Dzybov D.S. Agrostepe. Stavropol: «AGRUS», 2010. 256 p. (in Russian).

7. Дзыбов Д.С., Шлыкова Т.Д. Динамика сложения и функционирования поликомпонентного кормового фитоценоза с агростепной основой // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 4. С. 31–34. Dzybov D.S., Shlykova T.D. The dynamics of the addition and functioning of a multicomponent forage phytocenosis with an agrostepe base // Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2014. No. 4. P. 31–34 (in Russian).

8. Лапенко Н.Г., Дудченко Л.В. Восстановление природной растительности с использованием ресурсосберегающей технологии создания травостоев сенокосно-паст-бищного использования в условиях Ставропольского края. Практические рекомендации. Ставрополь, 2019. 22 с.

Lapenko N.G., Dudchenko L.V. Restoration of natural vegetation using resource-saving technology for creating grass stands for hay-pasture use in the conditions of the Stavropol Territory. Practical recommendations. Stavropol, 2019. 22 p. (in Russian).

9. Подразделения Ставропольского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс]. URL: http://stavpogoda.ru/strukt.shtml (дата обращения: 07.11.2020).

Subdivisions of the Stavropol Center for Hydrometeorology and environmental monitoring. [Electronic resource]. URL: http://stavpogoda.ru/strukt.shtml (address date: 07.11.2020) (in Russian).

10. Шальнев В.А., Олейникова Д.В. Ландшафты Северного Кавказа: учебное пособие. Ставрополь, 2010. 237 с.

Shalnev V.A., Oleinikova D.V. Landscapes of the North Caucasus: Study letter. Stavropol, 2010. 237 p. (in Russian).

СТАТЬИ

УДК 622.026.5:551.34

ОЦЕНКА ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ТРУДНОСТИ ЭКСКАВАЦИИ ВЗОРВАННОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Алькова Е.Л., Панишев С.В., Максимов М.С.

Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, Якутск, e-mail: nelealc12@rambler.ru, bsdpsv@mail.ru, mexes 07@mail.ru

В статье представлены результаты экспериментальных исследований прочностных свойств многолетнемерзлых пород применительно к оценке трудности выемки взорванного смерзающегося массива. Объективная оценка основных характеристик разрушенного массива позволяет корректно подобрать вскрышное оборудование и обосновать режим его работы. Мерзлые породы обладают значительной прочностью, подготовка их к выемке ведется с помощью буровзрывных работ. Выделяемое при взрыве тепло ведет к изменению свойств многолетнемерзлых пород. В полевых условиях очень сложно получить сдвиговые характеристики смерзающихся вскрышных пород в развале. Ограниченный выбор оборудования и методик для таких исследований подтолкнул авторов к изготовлению собственного лабораторного стенда и искусственно приготовленных образцов, которые имитируют структуру смерзающегося взорванного массива, а также разработке уникальной методики, которая в данных условиях позволяет получать достоверные показатели прочности на срез. Именно прочность на срез является основной характеристикой для расчета относительного показателя трудности экскавации, предложенного академиком Ржевским В.В. Выявлены основные факторы, влияющие на повторное смерзание уже разрушенного массива. Дана оценка полученных зависимостей основных механических и прочностных характеристик взорванного массива при различных варьируемых параметрах гранулометрического состава, температуры и влажности. На основе этих данных произведен расчет показателя трудности экскавации. Установлено, что смерзшаяся взорванная горная масса обладает как свойствами нарушенной среды, так и свойствами однородного массива. Поэтому расчет показателя трудности экскавации по формуле для разрушенного массива применительно к взорванным многолетнемерзлым породам не корректен, что приводит к занижению данного показателя и, как следствие, неверному выбору выемочного оборудования.

Ключевые слова: смерзание, трудность экскавации, вскрышные породы, прочность на срез (сдвиг)

ESTIMATION OF THE RELATIVE INDICATOR OF EXCAVATION OF THE EXCAVATED MASSIVE UNDER CRYOLITHOZONE

Alkova E.L., Panishev S.V., Maksimov M.S.

Mining Institute of the North named N.V. Cherskiy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: nelealc12@rambler.ru, bsdpsv@mail.ru, mexes 07@mail.ru

The article presents the results of experimental studies of the strength properties of permafrost in relation to the assessment of the difficulty of excavating a blasted freezing rock mass. An objective assessment of the main characteristics of the destroyed massif allows you to correctly select the overburden equipment and justify its operating mode. Frozen rocks have significant strength, their preparation for excavation is carried out using drilling and blasting operations. The heat released during the explosion leads to a change in the properties of permafrost. In the field, it is very difficult to obtain the shear characteristics of freezing overburden in the breakup. The limited choice of equipment and methods for such studies prompted the authors to manufacture their own laboratory bench and artificially prepared samples that simulate the structure of a frozen blasted rock mass, as well as to develop a unique technique that, under these conditions, allows obtaining reliable indicators of shear strength. It is the shear strength that is the main characteristic for calculating the relative indicator of excavation difficulty proposed by Academician V.V. Rzhevsky. The main factors influencing the repeated freezing of an already destroyed massif are revealed. An assessment of the obtained dependences of the main mechanical and strength characteristics of the blasted rock mass is given for various varied parameters of grain composition, temperature and humidity. Based on these data, the excavation difficulty index was calculated. It has been established that the frozen blasted rock mass has both the properties of a disturbed environment and the properties of a homogeneous massif. Therefore, the calculation of the excavation difficulty indicator according to the formula for the destroyed massif applied to the blasted permafrost rocks is not correct, which leads to an underestimation of this indicator and, as a consequence, the wrong choice of excavation equipment.

Keywords: freezing, excavation difficulty, overburden, shear strength (shear)

Горнодобывающая промышленность является одной из ведущих отраслей России, и наибольший вклад в общий объём добычи полезных ископаемых вносит Дальний Восток, и в частности Якутия. Якутия — район освоения месторождений в суровом

климате, где горные работы ведутся при низких температурах. Ввиду значительной прочности мерзлых пород, больших объемов горных работ подготовка их к выемке на многих предприятиях республики ведется буровзрывным способом. Но и это

не упрощает добычу полезного ископаемого в таких условиях, так как после буровзрывной подготовки происходит смерзание горной массы уже в развале, что значительно усложняет процесс экскавации вплоть до ее невозможности по силовым характеристикам оборудования.

Выбор выемочного оборудования основывается на прочностных характеристиках подготовленного буровзрывным способом массива. Для эффективной работы экскаваторов, в условиях смерзания породы после проведенных буровзрывных работ, выбор типа и модели выемочного оборудования необходимо осуществлять с учетом всех особенностей смерзшегося взорванного массива.

Проблемами ведения горных работ в условиях многолетнемерзлых грунтов занимаются ученые разных стран. Исследуются прочностные характеристики пород для определения устойчивости бортов карьеров и отвалов [1; 2], для усовершенствования рабочего органа выемочного оборудования [3-5], а также ведутся исследования прочностных характеристик грунтов в области строительства [6–8]. В ИГДС им. Н.В. Черского СО РАН в лаборатории «Открытые горные работы» много лет изучается проблема смерзания горной массы после взрыва, так как эта проблема актуальна при разработке многолетнемерзлых пород. Для изучения прочности смерзшихся пород на срез в лабораторных условиях был сконструирован стенд, представленный на рис. 1. Стенд позволяет выполнять исследования на образцах большого размера. Способ изготовления уникального образца, который имитирует структуру смерзающегося взорванного массива, защищен патентом 2629610 [9].

Данные, полученные в ходе испытаний на сконструированном стенде, позволяют судить о прочности на срез исследуемых мерзлых пород, так как этот показатель один из основных показателей прочности пород.

Цель исследования: на основе выявленных свойств смерзшегося после буровзрывных работ массива оценить изменение трудности его экскавации.

Материалы и методы исследования

Для определения прочности на срез подготавливают образец, который имитирует структуру взорванного массива многолетнемерзлых пород. Образец помещают в срезную коробку, состоящую из неподвижной (1) и подвижной (2) частей (рис. 1). Диаметр срезной коробки составляет 350 мм, высота – 175 мм. С помощью регулировочного винта (3) через динамометр (4) создается вертикальная нагрузка на образец. Горизонтальная нагрузка создается домкратом (5) с помощью насоса (6). Регистрация давления в системе осуществляется в Барах по цифровому манометру МА 100 Ц (7), который подключен к измерительному комплексу «Мера» (8). Обработка полученных результатов производится программой DigitalMaster.

Прочностные характеристики пород изменяются в зависимости от глубины залегания, так как давление верхней толщи горной массы уменьшает наличие пор внутри развала, что приводит к его упрочнению. Особенностью многолетнемерзлых пород является наличие замерзшей воды и низкая температура, что также сказывается на прочность пород. Еще одна составляющая, которую необходимо учитывать при исследовании прочностных характеристик, это гранулометрический состав взорванной горной массы.

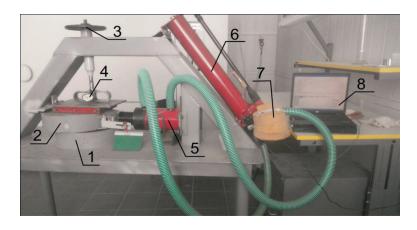


Рис. 1. Натурный стенд исследования образцов на срез

Поэтому для изготовления образцов и проведения исследований были выбраны следующие характеристики взорванной горной массы, применительно к условиям эксплуатации Кангаласского буроугольного месторождения (табл. 1).

Таблица 1 Основные характеристики изготовляемых образцов

	TT	2
	Наименование	Значения
	характеристики	
1.	To strongting or onconsulting (t)	-5
	Температура смерзания (t),	-10
	град.	-15
2.		5
	Влажность (w),%	10
		15
3.		10
	Fray agaran (dan) and	20
	Гран состав (dcp.), мм	40
		50
4.	H	Без уплотнения
	Нагрузка на образец при формировании (P), МПа	1,6
	мировании (г), МПа	3,1

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенных лабораторных испытаний образцов, имитирующих разрушенный смерзающийся массив, показали изменение основных прочностных характеристик и физико-механических свойств пород, при различных влажностных и температурных состояниях взорванного массива. Выбранные для исследования характеристики основаны на многолетнем опыте и натурных исследованиях вскрышных по-

род непосредственно на Кангаласском буроугольном месторождении. Так, например, на глубине развала 10 м породы испытывают нагрузку верхней толщи разрушенных пород в 1,6 Мпа, с увеличением глубины до 20 м эта нагрузка составляет 3,1 МПа.

Чем мельче разрушена порода, тем однороднее будет развал на глубине. При исследовании образцов с включениями среднего размера 40 мм на срезе отчетливо видны замороженные «кубики» (рис. 2). При испытаниях образцов с меньшим размером включений, а также с увеличением давления на образец до 3,1 МПа характер среза уже иной, более похож на однородный.

Ранее опубликованные исследования [10; 11] демонстрировали взаимосвязь прочности образца с влажностью породы и температурой смерзания. Причем существеннее влияет на прочность смороженного образца влажность, следующей по значимости является температура замораживания породы в образце.

В данной статье представлены результаты исследований, выполненных на лабораторном стенде для образцов породы в диапазоне влажности от 10 до 15% и температуры -5 – -15 °C. Влажность породы в 5 % в данных исследованиях не рассматривалась, так как образцы не поддавались формированию даже при замораживании образца при температуре -15°C. Данный факт позволил определить критическую влажность вскрышных пород Кангаласского месторождения, выше которой начинается процесс смерзания разрушенной взрывом горной массы, и влажность, при которой повторного смерзания породы уже не происходит.

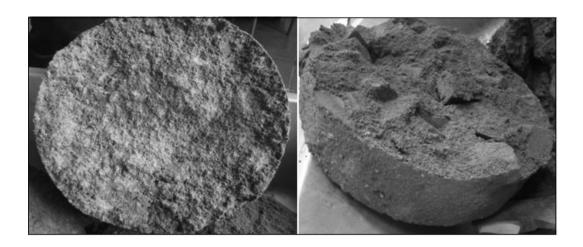


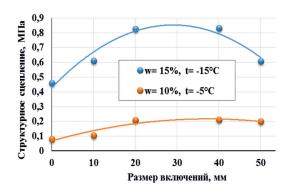
Рис. 2. Иллюстрация поверхности среза однородного образца и образца с включениями

По полученным данным, в ходе лабораторных испытаний были определены угол внутреннего трения пород и структурное сцепление. На рис. 3 представлены графики изменения угла внутреннего трения и структурного сцепления при различных значениях влажности породы в образце, температуры смерзания и размера включенных в образец смороженных кусков.

Установлено, что угол внутреннего трения снижается, а структурное сцепление

увеличивается в 2 раза (по сравнению с однородной структурой) при включении в образец наполнителя диаметром 20—40 мм. При включении в образец наполнителя размером 50 мм происходит снижение структурного сцепления в 1,3 раза, а угол внутреннего трения снижается в 1,15 раза при влажности породы 15% и температуре смерзания -15°С.

Прочность на срез при различных условиях проведения эксперимента представлена на рис. 4.



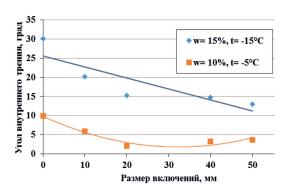
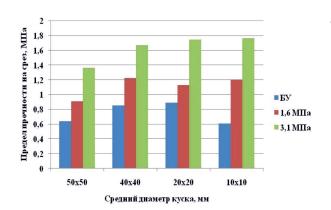
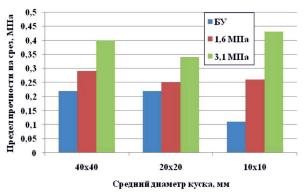


Рис. 3. Изменения физико-механических характеристик смерзающихся пород в зависимости от кусковатости взорванного массива



	БУ	1,6 МПа	3,1 МПа
50x50	0,64	0,91	1,36
40x40	0,85	1,22	1,67
20x20	0,89	1,13	1,74
10x10	0,61	1,2	1,76



	бу	1,6 МПа	3,1 МПа
40x40	0,22	0,29	0,4
20x20	0,22	0,25	0,34
10x10	0,11	0,26	0,43

Рис. 4. Изменение прочности образца при различном диаметре включений и уплотнении: а – при температуре смерзания -15 °C и влажности 15 %; б – при температуре смерзания -5 °C и влажности 10 %

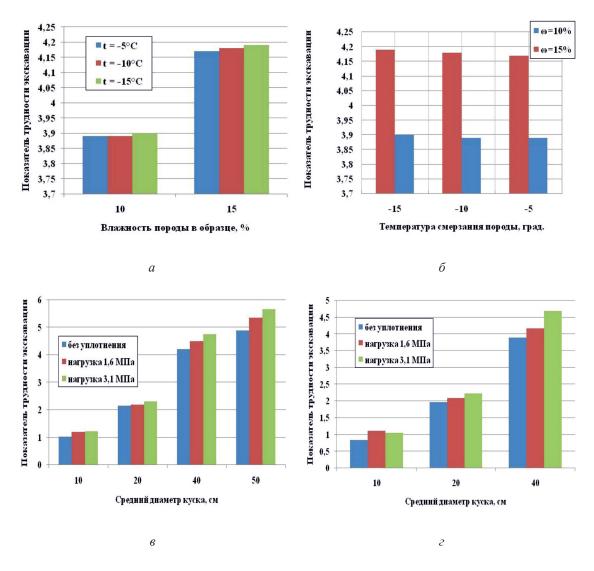
б

Для полученных значений предела прочности на срез на образцах нарушенной структуры был применен подход, предложенный академиком Ржевским В.В. [12], который позволил рассчитать показатель трудности экскавации с использованием формулы нарушенного массива. Показано, что основное влияние на показатель трудности экскавации смерзшейся взорванной горной массы оказывают влажность и гранулометрический состав (рис. 5).

Проведенные экспериментальные исследования позволили констатировать тот факт, что разрушенные породы, находящиеся в развале на глубине 20 метров, становятся по прочности сравнимы с породами

изначального, не разрушенного буровзрывными работами массива при различных состояниях. Так, например, прочность на срез разрушенных смерзающихся пород влажностью 15% и температурой -15°С составляет 1,67–1,76 МПа при различной кусковатости массива, что соответствует прочности пород не разрушенного массива при тех же показателях состояния породы на глубине 10 метров.

Полученные расчетным путем значения показателя трудности экскавации по формулам, предложенным академиком Ржевским В.В. для выемки из массива и для выемки разрушенных пород, представлены в табл. 2.



Puc. 5. Влияние различных состояний породы на трудность выемки взорванного массива: а — при различной влажности; б — при изменении температуры породы; в — при изменениях диаметра куска, удельной нагрузки при влажности 15% и температуре смерзания -15°C; г — среднего диаметра куска и удельной нагрузки при влажности 10% и температуре смерзания -5°C

Та	۲.				2
1 a	O.I	ш	П	a	Z

Значения показателя трудности выемки взорванного массива при различных его состояниях

W = 15%, $t = -15$ °C										
Наименование	Однородная структура	Нарушенна	ая структура	, нагрузка Р	=3,1 МПа					
	Р = 1,6 МПа	50 мм	40 мм	20 мм	10 мм					
Прочности на срез, МПа	1,65	1,36	1,67	1,74	1,76					
Показатель трудности экскавации	10,81	5,66 9,1*	$\frac{4,73}{10,99^*}$	$\frac{2,3}{11,4^*}$	$\frac{1,15}{11,5^*}$					
	W = 10%, t = -15	°С								
Прочности на срез, МПа	0,75		0,41	0,62	0,79					
Показатель трудности экскавации	5,18		$\frac{3,98}{3,03^*}$	$\frac{2,12}{4,4^*}$	$\frac{1,1}{5,5^*}$					

 Π р и м е ч а н и е : в числителе значения, рассчитанные по формуле выемки разрушенного массива, в знаменателе – по формуле выемки из однородного массива.

Выводы

Экспериментальными исследованиями искусственно созданных образцов было получено большое количество значений физико-механических и прочностных характеристик смерзающегося разрыхленного буровзрывными работами массива. Эти данные впоследствии послужат основой для разработки специальной методики оценки показателя трудности экскавации разрушенного массива в условиях криолитозоны. Необходимость в разработке методики продиктована тем, что расчетные значения данного показателя, определенные по методике академика Ржевского В.В., не отражают достоверно состояние такой среды. Поэтому, только учитывая все различные изменения физико-механического состояния многолетнемерзлых пород в развале, можно корректно определить показатель трудности экскавации и, как следствие, верно выбрать выемочное оборудование и обосновать режим его работы.

Список литературы / References

1. Цирель С.В., Гапонов Ю.С., Павлович А.А. Гранулометрический состав, сдвиговая прочность разрушенных горных пород и их влияние на устойчивость отвалов // Горных информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельная статья (специальный выпуск). М.: Издательство «Горная книга», 2013. № 12. 12 с.

Tsirel S.V., Gaponov Yu.S., Pavlovich A.A. Granulometric composition, shear strength of destroyed rocks and their influence on the stability of dumps // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal). Otdel'naya stat'ya (spetsial'nyy vypusk). M.: Izdatel'stvo «Gornaya kniga», 2013. No. 12. 12 p. (in Russian).

2. Гапонов Ю.С. Геомеханическое обоснование устойчивости породных отвалов с учетом влияния характеристик

разрушенной горной массы: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Санкт-Петербург, 2015. 20 с.

Gaponov Yu.S. Geomechanical substantiation of the stability of rock dumps taking into account the influence of the characteristics of destroyed rock mass: avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk. Sankt-Peterburg, 2015. 20 p. (in Russian).

3. Недорезов И.А. Прогнозирование трудности разработки грунтов землеройными машинами // Строительные и дорожные машины. 2008. № 2. С. 43–44.

Nedorezov I.A. Prediction of the difficulty of soil development by earth-moving machines // Stroitel'nyye i dorozhnyye mashiny. 2008. No. 2. P. 43–44 (in Russian).

4. Васильев С.И., Ереско С.П. Исследование прочностных характеристик сезонно-мерзлых грунтов Сибири и Севера // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 1 (5). С. 93–99.

Vasiliev S.I., Eresko S.P. Research of strength characteristics of seasonally frozen soils of Siberia and the North // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2010. No. 1 (5). P. 93–99 (in Russian).

5. Шемякин С.А., Иванченко С.Н., мамаев Ю.А. Ведение открытых горных работ на основе совершенствования выемки пород. М.: Издательство «Горная книга», 2008. 315 с.

Shemyakin S.A., Ivanchenko S.N., Mamaev Yu.A. Conducting open pit mining based on the improvement of rock excavation. M.: Izdatel'stvo «Gornaya kniga», 2008. 315 p. (in Russian).

- 6. Liu J., Lv P., Cui Y., Liu J. Experimental study on direct shear behavior of frozen soil-concrete interface, Cold Regions Sci. and Tech. 2014. Vol. 104–105. P. 1–6.
- 7. Lu P. and Liu J. An experimental study on direct shear tests of frozen soil-concrete interface TiedaoXuebao, J. of the China Railway Society. 2015. Vol. 37 (2). P. 106–110.
- 8. Anvari S.M., Shooshpasha I., Kutanaei S.S. Effect of granulated rubber on shear strength of fine-grained sand. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2017. Vol. 9 (5). P. 936–944.
- 9. Панишев С.В., Ермаков С.А., Алькова Е.Л., Максимов М.С., Козлов Д.С. Способ изготовления смерзшихся образцов, структурно сопоставимых с взорванным массивом горных пород // Патент на изобретение RU 2629610 C, 30.08.2017. Заявка № 2016121595 от 31.05.2016.

Panishev S.V., Ermakov S.A., Alkova E.L., Maksimov M.S., Kozlov D.S. A method of manufacturing frozen samples, structurally comparable to the blasted rock mass // Patent na izobreteniye RU 2629610 C, 30.08.2017. Zayavka № 2016121595 ot 31.05.2016. (in Russian).

10. Панишев С.В., Алькова Е.Л., Максимов М.С. К оценке показателя трудности экскавации смерзающегося взорванного массива горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2019. № 3. С. 31–36.

Panishev S.V., Al'kova E.L., Maksimov M.S. Assessment of excavatability index in freezable blasted rock mass // Fizikotekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh. 2019. Vol. 55. No. 3. P. 371–375.

11. Панишев С.В., Максимов М.С., Алькова Е.Л. Исследование прочностных характеристик мерзлых образцов

однородной и нарушенной структуры // Успехи современного естествознания. 2018. N 11 (2). С. 383–388.

Panishev S.V., Maksimov M.S., Alkova E.L. Investigation of the strength characteristics of frozen samples of homogeneous and disturbed structure // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2018. No. 11 (2). P. 383–388 (in Russian).

12. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ. М.: Недра, 1978. 541 с.

Rzhevsky V.V. Processes of open mining. M.: Nedra, 1978. $541 \, \mathrm{p}$. (in Russian).

УДК 911.3:314.8(470)

СОВРЕМЕННАЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ

Аракчеева О.В., Кривдина И.Ю.

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

В статье раскрываются актуальные вопросы демографической ситуации в России, волнующие не только отечественных ученых, определено одно из приоритетных направлений государственной политики, обусловившее реализацию национального проекта «Демография». По прогнозам отечественных и зарубежных ученых, у России в ближайшие десятилетия есть несколько вариантов развития демографической ситуации. Один из неблагоприятных вариантов прогноза, к которому склоняется большинство ученых, предполагает сокращение численности населения и выход России из десятки крупнейших стран мира по численности населения. Эта проблема требует детального мониторинга, анализа демографической ситуации как в целом по России, так и в региональном аспекте. Волнообразный характер динамики численности населения обусловлен активными миграционными процессами в различные исторические периоды развития страны и снижением рождаемости и естественного прироста населения в последние десятилетия. Анализ статистических данных показал, что в России снижение общей численности населения идет за счет ее уменьшения в Приволжском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Такая ситуация вызвана как естественной убылью населения, так и его миграционным оттоком. Рост численности в остальных регионах страны в Центральном, Северо-Западном, Южном и Уральском федеральных округах – обусловлен, главным образом, положительным миграционным приростом населения на фоне естественной убыли. И только для Северо-Кавказского округа характерны положительные как естественный, так и миграционный приросты населения. В статье рассмотрены внутренние региональные различия в динамике численности населения по субъектам Федерации.

Ключевые слова: численность населения, демографическая ситуация, рождаемость, естественный прирост, миграционные процессы

CURRENT DEMOGRAPHIC SITUATION IN THE RUSSIAN FEDERATION: REGIONAL ASPECT

Arakcheeva O.V., Krivdina I.Yu.

Nizhny Novgorod state pedagogical University named after Kozma Minin, Nizhny Novgorod, e-mail: o.v.arakcheeva@rambler.ru

The article reveals the issues of the demographic situation in Russia that concern not only domestic scientists, but also identified one of the priority areas of state policy that led to the development of the national project «Demography». According to scientists 'forecasts, Russia has several options for developing the demographic situation in the coming decades. One of the unfavorable forecast options, to which most scientists are inclined, assumes a reduction in the population and Russia's exit from the top ten largest countries in the world. This problem requires detailed monitoring and analysis of the demographic situation in Russia as a whole, as well as in the regional aspect. The undulating nature of the country's population dynamics is due to active migration processes in various historical periods of the country's development and a decrease in the birth rate and natural population growth in recent decades. Analysis of statistical data showed that the decline in the total population of Russia is due to a decrease in the population in the Volga, Siberian and far Eastern Federal districts. This situation is caused by both natural population decline and migration outflow. The population growth in other regions of the country – in the Central, North-Western, southern and Ural Federal districts-is due to positive migration growth of the population, against the background of natural decline. And only for the North Caucasus region is characterized by positive both natural and migration population growth. The article considers internal regional differences in population dynamics.

Keywords: population, demographic situation, birth rate, natural growth, migration processes

На протяжении многих лет Россия входит в десятку крупнейших стран мира по численности населения. В настоящее время (на 1 января 2020 г.) численность населения составляет 146 748 590 человек, и РФ занимает девятое место в мире по данному показателю. По оценке многих отечественных и зарубежных ученых, Россия покинет десятку крупнейших стран мира в ближайшее время. Согласно прогнозу экспертов ООН, который был дан в начале 2000-х годов, при сохранении тех же

тенденций естественного воспроизводства и миграции численность населения России к 2050 г. сократится на 24 % – до 108 млн человек [1]. Иные варианты прогноза динамики численности населения России приводит Федеральная служба государственной статистики РФ, основанные на данных о возрастно-половом составе населения на начало 2018 г., а также с учетом годовых данных о числе родившихся, умерших и миграции населения за 2017 г. [2]. Самый пессимистичный вариант этого прогноза предпо-

лагает сокращение численности населения к 2050 г. до 128 448 тыс. человек, т.е более чем на 14,7 млн человек. Значительно меньше Россия потеряет к 2050 г. при среднем варианте прогноза – 4,98 млн человек, а численность населения составит 141 766 тыс. человек. Увеличение численности населения предполагает самый оптимистический вариант прогноза – до 163 401 тыс. человек, т.е. на 16,65 млн человек.

Тенденции изменения численности населения России, бесспорно, волнуют многих отечественных ученых. Для понимания современной демографической ситуации в стране необходим мониторинг и анализ демографических и миграционных процессов как в целом по России, так и в региональном аспекте.

Материалы и методы исследования

Наибольший прирост численности населения наблюдался в период с 1979 по 1989 г., когда родилось многочисленное поколение 80-х годов (рис. 2). 90-е годы XX века и начало XXI века характеризуются резким снижением численности населения, которое связано с уменьшением рождаемости. Снижение рождаемости было обусловлено. прежде всего, экономическими причинами и политической нестабильностью в стране. Даже масштабная миграция из бывших республик СССР после его распада не восполнила естественную убыль населения. Небольшое, но стабильное увеличение численности населения наметилось только с 2010 г. Именно в этот период в репродуктивный возраст вступило «многочисленное поколение» 80-х годов XX века. Кроме этого, положительный эффект начали давать государственные социальные программы, проводимые правительством Российской Федерации. Увеличение численности населения в 2014 г. связано с территориальными изменениями границ Российский Федерации. В этот год произошло присоединение Республики Крым, на территории которой проживало около 2,5 миллионов человек. С 2017 г. в Российской Федерации опять наметилось снижение численности населения, и за 2 года оно сократилось на 131 тыс. человек.

Анализируя данные табл. 1, можно сделать вывод о том, что снижение численности населения России идет за счет уменьшения численности населения в Приволжском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Данное сокращение вызвано как естественной убылью населения, так и его миграционным оттоком из соответствующих федеральных округов (табл. 2, 3). Стоит отметить, что в Центральном, Северо-Западном, Южном и Уральском федеральных округах наблюдается отрицательный естественный прирост, который восполняется положительным миграционным приростом. При этом в Уральском ФО естественный прирост был минимальным в 2018 г. и уже в 2019 г. сменился на естественную убыль. И только для Северо-Кавказского округа характерны положительные как естественный, так и миграционный приросты населения.

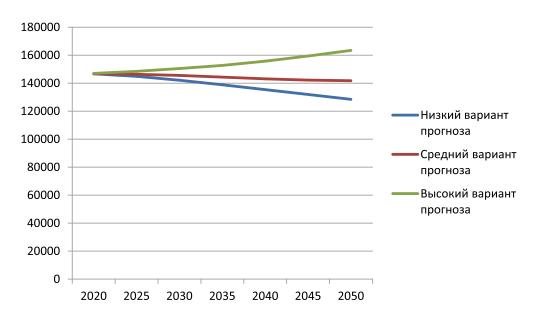


Рис. 1. Численность населения (по вариантам прогноза) на начало года (тысяч человек)

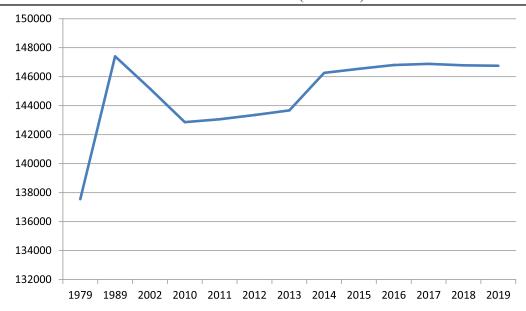


Рис. 2. Динамика численности населения Российской Федерации в период с 1979 по 2019 г., тысяч человек

Таблица 1 Изменение численности населения по федеральным округам Российской Федерации, тысяч человек [3; 4]

Федеральный округ	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Центральный	39311	39378	39434
Северо-Западный	13952	13972	13982
Южный	16442	16455	16466
Северо-Кавказский	9823	9867	9931
Приволжский	29543	29397	29288
Уральский	12356	12350	12361
Сибирский	17230	17173	17118
Дальневосточный	8223	8189	8169

Воспроизводство населения Российской Федерации, ‰ [3; 4]

Территория		2017 г.			2018 г.			2019 г.	
	Рождаемость	Смертность	Естественный прирост	Рождаемость	Смертность	Естественный прирост	Рождаемость	Смертность	Естественный прирост
Российская Федерация	11,5	12,4	-0,9	10,9	12,5	- 1,6	10,1	12,3	-2,2
Центральный федеральный округ	10,4	12,9	-2,5	9,9	12,9	-3,0	9,4	12,7	-3,3
Северо-Западный федеральный округ	11,1	12,8	-1,7	10,4	12,6	-2,2	9,6	12,4	-2,8
Южный федеральный округ	11,1	12,9	-1,8	10,5	12,8	-2,3	9,8	12,8	-3,0
Северо-Кавказский федеральный округ	15,0	7,5	7,5	14,4	7,5	6,9	13,5	7,3	6,2
Приволжский федеральный округ	11,1	13,1	-2,0	10,6	13,3	-2,7	9,6	12,9	-3,3
Уральский федеральный округ	12,6	11,7	0,9	11,9	11,9	0,01	11,0	11,7	-0,7
Сибирский федеральный округ	12,3	12,7	-0,4	11,4	13,0	-1,6	10,4	12,9	-2,5
Дальневосточный федеральный округ	12,1	12,1	-0,05	11,9	12,0	-0,1	11,1	12,2	-1,1

Таблица 3

Миграционный прирост населения Российской Федерации, на 10 000 человек населения [3]

Территория	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Российская Федерация	14	9	19
Центральный федеральный округ	51	47	47
Северо-Западный федеральный округ	55	36	36
Южный федеральный округ	27	30	38
Северо-Кавказский федеральный округ	-26	-26	2
Приволжский федеральный округ	-12	-22	-4
Уральский федеральный округ	0,3	-5	15
Сибирский федеральный округ	-11	-17	-7
Дальневосточный федеральный округ	-35	-40	-14

Также мы видим, что динамика показателей смертности во всех федеральных округах колеблется в небольших пределах (табл. 2). Данный факт свидетельствует об улучшении медицинского обслуживания населения, в том числе и ранней диагностики многих заболеваний, что позволяет своевременно начать лечение и достигнуть положительных результатов. Что касается показателей рождаемости, они имеют устойчивую тенденцию к снижению. Уменьшение количества рождений связано с вступлением в фертильный возраст малочисленного поколения 90-х годов прошлого века. Эти демографические волны хорошо прослеживаются на рис. 2.

Результаты исследования и их обсуждение

Несомненно, внутри каждого из федеральных округов есть свои различия. Численность населения Центрального федерального округа увеличивается за счет двух регионов: столичного - г. Москва, и Московской области. Для остальных субъектов округа свойственно сокращение численности вследствие естественной убыли населения. Стоит отметить, что для Московской области также характерен отрицательный естественный прирост, однако он компенсируется миграционным приростом. В Москве, напротив, наблюдаются положительные естественный и миграционный приросты. В столицу приезжают молодые люди на учебу или уже в поисках работы после получения образования, создают свои семьи, рожают детей, тем самым увеличивая численность населения региона [5].

Аналогичная картина наблюдается и в Северо-Западном федеральном округе, где выделяются город федерального значения Санкт-Петербург, Ленинградская и Ка-

лининградская области. В этих субъектах также происходит увеличение численности населения в отличие от других регионов округа. Во второй столице России, так же как и в первой, наблюдается и естественный, и миграционный прирост до 2018 г., а уже в 2019 г. естественная убыль достигла отрицательных значений (-0,04%). В Ленинградской и Калининградской областях именно миграции населения компенсируют демографическую убыль.

В Южном федеральном округе численность населения увеличивается в Республике Адыгея, Краснодарском крае и г. Севастополь. Однако для этих трех субъектов характерна естественная убыль населения, и численность увеличивается соответственно за счет миграционной составляющей. Стоит отметить, что в округе есть регион с естественным приростом населения — Республика Калмыкия. Однако местные жители уезжают из субъекта, и численность населения уменьшается.

Северо-Кавказском федеральном округе численность населения увеличивается в республиках Дагестан, Ингушетия, Чечня и Кабардино-Балкария. Во всех субъектах округа наблюдается естественный прирост населения. Исключение составляет только Ставропольский край, где в 2018 г. естественная убыль была равна 0,5 %. Кроме того, миграционный прирост населения наблюдается лишь в Республике Ингушетия, для всех других субъектов округа характерен миграционный отток. Высокая рождаемость - обычное явление для республик Северного Кавказа. Это объясняется традициями и обычаями народов, проживающих на этой территории. В Республике Чечня наблюдается наибольший естественный прирост в 2019 г. среди всех регионов Российской Федерации – 14,9 %.

В Приволжском федеральном округе численность населения увеличивается только в Республике Татарстан за счет естественной и миграционной составляющих. Однако естественный прирост населения здесь минимален. Если в 2018 г. данный показатель был равен 0,5 %, то уже в 2019 г. всего лишь 0,05 %. В центре округа – Нижнем Новгороде – происходит естественная убыль населения, характерная для всех регионов с современным типом воспроизводства населения [6]. Кроме того, в последние годы наметился миграционный отток, преимущественно в столичные регионы. Однако эта тенденция пока не устойчива и претерпевает некоторые колебания, так, в 2019 г. миграционный прирост в Нижегородскую область составил 7019 человек.

В Уральском федеральном округе численность населения увеличивается только в Тюменской области за счет естественного и миграционного приростов. Регион является привлекательным для мигрантов молодых возрастов, приезжающих работать в нефтяной и газовой отраслях.

В Сибирском федеральном округе численность населения увеличивается в Новосибирской области и республиках Алтай и Тыва. Нужно отметить, что в республиках наблюдается естественный прирост населения, например в Республике Тыва в 2019 г. зафиксирован второй по величине показатель естественного прироста в Российской Федерации — 10,6 %. Новосибирская область, как экономический, образовательный, научный и культурный центр, увеличивает население за счет мигрантов.

В Дальневосточном федеральном округе численность населения увеличивается только в Республике Саха (Якутия) за счет естественной прибыли населения. Естественный прирост наблюдается и в других регионах округа: Республика Бурятия, Чукотский автономный округ. Однако эмиграция населения из Республики Бурятия преобладает, поэтому численность населения имеет тенденцию к сокращению. В Чукотском автономном округе численность населения стабильна на протяжении нескольких последних лет.

Выводы

Таким образом, по статистическим данным на 2018 г., среди 85 субъектов РФ можно выделить всего 16 регионов, численность населения в которых растет (табл. 4). Среди них в первую очередь крупные экономические промышленные центры, города-миллионники, рост населения в которых обусловлен, главным образом, миграционным притоком. Регионов, в которых рост населения, прежде всего, обусловлен демографическими процессами рождаемости и естественного прироста, значительно меньше, это, например, Чеченская Республика, Республика Тыва, Республика Дагестан и другие. В 2019 г. субъектов Российской Федерации, в которых увеличивается численность населения, становится уже 26, в том числе 6 регионов, в которых численность растет за счет естественного прироста, 7 регионов – как за счет естественного, так и миграционного приростов, 13 – только за счет миграции населения.

 Таблица 4

 Регионы Российской Федерации с увеличением численности населения

	2018 г.			2019 г.	
За счет	За счет мигра-	За счет	За счет	За счет	За счет есте-
естественного	ции населения	естественного	естественного	миграции населения	ственного
прироста		и миграцион-	прироста		и миграционно-
		ного приростов			го приростов
Республика	Московская	Москва, Респу-	Республика	Московская	Москва, Респу-
Дагестан,	область,	блика Ингуше-	Дагестан,	область, Калининград-	блика Ингуше-
Кабардино-	Калининград-	тия, Республи-	Кабардино-Бал-	ская область, Ленин-	тия, Республика
Балкарская	ская область,	ка Татарстан,	карская Респу-	градская область,	Татарстан, Тю-
Республика,	Ленинградская	Тюменская	блика, Чеченская	Санкт-Петербург,	менская область,
Чеченская	область, Санкт-	область, Респу-	Республика, Ре-	Республика Адыгея,	Республика
Республика,	Петербург,	блика Алтай	спублика Якутия	Краснодарский край,	Алтай, Респу-
Республика	Республика		(Саха), Карача-	Севастополь, Ставро-	блика Бурятия,
Якутия (Саха)	Адыгея, Крас-		ево-Черкесская	польский край, Ново-	Чукотский авто-
	нодарский край,		Республика,	сибирская область,	номный округ
	Севастополь		Республика Тыва		
				_Республика Крым,	
				Белгородская область	

В настоящее время демографическая проблема выведена на федеральный уровень, поэтому национальный проект «Демография», реализуемый правительством РФ с 2019 по 2024 г., является одним из приоритетных. Именно с этого проекта президент Владимир Путин начал свое послание Федеральному собранию, что свидетельствует не только об остроте демографической проблемы, но и о том, что демография, сбережение и приумножение народа является приоритетом национальной политики. Президент связал будущее России с преодолением демографического кризиса, объявив новый пакет демографических мер, чтобы «выбраться из демографической ловушки», повысить рождаемость и поддержать семьи с детьми [7].

Список литературы / References

1. Население России 2006: Четырнадцатый ежегодный демографический доклад / Отв. ред. А.Г. Вишневский / гос. ун-т — Высшая школа экономики. М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2008. 229 с.

Population of Russia 2006: the Fourteenth annual demographic report / ed. UN-t-Higher school of Economics. M.: Izd. Dom GU VSHE, 2008. 229 p. (in Russian).

2. Россия в цифрах. 2019: Крат.стат.сб. / Росстат. М., 2019. 549 с. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/free_doc/doc_2019/rusfig/rus19.pdf (дата обращения: 10.11.2020).

Russia in numbers. 2019: Short stat.sat. / Rosstat. M., 2019. 549 p. [Electronic resource]. URL: https://rosstat.gov.ru/

free_doc/doc_2019/rusfig/rus19.pdf (address date: 10.11.2020). (in Russian).

3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Р32 Стат. сб. / Росстат. М., 2019. 1204 с.

Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2019: P32 Stat. Sat. / Rosstat. M., 2019. 1204 p. (in Russian).

4. Социально-экономическое положение федеральных округов — 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b19_20/Main.htm (дата обращения: 10.11.2020).

Socio-economic situation of the federal districts – 2019. [Electronic resource]. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b19 20/Main.htm (address date: 10.11.2020) (in Russian).

5. Аракчеева О.В., Кривдина И.Ю. Особенности внешних миграционных процессов в России в период с 2007 по 2017 г. // Успехи современного естествознания. 2019. № 6. С. 34–39.

Arakcheeva O.V., Krivdina I.Yu. Features of external migration processes in Russia in the period from 2007 to 2017 // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2019. No. 6. P. 34–39 (in Russian).

6. Вознесенская А.Г., Аракчеева О.В. Население Нижегородской области: динамика численности, естественное и механическое движение // Вестник Мининского университета. 2013. № 4 (4). С. 16. [Электронный ресуре]. URL: https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/442 (дата обращения: 10.11.2020).

Voznesenskaya A.G., Arakcheeva O.V. The Population of Nizhny Novgorod region: dynamics, natural and mechanical movement // Vestnik Mininskogo universiteta. 2013. No. 4 (4). P. 16. [Electronic resource]. URL: https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/442 (address date: 10.11.2020) (in Russian).

7. Послание Президента Федеральному Собранию. [Электронный ресурс]. URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/62582 (дата обращения: 10.11.2020).

Message of the President to the Federal Assembly. [Electronic resource]. URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/62582 (address date: 10.11.2020) (in Russian).

УДК 556.555.5:556.556:556.072

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РЭЛЕЯ – ТЭЙЛОРА КАК МЕХАНИЗМ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В ОЗЕРЕ, ПОКРЫТОМ ЛЬДОМ

Голосов С.Д., Тержевик А.Ю., Зверев И.С., Здоровеннов Р.Э., Здоровеннова Г.Э., Богданов С.Р., Волков С.Ю., Гавриленко Г.Г., Ефремова Т.В., Пальшин Н.И.

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, e-mail: zdorovennova@gmail.com

По данным измерений температуры и концентрации растворенного кислорода изучены особенности динамики придонного пограничного слоя небольшого озера Вендюрского (юг Карелии) в период ледостава. Наряду с сезонным ростом температуры, обусловленным теплообменом с донными отложениями, и уменьшением концентрации растворенного кислорода в процессе разложения органического вещества, определен широкий диапазон периодов колебаний изученных параметров в течение зимы. В спектрах температуры и кислорода присутствуют колебания с периодами от нескольких минут до нескольких часов, которые могут быть проявлением коротких внутренних волн и сейш. Колебания с периодом в несколько десятков часов по значениям спектральной плотности почти не уступают сезонным, но существенно превосходят остальные, что свидетельствует о том, что в придонном слое озера периодически реализуется эффективный механизм тепломассообмена. Эпизоды быстрых изменений температуры воды и концентрации растворенного кислорода в придонном слое озера происходят синхронно; частота их появления уменьшается в течение зимы. Установлено, что источник резких изменений параметров расположен в нескольких сантиметрах над поверхностью донных отложений. В качестве объяснения явления предложена гипотеза о возникновении неустойчивости Рэлея - Тейлора в придонном пограничном слое, неустойчивое распределение плотности в котором возникает в процессе бактериального разложения органического вещества. Волновое воздействие на границу раздела плотностей приводит к последующему перемешиванию придонного пограничного слоя. Результаты моделирования подтвердили возможность возникновения данного явления, приводящего к интенсификации тепло- и массообмена в озере между водной массой и донными отложениями.

Ключевые слова: бореальное озеро, период ледостава, температура воды, растворенный кислород, неустойчивость Рэлея – Тейлора, придонный пограничный слой

RAYLEIGH-TAYLOR INSTABILITY AS A MECHANISM OF HEAT AND MASS EXCHANGE IN ICE-COVERED LAKE

Golosov S.D., Terzhevik A.Yu., Zverev I.S., Zdorovennov R.E., Zdorovennova G.E., Bogdanov S.R., Volkov S.Yu., Gavrilenko G.G., Efremova T.V., Palshin N.I.

Northern Water Problems Institute Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, e-mail: zdorovennova@gmail.com

Using observational data on water temperature and dissolved oxygen, seasonal dynamics of the near-bottom boundary layer in a small lake Vendyurskoe during the ice season is studied. Along with the seasonal increase of water temperature conditioned by heat exchange with bottom sediments, and a decrease of dissolved oxygen concentrations due to organic matter decomposition, a wide range of fluctuations is revealed. Time-frequency spectra calculated for both parameters demonstrate the presence of oscillations with a period from several minutes to several hours, which likely are caused by wave processes. Fluctuations of several tens of hours are comparable to seasonal fluctuations, but significantly exceed all others. This certificates the presence of the effective mechanism of heat and mass transfer within the near-bottom boundary layer. Fast changes in values of both parameters occur synchronically; frequency of their appearance decreases along the ice season. It has been found that the source of sharp changes in parameters studied is located in several centimeters above the water-sediment interface. To explain such a phenomenon, a hypothesis on the development of Rayleigh-Taylor instability in the near-bottom boundary layer, unstable distribution of water density of which develops due to bacterial destruction of organic matter, is proposed. Action of internal waves on the boundary between different densities leads to the follow-up mixing in the near-bottom boundary layer. Results of numerical modeling confirmed a capability of such phenomenon to be developed and its ability to intensify heat and mass transfer between water body and bottom sediment in ice-covered lakes

Keywords: boreal lake, ice-covered period, water temperature, dissolved oxygen, Rayleigh-Taylor instability, bottom boundary layer

В мелководных озерах тепломассообмен через границу вода — дно оказывает влияние на термический и газовый режимы, скорости химико-биологических процессов в придонных слоях, способствует высвобождению питательных веществ и газов из верхнего слоя донных отложе-

ний (ДО) и т.п. [1–3]. Механизмы тепломассообмена в придонном пограничном слое (ППС) включают, наряду с молекулярной диффузией, биотурбацию, ресуспензию, поровую конвекцию [4, 5]. Интенсификация обмена на границе вода – дно в мелководных озерах происходит под

воздействием различных гидродинамических процессов, таких как ветро-волновое перемешивание, внутренние волны, сейши, склоновые течения [4, 5].

Верхний слой ДО мелководных озер часто представляет собой ил с большим содержанием воды, включениями органического вещества (ОВ), взвешенных частиц и т.п.; в такой среде с переменной по вертикали плотностью возможно возникновение так называемой неустойчивости Рэлея — Тейлора (НРТ) [6], которая может вносить вклад в интенсификацию тепломассообменных процессов вблизи границы вода — дно. Феномен возникновения НТР в придонных слоях озер, покрытых льдом, не изучен.

Цель исследования: изучить возможность возникновения неустойчивости Рэлея — Тэйлора вблизи границы вода — дно в мелководном озере зимой, оценить ее роль в динамике температуры и растворенного кислорода (РК) в придонных слоях водоема.

Материалы и методы исследования

Длительные высокочастотные измерения температуры и содержания РК были проведены в небольшом бореальном озере Вендюрском (62°10'-62°20'N, 33°10'-33°20'E) в период с 17 октября 2009 г. по 17 июня 2010 г. Площадь озера 10,4 км², средняя глубина 5,3, максимальная 13,4 м. Прозрачность воды по диску Секки 2,5-3,5 м. Донные отложения представляют собой песок на мелководье и коричневые илы в глубоководной части озера. Батиметрическая карта приведена в работе [7]. В центральной глубоководной части озера на глубине 11,1 м была установлена заякоренная коса, оснащенная датчиками температуры и РК фирмы RBR Ltd. (точность по температуре 0,002 °C, по кислороду ± 1 %, диапазон 0–150%). Датчики были закреплены на расстоянии от границы вода – дно 0,08; 0,10; 0,12; 0,14; 0,16; 0,66; 1,80; 2,87; 3,87; 4,87; 5,84; 6,87; 7,90; 8,87 м. Рядом с косой на дно озера была установлена придонная платформа, оснащенная 10 температурными датчиками RBR Ltd. со сдвигом по вертикали в 2 см так, что часть из них находилась в верхнем слое ДО, часть – в придонном слое воды. Интервал измерений составлял одну минуту.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ данных косы позволил выявить широкий спектр изменчивости температу-

ры воды и РК в озере зимой [7]. В спектрах температуры и РК преобладают сезонные, суточные и полусуточные колебания, выделяются также колебания с периодами от нескольких десятков часов до нескольких минут. Сезонный ход температуры обусловлен ее повышением вследствие поступления тепла от ДО [7], а уменьшение РК в течение зимы связано с его поглощением при бактериальном разложении ОВ [8]. Колебания от нескольких часов до нескольких минут определяются волновыми процессами [9]. Например, периоды в 25 и 6 мин (рис. 1, б) соответствуют периодам первой моды продольной и поперечной сейш оз. Вендюрского.

Колебания с периодом несколько десятков часов по значениям спектральной плотности почти не уступают сезонным, но существенно превосходят остальные, что свидетельствует о том, что в ППС периодически реализуется эффективный механизм тепломассообмена, вызывающий значительные изменения в температуре и РК и не имеющий объяснения с точки зрения сезонных колебаний и волновых процессов. Флуктуации температуры и РК представляют собой практически мгновенное (в пределах нескольких минут) резкое падение температуры воды и резкий рост РК (рис. 1, а). Например, 11 декабря 2009 г. в 16:41 температура воды на нижнем датчике косы (расстояние от дна 8 см) составляла 2,16°C, концентрация РК 0,65 мгО₂/л. Затем в течение 11 мин температура быстро уменьшилась до 1,28°C, концентрация РК при этом резко увеличилась до 8,40 мгО₂/л. Затем в течение примерно 45 ч происходило плавное возвращение параметров до исходных значений, и в 13:01 13 декабря произошло очередное резкое изменение температуры и РК. Флуктуации обоих параметров происходят синхронно, что позволяет заключить, что причины их общие, а источник может быть локализован в одном и том же месте.

Для того чтобы определить пространственное положение источника описанных выше колебаний температуры воды и концентрации РК в ППС, был проанализирован характер распространения температурных возмущений в момент реализации исследуемого механизма. На рис. 2 результаты совместного анализа данных с косы и платформы представлены в терминах времени запаздывания распространения теплового возмущения на различном расстоянии от границы вода – дно.

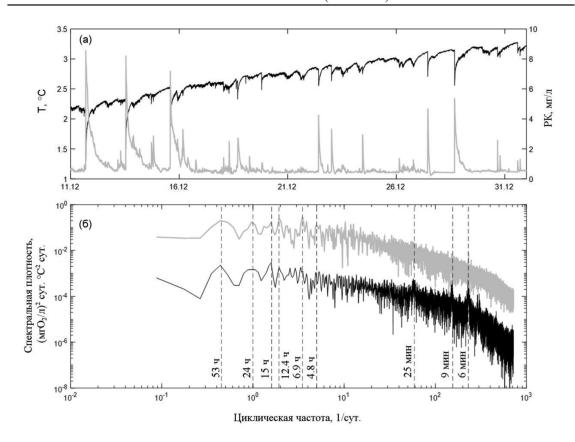


Рис. 1. Изменчивость температуры и концентраций РК (а) и соответствующие спектры колебаний этих параметров (б) в придонном слое оз. Вендюрского в период с 11 по 31 декабря 2009 г. Расстояние датчиков от границы вода — дно 8 см. Серая линия — концентрация РК, мгО₂/л, черная линия — температура, °С. Штриховые линии показывают преобладающие периоды колебаний параметров

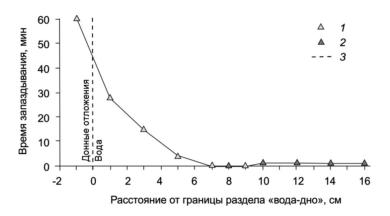


Рис. 2. Время запаздывания распространения теплового возмущения в зависимости от расстояния от поверхности раздела вода — дно по данным косы и придонной платформы. 1 и 2 — датчики косы и платформы соответственно, 3 — граница вода — ДО

Из данных рис. 2 следует, что источник тепловых возмущений располагается на расстоянии 7–9 см над поверхностью дна (время запаздывания 0 мин). По мере приближения к поверхности ДО время запаздывания

резко возрастает. И, наоборот, на расстояние до 16 см над дном тепловой сигнал распространяется практически мгновенно — время запаздывания составляет всего одну минуту. Это свидетельствует о том, что в сторону

ДО возмущение распространяется механизмами, близкими по эффективности к молекулярным, а в обратном направлении — намного более эффективным турбулентным перемешиванием. Таким образом, можно утверждать, что источник рассматриваемого механизма находится в 7–9 см над поверхностью ДО. Следовательно, на этой глубине находится — или образуется с периодичностью в десятки часов — источник дополнительной плавучести, который придает придонной воде положительную по отношению к вышележащим слоям плавучесть, что приводит к последующему перемешиванию ППС.

Источником дополнительной плавучести в ППС может быть любая неконсервативная примесь, сосредоточенная непосредственно у поверхности ДО и подверженная трансформации, сопровождающейся уменьшением плотности. В озерных условиях такой примесью может быть ОВ, которое накапливается за период открытой воды в придонном слое. В результате окислительно-восстановительных реакций на границе вода – дно происходит сорбция, растворение и переотложение продуктов химических реакций, активный массообмен между верхним слоем ДО и прилегающим слоем воды [10-13]. Оседающее на дно ОВ имеет большую, по сравнению с окружающей средой, плотность. Поэтому оно естественным образом локализуется в придонном слое, превращая придонную воду в водный раствор с переменной по вертикали плотностью. ОВ в процессе бактериальной деструкции интенсивно разлагается в присутствии кислорода до углекислого газа и воды; процесс идет с потреблением РК [10-13].

Аккумулированное в придонной области ОВ играет роль своеобразной «солености», но при этом разлагается со скоростью потребления РК. Возможное уменьшение плотности придонного слоя за счет разложения ОВ можно оценить, используя уравнение состояния воды, учитывающее влияние температуры и солености [14]. На рис. 3 представлены результаты расчета изменения плотности воды с использованием уравнения состояния воды Чена – Миллеро [14], в котором роль солености выполняет концентрация ОВ. Из расчетных данных, представленных на рис. 3, видно, что через 18 ч после начала расчетов в придонном слое развивается плотностная неустойчивость, т.е. плотность раствора на расстоянии 8 см над дном

становится меньше, чем плотность вышележащего слоя. Именно такого рода плотностная неустойчивость является предпосылкой для реализации механизма НРТ, стадии развития которого представлены на рис. 4. На первой стадии в результате разложения ОВ возникает ситуация, когда более плотная вода (плотность р.) находится над менее плотной (плотность р.), то есть создается неустойчивое равновесие. Из-за того, что перепад плотности мал, данная неустойчивость в спокойном состоянии необязательно приводит к перемешиванию. Однако достаточно даже малого воздействия на границу раздела плотностей (в нашем случае это может быть любое волновое воздействие (стадия 2)) для того, чтобы механизм пришел в действие. В случае возмущения границы раздела более плотная вода приобретает дополнительный импульс и под действием силы тяжести начинает двигаться вниз, вытесняя при этом менее плотную воду в обратном направлении (стадия 3), что вызывает турбулентное перемешивание ППС (стадия 4). Применительно к конкретному рассматриваемому случаю это приводит к формированию придонного квазиоднородного слоя с пониженной температурой воды и повышенной концентрацией РК. Как показывают данные натурных измерений, в течение нескольких десятков часов стратификация придонного слоя по температуре и РК восстанавливается.

Для оценки возможности возникновения НРТ в озере была разработана математическая модель реализации механизма НРТ в озере в подледный период. При моделировании в качестве базовой использовалась математическая модель FLakeEco, описывающая сезонные изменения температуры воды и РК в озере [15]. Модель была модифицирована с целью возможности учета переменной солености в уравнении состояния воды. По модифицированной модели был выполнен ряд расчетов с целью воспроизведения реализации механизма НРТ в ППС, а также для оценки влияния данного механизма на обмен теплом и РК в ППС. На рис. 5 представлены результаты моделирования. Там же для сравнения приведены данные натурных наблюдений.

Сравнение расчетных и измеренных значений температуры и РК показало, что модель адекватно описывает возникновение НРТ и вызываемое ею перемешивание в ППС. При этом абсолютные значения скачков температуры и концентрации РК хорошо

согласуются с данными наблюдений. Наблюдаемый разброс в расчетном и наблюденном времени реализации НРТ обусловлен, скорее всего, неопределенностью скорости протекания химико-биологических процессов в ППС озера. Действительно, трудно предположить, что скорость деструкции ОВ, от которой зависит возникновение НРТ, является постоянной во времени.

Возникновение НТР в придонных слоях покрытых льдом озер не носит детерминированный характер, что обуславливает сложность его изучения. Видеозапись микроперемещений водных масс в придонных слоях озер, синхронная с измерениями температуры воды и концентрации РК, могла бы послужить хорошей иллюстрацией феномена НРТ. Однако применение метода видеосъемки [4] крайне затруднительно в природных условиях водоема с низкой прозрачностью в зимний период. Коллектив авторов, к сожалению, не располагает необходимым оборудованием для исследований

оптических неоднородностей среды, вызываемых конвективными процессами.

Заключение

В ходе исследований были проанализированы натурные данные о временной изменчивости температуры и концентрации РК в ППС небольшого мелководного озера в зимний период. Выявлены основные временные масштабы изменчивости температуры воды и концентраций РК в ППС озера, покрытого льдом. Механизмом, играющим значимую роль в формировании динамики ППС с соответствующими колебаниями температуры воды и концентрации РК, может являться неустойчивость Рэлея - Тэйлора (НРТ), возникающая под воздействием химико-биологических процессов вблизи границы раздела вода – дно. Механизм НРТ при реализации обеспечивает эффективную доставку РК из вышележащих слоев к непосредственной границе раздела между водной массой и донными отложениями.

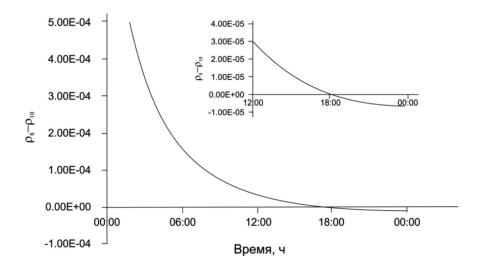


Рис. 3. Разность плотностей в слое между 8 и 10 см над поверхностью дна 11.12.2009 г. На врезке – детализированное изображение перехода разности плотностей через ноль

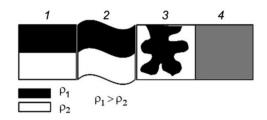


Рис. 4. Схема последовательных стадий реализации неустойчивости Рэлея — Тэйлора (HPT) в придонном слое. 1 — возникновение неустойчивого равновесия; 2 — возмущение границы раздела плотностей; 3 — опускание «тяжелой» жидкости с вытеснением менее плотной; 4 — выравнивание плотностей за счет турбулентного перемешивания

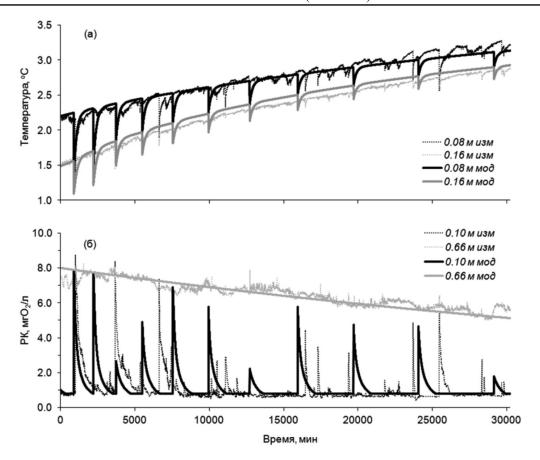


Рис. 5. Влияние механизма НРТ на временную изменчивость температуры (а) и концентрации РК (б), отражающих интенсивность тепломассообмена в ППС, в период с 11 по 31 декабря 2009 г. (по оси ординат время указано в минутах с 00:00 11.12.2009). Тонкие линии — измеренные значения, толстые — результаты модельного расчета

При этом за счет поддержания высокого градиента в концентрации РК между придонной и поступающей за счет перемешивания водой обеспечивается его ускоренное бактериальное потребление при разрушении ОВ в придонном слое воды и верхнем слое донных отложений. Разработана математическая модель механизма НРТ, которая может быть использована для оценки бюджетов тепла и РК в озере в подледный период, а также при изучении массообменных процессов в ППС, таких, например, как поступление биогенных элементов из донных отложений в воду.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук».

Список литературы / References

1. Anschutz P., Ciutat A., Lecroart P., Gérino M., Boudou A. Effects of tubificid worm bioturbation on freshwater

sediment biogeochemistry. Aquatic Geochemistry. 2012. V. 18. P. 475–497.

- 2. Golosov S.D., Ignateva N.V. Hydrothermodynamic features of mass exchange across the sediment-water interface in shallow lake. Hydrobiologia. 1999. V. 408/409.P. 153–157. DOI: 10.1023 /a:1017067532346.
- 3. Deemer B.R., Henderson S.M., Harrison J.A. Chemical mixing in the bottom boundary layer of a eutrophic reservoir: The effects of internal seiching on nitrogen dynamics. Limnology and Oceanography. 2015. V. 60 (5). P. 1642–1655. DOI: 10.1002/lno.10125.
- 4. Bernhardt J., Kirillin G., Hupfer M. Periodic convection within littoral lake sediments on the background of seiche-driven oxygen fluctuations. Limnol. Ocenogr. Fluids & Environments. 2014. V. 4 (1). P. 17–33. DOI: 10.1215/21573689-2683238.
- 5. Gautreau E., Volatier L., Nogaro G. et al. The influence of bioturbation and water column oxygenation on nutrient recycling in reservoir sediments. Hydrobiologia. 2020. V. 847. P. 1027–1040. DOI: 10.1007/s10750-019-04166-0.
- 6. Chandrasekhar S. Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability. Dover Publications, Inc. New York, 1981. 652 p.
- 7. Здоровеннов Р.Э., Здоровеннова Г.Э., Пальшин Н.И., Тержевик А.Ю. Изменчивость термического и кислородного режимов мелководного озера зимой // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 4. С. 57–63.

Zdorovennov R.E., Zdorovennova G.E., Palshin N.I., Terzhevik A.Yu. Variability of thermal and oxygen regimes of

- a shallow lake in winter // Trudy KarNTS RAN. 2011. No. 4. P. 57–63 (in Russian).
- 8. Тержевик А.Ю., Пальшин Н.И., Голосов С.Д., Здоровеннов Р.Э., Здоровеннова Г.Э., Митрохов А.В., Потахин М.С., Шипунова Е.А., Зверев И.С. Гидрофизические аспекты формирования кислородного режима мелководного озера, покрытого льдом // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 5. С. 568–579.
- Terzhevik A.Yu., Palshin N.I., Golosov S.D., Zdorovennov R.E., Zdorovennova G.E., Mitrokhov A.V., Potakhin M.S., Shipunova E.A., Zverev I.S. Hydrophysical aspects of oxygen regime formation in a shallow ice-covered lake. Water Resources. 2010. Vol. 37 (5). P. 662–673.
- 9. Palshin N.I., Bogdanov S.R., Zdorovennova G.E., Zdorovennov R.E., Efremova T.V., Belashev B.Z., Terzhevik A. Yu. Short Internal Waves in a Small Ice-Covered Lake. Water Resources. 2018. Vol. 45 (5). P. 695–705. DOI: 10.1134/S0097807818050159.
- 10. Li Hui, Song Chun-Lei, Cao Xiu-Yun, Zhou Yi-Yong. The phosphorus release pathways and their mechanisms driven by organic carbon and nitrogen in sediments of eutrophic shallow lakes. Science of The Total Environment. 2016. Vol. 572. P. 280–288.
- 11. Белкина Н.А., Субетто Д.А., Ефременко Н.А., Кулик Н.В. Особенности распределения микроэлементов в поверхностном слое донных отложений Онежского озера // Наука и образование. 2016. № 3 (83). С. 135–139.

- Belkina N.A., Subetto D.A., Efremenko N.A., Kulik N.V. Features of the distribution of trace elements in the surface layer of bottom sediments of Lake Onega // Nauka i obrazovanie. 2016. No. 3 (83). P. 135–139 (in Russian).
- 12. Белкина Н.А. Особенности процесса трансформации органического вещества в донных отложениях озер Карелии и его влияние на химический состав придонных вод // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. № 5 (15). Вып. 4. С. 263–276.
- Belkina N.A. Features of the process of transformation of organic matter in bottom sediments of lakes in Karelia and its effect on the chemical composition of bottom waters // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2019. № 5 (15). Vyp. 4. P. 263–276 (in Russian).
- 13. Hofmann A.M., Geist J., Nowotny L. et al. Depth-distribution of lake benthic diatom assemblages in relation to light availability and substrate: implications for paleolimnological studies. J. Paleolimnol. 2020. V. 64. P. 315–334. DOI: 10.1007/s10933-020-00139-9.
- 14. Chen C.A., Millero F.J. Precise thermodynamic properties for natural waters covering only the limnological range. Limnol. Oceanogr. 1986. V. 31 (3). P. 657–662.
- 15. Golosov S., Maher O., Schipunova E., Terzhevik A., Zdorovennova G., Kirillin G. Physical background of the development of oxygen depletion in ice-covered lakes. Oecologia. 2007. V. 151 (2). P. 331–340.

УДК 911.2:631.48

ВОПРОСЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ЧЕРНОЗЁМОВ В РАБОТАХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЁНЫХ КОНЦА XIX—XX ВВ.

Грошева О.А.

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук — обособленное структурное подразделение ОФИЦ УрО РАН, Оренбург, e-mail: Groshev06@yandex.ru

В статье проведён анализ теорий происхождения и эволюции чернозёмных почв в работах отечественных исследователей конца XIX-XX вв. В.В. Докучаев в своём классическом произведении «Русский чернозём» (1883), характеризуя сложившиеся к концу XIX века научные взгляды на образование чернозёмов, делает вывод, что ни одно из свойств этих почв не может быть объяснено ни гипотезой Палласа и Мурчисона, ни гипотезой Эйхвальда, а только их наземным происхождением. Опровергая морскую гипотезу происхождения степных почв, В.В. Докучаев последовательно развивает водно-ледниково-морскую теорию образования лёссов, на которых сформировалась большая часть чернозёмов. В.Р. Вильямс, исследуя этапы образования лёссов и чернозёмов, разрабатывал теорию эволюции почв, сущность которой заключается в последовательном и постепенном прохождении тундровой – лесной – луговой – степной стадий. Представляя теорию эволюции степных почв В.Р. Вильямса с современных позиций направленной миграции вещества, В.А. Ковда делает вывод, что единый геохимический поток связал воедино в серию сопряжённых ландшафтов всю территорию Русской равнины. В развитии теории растительно-наземного происхождения чернозёмных почв. занимающей в настоящее время лидирующие позиции, основополагающее значение имеет вопрос формирования гумусового горизонта чернозёмов под лугово-степной растительностью. П.А. Костычев и В.Р. Вильямс связывали дерновый процесс с жизнедеятельностью в степях злаковой и бобовой травянистой растительности, при разложении которой формируется почва с высоким уровнем плодородия. Важным условием образования и дальнейшей эволюции чернозёмов является наличие карбонатного и со-

Ключевые слова: происхождение чернозёма, научные теории, В.В. Докучаев, В.Р. Вильямс, П.А. Костычев

QUESTIONS OF THE ORIGIN AND EVOLUTION OF CHERNOZEMS IN THE WORKS OF RUSSIAN SCIENTISTS OF THE LATE 19TH – 20TH CENTURIES

Grosheva O.A.

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences OFRC UB RAS, Orenburg, e-mail: Groshev06@yandex.ru

The article analyzes the theories of the origin and evolution of chernozem soils in the works of Russian researchers at the end of the 19th – 20th centuries. V.V. Dokuchaev in his classic work «Russian Chernozem» (1883), characterizing the scientific views on the formation of chernozems that had developed by the end of the 19th century, concludes that none of the properties of these soils can be explained either by the hypothesis of Pallas and Murchison, or by the hypothesis of Eichwald, but only their terrestrial origin. Refuting the marine hypothesis of the origin of steppe soils, V.V. Dokuchaev consistently develops the water-glacial-marine theory of the formation of loes, on which most of the chernozems were formed. V.R. Williams, studying the stages of formation of loesses and chernozems, developed a theory of soil evolution, the essence of which is the sequential and gradual passage of the tundra – forest – meadow – steppe stages. Presenting the theory of the evolution of steppe soils V.R. Williams from the modern standpoint of directed migration of matter, V.A. Kovda concludes that a single geochemical flow linked the entire territory of the Russian Plain into a series of conjugated landscapes. In the development of the theory of plant-terrestrial origin of chernozem soils, which currently occupies a leading position, the question of the formation of the humus horizon of chernozem sunder meadow-steppe vegetation is of fundamental importance. P.A. Kostychev and V.R. Williams associated the sod process with the life activity in the steppes of cereal and legume herbaceous vegetation, the decomposition of which forms a soil with a high level of fertility. An important condition for the formation and further evolution of chernozems is the presence of carbonate and salt horizons.

Keywords: the origin of chernozem, scientific theories, V.V. Dokuchaev, V.R. Williams, P.A. Kostychev

Обширные степные просторы, удивительный облик степных почв — чернозёмов, их огромная мощность, высокая гумусированность, большие запасы органического вещества и плодородие привлекали к ним внимание многих исследователей. Развернувшаяся в XVIII—XIX вв. многолетняя научная дискуссия о происхождении чернозёмных почв «породила» более 30 гипотез, которые В.В. Докучаев сгруппировал в три группы: наземно-рас-

тительную (М.В. Ломоносов, И.А. Гюльденштедт, Э.А. Эверсман, Ф.И. Рупрехт, В.В. Докучаев и др.), морскую (Р.И. Мурчисон, П.С. Паллас, А. Петцгольд и др.) и болотную (Э.И. Эйхвальд, Н.Д. Борисяк, Ф.Ф. Вангенгейм фон Квален и др.) концепции происхождения чернозёмов. Авторы в научных публикациях, дискуссиях, письмах отстаивали правоту именно своей точки зрения на вопрос происхождения степных почв.

Целью исследования является анализ теорий образования и эволюции чернозёмов в работах отечественных учёных конца XIX–XX вв.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужили опубликованные научные работы отечественных естествоиспытателей XIX—XX вв., а также современные источники, посвящённые рассматриваемому вопросу. Анализ научных взглядов на происхождение степных почв проведён на основе сравнительно-исторического метода.

Результаты исследования и их обсуждение

В.В. Докучаев в своём классическом произведении «Русский чернозём» (1883), характеризуя сложившиеся к концу XIX в. научные взгляды на происхождение чернозёмных почв, фактически ставит точку в этих спорах, подчёркивая, что авторы, начиная с Гюльденштедта, единогласно признают тот факт, что «наш чернозём есть образование местное, наземное, происшедшее чрез изменение тех материнских горных пород, которые ещё и теперь подстилают рассматриваемую нами почву» [1, с. 301]. При этом учёный делает вывод, что ни одно из свойств чернозёма не может быть объяснено ни гипотезой Палласа и Мурчисона, ни гипотезой Эйхвальда, а только наземным происхождением чернозёмных почв.

В.В. Докучаев опровергает чисто морскую гипотезу происхождения чернозёма, приводя в качестве доказательства, то, что при водном образовании чернозёмные почвы должны нести признаки слоистости и быть однородными как по сложению, так и по составу, но в то же время он последовательно выстраивает водно-ледниково-морскую теорию образования лёссов, на которых сформировалась большая часть чернозёмов [1]. Учёный подчёркивает, что отложение лёсса относится, главным образом, к периоду окончательного отступления ледника. При этом он отмечает, что возможность степных почв на лёссе ограничена слоем этой породы и обогащение их органикой возможно только до известного предела (до 1,5 м и 20% гумуса) [1].

Продолжая развивать теорию лёссообразования, академик Л.С. Берг отмечал, что лёсс, являясь продуктом выветривания аллювиальных, делювиальных, пролювиальных, флювиогляциальных и других мелкозёмистых пород, приобретает в про-

цессе почвообразования известковых отложений свои лучшие свойства (пористость, рыхлость, водопроницаемость, мелкоземистость и карбонатность) [2]. По мнению С.С. Неуструева, независимо от характера происхождения лёссовых пород (эолового или водного) необходимым условием образования лёсса является достаточное содержание почвенного раствора с наличием карбонатов. Особенности этого процесса находятся в прямой зависимости от внешних условий и свойств самой породы. Нахождение следов корней и стеблей, а также аккумуляции «рассеянного гумуса степного или пустынного типа» в лёссах Восточно-Европейской равнины в субарктический период оформилось в современных научных представлениях в базовую концепцию цикличных последовательных процессов лито-, морфо- и педогенеза в условиях поздневалдайской криогиперзоны [3].

Один из современных взглядов на докучаевскую парадигму происхождения чернозёмных почв вносит в неё коррективы, выдвигая лёсс в число ведущих факторов образования чернозёмов, несмотря на многообразие почвообразующих пород по минералогическому, гранулометрическому и химическому составу [4]. При этом авторы данной теории позиционируют лёссовые породы как предпочву чернозёмов.

Другая точка зрения на образование чернозёмных почв содержится в работах классика почвоведения и агрономии – В.Р. Вильямса. Отрицая связь чернозёмов и лёссов, учёный полагал, что чернозём образовался под воздействием тех климатических условий, которые господствуют в зоне его залегания в настоящее время, аргументируя это тем, что чернозём находят в недалеком расстоянии от Якутска и в Индии, климатические условия которых резко отличаются друг от друга [5]. Это не помешало Василию Робертовичу, достаточно подробно описать этапы образования лёссов и чернозёмов и разработать теорию эволюции почв, сущность которой заключается в последовательном и постепенном прохождении тундровой лесной – луговой – степной стадий в позднеплейстоценовое – голоценовое время.

Предположения В.В. Докучаева о прохождении лёссами и чернозёмами гидроморфной стадии в своем развитии были подтверждены С.С. Неуструевым и Л.И. Прасоловым при обследовании чернозёмов речных террас Поволжья. Учёные предположили, что чернозёмы образуются из пойменных луговых почв по мере «об-

сыхания» территории, понижения уровня почвенно-грунтовых вод, выхода из сферы поверхностного обводнения. Эта идея стала очень популярна в среде русских и советских почвоведов, географов, ботаников. Гидроморфизм отмечался и на других территориях «чернозёмного материка» - Средне-Русской возвышенности, Азовско-Кубанской низменности, Среднем Заволжье, предгорных Кавказских равнинах [6; 7]. Чернозёмы Западной Сибири, отличаясь от чернозёмных почв Восточно-Европейской равнины малой мощностью, глубокой языковатостью, непрочной структурой, солонцеватостью, также прошли в своём развитии гидроморфный этап [8].

Нельзя не отметить существование альтернативных точек зрения на образование и дальнейшую эволюцию чернозёмных почв. Об относительно постоянных автоморфных условиях чернозёмообразования высказался С.С. Неуструев, представляя болотную и луговую стадии как частный случай генезиса чернозёмов. С представлениями об изначальной автоморфности чернозёмов согласуется гипотеза И.П. Герасимова, утверждающего, что увеличение мощности гумусового горизонта во многих чернозёмах происходит за счёт роста почвенной толщи вверх в результате эоловой аккумуляции рыхлого субстрата [9].

Представляя теорию эволюции степных почв В.Р. Вильямса с современных позиций направленной миграции вещества, В.А. Ковда отмечает, что единый геохимический поток связал воедино в серию сопряжённых ландшафтов всю территорию Русской равнины [8]. Талые воды ледника, как стекающие по поверхности, так и текущие внутри почвы, вызвали перераспределение веществ в соответствии с закономерностями геохимической дифференциации. При этом очень важна роль грунтовых вод, которые служат источником постоянного привноса разнообразных соединений, выпадающих в осадок в почвенных горизонтах в результате транспирации и испарения.

Черты былого палеогидроморфизма получили своё отражение в профиле лёссовых пород и почв наличием в лёссах прослоев и линз грубообломочного материала, слоистости, пресноводных моллюсков, солевых прослоев. В чернозёмах они представлены высокими запасами гумуса, окарбоначенностью, оглеением, марганцево-железистыми, кремнеземистыми, карбонатными, гипсовыми новообразованиями, остаточным скоплением легкорастворимых солей, остатков

гидрофильной флоры и фауны, насыщенностью почвы монтмориллонитом [8].

Своеобразным итогом в решении проблемы палеогидроморфизма чернозёмов является гипотеза гидроморфного прошлого всех почв в пределах водно-аккумулятивных равнин (в современной интерпретации концепция «однонаправленного поступательного развития почв»), выдвинутая советским почвоведом В.А. Ковдой [8]. В общей направленности климатических изменений от перигляциальных условий позднего плейстоцена к относительно тёплым и влажным голоценовым палеогидроморфизм чернозёмов представляется не как частный случай, а как неизбежный этап эволюции степных почв, что соответствует положениям учения В.В. Докучаева, который отмечал повышенную обводненность Восточно-Европейской равнины в конце ледниковой эпохи. Если почвообразующая порода имеет водный генезис, а почвообразование шло одновременно с отложением породы, почва не могла не пройти гидроморфной стадии. Со временем гидроморфные свойства чернозёмов были полностью или частично поглощены чернозёмообразованием.

Пономарева В.В., Плотникова Т.А. и Самойлова Е.М., рассматривая превышение запасов гумуса в нижней части гумусового горизонта типичных и обыкновенных горизонтов относительно количества корневой биомассы, утверждают, что эта часть гумусового горизонта данных почв была сформирована в условиях повышенного гидроморфизма под луговой растительностью. Унаследованная природа нижней части гумусового горизонта подтверждена радиоуглеродными датировками – 6–7 тыс. лет, иногда 9,5-9,8 тыс. лет. Эту дату можно считать временем появления чернозёма. При этом более древние датировки относятся к южной части Восточно-Европейской равнины. И.И. Лебедева, отмечая отчетливую двухъярусность в распределении гумуса чернозёмных формаций (за исключением чернозёмных почв Азовско-Кубанской низменности), делает вывод о том, что верхняя часть гумусового горизонта чернозёмов является результатом исторически последнего этапа почвообразования, общего для всего чернозёмного ареала Восточной Европы [10].

Произошедшие в почвах лесостепной, чернозёмной и каштановой зон Восточно-Европейской равнины за последние 3000—4000 лет процессы увеличения выщелоченности карбонатов, иллювиирования тонких механических фракций и усиления опод-

золенности лесостепных почв являются результатом почвообразования в условиях действия одной и той же комбинации ландшафтных факторов.

В развитии теории растительно-наземного происхождения чернозёмных почв основополагающее значение имеет вопрос формирования гумусового горизонта чернозёмов под лугово-степной растительностью. Известные исследователи биологической составляющей образования чернозёмных почв П.А. Костычев и В.Р. Вильямс связывали дерновый процесс с жизнедеятельностью в степях злаковой и бобовой травянистой растительности, при разложении которой при помощи микроорганизмов в верхней части профиля почвы развивается гумусово-аккумулятивный процесс, создаётся комковато-зернистая структура и формируется почва с высоким уровнем плодородия.

Впервые об источниках гумусообразования степных почв высказались В.В. Докучаев и П.А. Костычев. При этом П.А. Костычев полагал, что гумус в чернозёмах образовался только благодаря разложению растительных остатков, особенно корневых систем трав, отрицая возможность механического и химического перемещения гумусовых веществ в профиле почвы [11; 12]. В.В. Докучаев же считал, что в образовании гумуса важную роль играют водорастворимые гуминовые вещества [1]. Подвергая критике выводы П.А. Костычева, И.Ф. Леваковский отмечает, что корни растений можно считать только вспомогательным источником органических веществ для чернозёма. Подтверждая исследования И.Ф. Леваковского, С.П. Кравков подчёркивает, что ближайшим и непосредственным источником в почве гумусообразования являются именно водные растворы, получающиеся из разлагающихся растительных остатков. К концу вегетации растений, когда их рост и потребление питательных элементов сильно сокращается, при иссушении почвы и «затухании» деятельности микроорганизмов происходит «отдача» в почву с корневыми выделениями нового синтезированного органического вещества взамен старого, израсходованного почвой на минерализацию в предшествующий сезон. Таким образом, мысль В.В. Докучаева о корневых выделениях получила научное подтверждение и является общепризнанной.

Вместе с тем необходимо отметить положительную роль П.А. Костычева, который в острых спорах доказывал свою точку зрения, являясь, по сути, соавтором зарождающейся новой науки — почвоведения. В частности, на начальных этапах своей научной деятельности В.В. Докучаев считал ведущими факторами почвообразования климатические условия. Но в последующем, под влиянием критики со стороны П.А. Костычева, он пришёл к выводу о ведущей роли биологического фактора в образовании чернозёмных почв. Учение о ведущей роли растительности в частности, и биологических факторов в целом, в образовании почв степной зоны было развито учениками и последователями В.В. Докучаева и П.А. Костычева.

Развивая идею Докучаева - Костычева о гумусообразовании и гумусонакоплении под пологом степной растительности, выдающиеся учёные XX века В.Р. Вильямс, И.П. Герасимов, И.В. Тюрин, В.А. Ковда и др. отмечали, что образование гумуса в чернозёмах состоит в соединении двух противоположных процессов - синтеза и разложения органического вещества, которые сопровождаются аккумуляцией и выделением энергии. Синтез органического вещества осуществляется высшими зелёными растениями, а его разложение - микроорганизмами (бактериями и грибами), которые в сочетании составляют растительную формацию. Прохождение этих процессов возможно за счёт определённых экологических условий: повторяемости влажных и сухих периодов, приводящих к трансформации гумусовых веществ и их закреплению в почвенном профиле в виде гуматов кальция. Наряду с процессами синтеза/ресинтеза органических веществ в почве идут процессы окисления, полимеризации, взаимной конденсации, в результате которых возникают более устойчивые к разложению высокомолекулярные соединения, имеющие характер гуминовых веществ [13]. Содержание гумуса и мощность гумусных горизонтов закономерно убывают к северу и югу от «центральной полосы чернозёмов», в результате чего образуется система изогумусовых полос [1].

Заключение

Таким образом, на протяжении XIX—XX вв. исследованиями отечественных учёных было установлено, что обязательным условием образования чернозёма является наличие многолетней травянистой растительности, корневая система которой на фоне непромывного водного режима в нейтральной или слабощелочной среде способствует образованию и накоплению гумуса преимущественно гуматного типа и биогенной аккумуляции биофиль-

ных элементов. Для гумусовых горизонтов чернозёмных почв характерна зернистая водопрочная структура, которая обязана коагулирующему и скрепляющему эффекту почвенных коллоидов, насыщенных обменным кальцием. Важным условием образования и дальнейшей эволюции чернозёмов является наличие карбонатного и солевого горизонтов. Неизменным элементом эволюции чернозёмных почв является понижение глубины вскипания и иллювиирование новообразований карбонатов и илистых частиц в нижележащие горизонты почв, в соответствии с которым, чем влажнее климат, тем глубже находятся карбонаты.

Анализ развития научных представлений о происхождении и эволюции чернозёмов показал, что существуют «рациональные зёрна» в морской теории П.С. Палласа и Р.И. Мурчисона и в водно-болотной теории Э.И. Эйхвальда и Ф.Ф. Вангенгейм фон Квалена, которые, однако, «не работают» без растительно-наземной гипотезы образования чернозёмных почв, занимающей в настоящее время лидирующие позиции.

Необходимо отметить выдающуюся роль В.В. Докучаева в решении вопроса о происхождении чернозёмов. В своих письмах, статьях, фундаментальных работах, среди которых «Русский чернозём» и «Наши степи прежде и теперь», он достаточно детально проанализировал все гипотезы образования чернозёмных почв, сгруппировал их в 3 группы и смог установить истину в этой научной проблематике, определив вектор движения научной мысли на десятилетия вперёд. Для современных учёных остаётся провести полное исследование состава и свойств чернозёмов на всём широтном простирании степной зоны, дополнив недостающие детали о закономерностях развития степных почв и, что очень важно, получить возможность «заглянуть» в будущее для решения актуальных проблем степеведения.

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН.

Список литературы / References

1. Докучаев В.В. Русский чернозём: Отчёт Императорскому Вольному экономическому обществу. СПб.: Императорское Вольное экономическое общество, 1883. 376 с.

Dokuchaev V.V. Russian Chernozem: Report to the Imperial Free Economic Society. SPb.: Imperatorskoe Volnoe ekonomicheskoe obshchestvo, 1883. 376 p. (in Russian).

2. Бровко И.С., Байболов К.С., Асубаева Г.А. Краткий литературный обзор теорий происхождения лёссовых оснований // Научные труды Южно-Казахстанского государственного университета имени М. Ауэзова. 2014. № 2 (29). С. 38–40.

Brovko I.S., Bajbolov K.S., Asubaeva G.A. Brief literature review of theories of the origin of loess bases ${\it I}/{\it N}$ Nauchnye trudy

Yuzhno-Kazahstanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni M. Auezova. 2014. no 2 (29). P. 38–40 (in Russian).

3. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Формирование почвообразующих пород голоценовых почв в центре Восточно-Европейской равнины // Проблемы региональной экологии. 2015. N2 4. С. 55–59.

Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ovchinnikov A.Y. Formation of parent rocks of Holocene soils in the center of the East European Plain // Problemy regional'noj ekologii. 2015. No. 4. P. 55–59 (in Russian).

4. Левыкин С.В., Казачков Г.В. В развитие Докучаевской теории чернозёма (посвящается международному году почв) // Степи Северной Евразии: материалы VII Международного симпозиума. Оренбург, 2015. С. 470–471.

Levykin S.V., Kazachkov G.V. To the progress of Dokuchaev's theory of black soil (to the International Year of Soils) // Stepi Severnoj Evrazii: materialy VII Mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg, 2015. P. 470–471 (in Russian).

5. Вильямс В.Р. Общее земледелие с основами почвоведения. М.: «Новый агроном», 1931. 376 с.

Williams V.R. General agriculture with the basics of soil science. M.: «Novyj agronom», 1931. 376 p. (in Russian).

6. Чевердин А.Ю., Стахурлова Л.Д., Чевердин Ю.И. Изменение основных свойств и характеристик чернозёмов степной зоны // Аграрная Россия. 2015. № 9. С. 5–11.

Cheverdin A.Y., Stakhurlova L.D., Cheverdin Y.I. Changes in the basic properties and characteristics of chernozems in the steppe zone // Agrarnaya Rossiya. 2015. No. 9. P. 5–11 (in Russian).

7. Базыкина Г.С., Овечкин С.В. Влияние цикличности климата на водный режим и карбонатный профиль чернозёмов центра Европейской части России и сопредельных территорий // Почвоведение. 2016. № 4. С. 475–488.

Bazykina G.S., Ovechkin S.V. Influence of climate cyclicity on the water regime and carbonate profile of chernozems in the center of the European part of Russia and adjacent territories // Pochvovedenie. 2016. No. 4. P. 475–488 (in Russian).

8. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. Кн. 2. М.: Наука, 1973. 262 с.

Kovda V.A. Fundamentals of the theory of soils. General theory of the soil-forming process. Kn. 2. M.: Nauka, 1973. 262 p. (in Russian).

9. Таргульян В.О., Герасимова М.И. Вклад академика И.П. Герасимова в почвоведение (начало 1920-х - 1985 гг.) // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. № 81. С. 5-11.

Targulian V.O., Gerasimova M.I. The contribution of academician I.P. Gerasimov in soil science (early 1920s – 1985) // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2015. No. 81. P. 5–11. (in Russian).

10. Лебедева И.И. Гумусовые и карбонатные аккумуляции как диагностические критерии в черноземах Восточной Европы // Бюллетень Почвенного института им В.В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 3–18.

Lebedeva I.I. Humus and carbonate accumulations as diagnostic criteria in the chernozems of Eastern Europe // Byulleten' Pochvennogo instituta im V.V. Dokuchaeva. 2011. Vyp. 68. P. 3–18. (in Russian).

11. Костычев П.А. Почвы чернозёмной области России (их происхождение, состав и свойства) / Под ред. акад. А.Н. Соколовского. М.; Л.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937. 239 с.

Kostychev P.A. Soils of the chernozem region of Russia (their origin, composition and properties) / Pod red. akad. A.N. Sokolovskogo. M.; L.: OGIZ-Sel'hozgiz, 1937. 239 p. (in Russian).

12. Бабиков Б.В. Становление и развитие почвоведения // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. № 198. С. 281–287.

Babikov B.V. Formation and development of soil science // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoj akademii. 2012. no 198. P. 281–287 (in Russian).

13. Иванов А.П., Когут Б.М., Семёнов В.М., Тюрина Оберландер М., Ваксман Шанбахер Н. Развитие учения о гумусе и почвенном органическом веществе: от Тюрина и Ваксмана до наших дней // Бюллетень Почвенного института В.В. Докучаева. 2017. № 90. С. 3–38.

Ivanov A.P., Kogut B.M., Semyonov V.M., Tyurina Oberlander M., Waxman Shanbakher N. Development of the theory of humus and soil organic matter: from Tyurin and Waxman to the present day // Byulleten' Pochvennogo instituta im V.V. Dokuchaeva. 2017. No. 90. P. 3–38 (in Russian).

УДК 622(571.54)

ОТХОДЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА)

Дмитриева Н.Г.

ФГБУН «Байкальский институт природопользования СО РАН», Улан-Удэ, e-mail: Nbv984@yandex.ru

Развитие промышленных объектов, освоение новых месторождений увеличивают объемы всевозможных отходов производства, исчисляемые миллиардами тонн, ухудшая экологическое состояние природной среды. Не только функционирующие предприятия горнорудной промышленности несут вред окружающей среде и состоянию здоровья населения, проживающего в промышленных городах, не меньшую экологическую опасность в настоящее время представляют скопившиеся промышленные отходы прошлых лет. Данная статья посвящена проблеме экологических последствий промышленной деятельности горнодобывающего предприятия на примере Джидинского вольфрамо-молибденового комбината на территории Закаменска в Республике Бурятия. Интенсивное загрязнение природных вод и почв происходило на протяжении всей деятельности комбината. В непосредственной близости от селитебной застройки города Закаменска складировались огромные массивы техногенных песков промышленного производства Джидинского вольфрамомолибденового комбината. Их общая масса составляет более 40 млн тонн, которые в свое время и сейчас негативно воздействуют на экологическое состояние окружающей природной среды. Под воздействием техногенных отходов, образованных еще в период функционирования самого предприятия, находятся и водные объекты, в которых все еще содержатся различные вредные вещества, такие как кадмий, марганец, пагубно влияющие на современное состояние природной среды Закаменска. Река Модонкуль - главная водная артерия Закаменского района, которая подвергается интенсивному загрязнению химическими веществами. По результатам проведенного системного мониторинга за изменениями качества окружающей природной среды, показывающего техногенное загрязнение территории Закаменска, разработан и выполнен комплекс экологических мероприятий по ликвидации отходов и накопленного вреда окружающей среде. Отходы, которые находятся на территории Закаменска в виде техногенных песков, можно перерабатывать и использовать в различных отраслях, например в строительной индустрии. Имеется возможность получать новую высококачественную продукцию, которую можно будет поставлять на международные рынки.

Ключевые слова: Республика Бурятия, промышленные отходы, окружающая среда, хвостохранилище, экологические последствия, Джидинский вольфрамо-молибденовый комбинат, техногенные пески, месторождения полезных ископаемых, рекультивация, горнорудное производство, Закаменск

MINING WASTE (ON THE EXAMPLE OF THE DZHIDINSKY TUNGSTEN – MOLYBDENUM COMMINE)

Dmitrieva N.G.

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan – Ude, e-mail: Nbv984@yandex.ru

Development of industrial facilities and new fields increase the volume of all sorts of waste production, estimated by billions of tons, worsening the ecological state of the natural environment. Not only the functioning of mining industry is harmful to the environment and health of the population living in industrial cities, no less environmental danger is now represented by the accumulated industrial waste of the past years. This article deals with the environmental impact of the mining industry of Dzhida tungsten-molybdenum plant in the territory of Zakamensk in the Republic of Buryatia. Intensive contamination of natural waters and soils occurred throughout the plant's activities. In the immediate vicinity of the residential development of the city of Zakamensk, huge arrays of man-made sands of industrial production of Dzhida tungsten-molybdenum plant were stored. Their total weight is more than 40 million tons, which at the time and now negatively affect the ecological state of the natural environment. Under the influence of man-made waste are also water objects, which still contain various harmful substances, such as, cadmium, manganese, influence perniciously to the modern state of the natural environment of Zakamensk. The Modonkul River, the main waterway of the of the Zakamensk district, is subject to intense chemical contamination. As a result of the systematic monitoring of changes in the quality of the natural environment, showing man-made pollution of the territory of Zakamensk, the set of environmental measures to eliminate waste and accumulated damage to the environment has been developed and implemented. Waste, located in the territory of Zakamensk in the form of man-made sands can be processed and used in various industries, for example, in the construction industry. It is possible to obtain new high-quality products that can be delivered to international markets.

Keywords: Republic of Buryatia, waste, environment, tailings, environmental impacts, Dzida tungsten – molybdenum plant, technogenic sands, mineral deposits, senvironmental status, mining industry, Zakamensk

Развитие промышленных объектов, освоение новых типов месторождений полезных ископаемых увеличивает объемы промышленные отходов, которые исчисляются миллиардами тонн. Значительное количество отходов образуются в горнодобывающей промышленности, поскольку

при разработке и добыче месторождений нарушается целостность природной среды, образуются вскрышные породы, которые накапливаются в хвостохранилищах [1].

Развитие горнодобывающей деятельности в Республике Бурятия на современном этапе определяет как экономическую выгоду, так и неблагоприятное воздействие на окружающую среду. В Республике Бурятия наибольшее количество отходов образуется при добыче полезных ископаемых, в 2019 г. оно составило 95,0% [2].

Наносят вред окружающей среде предприятия, которые на сегодняшний день ведут добычу и разработку месторождений: ООО «Бурятская горнорудная компания», ООО «Восточно-Сибирская горная компания», АО «Разрез Тугнуйский», ООО «Угольный разрез», ПАО «Бурятзолото» и др.

Не меньшую опасность представляет закрытый Джидинский вольфрамо-молибденовый комбинат, в результате прошлой хозяйственной деятельности которого накопленные отходы представляют экологические проблемы, которые в свою очередь негативно влияют и на условия жизни населения [3].

Целью исследования являлось рассмотрение проблемы скопившихся отходов закрытого горнодобывающего предприятия на примере Джидинского вольфрамо-молибденового комбината и определение возможности переработки техногенных песков для их дальнейшего использования.

Материалы и методы исследования

При написании данной статьи применялся комплекс методов исследования: системный, сравнительно-географический, историко-географический. Были использованы журналы, статьи из сборников, интернет-ресурсы.

Результаты исследования и их обсуждение

В Республике Бурятия накоплено огромное количество отходов промышленности, оказывающих пагубное влияние на природные компоненты окружающей среды. Крупным промышленным предприятием прошлого времени был Джидинский комбинат (ДВМК), который являлся одним из ведущих по производству и добыче вольфрама, молибдена. За свою длительную производственную деятельность комбинат оставил после себя промышленные отходы, которые привели к интенсивному загрязнению атмосферного воздуха, почвы, и грунтовых вол

В результате экстенсивной добычи вольфрама и молибдена на территории Джидинского рудного района сформировался проблемный ареал экологического неблагополучия, выявленный в период работы над

территориальной комплексной схемой охраны природы (ТерКСОП) озера Байкал [4].

В разрабатываемых рудах Джидинского комбината содержались элементы второго и третьего классов опасности, что повлекло за собой негативные последствия экологического состояния всей территории г. Закаменска (рис. 1).



Рис. 1. Техногенные образования в виде песков

Особую опасность представляло хвостохранилище объемом 10,03 млн т отходов, которое на протяжении многих лет было источником загрязнения города Закаменска, реки Модонкуль и ее притока – ручья Инкур [5].

Карьерные, штольневые, подотвальные воды и техногенные пески хвостохранилищ являлись основными источниками загрязнения территории г. Закаменска. Площадь, занимаемая отходами, составляет около 700 га [6]. За период работы горнодобывающего предприятия отходы складировались в двух хвостохранилищах, первое — называемое Джидинским месторождением лежалых техногенных песков, непосредственно примыкало к промплощадке предприятия и к городу Закаменску. Второе хвостохранилище — гидроотвал, расположен в устье реки Барун-Нарын.

После закрытия комбината, в 2013 г. в Бурятии начались мероприятия по ликвидации экологических последствий деятельности комбината в рамках Федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал», рассчитанной до 2020 г. Были проведены мероприятия по вывозу техногенных песков, которые были перемещены из долины р. Модонкуль в хвостохранилище ручья Барун-Нарын. Техногенные пески являлись основным источником загрязнения окружающей среды токсичными элементами, их состав относится к наиболее стойким за-

грязнителям, посаженные здесь деревья неизбежно гибнут [7].

Вывоз песков и вскрытие свежих слоев обнажили борта песков. Воздушные потоки подхватывали вскрывшуюся свежую пыль, которая поднималась в воздух и разносилась по всему городу. На всей территории Закаменска появились песчаные бури, накрывающие улицы, дома, гаражи, детские площадки.

Все было засыпано опасной пылью, превышающей предельно допустимые концентрации взвешенных веществ. В результате ветрового переноса пыли с хвостохранилищ приземные концентрации достигали 15 ПДК [8].

Экологическая обстановка г. Закаменска на протяжении долгого времени оставалась неблагополучной. Одним из главных экологических последствий закрывшегося Джидинского комбината являлось распространение на большие расстояния пыли и химических веществ, которые негативно повлияли на здоровье местного населения Закаменска.

Согласно данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Бурятия в Закаменском районе за последние 3 года отмечается рост показателей общей заболеваемости с 35492,4 случая на 100 тыс. в 2016 г. до 35666,2 в 2018 г. [9].

После вскрытия слоев песка степень запыления г. Закаменска стала невыносимой для нормальной жизни населения (рис. 2, 3).

Окружающую среду Закаменска загрязняли карьеры, штольни, хвостохранилища, отвалы вскрышных пород. За последние годы проводились многочисленные иссле-

дования по негативному влиянию промышленной деятельности Джидинского комбината на современное состояние природной среды Закаменска, в том числе и водных объектов.

Анализ последних результатов исследований о состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2019 г. выявил, что в 9 районах республики, в том числе в Закаменском районе, доля населения, потребляющего недоброкачественную питьевую воду, выше показателей по республике [9].

Качество воды в р. Модонкуль в течение многих лет признается контролирующими органами чрезвычайно низким. Ретроспективный анализ имеющихся материалов по оценке состояния водотока — реки Модонкуль, свидетельствует о серьезной экологической проблеме — загрязнении реки Модонкуль вредными химическими веществами (кадмием, марганцем). В период работы предприятия в Модонкуль попадали шахтные, карьерные воды, ливневые стоки, смывающие загрязняющие вещества с лежалых хвостов комбината, расположенных на склоне долины реки.

В 2019 г. река Модонкуль стала интенсивно окрашиваться в ярко-оранжевый цвет. Источником ее загрязнения стала шахта закрытого вольфрамового рудника «Холтосон».

Роспотребнадзором были отобраны пробы воды для проведения микробиологического и химического анализа, в результате было обнаружено содержание загрязняющих химических веществ в р. Модонкуль, превышающее допустимые нормы от 10 до 50 раз по кадмию, меди, мышьяку, вольфраму [10] (рис. 4).



Рис. 2. Запыленность города песком



Рис. 3. Пыль от техногенных песков





Рис. 4. Река Модонкуль

Рис. 5. Расчищенное хвостохранилище

Исследование воды реки Модонкуль проводилось в 3 контрольных створах. В первом контрольном створе реки (в 2 км выше г. Закаменск) до впадения в нее шахтных вод содержание меди в 1,6 раза превышало значение ПДК [11].

Вредные вещества из реки попадают в р. Джиду, та, в свою очередь, впадает в Селенгу, которая является главным притоком Байкала, что несет серьезную опасность для озера.

Чтобы не допустить влияния р. Модонкуль на оз. Байкал, необходимо провести мероприятия по строительству сооружений для очистки шахтных вод штольни «Западная», очистку подотвальных вод р. Гуджирка, необходимы работы по предотвращению водной эрозии по левобережным и правобережным склонам долины Модонкуль.

На ликвидацию экологических последствий закрывшегося Джидинского комбината за счет внебюджетных источников реализованы работы на общую сумму 1 884 960 тысяч рублей в 2012—2019 гг. Также планируется реализовать в рамках ФЦП мероприятия «капитального характера» стоимостью реализации проектных решений 1,7 млрд рублей [12].

Согласно программе, которая была направлена на ликвидацию экологического ущерба, были проведены работы горнотехнической и биологической рекультивации земель (рис. 5).

Было вывезено более 2 млн кубометров техногенного песка и проведена рекультивация около 140 га. Построены временные дороги для вывоза техногенных песков с площади хвостохранилища. В 2012—2020 гг. выполнялись мероприятия по благоустройству города Закаменска в рамках ФЦП «Охрана озера Байкал и социально-

экономическое развитие Байкальской природной территории». В 2020 г. по ФЦП «Охрана озера Байкал» запланировано финансирование в 496,4 млн рублей. Будут продолжены мероприятия по ликвидации экологических последствий деятельности Холбольджинского угольного разреза, а также ликвидация экологических последствий Джидинского вольфрамо-молибденового комбината [13].

В целом экологические проблемы, связанные с образованием отходов, остаются не совсем решенными, т.к. на территории Закаменска все еще находятся песчаные отвалы с вредными отходами. Закрывшийся Джидинский вольфрамо-молибденовый комбинат не функционирует, однако население Закаменска до сих пор ощущает на себе последствия его деятельности.

Местные органы власти планировали ликвидировать штольные воды в Закаменске за счет строительства очистных сооружений. Но их строительство и эксплуатация очень дорогостоящая. И здесь необходимо привлечение частного инвестора и государства.

Заключение

На современном этапе необходимо отработать механизм частно-государственного партнерства для реализации проекта по переработке отходов и доизвлечению полезных компонентов на территории горно-обогатительного комбината. Сегодня во всем мире актуально перерабатывать промышленные отходы.

Многие развитые зарубежные страны практикуют политику сбережения минеральных ресурсов, при этом вовлекая в переработку техногенные месторождения, утилизируя отходы производства и раз-

рабатывая технологии переработки этих отходов.

Именно переработка и утилизация их необходимы, т.к. благодаря современным технологиям имеется реальная возможность получать новую высококачественную продукцию. Отходы, которые необходимо переработать, можно рационально использовать в различных сферах. Например, при производстве строительных материалов, в дорожном строительстве. Для производства строительных материалов пригодны не менее 30% вскрышных пород и отходов обогащения. Техногенные пески можно использовать в качестве заполнителей при получении бетонов.

По нашему мнению, есть большая вероятность возобновления промышленного производства на территории закрывшегося вольфрамо-молибденового комбината и открытие новых горнодобывающих предприятий, т.к. Закаменский район Республики Бурятия достаточно развит в промышленном плане, недра территории богаты различными полезными ископаемыми. Сохранились запасы вольфрамовых руд нижних горизонтов рудника Холтосон и карьера Инкур.

Список литературы / References

1. Давааахуу Нямдорж. Эколого-экономический SWOT — анализ деятельности КОО «Предприятие Эрдэнэт» // Теория и практика экономического регулирования природопользования и охраны окружающей среды: сб. трудов XX межд. научно-практ.конф. Рос. об-ва экологической экономики. М., 2015. С. 238–243.

Davaaau Nyamdorj. Eco-economic SWOT – analysis of the activities of the Company Erdenet // Teoriya i praktika ekonomicheskogo regulirovaniya prirodopol zovaniya i okhrany okruzhayushchey sredy: sb. trudov XX mezhd. nauchno-prakt. konf. Ros. ob-va ekologicheskoy ekonomiki. M., 2015. P. 238–243 (in Russian).

2. Министерство природных ресурсов Республики Бурятия: государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2019 году». [Электронный ресурс]. URL: http://www.minpriroda-rb.ru/ (дата обращения: 02.11.2020).

Ministry of Natural Resources of the Republic of Buryatia: State Report on the State and Environmental Protection of the Republic of Buryatia in 2019. [Electronic resource]. URL: http://www.minpriroda-rb.ru/ (address date: 02.11.2020) (in Russian).

3. Потравный И.М., Генгут И.Б., Даваахуу Н. Механизм создания и использования ликвидационных фондов при закрытии горнодобывающих предприятий // Недропользование. XXI век. 2016. № 1. С. 118–126.

Potravnyi I.M., Gengut I.B., Davaahuu N. The mechanism of creation and use of liquidation funds at the closure of mining enterprises // Nedropol'zovaniye. XXI vek. 2016. No. 1. P. 118–126 (in Russian)

4. Территориальная комплексная схема охраны природы озера Байкал. М.: Гипрогор, 1987.

Territorial integrated scheme of conservation of nature of Lake Baikal. M.: Giprogor, 1987 (in Russian).

5. Иванова О.А., Куклина Т.С. Экологические последствия добычи вольфрамовых руд (на примере Закаменского района Республики Бурятии) // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 3 (56). С. 95–101.

Ivanova O.A., Kuklina T.S. Environmental consequences of the extraction of tungsten ores (on the example of the zakamen district of the Republic of Buryatia) // Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektsii nauk o Zemle Rossiyskoy akademii yestestvennykh nauk. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdeniy. 2016. No. 3 (56). P. 95–101 (in Russian).

6. Экономика предприятия: Учебник для вузов / Под редакцией профессора В.Я. Горфинкеля, проф. В.А. Швандара. 4-е изд., переработанное и дополненное М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. С. 478–483.

Economics of the enterprise: textbook for universities / Edited by Professor VY. Gorfinkel, Prof. V.A. Schwandar. 4th, redesigned and supplemented by M.: UNITY-DANA, 2007. P. 478–483 (in Russian).

7. Информационный портал «Байкал—Lake». Экологические проблемы Закаменского района. [Электронный ресурс]. URL: http://www.baikal-center.ru/books/element. php?ID=1194 (дата обращения: 02.11.2020).

Baikal-Lake information portal. Environmental problems in the region. [Electronic resource]. URL: http://www. baikal-center.ru/books/element.php?ID=1194 (address date: 02.11.2020) (in Russian).

8. Министерство природных ресурсов Республики Бурятия: государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия». [Электронный ресурс]. URL: http://www.minpriroda-rb.ru/activity/index. php?SECTION_ID=921 (дата обращения: 02.10.2020).

Ministry of Natural Resources of the Republic of Buryatia: State Report on the State and Environmental Protection of the Republic of Buryatia. [Electronic resource]. URL: http://www.minpriroda-rb.ru/activity/index.php?SECTION_ID=921 (address date: 02.11.2020) (in Russian).

9. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Бурятия: государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Бурятия в 2019 г.». [Электронный ресурс]. URL: http://03.rospotrebnadzor.ru (дата обращения: 30.10.2020).

The Federal Service for Consumer Protection and Human Welfare for the Republic of Buryatia: State Report on the State of Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population in the Republic of Buryatia in 2019. [Electronic resource]. URL: http://03.rospotrebnadzor.ru (address date: 30.10.2020) (in Russian).

10. Информационное агентство «Байкал — Daily». В Бурятии в ставшей оранжевой реке загрязняющих веществ в 50 раз больше нормы. [Электронный ресурс]. URL: https://www.baikal-daily.ru/news/20/369395/ (дата обращения: 30.10.2020).

Baikal Daily news agency. In Buryatia, pollutants in the orange river are 50 times the norm. [Electronic resource]. URL: https://www.baikal-daily.ru/news/20/369395/ (address date: 30.10.2020) (in Russian).

11. Ульзетуева И.Д., Хахинов В.В., Корсун Л.Н., Митыпова О.А. Гидрохимическая характеристика воды реки Селенга // Вестник Бурятского государственного университета. 2009. № 3. С. 38–40.

Ulyzetuyeva I.D., Khakhinov V.V., Korsun L.N., Mitypova O.A. Hydrochemical characteristic of the selenga River water // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. No. 3. P. 38–40 (in Russian).

12. Информационное агентство «Восток Телеинформ». В Минприроды Бурятии рассказали, что происходит вокруг Джидинского комбината: интервью министра природных ресурсов Алексея Хандархаева. [Электронный ресурс]. URL: https://vtinform.com/podrobnosti/156764/ (дата обращения: 23.10.2020).

East Teleinform news agency. The Ministry of Natural Resources of Buryatia told what is happening around the Jidin plant: an interview with The Minister of Natural Resources Alexei Khandarkhayeva. [Electronic resource]. URL: https://vinform.com/podrobnosti/156764/ (address date: 23.10.2020) (in Russian)

13. Информационное агентство «Байкал—Daily». В Бурятии выделят полмиллиарда на ликвидацию экологического ущерба. [Электронный ресурс]. URL: https://news.myseldon.com/ru/news/index/219185045 (дата обращения: 08.11.2020).

Baikal-Daily news agency. In Buryatia, half a billion will be allocated to eliminate environmental damage. [Electronic resource]. URL: https://news.myseldon.com/ru/news/index/219185045 (address date: 08.11.2020) (in Russian).

УДК 911.2:504.06

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОМАССЫ И ПОЧВ В ФАЦИЯХ ХАРАНОРСКОГО ПОЛИГОНА-ТРАНСЕКТА ОНОН-АРГУНСКОЙ СТЕПИ

Дубынина С.С.

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

Даны количественные характеристики химических особенностей почвы, надземной, подземной и общей фитомассы геосистем Онон-Аргунской степи на Харанорском полигоне-трансекте. Наиболее распространенными геосистемами растительного покрова являются разнотравно-типчаковые и тырсово-пижмовые фации. Эти фации в целом определяются низкогорным рельефом, резко континентальным изменением климата. Для оценки климата исследуемого района анализировались атмосферные осадки и температура воздуха (данные метеостанции «Борзя»). Для достижения поставленной цели проведен сбор и анализ данных материалов растительного вещества (надземной и подземной массы). Выбор Харанорского полигонатрансекта обусловлен особенностями ландшафтной структуры, образуя ландшафтно-экологический ряд, где фации сопряжены друг с другом и позволяют анализировать закономерности функционирования геосистем. Каждая фация характеризуется вполне определенным содержанием химических элементов в растительном веществе и почве. Выявлено содержание микроэлементов в корнеобитаемом слое почвы в фациях полигона-трансекта, а также показано содержание элементов в почве к содержанию их к кларку литосферы (по А.П. Виноградову, 1952 г.). Показано, как специфична для почв магнево-кальцевая специализация, особенно для щелочноземельных элементов - стронция, бария. Установлено содержание микроэлементов в надземной и подземной массе, и показатели содержания этих элементов имеют свои особенности по фациям. Установлен порядок изучаемых микроэлементов в рядах биологического поглощения - А, для фитомассы фаций Харанорского полигона-трансекта Онон-Аргунской степи. Изучаемые элементы составляют следующие ряды фитомассы: надземная – Sr > Cu > Mn > Ba > Ni > Co > Pb > Cr > V > Ti; подземная – Cu > Ni> Mn > Sr > V > Pb > Ba > Cr > Co > Ti.

Ключевые слова: Забайкальский край, Онон-Аргунская степь, Харанорский полигон-трансект, геосистемы, фации, растительный и почвенный покров, надземная и подземная масса, микроклимат

LANDSCAPE-GEOCHEMICAL STUDIES OF PHYTOMASS AND SOILS IN THE FACIES OF THE HARANOR POLYGON-TRANSECT OF THE ONON – ARGUN STEPPE

Dubynina S.S.

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

Quantitative characteristics of chemical features of the soil, aboveground and underground mass of geosystems of the Onon-Argun steppe on the Haranor polygon-transect are given. The most common geosystems of vegetation cover are mixed grass-tipchak and tyrsovo-tansy facies. These facies are generally defined by low-mountain terrain and sharply continental climate change. To assess the climate of the study area, precipitation and air temperature were analyzed (data from the Borzya weather station). To achieve this goal, data collection and analysis of plant matter materials (aboveground and underground mass) was carried out. The choice of the haranor polygon-transect is determined by the features of the landscape structure, forming a landscape-ecological series, where facies are interfaced with each other and allow Analyzing the regularities of the functioning of geosystems. Each facies is characterized by a well-defined content of chemical elements in plant matter and soil. Identified trace elements content in root layer of soil facies polygon-transect, and also shows the contents of elements in soil to their content to the clark in the lithosphere (according to A.P. Vinogradov, 1952). Shown for soils magneto-kalcheva specialization, especiall for alkaline earth elements - strontium, barium. The content of trace elements in the aboveground and underground mass has been established, and the indicators of the content of these elements have their own facies characteristics. The order of the studied trace elements in the series of biological absorption - A, for the phytomass of facies of the Haranor polygon-transect of the Onon-Argun steppe is established. The studied elements comprise the following series of phytomass: aboveground – Sr > Cu > Mn > Ba > Ni > Co > Pb > Cr > V > Ti; underground – Cu > Ni > Mn > Sr > V > Pb > Ba > Cr > Co > Ti.

Keywords: TRANS-BAIKAL territory, Onon-Argun steppe, Haranor polygon-transect, geosystems, facies, vegetation and soil cover, aboveground and underground mass, microclimate

Ландщафтно-геохимические исследования в большей степени ориентированы на изучение концентрации химических элементов в природных ландшафтах и слагающих их взаимодействующих компонентов — растений и почв. Одним из таких направлений является геохимия, биогеохимия и экогеохимия ландшафтов, которое изуча-

ет поведение химических элементов и их соединений в элементарных ландшафтногеохимических системах локальной и региональной размерности [1; 2]. Содержание химических элементов с пересчетом на фитомассу позволяет наиболее полно выявить роль растительности как одного из ведущих компонентов геосистем. Изучение микро-

элементного состава: Ba, Sr, Mn, Cu, Ni, Zn, Cr, V, Co, Pb, Ti в почвах и растениях проводилось в фациях полигона-трансекта Харанорского стационара Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. В административном отношении территория стационара относится к Забайкальскому краю. В системе дробного ландшафтного районирования Харанорская степь в геоботаническом отношении входит в Борзинский район Онон-Аргунского горно-степного округа. Для изучения территории наиболее характерны разнотравно-типчаковые и тырсово-пижмовые степи. Эти степи в целом определяются низкогорным рельефом, резко континентальным изменением климата. Каждая фация характеризуется вполне определенной динамикой фитомассы (надземной и подземной), биологическим накоплением и обменом микроэлементами между растительностью и почвой в данной местности.

Цель исследования: выявить микроэлементный состав и показать взаимообмен их между почвой и растительным веществом надземной, подземной и общей фиотомассой в фациях Харанорского полигонатрансекта Онон-Аргунской степи.

Материалы и методы исследования

Сообшества степей Юго-Восточного Забайкалья приурочены в основном к пологим склонам южной и западной экспозиций. Пологие склоны северной экспозиции и вершинные поверхности заняты разнотравно-пижмовыми степями. вершинных участков характерны хамеродосово-типчаковые степи. Своеобразен растительный покров в днищах падей, нынешнего столетия, начиная с засушливого 2001 г. По мере иссушения почвы растительность падей постепенно сменяется остепненными лугами с большим количеством мезофильного разнотравья. Ранее после схода наледи здесь формировались чистые вейниковые луга. Вострецовые степи, характерные для степного Забайкалья, встречаются лишь небольшими участками по нижним частям склонов на мощных солонцеватых почвах. По склону юго-западной экспозиции степную растительность характеризуют разнотравно-тырсовые сообщества. Частота встречаемости видов крайне непостоянна, что обусловлено климатическими условиями и физическими свойствами почвы. На древней поверхности выравнивания, на вершине сопки доминируют ковыль байкальский и пижма сибирская, более приспособленные к изменяющимся условиям среды обитания, в данном случае речь идет о приспособленности растений к сухому климату. Особенно это коснулось травяного покрова склонов южной экспозиции. Так, на южном склоне частота встречаемости видов крайне непостоянна: наряду с ковылем байкальским увеличивается полынь холодная и полынь Гмелина, василистник малый и ирис мечевидный. В условиях иссушения территории южной экспозиции наблюдается смена разнотравно-тырсовых сообществ на разнотравно-тырсово-пижмовые вплоть до караганово-полынных сообществ [3].

Объектом исследований явились шесть фаций Харанорского полигона-трансекта. Образуя ландшафтно-экологический ряд, эти фации сопряжены друг с другом и дают возможность для детальных исследований микроэлементного состава почв и фитомассы (рис. 1).

Климат характеризуется резкой континентальностью, сочетающейся с недостаточным увлажнением, распространением многолетней мерзлоты, обилием солнечного света и отрицательными среднегодовыми температурами почвы. Распределение осадков по сезонам года крайне неравномерно, меняясь во времени от 150 до 520 мм. Среднегодовая температура воздуха -2,7°C, среднегодовое количество атмосферных осадков - 320 мм. Анализ материалов метеостанции «Борзя» за период 1955–2017 гг. показал, что в новом тысячелетии климат исследуемой территории значительно изменился: среднегодовое количество атмосферных осадков уменьшилось на 70 мм, а среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,1 °C (рис. 2).

Для оценки биологической продуктивности используются данные общего количества (запаса) растительного вещества и его составных частей надземной и подземной частей травостоя. Определение этих показателей геосистем проводилось общепринятыми методами [4]. Надземная масса растений учитывалась на площадках размером 0,25 м² методом укосов в 3-5-кратной повторности, и подземная масса - методом монолитов с глубины почвы 0-20 см. Образцы надземной и подземной массы, высушенные до абсолютно сухого состояния, взвешивались на электрических весах (ВЛТК-500) и были подвергнуты зольному анализу в муфельной печи при температуре 500°С. Количественный химический анализ более 180 образцов почв и золы фитомассы выполнен в лицензированном химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в 2010 г. на атомноэмиссионном спектрографе ДФС-8-2 с дифракционной решеткой, где концентрации микроэлементов определялись по абсолютным почернениям аналитических линий с учетом фона. Также определялись на спектрометрах: атомно-эмиссионном с индуктивно связанной плазмой Optima 2000 DV и атомно-абсорбционном с прямой электротермической атомизацией проб Analyst 400 фирмы Perkin Elmer.



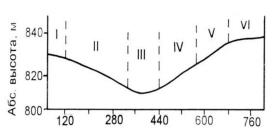


Рис. 1. Топологические подразделения – степные фации Харанорского полигона-трансекта

Степные фации: I — литоморфная хамеродосово-типчаковая фация с проективным покрытием 35—40%, доминанты — Chamaerhodos trifida, Festuca lenensis, почва — чернозем бескарбонатный слаборазвитый каменистый. II — красоднево-пижмовая денудационно-аккумулятивная поверхность северного склона с проективным покрытием 40—60%, доминанты — Hemerocallis minor, Tanacetum sibiricum, почва — чернозем мучнисто-карбонатный маломощный. III — злаково-разнотравная луговая полугидроморфная днища пади с проективным покрытием 80—90%, доминанты — Aneurolepidium pseudoagropyrum, Carex duriuscula, Artemisia vulgaris, почва — лугово-черноземная мощная мерзлотно-бескарбонатная. IV — вострецово-тырсовая нижней части южного склона с проективным покрытием 50—70%, доминанты — Aneurolepidium pseudoagropyrum, Stipa baicalensis, Koeleria cristata, почва — чернозем мучнисто-карбонатный глубоковскипающий солонцеватый маломощный. V — разнотравно-тырсовое сообщество, средняя часть южного склона с проективным покрытием 70—80%, доминанты — Stipa baicalensis, Carex pediformis, Festuca lenensis, почва — чернозем мучнисто-карбонатный обычный солонцеватый среднемощный. VI — тырсово-пижмовая на древней поверхности выравнивания с проективным покрытием 50—60%, доминанты — Stipa baicalensis, Carex pediformis, Tanacetum sibiricum, почва — чернозем мучнисто-карбонатный маломощный глубоковскипающий.

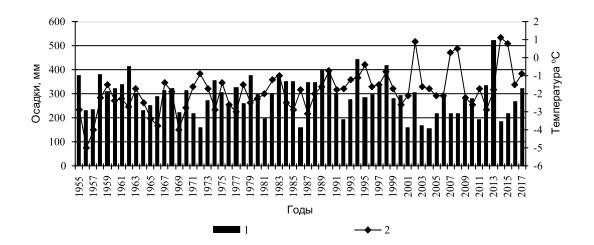


Рис. 2. Годовые показатели гидротермических условий Онон-Аргунской степи (данные метеостанции «Борзя»): 1 — сумма атмосферных осадков за год; 2 — средняя температура воздуха за год

Результаты исследований и их обсуждение

Содержание микроэлементов в растениях, прежде всего, зависит от уровня содержания их в почве, а также от степени их доступности. Количество доступных элементов находится в зависимости от реакции почвы, ее окислительно-восстановительного потенциала, от деятельности микроорганизмов и в очень большой степени от условий климата. В табл. 1 приведено содержание микроэлементов в корнеобитаемом слое почвы в фациях полигонатрансекта Харанорской степи. Щелочноземельные элементы почв Онон-Аргунской степи - барий, стронций. Их содержание повышено в подчиненных фациях вострецово-тырсовой (ф. IV), а для бария и в днище пади (ф. III), что свидетельствует о биогенном накоплении. Для этих почв специфична магниево-кальциевая специализация, с несколько различающимся набором микроэлементов, в том числе стронция и бария [5].

Отношение содержания элемента в почве к их содержанию в земной коре, при расчете использовались кларки литосфепредложенные А.П. Виноградовым (1952 г.). Содержание бария, стронция равны кларку литосферы, только с небольшим превышением стронция в вострецово-тырсовой фации (ф. IV) в 1,3 раза. В почвах, подстилаемых карбонатными породами, элементы Mn, Cr, Ni, Cu, Co в данной геохимической обстановке присутствуют в меньшем количестве почти в 2 раза, а Ti – 1,3 раза, зато свинец (Pb) в 1,8 раза больше на красоднево-пижмовой фации (ф. II). Содержание ванадия (V) самое высокое по сравнению с кларком литосферы - почти в 2,8 раза в вострецово-тырсовой фации (ф. IV). Содержание меди накапливается больше в полугидроморфной фации днища пади (ф. III), содержание никеля - существенных изменений по всему профилю не наблюдается. В карбонатных горизонтах в щелочной среде и солончаках степей при рН (8,2–10,0) никель становится малоподвижен и из почв не выносится. По результатам исследования других авторов в пределах административных районов Забайкальского края, дана оценка современного состояния природно-антропогенной среды на территории около пос. Хапчеранга, где добыча олова уже не ведется более 40 лет, а в грунтах не заросших до сих пор отвалов обнаружено повышенное содержание марганца, меди, свинца, никеля. Содержание марганца превышает ПДК в 1,8 раза, свинца – в 11, меди – в 2,5 раза по сравнению с фоном [6; 7].

На фациях Харанорского полигонатрансекта рассматривается дифференцированное распределение микроэлементов по компонентам – в надземной и подземной массе (табл. 2).

Содержание хрома, никеля, ванадия и кобальта заметно меньше в золе надземной массы в хамеродосово-типчаковой фации. Титан, свинец в этом сообществе выше по содержанию в сравнении с другими фациями. Данные, полученные в хамеродосово-типчаковой фации, подтверждают хорошую миграционную подвижность марганца. Марганец аккумулируется в надземной массе (ф. I, III, IV).

Таблица 1 Среднее содержание микроэлементов в черноземных почвах в слое почвы 0–50 см полигона-трансекта Харанорской степи (% на прокаленную почву)

Фации	Медь	Строн- ций	Хром	Ванадий	Никель	Кобальт	Барий	Свинец	Марганец	Титан
	Содержание микроэлементов в фациях полигона-трансекта, в толще слоя 0–100 см									
I	0,0027	0,034	0,0051	0,0073	0,0045	0,0011	0,063	0,0027	0,068	0,34
II	0,0019	0,028	0,0050	0,0074	0,0034	0,0010	0,062	0,0030	0,056	0,37
III	0,0024	0,025	0,0044	0,0076	0,0023	0,0009	0,068	0,0027	0,054	0,38
IV	0,0025	0,042	0,0037	0,0080	0,0032	0,0010	0,066	0,0025	0,055	0,39
V	0,0022	0,029	0,0033	0,0069	0,0024	0,0009	0,063	0,0023	0,066	0,39
VI	0,0020	0,032	0,0026	0,0054	0,0026	0,0008	0,064	0,0028	0,053	0,32
Глубина		Средне	е содерж	ание микро	элементо	в в слое п	очвы Ха	ранорско	й степи	
0–50 см	0,0023	0,032	0,0040	0,0071	0,0029	0,0009	0,064	0,0026	0,058	0,36
Кларк		Содер	жание мі	икроэлемен	тов в поч	вах по А.Г	І. Виног	радову (1	952 г.)	
почвы	0,0047	0,034	0,0083	0,0029	0,0058	0,0018	0,065	0,0016	0,100	0,45

Таблица 2 Среднее содержание микроэлементов в надземной и подземной массе полигона-трансекта Харанорской степи (% в золе)

Фации	Медь	Строн- ций	Хром	Ванадий	Никель	Кобальт	Барий	Свинец	Марганец	Титан			
		Содержание микроэлементов в фациях полигона-трансекта (надземная масса)											
I	0,0040	0,0949	0,0035	0,0025	0,0020	0,0004	0,0618	0,0035	0,1765	0,0764			
II	0,0037	0,0634	0,0032	0,0036	0,0032	0,0008	0,0695	0,0028	0,0721	0,0305			
III	0,0071	0,1182	0,0048	0,0042	0,0042	0,0010	0,1106	0,0026	0,1805	0,0281			
IV	0,0070	0,1090	0,0045	0,0063	0,0031	0,0014	0,1171	0,0020	0,1134	0,0372			
V	0,0069	0,1236	0,0030	0,0034	0,0041	0,0008	0,0587	0,0025	0,0848	0,0245			
VI	0,0049	0,1203	0,0046	0,0033	0,0044	0,0010	0,0505	0,0027	0,0649	0,0276			
Средняя	0,0056	0,1049	0,0039	0,0039	0,0035	0,0009	0,0780	0,0027	0,1154	0,0374			
Фации		Содержан	ие микро	элементог	в фациях	к полигона	а-трансе	кта (подз	емная масса))			
I	0,0068	0,0542	0,0041	0,0079	0,0039	0,0007	0,0738	0,0035	0,1121	0,0218			
II	0,0052	0,0380	0,0041	0,0081	0,0059	0,0006	0,0993	0,0032	0,0572	0,0224			
III	0,0130	0,0583	0,0059	0,0124	0,0066	0,0011	0,0903	0,0029	0,2013	0,0296			
IV	0,0068	0,0369	0,0039	0,0068	0,0045	0,0010	0,0848	0,0030	0,1230	0,0336			
V	0,0088	0,0529	0,0048	0,0073	0,0052	0,0006	0,0521	0,0031	0,1089	0,0213			
VI	0,0066	0,0490	0,0052	0,0116	0,0074	0,0009	0,0520	0,0041	0,0877	0,0304			
Средняя	0,0079	0,0482	0,0047	0,0091	0,0056	0,0007	0,0754	0,0031	0,1050	0,0265			
Глубина		Средне	ее содерж	кание микр	оэлемент	ов в слое	почвы Х	Каранорсь	ой степи				
0–50 см	0,0023	0,032	0,0040	0,0071	0,0029	0,0009	0,064	0,0026	0,0580	0,3600			
Кларк		Содержа	ние микр	оэлементо	в в золе р	астений п	о А.П. Е	Виноградо	ову (1952 г.)				
растений	0,0050	0,0200	0,0050	0,0010	0,0010	0,0004	0,0100	0,0010	0,100	0,0450			

Больше всего стронция - щелочноземельного элемента содержится в разнотравнотырсовой злаковой фации (ф. V), а бария в вострецово-тырсовой фации (ф. IV), это объясняется условиями максимального скопления карбонатов. Сравнение полученных данных с кларками для растений по щелочноземельным элементам – барий, стронций в надземной массе - показывает, что барий содержится в количестве большем, чем кларк, в 7 раз, а стронций в 5 раз. Хотя наблюдаем противоположную картину по содержанию стронция в корневой массе. Содержание Sr в подземной части ниже в 2 раза, чем в надземной массе. Среднее содержание бария в надземной и подземной массе равно. Марганец, ванадий аккумулируется больше всего в днище пади (ф. III). Для изучаемых элементов характерна неоднородность распределения их по профилю. Больше всего меди в корневой массе скапливается в разнотравно-тырсовом сообществе (ф. V). Никеля, кобальта и свинца – в тырсово-пижмовой фации (ф. VI). Перечисленные элементы в подземной массе (корневая часть) показывают, во сколько раз они больше кларковых значений для растений: Mn-10.5; Ni-5.6; Pb-4.0; Cu-2.6; Co-2.3; Ti-0.58 раза.

Среднее содержание многих химических элементов Харанорской степи в золе фитомассы отличается от их содержания в почве: растения способны избирательно поглощать и накапливать их из почвы. Отношение содержания элемента в растениях к содержанию в почве характеризуется коэффициентом биологического поглощения — A_{χ} [8].

Прямой зависимости между содержанием химических элементов в почве и золе растений не наблюдается. Чем выше валовое содержание элементов в почве, тем ниже их в растениях и наоборот. Вычислив — $A_{\rm x}$ для каждого из элементов и расположив элементы в порядке убывания этой величины, получили ряды биологического поглощения (табл. 3).

Таблица 3

Ряды биологического поглощения микроэлементов

]	Место эле	емента в р	ядах и их	значени	e						
Фации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
	P	Ряды биологического поглощения фитомассой в фациях полигона-трансекта												
I	Mn	Cu	Sr	Pb	Ва	Ni	Cr	V	Co	Ti				
	2.49	2.35	2.33	1.35	106	1.00	0.95	0.73	0.67	0.41				
II	Cu	Ni	Sr	Ba	Pb	Mn	Cr	V	Co	Ti				
	2.00	1.59	1.58	1.55	1.19	1.12	0.93	0.83	0.78	0.74				
III	Cu	Mn	Sr	Ni	Ba	Cr	Co	V	Pb	Ti				
	4.39	3.29	2.76	2.28	1.57	1.35	1,22	1.17	1.12	0.81				
IV	Cu	Sr	Mn	Ba	Co	Ni	Pb	Cr	V	Ti				
	3.00	2.27	2.04	1.58	1.33	1.31	1.12	1.05	0.93	0.92				
V	Cu	Sr	Ni	Mn	Pb	Cr	Ba	Co	V	Ti				
	3.43	2.76	1.79	1.67	1.12	0.98	0.81	0.78	0.76	0.64				
VI	Sr	Cu	Ni	Pb	Mn	Cr	Co	V	Ba	Ti				
	2.65	2.48	2.03	1.35	1.32	1.23	1.11	1.06	0.81	0.80				
]	Место эле	емента в р	ядах и их	значени	e						
Надземная	Sr	Cu	Mn	Ba	Ni	Co	Pb	Cr	V	Ti				
масса	3.28	2.43	2.00	1.22	1.21	1.00	1.04	0.98	0.55	0.10				
Подземная масса	Cu	Ni	Mn	Sr	V	Pb	Ba	Cr	Co	Ti				
	3.43	1.93	1.81	1.51	1.28	1.19	1.17	1.16	0.78	0.07				

Среди изученных микроэлементов в рядах биологического поглошения фаций полигона-трансекта по степени аккумуляции медь занимает первое место. По накоплению меди изучаемые фации можно расположить в следующий ряд: III > V > IV > VI > I > II. За медью следует марганец, затем стронций, никель, барий, и последнее место по накоплению занимает титан. По фациям показатели по накоплению титана изменяются в небольшой степени за исключением полугидроморфной фации днища пади и вострецово-тырсовой фации, где господствует луговая растительность. Фации по накоплению титана составляют следующий ряд: VI > III > VI > II > V > I. Все исследуемые химические элементы степных фаций Харанорского полигона-трансекта по степени их накопления разделяются на следующие ряды: для надземной массы – Sr > Cu > > Mn > Ba > Ni > Co > Pb > Cr > V > Ti; для подземной массы – Cu > Ni > Mn > Sr >> V > Pb > Ba > Cr > Co > Ti.

Заключение

Проведенные исследования на Харанорском полигоне-трансекте Онон-Аргунской степи позволили оценить содержание микроэлементов в надземной и подземной части и в почве фаций и выявить избирательную способность поглощения элемента из почвы. Показатели для каждого элемен-

та имеют свои особенности. Так, наибольшее количество стронция, меди, марганца, бария накапливается в надземной массе. Элементы в подземной массе показывают, во сколько раз они больше кларковых значений для растений: Mn-10,5; Ni-5,6; Pb-4,0; Cu-2,6; Co-2,3; Ti-0,58 раза. Изучаемые элементы по показателям накопления — A_x составляют следующие ряды: для надземной массы — Sr>Cu>Mn> > Ba>Ni>Co>Pb>Cr>V>Ti; для подземной массы — Cu>Ni>Mn> Sr>V> > Pb>Ba>Cr>Co>Ti.

Список литературы / References

1. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального унта, 2013. 388 с.

Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes. Rostov n/D.: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo un-ta, 2013. 388 p. (in Russian).

2. Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов. М.: И.П. Филимонов М.В., 2013. 208 с.

Kasimov N.S. Ecogeochemistry of landscapes. M.: I.P. Filimonov M.V., 2013. 208 p. (in Russian).

3. Дубынина С.С. Пространственно-временная изменчивость растительности степей Юго-Восточного Забайкалья // Мониторинг и прогнозирование вещественнодинамического состояния геосистем Сибирских регионов. Новосибирск: Наука, 2010. С. 48–64.

Dubynina S.S. Spatial and temporal variability of vegetation in the steppes of South-Eastern Transbaikalia // Monitoring and forecasting of the real-dynamic state of geosystems in Siberian regions. Novosibirsk: Nauka, 2010. P. 48–64 (in Russian).

4. Титлянова А.А. Методология и методы изучения продукционно-деструкционных процессов в травяных экосистемах // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. Изд. 2-е, исправ. и доп. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. С. 6–14. DOI: 10.31251/978-5-600-02350-5.

Titlyanova A.A. Methodology and methods for studying production and destruction processes in grass ecosystems // Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and environmental features. Ed. 2nd, corrected and supplemented. Novosibirsk: IPA SB RAS, 2018. P. 6–14. DOI: 10.31251/978-5-600-02350-5 (in Russian).

5. Давыдова Н.Д. Биохимическая специализация растений степных геосистем Онон-Аргунского междуречья // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 93–99.

Davydova N. D. Biochemical specialization of plants of steppe geosystems of the Onon-Argun interfluve // Geografiya i prirodnyye resursy. 2012. No. 3. P. 93–99 (in Russian).

6. Доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2011 год. Чита: Экспресс-изд-во, 2012. С. 31.

Report on the environmental situation in the TRANS – Baikal territory for 2011. Chita: Express publishing house, 2012. P. 31 (in Russian).

7. Шеховцов А.И., Белозерцева И.А. Экологические проблемы добычи редкоземельных элементов в Юго-Восточном Забайкалье // Успехи современного естествознания. 2016. № 12–1. С. 222–227.

Shekhovtsov A.I., Belozertseva I.A. Ecological problems of rare earth elements extraction in South – Eastern Transbaikalia // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2016. No. 12–1. P. 222–227 (in Russian).

8. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. М.: Изд-во «Недра», 1968. 329 с.

Perelman A.I. Geochemistry of epigenetic processes (hypergenesis zone). M.: Nedra, 1968. 329 p. (in Russian).

УДК 504.064.2:504.455:502.62(470.341)

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДЫ ОЗЕР ЗАВОЛЖЬЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ, ИМЕЮЩИХ СТАТУС ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Козлов А.В., Маркова Д.С., Бодякшина М.А., Клочков Е.А., Захарова А.А., Савинов М.И.

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

Работа содержит первичный эколого-геохимический анализ воды из озер левобережной части Нижегородской области, которые являются объектами особо охраняемых природных территорий региона. В условиях современного состояния водных объектов, находящихся на антропогенно изменяемой местности, выявление естественного экологического фона воды является острой задачей, поскольку хроническое загрязнение водоемов промышленными и коммунально-бытовыми отходами зачастую не позволяет определить уровень концентраций естественных компонентов, а кумуляция в воде поллютантов способна нарушать их природные биогеохимические циклы. Проведение данных исследований позволит определить уровень естественных концентраций веществ в водах, в том числе определенных геохимическими особенностями территории. Пробы воды отбирались осенью 2019 г. из озер Титковское, Кочешковское, Светлояр, Нестиар, Спасское и Юрасовское, которые анализировались по базовым показателям эколого-геохимической характеристики водоемов пресной категории. В целом по водам изученных водоемов была выявлена примерно одинаковая тенденция в содержании веществ базового состава, среди которых нейтральная кислотность в диапазоне 6,04-7,78 ед. рН, мягкая и средняя жесткость в диапазоне 0,19-5,95 мг-экв./л, ультрапресная и пресная минерализация в диапазоне 20-232 мг/л (за исключением повышенно минерализованной воды из Спасского и Юрасовского озер), обусловленная преимущественно гидрокарбонат-анионами (15,4-134,2 мг/л), а также сульфатами (34-215 мг/л) и хлоридами (2,0-36,8 мг/л). Относительно повышенное содержание общего железа (0,44-0,60 мг/л) обусловлено активной миграцией ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в подземные и поверхностные воды из почвенного покрова и литологической основы. Выявленные уровни показателей являются типичными для природных водных объектов, расположенных на территории естественного подзолистого педогенеза южно-таежной зоны. Для понимания целесообразности использования полученных данных в региональном экологическом мониторинге водных объектов в качестве водоемов с естественным геохимическим фоном необходимо проведение данных исследований в сезонной динамике.

Ключевые слова: природные водоемы, Нижегородская область, особо охраняемая природная территория, эколого-геохимическая характеристика водоема, естественный геоэкологический фон региона

ECOLOGY-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF LAKE WATER OF THE ZAVOLZHYE OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION WITH THE STATUS OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS

Kozlov A.V., Markova D.S., Bodyakshina M.A., Klochkov E.A., Zakharova A.A., Savinov M.I.

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

The work contains primary environmental and geochemical analysis of water from lakes of the left-bank part of the Nizhny Novgorod region, which are objects of specially protected natural areas of the region. In current state of water bodies located in anthropogenic areas, identification of natural ecological background of water is an urgent task, since chronic pollution of water bodies by industrial and municipal waste often does not allow determining, level of concentrations of natural components, and accumulation of pollutants in water can disrupt their natural biogeochemical cycles. These studies will determine level of natural concentrations of substances in waters, including those determined by geochemical characteristics of territory. Water samples were taken in the fall of 2019 from the lakes Titkovskoe, Kocheshkovskoe, Svetloyar, Nestiar, Spasskoe and Yurasovskoe, which were analyzed according to basic indicators of ecological and geochemical characteristics of fresh water bodies. In general, for waters of studied reservoirs, approximately same trend was found in content of substances of base composition, among which neutral acidity in range of 6,04-7,78 units pH, mild and average stiffness in range of 0,19-5,95 mg-eqv./l, ultra-press and fresh mineralization in range of 20-232 mg/l (with the exception of highly mineralized water from Spasskoe and Yurasovskoe lakes), due mainly to hydrogen carbonate anions (15,4-134,2 mg/l) and sulphates (34-215 mg/l) and chlorides (2,0-36,8 mg/l). The relatively increased content of total iron (0,44-0,60 mg/l) is due to active migration of Fe^{2+} and Fe^{3+} ions into underground and surface waters from soil cover and lithological base. The revealed levels of indicators are typical for natural water bodies located on territory of natural podzolic pedogenesis of southern taiga zone. In order to understand feasibility of using obtained data in regional environmental monitoring of water bodies as bodies of water with a natural geochemical background, it is necessary to conduct these studies in seasonal dynamics.

Keywords: natural reservoirs, the Nizhny Novgorod region, specially protected natural area, ecological and geochemical characteristics of the reservoir, natural geoecological background of the region

Основным предназначением особо охраняемых природных территорий (далее – OOПТ) является сохранение генетического

разнообразия обитающей биоты, резервация определенных природных ресурсов, поддержание экологического баланса местности,

представление максимального биогеоценотического разнообразия местных биомов, а также они служат объектами научного изучения эволюции отдельных видов флоры и фауны, объектов экотопа (почвенный покров, поверхностные и подземные воды) и в целом экосистемы [1, 2].

В Нижегородской области существует более 400 различных ООПТ площадью почти 480 тыс. га, среди которых имеются объекты федерального, регионального и местного значения. Среди охраняемых территорий более 350 тыс. га расположено на землях лесного фонда. Также отличительной особенностью региона является наличие охранного статуса более чем у 90 болот, озер и водоемов [3], что определяет интерес к их изучению как объектов нетронутой природы и сохраняемого состояния гидросферы [4–6].

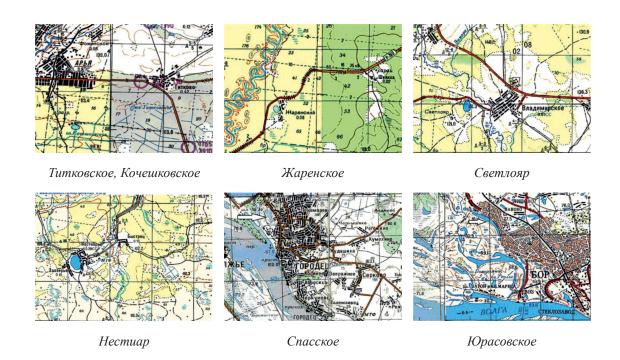
Природное озеро как условно постоянный естественный водный объект, как правило, характеризуется очень низкой временной гидрологической динамикой и малым эколого-гидрохимическим обновлением вещества в толще воды, а его внутренние течения зачастую не являются преобладающими факторами в определении гидрологического режима [7–10]. В связи с этим химическое состояние водоемов, пребывающих в условиях естественных охраняемых биогеоценозов, характеризует базовые геоэко-

логические свойства территории, а уровень концентраций его типовых компонентов может служить в качестве регионального экологического фона. В условиях современного состояния объектов окружающей среды и, в частности, водных объектов, пребывающих на антропогенно изменяемых территориях [11, 12], выявление данного экологического фона является острой задачей, поскольку хроническое загрязнение водоемов промышленными и коммунально-бытовыми отходами зачастую не позволяет определить уровень концентраций естественных компонентов, а техногенный привнос в воды поллютантов способен нарушать их природные биогеохимические циклы [13, 14]. Проведение данных исследований позволит определить уровень естественных концентраций веществ в водах, в том числе определенных геохимическими особенностями территории.

Цель исследования: первичная характеристика эколого-геохимических свойств воды озер, имеющих категорию ООПТ, расположенных в Заволжье Нижегородской области.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования явились воды охраняемых озер, расположенных на южнотаежной территории Заволжья в Нижегородской области (рисунок).



Расположение исследуемых озер на различных территориях Заволжья Нижегородской области

Озера Титковское и Кочешковское представляют собой памятник природы регионального значения и расположены в Уренском районе. Общая площадь ООПТ — 375,4 га, расположены в массиве высоковозрастных темнохвойных лесов и низинных древесных болот южно-таежной подзоны. Оба озера имеют почти округлую форму с глубиной до 10–12 м. Жаренское озеро также является памятником природы регионального значения, оно расположено в Краснобаковском районе области. Площадь охранной территории составляет 13,6 га.

Озеро Светлояр является государственным природным памятником федерального значения. Озеро расположено в Воскресенском районе, площадь ООПТ составляет 12,0 га. Озеро имеет округлую форму и расположено в подзоне южной тайги. Озеро Нестиар является государственным памятником природы регионального (областного) значения, расположено также в Воскресенском районе области. Площадь охранной зоны составляет 29,9 га.

Спасское озеро расположено в Городецком районе области и является памятником природы регионального значения. Площадь ООПТ — 10,6 га. Озеро Юрасовское является охраняемым природным комплексом регионального значения и расположено в г. Бор Борского района. Общая площадь ООПТ составляет 15,6 га.

Все исследуемые озера расположены на территории южно-таежной подзоны, для которой свойственен преимущественно хвойный фитоценоз с примесями широколиственного древостоя различной фитоценотической вариации. Условия данной территории определяют некоторые особенности вертикальной миграции веществ в почвенном покрове и, как следствие, обуславливают повышенное содержание в поверхностных и подземных водах соединений кремния, солей алюминия, марганца и железа, в анионном составе - содержание гидрокарбонатов и в более низких концентрациях - содержание сульфат- и хлориданионов [15]. Аналогичные особенности эколого-гидрохимического состава характерны для вод рек, протекающих по территории Керженского заповедника [16].

Пробы воды отбирались в сентябре 2019 г. и доставлялись в Эколого-аналитическую лабораторию мониторинга и защиты окружающей среды при НГПУ им. К. Минина, где впоследствии подвергались анализу в течение трех дней после отбора.

При помощи батометра гидрологического БГ-1,0 из каждого озера было отобрано по 4 пробы, каждая объемом 2 л. Из озер Титковское и Кочешковское было отобрано по 2 пробы по 2 л. Далее в пробах определяли множество показателей экологического состояния и гидрохимического режима, среди которых имелись кислотность (водородный показатель) - потенциометрическим методом, общая минерализация - кондуктометрией, содержание гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов - классическими титриметрическими методами, содержание общего железа – спектрофотометрическим методом [15]. Химико-аналитическое основание выполняемых анализов соответствовало современным нормативным методическим требованиям. Аналитическая повторность в измерениях - трехкратная, статистическую обработку полученных данных проводили методом вариационного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные таблицы отражают уровень показателей эколого-геохимического состояния озер, обследованных в Заволжской территории Нижегородской области.

Водородный показатель воды всех озер в целом находился на нейтральном уровне, несущественно изменяясь от слабокислого (6,04 и 6,86 ед. рН соответственно у воды озера Жаренское и Нестиар) до слабощелочного (7,51 и 7,78 ед. рН — у воды озера Спасское и Юрасовское) диапазона. Отсутствие сдвигов рН вод в сильнокислую или щелочную сторону, а также очень низкая вариабельность уровня кислотности в водоемах свидетельствует о наличии низких концентраций гидролитически кислых или щелочных веществ, а также об устойчивом состоянии кислотно-основных процессов, протекающих в толще воды всех озер.

Общая жесткость воды заметно различалась по озерам. Так, если озера Титковское и Кочешковское, а также Жаренское, Светлояр и Нестиар характеризовались мягкими водами с соответствующим уровнем показателя (2,69; 0,19; 1,30 и 1,16 мг-экв/л), то воды озера Спасское и Юрасовское относились к среднему уровню жесткости, в которых показатель варьировал в диапазонах соответственно 5,75–5,90 и 5,80–6,10 мг-экв/л. В условиях территории таежной зоны данный показатель обусловлен в том числе содержанием гидрокарбонатов и согласуется с уровнем общей минерализации воды.

Концентрация гидрокарбонат-аниона, преимущественно определяющего жесткость местных вод, оказалась наименьшей в водах Жаренского озера (13,2–17,6 мг/л), находилась на среднем уровне в водах озера Светлояр (66,0–74,8 мг/л) и имела наибольшие значения в водах озер Титковское и Кочешковское (110,0–167,2 мг/л), Спасское (123,2–127,6 мг/л) и Юрасовское (127,6–140,8 мг/л).

Вариабельность базовых показателей эколого-геохимического состояния в водах охраняемых озер Заволжья в Нижегородской области (2019 г.)

Показатель	Min	Max	M	m	V,%	ПДК
1	2	3	4	5	6	7
	Гитковское	озеро / Коче	шковское оз	гро		
Кислотность (рН), ед. рН	7,10	7,40	7,24	0,07	2	6,5–8,5
Жесткость общая, мг-экв./л	1,95	3,45	2,69	0,43	32	7,0
Минерализация, мг/л	171	290	232	33	28	1000
Гидрокарбонаты (HCO_3^-), мг/л	110,0	167,2	134,2	15,5	23	500
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	60	110	83	10	25	500
Хлориды (Cl ⁻), мг/л	1,5	2,5	2,0	0,2	20	350
Железо общее (Fe), мг/л	0,55	0,67	0,60	0,03	11	0,3
	λ	Каренское оз	веро			
Кислотность (рН), ед. рН	5,90	6,16	6,04	0,05	2	6,5–8,5
Жесткость общая, мг-экв./л	0,15	0,25	0,19	0,02	26	7,0
Минерализация, мг/л	19	22	20	1	7	1000
Гидрокарбонаты (HCO ₃ -), мг/л	13,2	17,6	15,4	1,3	16	500
Сульфаты (SO_4^{2-}), мг/л	28	44	34	4	21	500
Хлориды (Cl ⁻), мг/л	1,5	3,6	2,5	0,5	38	350
Железо общее (Fe), мг/л	0,46	0,56	0,50	0,02	9	0,3
	(Эзеро Светл	ояр			
Кислотность (рН), ед. рН	7,10	7,20	7,17	0,02	1	6,5–8,5
Жесткость общая, мг-экв./л	1,25	1,35	1,30	0,02	3	7,0
Минерализация, мг/л	124	170	138	11	16	1000
Гидрокарбонаты (НСО,-), мг/л	66,0	74,8	70,4	1,8	5	500
Сульфаты (SO_4^{2-}), мг/л	18	96	47	18	75	500
Хлориды (Cl ⁻), мг/л	2,5	3,5	3,0	0,2	14	350
Железо общее (Fe), мг/л	0,49	0,54	0,51	0,01	4	0,3
		Озеро Нест	иар			
Кислотность (рН), ед. рН	6,80	6,90	6,86	0,02	1	6,5–8,5
Жесткость общая, мг-экв./л	1,10	1,25	1,16	0,03	5	7,0
Минерализация, мг/л	129	135	132	1	2	1000
Гидрокарбонаты (НСО, -), мг/л	52,8	66,0	61,6	3,1	10	500
Сульфаты (SO_4^{2-}), мг/л	50	76	63	7	21	500
Хлориды (Cl ⁻), мг/л	5,0	5,5	5,4	0,1	5	350
Железо общее (Fe), мг/л	0,46	0,48	0,47	0,01	2	0,3
		Спасское озв	гро			
Кислотность (рН), ед. рН	7,15	7,70	7,51	0,12	3	6,5–8,5
Жесткость общая, мг-экв./л	5,75	5,90	5,83	0,03	1	7,0
Минерализация, мг/л	500	525	512	6	2	1000
Гидрокарбонаты (НСО, -), мг/л	123,2	127,6	124,3	1,1	2	500
Сульфаты (SO_4^{2-}), мг/л	60	134	105	16	31	500

	Окончание таблицы									
1	2	3	4	5	6	7				
Хлориды (Cl ⁻), мг/л	29,5	34,0	31,4	1,0	7	350				
Железо общее (Fe), мг/л	0,43	0,58	0,47	0,04	15	0,3				
	Н	Эрасовское о	зеро							
Кислотность (рН), ед. рН	7,60	7,90	7,78	0,06	2	6,5–8,5				
Жесткость общая, мг-экв./л	5,80	6,10	5,95	0,06	2	7,0				
Минерализация, мг/л	590	614	599	5	2	1000				
Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻), мг/л	127,6	140,8	134,2	2,8	4	500				
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	196	226	215	6	6	500				
Хлориды (Cl ⁻), мг/л	36,0	37,5	36,8	0,3	2	350				
Железо общее (Fe), мг/л	0,41	0,45	0,44	0,01	4	0,3				

Примечание . Міп — минимальное значение показателя в вариационном ряду, Мах — максимальное значение показателя в вариационном ряду, М — среднее значение показателя, т — стандартное отклонение среднего значения, V — коэффициент вариации, ПДК — предельно допустимая концентрация 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».

Примерно аналогичным образом варьировало общее содержание солей в исследованных водах. В частности, воды озер Светлояр и Нестиар характеризовались ультрапресной минерализацией, воды Титковского и Кочешковского озер находились в интервале пресного состояния, а воды Спасского и Юрасовского водоемов — в интервале с относительно повышенной минерализацией. Отличились воды озера Жаренское, в которых концентрация растворенных солей была зарегистрирована на очень низком уровне — 19—22 мг/л.

Среди основных ионов, определяющих геохимический фон территории, закономерно были выявлены сульфат- и хлориданион [16]. Их концентрации в водах озер также не выходили за пределы естественного состояния. В частности, содержание сульфатов оказалось на достаточно низком уровне в водах озер Титковское и Кочешковское (60–110 мг/л), Жаренское (28–44 мг/л), Светлояр (18–96 мг/л) и Нестиар (50–76 мг/л). Однако в водоемах Спасское и Юрасовское уровень содержания сульфатаниона оказался выше – 105 мг/л и 215 мг/л.

Аналогичная тенденция прослеживалась относительно концентрации хлориданиона. Для природных вод исследуемой территории как естественное содержание хлоридов, так и его вариабельность достаточно низкие, что подтверждается на примере озер Титковского и Кочешковского

(1,5-2,5 мг/л), Жаренского (1,5-3,6 мг/л), Светлояр (2,5-3,5 мг/л) и Нестиар (5,0-5,5 мг/л). В нашем ряду отличились воды Спасского и Юрасовского водоемов, в которых концентрация хлоридов оказалась на более высоком уровне — соответственно 31,4 мг/л и 36,8 мг/л.

Содержание общего железа в водах всех водоемов оказалось примерно на одном, но на достаточно высоком уровне, которое к тому же превышало нормы, установленные по водоемам хозяйственного использования. В частности, все озера характеризовались концентрацией железа на уровне 0,44-0,51 мг/л, а наибольшее его содержание было установлено в водах озер Титковское и Кочешковское – 0,60 мг/л. Индивидуальная вариабельность данного показателя в толще воды каждого из водоемов была на очень низком и низком уровне, а относительно повышенный фон железа обусловлен естественными геохимическими процессами избыточного вымывания его солей из подзолистых почв и подстилающих пород, свойственных территории таежной зоны [9, 10, 15, 16].

Заключение

В работе были представлены результаты первичных эколого-геохимических исследований воды из природных озер Нижегородской области (Титковское и Кочешковское, Светлояр, Нестиар, Спасское

и Юрасовское), которые имеют статус особо охраняемой природной территории. В целом по водам водоемов была выявлена примерно одинаковая тенденция в содержании веществ базового состава, среди которых нейтральная кислотность в диапазоне 6,04-7,78 ед. рН, мягкая и средняя жесткость в диапазоне 0,19-5,95 мг-экв./л, ультрапресная и пресная минерализация в диапазоне 20-232 мг/л (за исключением повышенно минерализованной воды из Спасского и Юрасовского озер), обусловленная преимущественно гидрокарбонат-анионами (15,4-134,2 мг/л), а также сульфатами (34-215 мг/л) и хлоридами (2,0-36,8 мг/л). Относительно повышенное содержание общего железа (0,44-0,60 мг/л) обусловлено активной миграцией ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в подземные и поверхностные воды из почвенного покрова и литологической основы. Выявленные уровни показателей являются типичными для природных водных объектов, расположенных на территории естественного подзолистого педогенеза южнотаежной зоны по Нижегородской области. Такая тенденция согласуется с ультрапресной и пресной минерализацией, малым уровнем общей жесткости бикарбонатного характера, а также с наличием в водах низких концентраций ионов геохимического фона и относительно повышенным содержанием общего железа, которые свойственны гидрохимической характеристике малых рек, протекающих по территории Государственного природного биосферного заповедника «Керженский» [16]. Данная ООПТ также расположена в Заволжье Нижегородской области (Семеновский и Борский муниципальные районы). В целом для понимания целесообразности использования полученных данных в региональном экологическом мониторинге водных объектов в качестве водоемов с естественным геохимическим фоном необходимо проведение данных исследований в длительной сезонной динамике.

Список литературы / References

1. Стишов М.С., Дадли Н. Охраняемые природные территории Российской Федерации и их категории. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2018. 248 с.

Stishov M.S., Dadli N. Protected natural territories of the Russian Federation and their categories. M.: Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF), 2018. 248 p. (in Russian).

2. Черных Д.В. Особо охраняемые природные территории и основы территориальной охраны природы. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. 227 с.

Chernykh D.V. Specially protected natural areas and basics of territorial nature protection. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2014. 227 p. (in Russian).

3. Бакка С.В., Киселева Н.Ю. Особо охраняемые природные территории Нижегородской области. Аннотированный перечень. Н. Новгород, 2008. 560 с.

Bakka S.V., Kiseleva N.Yu. Specially protected natural areas of the Nizhny Novgorod region. Annotirovannyj perechen'. N. Novgorod, 2008. 560 p. (in Russian).

4. 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

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 // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. No. 6. P. 74–81 (in Russian).

5. Козлов А.В., Тарасов И.А., Дедык В.Е. Эколого-гидрохимическая характеристика акватории озера «Ключик» Павловского района Нижегородской области // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25909 (дата обращения: 10.11.2020).

Kozlov A.V., Tarasov I.A., Dedyk V.E. Ecology-hydrochemical characteristic of the water area of the lake «Key» of the Pavlovsk district of the Nizhny Novgorod Region // Sovremen-nye problemy nauki i obrazovaniya. 2017. No. 1. [Electronic resource]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25909 (date of access: 10.11.2020) (in Russian).

6. Маркова С.М., Наркозиев А.К. Методика исследования содержания профессионального образования // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 1 (26). С. 2.

Markova S.M., Narkoziev A.K. Methodology for research into the content of vocational education // Vestnik Mininskogo universiteta. 2019. V. 7. No. 1 (26). P. 2 (in Russian).

7. Гагарина О.В. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы. Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2012. 199 с.

Gagarina O.V. Assessment and rationing of natural water quality: criteria, methods, existing problems. Izhevsk: Izdatel'stvo «Udmurtskij universitet», 2012. 199 p. (in Russian).

8. 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.

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 // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. No. 1. P. 82–87 (in Russian).

9. Логинова Е.В., Лопух П.С. Гидроэкология: курс лекций. Минск: БГУ, 2011. 300 с.

Loginova E.V., Lopukh P.S. Hydroecology: lecture course. Minsk: BGU, 2011. 300 p. (in Russian).

10. Никаноров А.М., Иваник В.М. Словарь-справочник по гидрохимии и качеству вод суши (понятия и определения). Ростов-на-Дону: [б. и.], 2014. 548 с.

Nikanorov A.M., Ivanik V.M. Dictionary-handbook on hydrochemistry and quality of land waters (concepts and definitions). Rostov-na-Donu: [b. i.], 2014. 548 p. (in Russian).

11. Горюнова С.И. Влияние антропогенного воздействия на экологическое состояние малой городской реки // Вестник Московского университета. Серия 3 «Естественные науки». 2010. № 2. С. 57–64.

Goryunova S.I. Impact of anthropogenic influence on the ecological condition of a small urban river // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 3 «Estestvennye nauki». 2010. No. 2. P. 57–64 (in Russian).

12. Kozlov A.V., Koposova N.N., Uromova I.P., Volkova A.V., Vershinina I.V., Avdeev Yu.M., Veselova A.Yu. Environmental assessment of minor rivers flowing within the boundaries of Nizhny Novgorod. International Journal of Advanced Re-

search in Engineering and Technology (IJARET). 2020. Vol. 11. No. 4. P. 100-107.

13. Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Айриянц А.А. Техногенные озера: формирование, развитие и влияние на окружающую среду. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. 120 с.

Bortnikova S.B., Gaskova O.L., Ayriyants A.A. Manmade lakes: formation, development and impact on the environment. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo», 2003. 120 p. (in Russian)

14. Трифонова Т.А., Ширкин Л.А., Селиванова Н.В. Эколого-геохимический анализ загрязнения ландшафтов. Владимир: ООО «Владимир Полиграф», 2007. 170 с.

Trifonova T.A., Shirkin L.A., Selivanova N.V. Environmental and geochemical analysis of landscape pollution. Vladimir: OOO «Vladimir Poligraf», 2007. 170 p. (in Russian).

15. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов: учебно-методическое пособие. Н. Новгород: Мининский университет, 2016. 146 с.

Kozlov A.V. Environmental assessment of soil cover and water objects: study guide. N. Novgorod: Mininskij universitet publ. house, 2016. 146 p. (in Russian).

16. Летопись природы за 2018 год Государственного природного биосферного заповедника «Керженский». [Электронный ресурс]. URL: http://www.kerzhenskiy.ru/biblioteka/izdatelstvo-kerzhenskiy-zapovednik/avtopis-prirody/?ELEMENT_ID=3367 (дата обращения: 20.11.2020).

Chronicle of Nature for 2018 of the State Natural Biosphere Reserve «Kerzhensky» [Electronic resource]. URL: http://www.kerzhenskiy.ru/biblioteka/izdatelstvo-kerzhenskiy-zapovednik/avtopis-prirody/?ELEMENT_ID=3367 (date of access: 10.11.2020) (in Russian).

УДК 911.3:711.7(470.661)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАРКАСА РАССЕЛЕНИЯ И РЕГИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ АСПЕКТЫ)

^{1,2}Крылов П.М.

¹ГОУ ВО МО «Московский государственный областной университет», Мытищи; ²ОАО «Российский институт градостроительства и инвестиционного развития «Гипрогор», Москва, e-mail: pmkrylov@yandex.ru

В статье рассмотрены современные проблемы и перспективные направления взаимоувязанной пространственной организации расселения и региональной транспортной системы Чеченской Республики (ЧР) как неотъемлемой части транспортной системы Юга России. В качестве основных линейных элементов каркаса расселения предлагаются к рассмотрению оси расселения с различной степенью урбанизации. Выделены четыре основные оси расселения, а также второстепенные и перспективные оси расселения. Наряду с этим выделены также два основных и ряд второстепенных узловых центров и подцентров расселения. На территории ЧР выделены две основные существующие линейные транспортные оси, которые проходят в широтном направлении, сформированы они вдоль главных рек ЧР – Терек и Сунжа, и развиваются на основе железнодорожных и транспортных магистралей. Выделены характерные черты современной транспортной системы региона: компактность, приграничность географического положения в сочетании со значимой транзитной функцией. Маятниковая трудовая миграция в республике способствует как значительному росту автомобилизации населения, так и развитию пригородного автобусного транспорта. Низкий уровень транспортной дискриминации населения региона сочетается с необходимостью дальнейшего развития транспортной системы. Многие предгорные и горные населенные пункты не имеют внешних надежных транспортных связей. Не обеспечены в нужной степени транспортной инфраструктурой существующие и проектируемые рекреационные объекты в южных горных районах. Недостаточно развиты межрегиональные связи с со-седними субъектами РФ. Крупные города республики – Грозный и Гудермес, нуждаются в строительстве объездных автомобильных дорог. В статье обоснованы предложенные автором мероприятия по развитию транспортной системы Чеченской Республики с позиций территориального планирования в увязке с перспективным развитием единого опорного планировочного каркаса расселения. Предложены основные направления пространственного развития ЧР, определяющие развитие региональной транспортной инфраструктуры. Рассматриваются основные перспективы развития ряда отраслей транспорта.

Ключевые слова: региональная транспортная система, Чеченская Республика, Грозненская агломерация, «Схема территориального планирования»

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE RESETTLEMENT FRAMEWORK AND THE REGIONAL TRANSPORT SYSTEM OF THE CHECHEN REPUBLIC (SPATIAL AND PLANNING ASPECTS)

1,2 Krylov P.M.

¹GOU VO MO Moscow State Regional University, Mytishchi; ²OJSC Russian Institute of Urban Planning and Investment Development «Giprogor», Moscow, e-mail: pmkrylov@yandex.ru

The article considers modern problems and promising directions of the interconnected spatial organization of resettlement and the regional transport system of the Chechen Republic (CR) as an integral part of the transport system of the South of Russia. As the main linear elements of the framework, resettlement is proposed for consideration of the axis of resettlement with various degrees of urbanization. Four main axes of resettlement are identified, as well as secondary and promising axes of resettlement. In addition, two main and a number of secondary hubs and sub-centres of resettlement are also identified. On the territory of the CR, two main existing linear transport axes are identified, which run in the latitudinal direction, they are formed along the main rivers of the CR – Terek and Sunzha, and develop on the basis of railway and transport lines. The characteristics of the modern transport system of the region are highlighted: compactness, border of geographical location in combination with a significant transit function. Pendulum labor migration in the republic contributes to both a significant increase in the motorization of the population and the development of suburban bus transport. The low level of transport discrimination of the population of the region is combined with the need to further develop the transport system. Many foothills and mountainous settlements do not have external reliable transport links. Existing and projected recreational facilities in the southern mountainous regions are not provided with the necessary transport infrastructure. Interregional ties with neighboring constituent entities of the Russian Federation are underdeveloped. Major cities of the republic -Grozny and Gudermes, need to build bypass roads. The article substantiates the measures proposed by the author for the development of the transport system of the CR from the standpoint of territorial planning in connection with the promising development of a single supporting planning framework for resettlement. The main directions of spatial development of the CR, determining the development of regional transport infrastructure, have been proposed. The main prospects for the development of a number of transport sectors are considered

Keywords: Regional Transport System, Chechen Republic, Grozny Agglomeration, Territorial Planning Scheme

Перспективное пространственное развитие Чеченской Республики (ЧР) базируется на планировочном каркасе, в осно-

ве которого находится система каркасов: природного, историко-культурного, расселенческого, транспортного, социального,

экологического и др. В качестве перспективных линейных элементов каркаса расселения предлагаются к рассмотрению основные оси расселения с различной степенью урбанизации. В основе *транспортного каркаса*, представленного участками транспортных магистралей, находятся основные транспортные оси республики, вдоль которых развиваются основные элементы каркаса расселения: городские и важнейшие сельские населенные пункты.

Цель исследования: обосновать разработанные автором на перспективу предложения и мероприятия по развитию региональной транспортной системы и элементов транспортного каркаса ЧР в увязке с перспективным развитием единого опорного планировочного каркаса и каркаса расселения, с позиций территориального планирования.

Материалы и методы исследования

Статья основывается на материалах разрабатываемой в 2020 г. «Схемы территориального планирования» (СТП) ЧР, в работе над которой принимал участие автор статьи. Для сравнительного анализа динамики процессов транспортной системы региона использованы материалы предыдущих редакций СТП ЧР (редакции 2010–2019 гг.), статистические данные, а также сведения, предоставленные органами власти.

Результаты исследования и их обсуждение

Главным приоритетом развития должно стать повышение сбалансированности пространственного развития территории путем формирования и развития районов со значительным градостроительным потенциалом. Одним из возможных направлений развития территории ЧР является пространственное поляризованное развитие за счет приоритетного формирования наиболее конкурентоспособных ареалов и активизации социально-экономического освоения периферийных (в первую очередь, горных) депрессивных районов республики. В основе пространственного развития ЧР лежит идея развития территории посредством формирования единого планировочного (опорного) каркаса. Он устанавливает направления развития территории и ориентирует пространственное формирование взаимоувязанных систем, складывающихся на основе экономического, социального, экологического и др. видов каркасов, формирующихся на территории республики [1]. В составе планировочного каркаса выделяется совокупность «точек» и «линий», представляющих собой оси и центры приоритетного развития расселения и размещения производительных сил. Развитие системы расселения республики нами предлагается рассматривать на основе формирования перспективного каркаса расселения, являющегося составной частью перспективного планировочного (опорного) каркаса территории. В качестве перспективных линейных элементов каркаса расселения предлагаются к рассмотрению основные оси расселения с различной степенью урбанизации. Первая основная ось расселения продолжит развитие на основе урбанизированной полосы расселения (первой развиваемой планировочной оси), проходящей в широтном направлении: Краснодар – Назрань – Серноводское – Ассиновская – Алхан-Юрт – Грозный (Аргун) – Гудермес – В. Нойбер – Ойсхара – Хасавюрт – Махачкала. Основная ось расселения проходит вдоль р. Сунжа, по территории формирующейся Грозненской агломерации, включающей гг. Грозный, Аргун и центры районных систем расселения: г. Курчалой, г. Гудермес, г. Ачхой-Мартан, с. Урус-Мартан, г. Шали, с. Толстой-Юрт. Вторая основная ось расселения продолжит развитие на основе полосы расселения, примыкающей к р. Терек, в направлении Моздок - Ищерская - Знаменское - Наурская – Червленная – Щелковская – Кизляр. В ее состав войдут центры районных систем расселения: с. Знаменское, ст. Наурская, ст. Шелковская. Третья основная ось расселения продолжит развитие вдоль полосы расселения в направлении Грозный (Аргун) – Чечен-Аул – Чири-Юрт – Дуба-Юрт – Шатой – Итум-Кали – граница с Грузией, вдоль р. Аргун, с ответвлением на Химой и Шарой. В ее состав войдут центры районных систем расселения: с. Шатой, с. Шарой, с. Химой, с. Итум-Кали. Четвертая основная ось расселения пройдет по линии Грозный (Аргун) – Шали – Сержень-Юрт – Ведено – Харачой – Ботлих и включит в свой состав центры районных систем расселения: г. Шали, с. Ведено. Кроме основных осей расселения, возможно развитие второстепенных осей расселения. Второстепенные оси расселения пройдут по направлениям: Ищерская – Грозный; Знаменское – Горагорский – Грозный; Червленная - Грозный; Шатой - Химой; Гребенская - Хасавюрт. Перспективные оси расселения пройдут по следующим направлениям: Знаменское - Горагорский - Ачхой-Мартан – Урус-Мартан – Чири-Юрт – Шали – Курчалой – Ойсхара – Шелковская; Ведено – Ножай-Юрт – Шатой – Итум-Кали. Развитие осей расселения предлагается за счет создания особых экономических зон, инновационных территорий, агропромышленных и промышленных комплексов, туристско-рекреационных комплексов, с насыщением этих территорий инфраструктурными объектами капитального строительства различного функционального назначения (жилого, производственного, социального, бытового, транспортно-инженерного, туристско-рекреационного) [2; 3]. В качестве перспективных узловых элементов каркаса расселения предлагаются следующие населенные пункты: первый основной центр – г. Грозный и г. Аргун (региональный, межрайонный, районный центр расселения); города Грозный и Аргун, фактически являясь территориально сближенными, развиваются в качестве единого селитебного образования; второй основной центр - г. Гудермес (субрегиональный, межрайонный, районный центр расселения); второстепенные центры поселения Курчалой, Шали, Урус-Мартан (межрайонные, районные центры расселения); подцентры (районные центры расселения) – с. Серноводское, с. Знаменское, ст. Наурская, ст. Шелковская, с. Ачхой-Мартан, с. Шатой, с. Ведено, с. Ножай-Юрт, с. Химой, с. Итум-Кали; локальные центры (центры 213 сельских поселений). Развитие центров и подцентров расселения предлагается рассматривать на основе: 1) укрепления, усиления ядра системы расселения путем восстановления и развития градообразующей базы и социальной сферы гг. Грозный, Аргун, их взаимоувязанного развития в качестве первого полюса урбанизации; 2) развития г. Грозный, прежде всего, как столичного, делового, научнообразовательного, социально-культурного центра, при высокоразвитых промышленно-инновационных функциях; 3) развития г. Аргун, как промышленного центра, при использовании его селитебной территории для жилой застройки города Грозный; 4) развития г. Гудермеса, как логистического и промышленного центра, при широком развитии агропромышленных функций, формирования на его основе второго полюса урбанизации; 5) восстановления и развития экономической базы и городской среды городов Урус-Мартан, Шали, Курчалой, формирования на их основе новых центров

региональной системы расселения первого уровня; 6) восстановления и развития экономической базы, объектов социально-бытовой, туристско-рекреационной сферы административных центров степных и горных районов (с. Серноводское, с. Знаменское, ст. Наурская, ст. Шелковская, Ачхой-Мартан, Итум-Кали, Шатой, Химой, Ведено, Ножай-Юрт), формирования на их основе центров системы расселения второго уровня; 7) восстановления и развития среды обитания местных локальных центров; 8) совершенствования транспортно-инженерной сети: реконструкции и модернизации имеющихся объектов, строительства новых объектов.

Транспортная система ЧР является частью транспортной системы Северо-Кавказского федерального округа (СКФО). На Северном Кавказе, вследствие неравномерности развития транспортной инфраструктуры, воспроизводственные процессы нередко замыкаются в рамках отдельных субъектов РФ и слабо интегрированы в единую транспортную систему округа [4]. Для ЧР состояние транспортной системы имеет особое значение в связи с её приграничным положением и недостаточной освоенностью части территории (имеющимися высокими контрастами в уровне и качестве освоенности территории). Под влиянием политических событий 1990-х гг. её развитие претерпело существенные изменения. Были выведены из строя участки автомобильных и железных дорог общего пользования, прекратил существование воздушный транспорт [5; 6]. Это привело в том числе к изменениям в конфигурации транспортных сетей пограничных с ЧР регионов. Так, например, во время военных действий в 1997 г. для выхода из частичной транспортной изоляции Республики Дагестан, связанной с остальной территорией России железными дорогами через территорию ЧР, в Дагестане был построен новый участок железной дороги общего пользования Кизилюрт - Кизляр. В 1995-2000 гг. почти полностью прекратился транзит автомобильного транспорта через территорию ЧР. Одним из важнейших условий устойчивого развития ЧР является опережающее развитие транспортной инфраструктуры, способствующей росту товарооборота, повышению уровня производственной и социальной кооперации, эффективности использования производственных мощностей и ресурсов, оптимизации структуры экономики. По сочетанию факторов разного уровня свойств региональной транспортной системы территория ЧР в целом может быть отнесена к регионам с умеренным (невысоким) уровнем транспортной дискриминации населения [7]. В настоящее время многие предгорные и горные населенные пункты ЧР не имеют внешних надежных транспортных связей. Не обеспечены в нужной степени транспортной инфраструктурой существующие и проектируемые рекреационные объекты в южных горных районах. Одновременно недостаточно развиты межрегиональные связи с соседними субъектами РФ. Крупные города республики - Грозный и Гудермес, нуждаются в строительстве объездных автомобильных дорог. Более интенсивное развитие автомобильных дорог в ущерб железнодорожному транспорту на Северном Кавказе, и в том числе в ЧР, предопределено как политическими, так и природно-географическими факторами (в первую очередь, за счёт сложного горного рельефа) [8-10]. В ЧР также относительно слабо развит пригородный железнодорожный транспорт (в том числе за счет выхода из строя ряда существовавших ранее участков сети общего пользования в 1990-е гг.). Рост мобильности населения во всем мире, в том числе и в ЧР, предопределяет расширение действующего аэропорта г. Грозный [5]. Маятниковая трудовая миграция в республике способствует как значительному росту автомобилизации населения, так и развитию пригородного автобусного транспорта. Резкий рост автомобилизации населения в сочетании с отсутствием городского электротранспорта (даже в городе Грозном) ухудшает экологическую ситуацию во всех крупных городах республики [5; 6]. В настоящее время две основные линейные транспортные оси проходят в широтном направлении, сформированы они вдоль главных рек ЧР – Терек и Сунжа, и развиваются на основе железнодорожных и транспортных магистралей. Первая транспортная ось проходит вдоль р. Сунжа и включает в себя: участок автомобильной дороги общего пользования федерального значения P-217 «Кавказ», автомобильная дорога М-4 «Дон» - Владикавказ - Грозный - Махачкала - граница с Азербайджанской Республикой и основные участки железных дорог общего пользования: Прохладная - Гудермес - Махачкала; Червленая – Узловая – Кизляр; Грозный – Гудермес. Вторая транспортная ось проходит вдоль р. Терек и включает в себя: участок автомобильной дороги Ставрополь – Прохладное - Кизляр - Крайновка, участки железных дорог общего пользования: Прохладная – Гудермес – Махачкала (магистральная линия Ростов-на-Дону – Баку) и Червленая – Узловая – Кизляр – Астрахань. Второстепенные транспортные оси, проходящие вдоль автомобильных дорог общего пользования, имеют как меридиональное, так и широтное направления. Три второстепенные транспортные оси имеют меридиональное направление, одна из них проходит вдоль р. Аргун и автомобильной дороги Грозный – Шатой – Итум-Кале; вторая – вдоль автодороги Грозный – Ведено – Ботлих; и третья - вдоль автодороги Гребенская – Хасавюрт». Две второстепенные транспортные оси ЧР имеют широтное направление, проходят вдоль направлений автодорог: Троицкая – Ассиновская – Ачхой-Мартан – Урус-Мартан – Шали – Курчалой и Ищерская – Грозный. Центральными элементами транспортного каркаса республики являются: г. Грозный, являющийся региональным транспортным узлом, административным, промышленным и культурным центром и центром региональной системы расселения, и г. Гудермес, представляющий собой межрегиональный транспортный центр, находящийся на пересечении важнейших внутрирегиональных и межрегиональных транспортных коммуникаций. В соответствии с разрабатываемой СТП ЧР, в 2020 г. наступает третий этап развития её транспортной системы. На первом эта*пе* (2000–2010 гг.) основная задача для всего транспорта республики состояла в восстановлении разрушенной транспортной инфраструктуры. На этом этапе проводились ремонтно-восстановительные работы на всех транспортных коммуникациях республики. На втором этапе (2010–2020 гг.) темпы развития транспортной инфраструктуры республики зависели от продолжительности первого этапа. Развитие транспорта ЧР в территориальном отношении целесообразно, по нашему мнению, в двух основных направлениях: 1) интеграция всех видов транспорта с российской магистральной сетью, с выходом на трансконтинентальные коридоры, 2) развитие инфраструктуры под первоочередные транзитные связи СКФО. Речь идёт о транспортных коридорах: Север – Центр – Юг, проходящих через Санкт-Петербург – Москву – Ростовна-Дону – Новороссийск; и страны Скандинавии – Москва – бассейн Волги (включая все её регионы) – Туркменистан – Узбекистан – Закавказье – с выходом на Иран – Пакистан - Индию. В любом случае магистральные направления транспорта внутри республики не изменятся. Основная задача по развитию инфраструктуры на втором этапе заключается в создании качественных транспортных услуг по обслуживанию транзитных грузо- и пассажиропотоков. Необходимо создать транспортно-логистические узлы (г. Гудермес и г. Грозный) – это позволит рассматривать магистральные транспортные пути ЧР в качестве соединяющих между собой межрегиональные транспортные коридоры [11]. По нашей оценке, на перспективу (до 2040 г.) в ЧР предполагается: 1) дальнейший рост уровня автомобилизации населения на 35 % к уровню 2020 г.; 2) сокращение времени и масштабов трудовой, в т.ч. маятниковой, миграции на 15-20% к уровню 2020 г.; 3) повышение уровня транспортной подвижности с социально-культурными целями на 12-15% к уровню 2020 г.; 4) рост протяженности автомобильных дорог общего пользования с твёрдым покрытием на 18% к уровню 2020 г.; 5) обеспеченность всех населённых пунктов с людностью более ста жителей автобусами общего пользования (не менее 2 пар рейсов в сутки). В случае улучшения межгосударственных отношений с Грузией автодорога Грозный – Шатой – Итум-Кали – граница Грузии – территория Грузии позволит работать автотранспорту бесперебойно, в связи с меньшей высотностью и лавиноопасностью по сравнению с Военно-грузинской дорогой, связывающей с Грузией территорию РФ через Северную Осетию [12].

Заключение

К проблемам современного состояния транспортной системы ЧР относятся: недостаточный уровень развития железных дорог общего пользования; неудовлетворительное техническое состояние значительной части автомобильных дорог общего пользования; недостаточный уровень развития транспортно-логистической инфраструктуры за пределами города Грозный; снижение за последние 30 лет роли и значения общественного пассажирского транспорта. В ближайшей перспективе необходимо укрепление и развитие сложившейся системы расселения путем формирования регионального каркаса расселения, связывающего ЧР автомобильными и железнодорожными магистралями, являющимися важнейшими осями ее экономического развития, в широтном и меридиональном направлениях, с приграничными регионами

СКФО. Развитию внешних пассажирских транспортных связей будет способствовать рост уровня жизни населения республики. Росту внешних грузоперевозок будет способствовать увеличение уровня вовлеченности экономики ЧР в региональные, общероссийские и международные торгово-логистические потоки, а также рост уровня развития логистического комплекса соседних регионов России.

Список литературы / References

1. Терминологический словарь по экономической географии / Авт,-сост. Е.А. Бурдина, П.М. Крылов. М.: МГИУ, 2013. 116 с.

Terminological Dictionary of Economic Geography / Avt.-sost. E.A. Burdina, P.M. Krylov. M.: MGIU, 2013. 116 p. (in Russian).

2. Семина И.А., Фоломейкина Л.Н. Проблемы развития и функционирования дорожной сети в территориальных природно-хозяйственных системах // Проблемы региональной экологии. 2006. № 1. С. 28–35.

Semina I.A., Folomejkina L.N. Problems of the development and functioning of the road network in territorial natural and economic systems // Problemy regional'noj ekologii. 2006. № 1. P. 28–35 (in Russian).

3. Сидоров В.П. География туризма и логистика // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о 3емле. 2008. № 1. С. 45–48.

Sidorov V.P. Geography of tourism and logistics // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2008. № 1. P. 45–48 (in Russian).

4. Московец А.В. Роль транспорта в системе регионального воспроизводства на Северном Кавказе // Journal of Economic Regulation. 2010. Т. 1. № 4. С. 63–71.

Moskovec A.V. The role of transport in the system of regional reproduction in the North Caucasus // Journal of Economic Regulation. 2010. T. 1. N 4. P. 63–71 (in Russian).

5. Крылов П.М. О проблеме стратегического пространственного развития: на примере города Грозный и Грозненской агломерации // Вестник Международной академии наук (Русская секция). 2018. № 1. С. 52–55.

Krylov P.M. On the problem of strategic spatial development: on the example of the city of Grozny and the Grozny agglomeration // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii nauk (Russkaya sekciya). 2018. № 1. P. 52–55 (in Russian).

6.Крылов П.М. Современные транспортно-экологические проблемы городов Московской области и пути их решения // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 4. С. 111–122.

Krylov P.M. Modern transport and environmental problems of cities in Moscow region and ways to solve them // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2017. № 4. P. 111–122 (in Russian).

7. Крылов П.М. Транспортная уязвимость населения России в начале XXI века // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2012. № 1. С. 26–35.

Krylov P.M. Transport vulnerability of the population of Russia at the beginning of the XXI century // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2012. № 1. P. 26–35 (in Russian).

8. Магомадова З.С. анализ состояния и особенности транспортного комплекса Чеченской республики // Проблемы взаимодействия науки и общества: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2019 С 34-36

Magomadova Z.S. Analysis of the state and features of the transport complex of the Chechen Republic // Problemy

vzaimodejstviya nauki i obshchestva: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Ufa, 2019. P. 34–36 (in Russian).

9. Тумхаджиев А.Б. Проблемы функционирования транспортной инфраструктуры в современных условиях // Terra Economicus. 2012. Т. 10. № 1-2. С. 95-97.

Tumhadzhiev A.B. Problems of transport infrastructure functioning in modern conditions // Terra Economicus. 2012. T. 10. № 1–2. P. 95–97 (in Russian).

10. Увайсаева А.Г. Развитие инфраструктуры транспорта Чеченской республики // Глобальный научный потенциал. 2015. № 7 (52). С. 61–64.

Uvajsaeva A.G. Development of transport infrastructure of the Chechen Republic // Global'nyj nauchnyj potencial. 2015. N_2 7 (52). P. 61–64 (in Russian).

- 11. Дэльз С., Синицына А., Недугов Д., Пархоменко И. Гудермес логистический центр двух морей // Логистика. 2017. № 5 (126). С. 18–22.
- Del'z S., Sinicyna A., Nedugov D., Parhomenko I. Gudermes logistics center of two seas // Logistika. 2017. № 5 (126). P. 18–22 (in Russian).
- 12. Устаев А.Л. Автотранспортная инфраструктура и развитие туризма в Чеченской республике // Материалы конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 80-летию Чеченского государственного университета. Грозный, 2018. С. 154–162.
- Ustaev A.L. Road transport infrastructure and tourism development in the Chechen Republic // Materialy konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, posvyashchennoj 80-letiyu CHechenskogo gosudarstvennogo universiteta. Groznyj, 2018. P. 154–162 (in Russian).

УДК 502.53(574.2)

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И ОСАДКОВ ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

^{1,2}Кусаинова А.А., ^{2,3}Мезенцева О.В.

¹Карагандинский технический университет, Караганда, e-mail: aimarh@mail.ru; ²ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», Омск, e-mail: mezolga@yandex.ru; ³ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет», Омск

Тенденции последних десятилетий на территории Северного Казахстана характеризуют различную повторяемость увлажнённых и засушливых лет. В статье исследовано пространственно-временная изменчивость температуры воздуха и количества осадков за многолетний период с использованием данных элементов климата метеостанций «Благовещенка» и «Атбасар», расположенных в Северном Казахстане. Определены абсолютная и относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха и среднемесячного количества осадков в июле за 60-летний временной интервал с 1961 по 2020 г., разделенный на 2 периода (I и II). На метеостанции «Благовещенка» по сравнению с I периодом во II периоде отмечается увеличение повторяемости на 6% часто встречающихся значений среднемесячной температуры воздуха июля в пределах 18-19,9°C. На метеостанции «Атбасар» по сравнению с I периодом во II периоде значение часто повторяемой среднемесячной температуры воздуха июля снизилось на 1-2°C от многолетней нормы. Во II периоде по сравнению с I периодом на метеостанции «Благовещенка» наблюдается уменьшение повторяемости засушливых лет на 7 %, увеличение увлажнённых лет на 3 %, а на метеостанции «Атбасар» наблюдается уменьшение повторяемости засушливых лет на 23 % и увеличение увлажнённых лет на 10%. Динамика среднемесячного количества осадков июля за І период (1961–1990 гг.) показала тенденцию роста количества осадков на исследуемых метеостанциях (больше на метеостанции «Атбасар»), за II период (1991-2020 гг.) - уменьшение среднемесячного количества осадков июля на обеих метеостанциях. Составленный прогноз на 2021 г. характеризует снижение осадков июля

Ключевые слова: температура воздуха, количество осадков, изменчивость, динамика, повторяемость

ASSESSMENT OF SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF TEMPERATURE REGIME AND PRECIPITATION OVER THE LONG-TERM PERIOD IN THE TERRITORY OF NORTHERN KAZAKHSTAN

^{1,2}Kusainova A.A., ^{2,3}Mezentseva O.V.

¹Karaganda Technical University, Karaganda, e-mail: aimarh@mail.ru; ²Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: mezolga@yandex.ru; ³Omsk State Agrarian University, Omsk

Trends of recent decades in the territory of Northern Kazakhstan characterize the different recurrence of humidified and arid years. The article investigated the spatio-temporal variability of air temperature and rainfall over a long period using these climate elements of the weather stations Blagoveshchenka and Atbasar, located in Northern Kazakhstan. Absolute and relative repeatability of the values of the average monthly air temperature and the average monthly rainfall in July for the 60-year time interval from 1961 to 2020. divided into 2-periods (I and II). At the Blagoveshchenka weather station, compared with the I period in the II period, there is an increase in repeatability by 6% of the often encountered values—of the average monthly air temperature of July within 18-19.9 °C. At the Atbasar weather station, compared with the I period in the II period, the value of the often repeated monthly average air temperature in July decreased by 1-2 °C from the long-term norm. In the II period, compared with the I period, at the Blagoveshchenka weather station, there is a decrease in the recurrence of dry years by 7%, an increase in humidified years by 3%, and at the Atbasar weather station, there is a decrease in the recurrence of dry years by 23% and an increase in humidified years by 10%. The dynamics of the average monthly rainfall of July for the I-th period (1961-1990) showed a tendency to increase the amount of precipitation in the weather stations under study (more in the weather station Atbasar), for the II-th period (1991-2020) — a decrease in he average monthly rainfall of July at both weather stations. The forecast for 2021 shows a decrease in precipitation in July.

Keywords: Air temperature, precipitation, variability, dynamics, repeatability

Исследование пространственно-временной изменчивости температуры воздуха и количества осадков и их соотношения позволяет определить благоприятность климатических условий территорий. В Северном Казахстане изменчивость температурного режима и количества осадков последних десятилетий характеризуется тенденцией пе-

риодической повторяемости увлажнённых и засушливых лет.

Цель исследования: в данной работе дана оценка пространственно-временной изменчивости температурного режима и осадков за многолетний период на территории Северного Казахстана на примере метеостанций «Благовещенка» и «Атбасар».

Материалы и методы исследования

Для оценки пространственно-временной изменчивости температурного режима и количества осадков на территории Северного Казахстана использованы непрерывные данные за июль, разделенные на 2 периода (I и II), за 60-летний временной интервал с 1961 по 2020 г., полученные на метеостанциях «Благовещенка» (Северо-Казахстанская область) и «Атбасар» (Акмолинская область) [1; 2].

Используя метод статистического анализа, находим абсолютную повторяемость или частоту m_i (число случаев), то есть число, показывающее, сколько раз значение конкретной градации выборки температуры воздуха и количества осадков встречается в общей совокупности n в каждом из периодов. А также вычисляется относительная повторяемость или частота p_i соответствующего интервала (градации) к сумме всех частот n.

Результаты исследования и их обсуждение

По анализу метеорологических данных, приведенных в табл. 1 и на рис. 1, установлена абсолютная и относительная повторяемость среднемесячной температуры воздуха в июле для метеостанции «Благовещенка», которая показывает, что в течение I периода (1961–1990 гг.) количество лет со среднемесячной температурой воздуха 16–17,9°С составляет 3, с температурой воздуха 18–19,9°С составляет 13, с температурой воздуха 20–21,9°С – 10, с температурой воздуха 22–23,9°С – 3, с температурой воздуха 24–25,9°С – 1. Исходя из этого определена наиболее высокая относитель-

ная повторяемость значений – 44 % в пределах среднемесячной температуры воздуха 18–19,9°С. Кумулятивная повторяемость – 87% составляет среднемесячная температура воздуха июля в пределах 16–21,9°C. Многолетняя норма среднемесячной температуры воздуха июля на метеостанции «Благовещенка» составляет +19,8°С. Как видно в табл. 1 и на рис. 1, относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха июля в течение I периода (1961-1990 гг.) в пределах нормы в данной местности равняется 44%, то есть наибольшую повторяемость имеет значение температуры воздуха, соответствующее многолетней норме [3].

В течение II периода (1991–2020 гг.) количество лет со среднемесячной температурой воздуха 14–15,9°С составляет 1, со среднемесячной температурой воздуха 16-17,9°С -3, с температурой воздуха 18-19,9°С -15, с температурой воздуха 20-21,9°С -8, количество лет с температурой воздуха 20-23,9°С -3.

Исходя из этого определена наиболее высокая относительная повторяемость значений — 50%, в пределах среднемесячной температуры воздуха 18–19,9°С. Кумулятивная повторяемость — 90% составляет среднемесячная температура воздуха июля в пределах 14–21,9°С. Относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха июля в течение II периода (1991–2020 гг.) в пределах нормы в данной местности равняется 50%, то есть наибольшую повторяемость в метеостанции «Благовещенка» имеет значение, соответствующее многолетней норме температуры воздуха июля +19,8°С.

Таблица 1 Абсолютная и относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха и среднемесячного количества осадков июля с 1961 по 2020 г. на метеостанции «Благовещенка»

	I период (1961–1990 гг.)						II период (1991–2020 гг.)					
t BOS	здуха, °С		кол-во осадков, мм			t воздуха,°С			кол-во осадков, мм			
t	m_{i}	p _i ,%	X	m _i	p _i , %	t	m _i	p_i ,%	X	m _i	p _i ,%	
14–15,9	0	0	0–19	3	10	14–15,9	1	3	0–19	1	3	
16–17,9	3	10	20–39	6	20	16–17,9	3	10	20–39	6	20	
18–19,9	13	44	40–59	7	24	18–19,9	15	50	40–59	8	28	
20–21,9	10	33	60–79	6	20	20–21,9	8	27	60–79	6	20	
22–23,9	3	10	80–99	6	20	22–23,9	3	10	80–99	2	6	
24–25,9	1	3	100–119	1	3	24–25,9	0	0	100–119	5	17	
			120-139	1	3				120-139	1	3	
			140210	0	0				140210	1	3	



Рис. 1. Относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха июля на метеостанции «Благовещенка» за I (1961–1990 гг.) и II (1991–2020 гг.) периоды

По сравнению с I периодом во II периоде повторяемость среднемесячной температуры воздуха 18–19,9°С увеличилась на 6%, а повторяемость среднемесячной температуры воздуха 20–21,9°С уменьшилась на 6% (рис. 1).

По данным, представленным в табл. 2 и на рис. 2, абсолютная и относительная повторяемость среднемесячной температуры воздуха в июле для метеостанции «Атбасар» характеризуется следующим образом. В течение I периода (1961–1990 гг.) количество лет со среднемесячной температурой воздуха 16–17,9°C составляет 1, с температурой воздуха 18–19,9°C – 10, с температурой воздуха 20–21,9°C – 14, с температурой воздуха 22–23,9°C – 5.

Исходя из этого определена наиболее высокая относительная повторяемость значений – 47% в пределах среднемесячной температуры воздуха 20–21,9°С. Кумулятивная повторяемость - 83% составляет среднемесячная температура воздуха июля в пределах 16-21,9°С. Многолетняя норма среднемесячной температуры воздуха июля на метеостанции «Атбасар» составляет +20,2°C. Относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха июля в течение І периода (1961–1990 гг.) в пределах нормы в данной местности равняется 47%, то есть наибольшую повторяемость имеет значение температуры воздуха, соответствующее многолетней норме.

В течение II периода (1991–2020 гг.) количество лет со среднемесячной температурой воздуха 16–17,9°C составляет 3, с температурой воздуха 18–19,9°C составляет 13, с температурой воздуха 20–21,9°C – 11, с температурой воздуха 22–23,9°C – 2, с температурой воздуха 24–25,9°C – 1.

Исходя из этого определена наиболее высокая относительная повторяемость значений — 43% в пределах среднемесячной

температуры воздуха 18–19,9 °С. Кумулятивная повторяемость — 90 % составляет среднемесячная температура воздуха июля в пределах 16–21,9 °С. Относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха июля в течение ІІ периода (1991–2020 гг.) в пределах нормы (+20,2 °С) в данной местности равняется 37 %, наибольшую повторяемость на метеостанции «Атбасар» имеет значение 18–19,9 °С, которое на 1–2 °С ниже многолетней нормы температуры воздуха июля.

По сравнению с I периодом во II периоде относительная повторяемость среднемесячной температуры воздуха 16–17,9°С увеличилась на 7%, температуры воздуха 18–19,9°С увеличилась на 10%, температуры воздуха 20–21,9°С и 22–23,9°С уменьшились на 10% (рис. 2).

Многолетняя норма среднемесячного количества осадков на метеостанции «Благовещенка» в июле составляет 56 мм. Как видно на рис. 3, а, в течение І периода (1961–1990 гг.) повторяемость значений среднемесячного количества осадков ниже нормы, в пределах 0–39 мм, встречается в 30% исследованных лет; повторяемость значений среднемесячного количества осадков 40–59 мм, в пределах нормы, отмечается в 24%; осадки, превышающие норму, в пределах 60–120 мм, выпали в 46% исследованных лет.

В течение II периода (1991–2020 гг.) повторяемость значений среднемесячного количества осадков ниже нормы, в пределах 0–39 мм, встречается в 23 % исследованных лет, повторяемость значений среднемесячного количества осадков 40–59 мм, в пределах нормы, отмечается в 28 % исследованных лет. Во II периоде осадки, превышающие норму, в пределах 60–210 мм, выпали в 49 % исследованных лет (рис. 3, а). Многолетняя норма среднемесячного количества осадков

на метеостанции «Атбасар» в июле составляет 47 мм. Как видно на рис. 3, б, в течение I периода (1961–1990 гг.) повторяемость значений среднемесячного количества осадков ниже нормы, в пределах 0–39 мм, встречается в 60% исследованных лет, по-

вторяемость значений среднемесячного количества осадков 40–59 мм, в пределах нормы, отмечается в 17% исследованных лет. В I периоде осадки, превышающие норму, в пределах 60–159 мм, выпали в 23% исследованных лет.

Таблица 2 Абсолютная и относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха и среднемесячного количества осадков июля с 1961 по 2020 г. на метеостанции «Атбасар»

	I пер	оиод (19	61–1990 гг.)			II период (1991–2020 гг.)					
t BO32	t воздуха, °С кол-во осадков, мм			, MM	t воздуха, °С кол-во осадков, м			MM			
t	m _i	p _i ,%	X	m _i	p, %	t	m _i	p _i ,%	X	m _i	p _i ,%
14–15,9	0	0	0–19	3	10	14–15,9	0	0	0–19	5	17
16–17,9	1	3	20–39	15	50	16–17,9	3	10	20–39	6	20
18–19,9	10	33	40-59	5	17	18–19,9	13	43	40–59	9	30
20–21,9	14	47	60–79	4	14	20–21,9	11	37	60–79	7	24
22–23,9	5	17	80–99	1	3	22–23,9	2	7	80–99	0	0
24–25,9	0	0	100-119	0	0	24–25,9	1	3	100-119	2	6
			120-139	0	0				120-139	1	3
			140–159	2	6				140–159	0	0

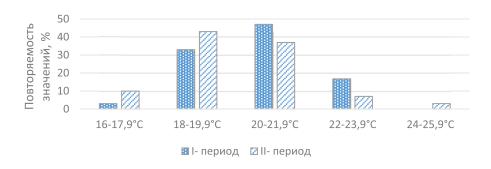


Рис. 2. Относительная повторяемость значений среднемесячной температуры воздуха июля на метеостанции «Атбасар» за I (1961–1990 гг.) и II (1991–2020 гг.) периоды

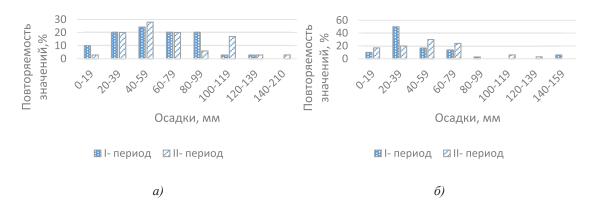


Рис. 3. Относительная повторяемость значений среднемесячного количества осадков июля на метеостанциях «Благовещенка» (а) и «Атбасар» (б) за I и II периоды

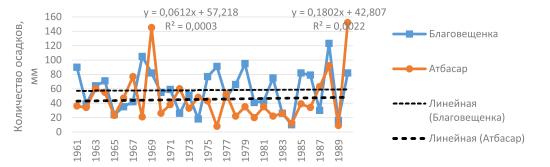


Рис. 4. Многолетняя динамика среднемесячного количества осадков июля за І период

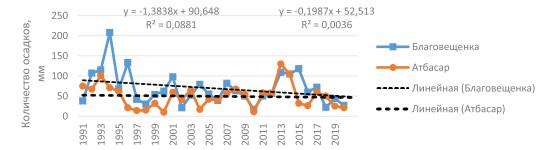


Рис. 5. Многолетняя динамика среднемесячного количества осадков июля за II период

В течение II периода (1991–2020 гг.) повторяемость значений среднемесячного количества осадков ниже нормы, в пределах 0–39 мм, встречается в 37% исследованных лет; повторяемость значений среднемесячного количества осадков 40–59 мм, в пределах нормы, отмечается в 30%; осадки, превышающие норму, в пределах 60–139 мм, выпали в 33% исследованных лет (рис. 3, б).

На рис. 4 и 5 представлена многолетняя динамика среднемесячного количества осадков июля за I (1961–1990 гг.) и II периоды (1991–2020 гг.) на метеостанциях «Благовещенка» и «Атбасар».

В І периоде линия тренда имеет положительный наклон, что показывает тенденцию роста количества осадков на исследуемых метеостанциях (больше на метеостанции «Атбасар»). Во ІІ периоде линия тренда для обеих метеостанций имеет отрицательный наклон, для метеостанции «Благовещенка» угол наклона и смещения больше, что характеризует динамику уменьшения среднемесячного количества осадков июля. На 2021 г. прогнозируется снижение осадков июля на обеих метеостанциях [4; 5].

Выводы

Таким образом, исходя из проведенного исследования, выявлено:

1. В I и во II периоде на метеостанции «Благовещенка» наибольшую повторяе-

мость имеет значение температуры воздуха в пределах 18–19,9 °С, соответствующее многолетней норме. По сравнению с I периодом во II периоде повторяемость часто встречающихся значений среднемесячной температуры воздуха июля в пределах 18—19,9 °С увеличилась на 6%.

- 2. Наибольшую повторяемость на метеостанции «Атбасар» в течение I периода (1961–1990 гг.) имеет среднемесячное значение температуры воздуха июля 20–21,9 °С, соответствующее многолетней норме. Во II периоде (1991–2020 гг.) наибольшую повторяемость имеет среднемесячное значение температуры воздуха июля, которое на 1–2 °С ниже многолетней нормы.
- 3. В І периоде (1961–1990 гг.) на метеостанции «Благовещенка» повторяемость значений среднемесячного количества осадков ниже нормы встречается в 30% исследованных лет, в пределах нормы отмечается в 24%, превышение нормы в 46%. В течение ІІ периода (1991–2020 гг.) повторяемость значений среднемесячного количества осадков ниже нормы встречается в 23% исследованных лет, в пределах нормы отмечается в 28%, осадки, превышающие норму в 49%. По сравнению с І периодом во ІІ периоде повторяемость засушливых лет уменьшилась на 7%.
- 4. В течение I периода (1961–1990 гг.) на метеостанции «Атбасар» повторяемость

значений среднемесячного количества осадков ниже нормы встречается в 60% исследованных лет, в пределах нормы отмечается в 17%, осадки, превышающие норму – в 23%. В течение II периода (1991–2020 гг.) повторяемость значений среднемесячного количества осадков ниже нормы встречается в 37% исследованных лет, в пределах нормы отмечается в 30%, осадки, превышающие норму – в 33%. На данной метеостанции во II периоде по сравнению с I периодом повторяемость засушливых лет уменьшилась на 23%.

5. Многолетняя динамика среднемесячного количества осадков июля за I период на двух метеостанциях характеризуется небольшим положительным наклоном линии тренда, что показывает тенденцию роста (больше на метеостанции «Атбасар»), а во II периоде отмечается уменьшение среднемесячного количества осадков июля. Прогноз на 2021 г. представлен снижением осадков июля на обеих метеостанциях.

Список литературы / References

1. Белоненко Г.В., Тусупбеков Ж.А., Ряполова Н.Л. Формирование и особенности влаго- и теплообмена ландшафтных провинций Западно-Сибирской равнины // Проблемы региональной экологии. 2015. № 3. С. 174—179.

Belonenko G.V., Tusupbekov Zh.A., Ryapolova N.L. Formation and features of water and heat exchange in landscape $\frac{1}{2}$

provinces of the West Siberian plain // Problemy regional'noj ekologii. 2015. No. 3. P. 174–179 (in Russian).

2. Метеорологический информационный сайт ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Обнинск. 2020. [Электронный ресурс]. URL: http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation (дата обращения: 14.11.2020).

Meteorological information site of the Federal state budgetary institution «VNIIGMI-MCD». Obninsk. 2020. [Electronic resource]. URL: http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation (address date: 14.11.2020) (in Russian).

3. Кусаинова А.А., Мезенцева О.В. Влияние пространственной изменчивости температуры воздуха в начале вегетационного периода на формирование стока и испарения на территории Казахстана и на юге Западной Сибири // Астраханский вестник экологического образования. 2019. № 4 (52). С. 60–65.

Kusainova A.A., Mezentseva O.V. The influence of spatial variability in air temperature at the beginning of the growing season on the formation of runoff and evaporation in Kazakhstan and in the south of Western Siberia // Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. 2019. No. 4 (52). P. 60–65 (in Russian).

4. Паромов В.В., Земцов В.А., Копысов С.Г. Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986—2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. // Известия томского политехнического университета. инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 1. С. 62–74.

Paromov V.V., Zemtsov V.A., Kopysov S.G. Climate of Western Siberia in the phase of slowing warming (1986-2015) and forecasting of hydro-climatic resources for 2021–2030 // Izvestiya tomskogo politekhnicheskogo universiteta. inzhiniring georesursov. 2017. V. 328. No. 1. P. 62–74. (in Russian).

5. Карнацевич И.В. Статистические прогнозы фазовонеоднородных метеорологических экстремумов // Омский научный вестник. 2008. № 2 (71). С. 62–65.

Karnatsevich I.V. Statistical forecasts of phase-inhomogeneous meteorological extremes // Omskij nauchnyj vestnik. 2008. No. 2 (71). P. 62–65 (in Russian).

УДК 504.54(571.56)

УСТОЙЧИВОСТЬ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА Р. ВИЛЮЙ В ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ

Николаева Н.А.

ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: nna0848@mail.ru

Более половины территории России относится к зоне Севера, отличающейся сложными природноклиматическими условиями, неблагоприятными для развития всех отраслей производственной деятельности. Республика Саха (Якутия) является тем регионом Севера, в котором наиболее выпукло отразились эти неблагоприятные условия. Но ее обширная минерально-сырьевая база определила интенсивное освоение месторождений полезных ископаемых в различных регионах республики. В связи с разработкой и эксплуатацией месторождений алмазов одним из наиболее промышленно освоенных регионов является бассейн р. Вилюй в Западной Якутии. За годы промышленного освоения природная среда региона подверглась значительному техногенному нарушению, что привело к негативным эколого-экономическим последствиям. В этих условиях необходимо проведение экологических оценок состояния природной среды, одним из выражений которого является оценка устойчивости ландшафтов к техногенной нагрузке. Наличие специфических особенностей Севера - многолетнемерзлых пород и суровых климатических условий, обусловило выбор ряда мерзлотных и биоклиматических показателей, принятых в основу оценки устойчивости ландшафтов бассейна р. Вилюй. Оценка устойчивости ландшафтов к механическим нарушениям была произведена по количественным мерзлотным и биоклиматическим показателям каждого из 16 выделенных ландшафтных районов. Анализ и ранжирование мерзлотных и биоклиматических характеристик по степени их влияния на снижение устойчивости позволили оценить устойчивость изучаемых ландшафтов. Выявлено, что ландшафты Вилюйского бассейна обладают различной степенью устойчивости к антропогенной нагрузке. Их распределение соответствует закономерностям широтной зональности ландшафтообразующих факторов, осложненной локальными особенностями, обусловившими наличие интразональных ландшафтов. Выявлено, что среднетаежные ландшафты в основном обладают средней степенью устойчивости, а северные редколесные слабоустойчивы и относительно неустойчивы. К наименьшей степени устойчивости отнесен горно-тундровый ландшафт. Интразональные водораздельные маревые северотаежные ландшафты, а также среднетаежный определены как слабоустойчивые и относительно неустойчивые.

Ключевые слова: Западная Якутия, алмазодобывающая промышленность, ландшафты, мерзлотные и биоклиматические показатели, оценка устойчивости

ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF THE VILYUY BASIN LANDSCAPES Nikolaeva N.A.

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center «Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionova, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru

More than half of the territory of Russia belongs to the zone of the North, which is distinguished by difficult climatic conditions unfavorable for the development of all branches of production activity. The Republic of Sakha (Yakutia) is the region of the North in which these unfavorable conditions are reflected most clearly. But its vast mineral resource base determined the intensive development of mineral deposits in various regions of the republic. In connection with the development and operation of diamond deposits, one of the most industrially developed regions is the river basin Vilyui in Western Yakutia. Over the years of industrial development, the natural environment of the region has undergone significant technological disruption, which has led to negative environmental and economic consequences. Under these conditions, it is necessary to conduct environmental assessments of the state of the environment, one of the expressions of which is to assess the sustainability of landscapes to anthropogenic stress. The presence of specific features of the North - permafrost and severe climatic conditions, led to the choice of a number of permafrost and bioclimatic indicators, taken as the basis for assessing the stability of the landscapes of the river basin. The stability of landscapes to mechanical disturbances was assessed by quantitative permafrost and bioclimatic indicators of each of the 16 identified landscape regions. Analysis and ranking of permafrost and bioclimatic characteristics by the degree of their influence on the decrease in stability made it possible to evaluate the stability of the studied landscapes. It was revealed that the landscapes of the Vilyui basin have varying degrees of resistance to anthropogenic stress. Their distribution corresponds to the patterns of latitudinal zonality of landscape-forming factors, complicated by local features that determined the presence of intrazonal landscapes. It was revealed that mid-taiga landscapes mainly have an average degree of stability, while northern sparse forests are weakly stable and relatively unstable. The mountain tundra landscape is referred to the least degree of stability. Intrazonal watershed haze north-taiga landscapes, as well as mid-taiga landscapes, are defined as weakly stable and relatively unstable.

Keywords: Western Yakutia, diamond mining industry, landscapes, permafrost and bioclimatic indicators, stability assessment

Западная Якутия является одним из наиболее промышленно освоенных регионов Якутии, центром алмазодобывающей промышленности России. Здесь, в бассейне р. Вилюй, осуществляет свою основную деятельность крупнейшая в мире компания АК «АЛРОСА», на долю которой приходится 29% мировой и около 95% российской добычи алмазов [1]. Строительство и функционирование крупных горно-обогатительных комплексов по добыче, переработке и обогащению алмазов повлекло развитие энергетики, транспорта и соответствующей инфраструктуры. Создан каскад ГЭС на р. Вилюй, проложены дороги, ЛЭП, развиты транспортная сеть, города, поселки, сельскохозяйственные объекты.

Деятельность предприятий добывающего комплекса (создание хвостохранилищ, отвалов, разработка россыпных месторождений и т.п.) неизбежно сопровождается отторжением значительных площадей природных ландшафтов. Параллельно происходит расширение транспортной сети, строительство новых населенных пунктов [2, с. 153].

Анализ современного состояния решения проблем минерально-сырьевой безопасности страны, связанной с освоением северных и северо-восточных регионов России, не позволяет в полной мере реализовать экономический потенциал Республики Саха (Якутия) и требует усиления научных исследований; как одно из направлений предусматривается изучение устойчивости мерзлотных экосистем в условиях промышленного освоения [3, с. 9].

Цель исследования: оценка степени природной устойчивости ландшафтов бассейна р. Вилюй к техногенному воздействию в условиях промышленного освоения.

Материалы и методы исследования

Устойчивость – фундаментальное свойство геосистемы, выступающее в единстве с ее изменчивостью, которое обеспечивается взаимодействием внешних и внутренних отношений [4, с. 123]. Природная устойчивость ландшафтов обусловлена свойствами стабильности и изменчивости ландшафтов, формируемых, главным образом, под влиянием климатических и геолого-геоморфологических факторов. Стабильность – постоянство параметров ландшафта, сохраняющихся в течение неопределенно долгого времени, которое обеспечивается постоянством внешних условий. Противоположность стабильности – изменчивость, способность ландшафтов переходить из одного состояния

в другое, менять свою структуру и характер функционирования [5, с. 4]. В основе оценки устойчивости в области многолетнемерзлых пород лежат среднегодовая температура и льдистость грунтов. Именно они определяют характер большинства составляющих: растительности, глубины сезонного протаивания и промерзания, мерзлотно-геологических процессов. В то же время они зависят от климата, рельефа местности, характера грунтов [6, с. 25].

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения степени устойчивости природных комплексов к механическому воздействию необходимо изучение ландшафтной структуры территории исследования.

Бассейн р. Вилюй принадлежит физикогеографической стране Северо-Восточная Сибирь. Изучаемая территория подразделена на 6 ландшафтных провинций: Оленекско-Мархинскую (А), Верхнетюнгскую (Б), Туринскую (В), Вилюйско-Тунгусскую (Г), Вилюйскую (Д) и Сунтарскую (Е) [7].

На этой основе было проведено дальнейшее районирование бассейна р. Вилюй, в результате чего в пределах провинций выделено 16 макрогеохор [8].

Макрогеохора является наименьшей региональной единицей, характеризующейся единым морфогенетическим типом рельефа, стратиграфо-генетическим комплексом отложений, а также относительно однородным характером гидроклиматических условий и почвенно-растительного покрова [9].

Оценка устойчивости ландшафтов бассейна реки Вилюй к механическим нарушениям, под которыми подразумевается нарушение и удаление почвенно-растительного покрова, была произведена путем применения методик [10; 11]. Для этого были приняты их мерзлотно-литогенные, климатические и биологические характеристики, которые приведены по [12] и представлены в табл. 1.

Согласно [10], в основу оценки положен покомпонентный анализ влияния ландшафтообразующих факторов на снижение устойчивости макрогеохор (табл. 1). Применение 4-балльной системы экспертных оценок, разграничивающее степени устойчивости (табл. 2), дало возможность по сумме баллов дать оценку устойчивости каждому ландшафтному выделу. При этом наибольшие баллы присвоены наименее устойчивым ландшафтам, а наименьшие — наиболее устойчивым.

Таблица 1 Биоклиматические и мерзлотные факторы формирования ландшафтных провинций территории бассейна р. Вилюй

	Условия увлажнения (индекс сухости)	умеренно влажные 1,0–1,5	недостаточно влажные 1,5–2,0	умеренно влажные 1,0–1,5	умеренно влажные 1,0–1,5	недостаточно влажные 1,5–2,0	влажные 0,5–1,0	влажные 0,5–1,0	недостаточно влажные 1,5–2,0	умеренно влажные 1,0–1,5
•	, итэоннэгэлээдооглэт кивогэУ дьсүт	холодные 800–1000	холодные 800-1000	холодные 800–1000	холодные 800–1000	холодные 800–1000	очень холодные менее 600	очень холодные менее 600	умеренно теплые 1200–1400	холодные 800-1000
	Продуктивность растительного покрова, ц/га	средняя 40–60	средняя 40–60	средняя 40–60	низкая 20-40	низкая 20-40	средняя 40–60	низкая 20-40	средняя 40–60	средняя 40–60
,	Запасы фитомассы, ц/га	400-1000	400-1000	400-1000	400-1000	400-1000	ок. 1000	ок. 70	1200–1500	400–1000
	Распространение многолетнемералых пород	сплошное	сплошное	сплошное	сплошное с подо- зерными таликами	сплошное	сплошное	сплошное	сплошное	сплошное
•	Объемная суммарная М.дпотость пород, %	до 0,2 0,2–0,4	0,2–0,4	до 0,2	0,4–0,8	до 0,2	до 0,2	до 0,2	0,4–0,8	0,4–0,8
•	Э°,дофон пород,	-3,06,0 -4,06,0	-3,06,0 -4,06,0	-3,06,0 -4,06,0	-4,08,0	-3,06,0 -4,07,0	-2,06,0	-8,011,0	-1,03,0	4,08,0
	Ландшафтные провинции	Оленекско-Вилюйская полого-увалистая североредколесная	Мархаринская низкогорная северо- редколесная	Моркокинская пологосклоновая редколесная североредколесная	Ханнинская маревая интразональ- ная северотаежная	Тюнгская приводораздельная североредколесная	Алакитско-Олдонгдонская остан- цовая горно-редколесная	Большекуондинская останцовая горно-тундровая	Лахарчанская грядово-маревая среднетаежная интразональная	Моркокинско-Ытыаттинская маревая северотаежная интразональная
	Обозначение	A-1	A-2	A-3	B-1	b-2	B-1	B-2	B-3	Γ-1

Окончание табл. 1	Условия увлажнения (индекс сухости)	умеренно влажные 1,0–1,5	умеренно влажные 1,0–1,5	недостаточно влажные 1,5-2,0	сухие 2,0-2,5	недостаточно влажные 1,5-2,0	недостаточно влажные 1,5–2,0	сухие 2,0–2,5
	Условия теплообеспеченности, гряд.	умеренно холодные 1000–1200	умеренно теплые 1200–1400	умеренно теплые 1200–1400	умеренно теплые 1200-1400	умеренно теплые 1200-1400	умеренно теплые 1200–1400	умеренно теплые 1200–1400
	Продуктивность растительного покрова, ц/га	средняя 40-60	средняя 40-60	средняя 40-60	средняя 40-60	средняя 40–60	средняя 40–60	средняя 40–60
	Запасы фитомассы, ц/га	400-1000	1200–1500	1200–1500	1200–1500	1200–1500	400-1000	1200–1500
	Распространение многолетнемерэлых пород	сплошное	сплошное	сплошное	сплошное	сплошное	сплошное	сплошное
	Объемная суммарная Мдостъ пород, %	до 0,2	0,4-0,6	до 0,2 0,2–0,4	до 0,2	0,2–0,6 до 0,2	0,4-0,6	0,2-0,4
	Э°, додоп вдугара пород, °С	-1,53,0	-1,03,0	-1,53,0 -2,03,0	-0,81,5	_0,81,5 _1,53,0	-2,04,0	-1,03,0
	Ландшафтные провинции	Вилюйская приводораздельная пологосклоновая среднетаежная	Ыгыаттинская маревая северотаежная интразональная	Улахан-Ботуобинская пологоскло- новая среднетаежная	Малоботуобинская приводораз- дельная сосново-лиственничная среднетаежная	Сюльдюкарская равнинная поло- го-склоновая лиственничная и со- сново-лиственничная	Мархинская межаласно-террасовая	Вилюйско-Сунтарская межалас- но-террасовая и древнетеррасовая
	Обозначение	Γ-2	Γ-3	4	Д-1	Д-2		E-2

Так, оценивание проводилось по следующей шкале ранжирования: среднеустойчивые — 16 и менее баллов; слабоустойчивые — 17–18 баллов; относительно неустойчивые — 19–20 баллов; 21 и более баллов — неустойчивые. В табл. 3 дана суммарная оценка степени устойчивости, произведенная для ландшафтных провинций бассейна р. Вилюй.

В результате анализа полученной оценки установлено следующее. Все ландшафтные комплексы бассейна р. Вилюй расположены в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород, что способствует их потенциальной неустойчивости.

Температурный разброс литогенной основы изучаемых комплексов охватывает все градации принятой балльной системы, что обусловливает различные степени их устойчивости. Так, североредколесные ландшафты, имеющие очень низкую температуру горных пород, доходящую до -6 и даже -8 °C, определены как относительно устойчивые, а среднетаежные — низкую, в среднем до -3 °C, что позволяет считать их более неустойчивыми.

Ханнинская, Лахарчанская, Моркокинско-Ыгыаттинская и Ыгыаттинская маревые слабодренированные интразональные макрогеохоры, несмотря на низкую температуру грунтов, являются слабоустойчивыми из-за высокой льдистости и нерас-

члененной поверхности, в результате чего на них накапливаются воды, приводящие к мерзлотно-геологическим процессам при антропогенных нарушениях.

По величине объемной льдистости пород многие комплексы являются более устойчивыми (от слабоустойчивых до относительно неустойчивых), так как содержат невысокое количество подземного льда (до 0,2 и 0,2–0,4 отн. ед.). Неустойчивыми по этому признаку (0,4–0,8 отн. ед.) явились высокольдистые слабодренированные маревые ландшафты Ханнинская, Лахарчанская, Моркокинско-Ыгыаттинская и Ыгыаттинская.

По биоклиматическим показателям: запасам фитомассы, продуктивности растительного покрова, условиям теплообеспеченности и увлажненности, североредколесные ландшафты, за некоторым исключением, определены как в разной степени слабоустойчивые и неустойчивые, а среднетаежные – как более устойчивые.

Так, по запасам фитомассы (400–1000 ц/га) большинство североредколесных комплексов слабоустойчивы, а среднетаежные (1200–1500 ц/га) преимущественно среднеустойчивые. По продуктивности почти все ландшафты региона являются слабоустойчивыми (40–60 ц/га), кроме Ханнинской, Тюнгской и Большекуондинской с низкой (20–40 ц/га) продуктивностью.

 Таблица 2

 Оценка влияния природных факторов на снижение устойчивости ландшафтов

		Оценка влияни	я в баллах	
Биогидротермические и геокриологические условия	1 балл, среднеустойчивые	2 балла, слабоустойчивые	3 балла, относительно неустойчивые	4 балла, неустойчивые
	не влияет	слабо влияет	заметно влияет	нарушает
Температура грунтов, °С	от −5° и ниже	от −2° до −5°	от −1° до −2°	от −1° и выше
Объемная льдистость, отн. ед.	до 0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	до 0,6 и более
Характер распространения многолетнемерзлых пород	островной	прерывистый	сплошной с подрусловы- ми таликами	сплошной
Запасы фитомассы, ц/га	1200–1500	400–1000	около 1000	155–400
Продуктивность, ц/га	повышенно продуктивные, 60–80	средне- продуктивные, 40–60	низко- продуктивные, 20–40	минимально продуктивные, менее 20
Теплообеспеченность, °С	умеренно теплые, 1200–1600	умеренно холод- ные, 1000–1200	холодные, 800–1000	очень холодные, 600 и ниже
Индекс сухости, ккал•м²/год	сухие, >2,0	недостаточно влажные, 1,5–2,0	умеренно влажные, 1,0–1,5	влажные 0,5–1,0

Таблица 3 Оценка степени устойчивости ландшафтов бассейна р. Вилюй

Обозначение	Ландшафтные провинции	Температура пород, °C	Объемная суммарная льдистость пород, %	Распространение многолетнемерзлых пород	Запасы фитомассы, ц/га	Продуктивность растительного покрова, ц/га	Условия тепло- обеспеченности, град.	Условия увлажнения (индекс сухости)	Сумма баллов	Степень устойчивости
A-1	Оленекско-Вилюйская полого-увалистая северотаежная	1	2	4	2	2	3	3	17	слабоустойчивая
A-2	Мархаринская возвышенная	1	3	4	2	3	3	2	17	слабоустойчивая
A-3	Моркокинская пологосклоновая	1	2	4	2	3	3	3	17	слабоустойчивая
Б-1	Ханнинская маревая водораздельная	1	4	3	2	3	3	3	19	относительно неустойчивая
Б-2	Тюнгская равнинная заболоченная	1	4	4	2	3	3	2	19	относительно неустойчивая
B-1	Алакитско-Олдонгдонская возвышенная	1	2	4	3	2	4	4	20	относительно неустойчивая
B-2	Большекуондинская горнотундровая	1	2	4	4	3	4	4	22	неустойчивая
B-3	Лахарчанская маревая среднетаежная	2	4	4	2	2	2	2	18	слабоустойчивая
Γ-1	Моркокинско-Ыгыаттинская маревая северотаежная	1	4	4	2	2	3	3	19	относительно неустойчивая
Γ-2	Вилюйская пологосклоновая	2	2	4	2	2	2	3	17	слабоустойчивая
Γ-3	Ыгыаттинская пологосклоновая маревая	2	4	4	1	2	1	3	17	слабоустойчивая
Γ-4	Улахан-Ботуобинская пологосклоновая	2	2	4	1	2	1	1	13	среднеустойчивая
Д-1	Малоботуобинская слабо- дренированная	3	2	4	1	2	1	2	15	среднеустойчивая
Д-2	Сюльдюкарская пологосклоновая	3	3	4	1	2	1	2	16	слабоустойчивая
E-1	Мархинская межаласно-террасовая	2	4	4	2	2	1	2	17	слабоустойчивая
E-2	Вилюйско-Сунтарская межаласно-террасовая и древнетеррасовая	3	3	4	1	2	1	1	15	среднеустойчивая

По условиям теплообеспеченности североредколесные — холодные ($800-1000\,^\circ$), т.е. относительно неустойчивы, а среднетаежные — умеренно теплые ($1200-1600\,^\circ$), что является показателем средней степени устойчивости.

Условия увлажнения как северных, так и среднетаежных макрогеохор имеют большой разброс, от сухих до влажных, что определяет различную степень их устойчивости. Так, большинство северных ландшафтов влажные и умеренно влаж-

ные, что обусловливает их неустойчивость, а среднетаежные – недостаточно влажные. Наименее устойчивы влажные Ханнинская и Тюнгская макрогеохоры, наиболее устойчивыми комплексами явились Малоботуобинская и Вилюйско-Сунтарская с наиболее сухими условиями. Наиболее неустойчивой по всем биоклиматическим показателям определена Большекуондинская горно-тундровая макрогеохора, отличающаяся наиболее холодными и влажными условиями.

Выводы

В результате исследования выявлено, что в целом ландшафты Вилюйского бассейна по принятым мерзлотным и биоклиматическим показателям обладают различной степенью устойчивости к механическим антропогенным воздействиям. Их распределение соответствует закономерностям широтной зональности ландшафтообразующих факторов, осложненной локальными особенностями, обусловившими наличие интразональных ландшафтов. Определено, что среднетаежные ландшафты в основном обладают средней степенью устойчивости, а северные редколесные слабоустойчивы и относительно неустойчивы. К наименьшей степени устойчивости отнесена горнотундровая макрогеохора. Интразональные водораздельные маревые северотаежные ландшафты, а также среднетаежный определены как слабоустойчивые и относительно неустойчивые.

Список литературы / References

- 1. АЛРОСА история алмазной компании, показатели на ... [Электронный ресурс]. URL: https://OpenTrainer.ruvarticles/alrosa/ (дата обращения: 19.02. 2020).
- ALROSA history of the diamond company, indicators on ... [Electronic resource]. URL: https://OpenTrainer.ru>articles/alrosa/ (date of access: 19.02.2020) (in Russian).
- 2. Вольперт Я.Л., Шадрина Р.Г. Влияние техногенной трансформации таежных ландшафтов на сообщества мелких млекопитающих Западной Якутии // Проблемы региональной экологии. 2010. № 4. С. 153–157.
- Volpert Ya.L., Shadrina R.G. Influence of technogenic transformation of taiga landscapes on communities of small mammals in Western Yakutia // Problemy regional'noj jekologii. 2010. № 4. P. 153–157 (in Russian).
- 3. Асеев А.Л., Лебедев М.П. О концепции Программы комплексных научных исследований в Республике Саха (Якутия) // Экономика Востока России. 2015. № 2(4). С. 9–11.
- Aseev A.L., Lebedev M.P. About the concept of the Program of integrated scientific research in the Republic of Sakha (Yakutia) // Jekonomika Vostoka Rossii. 2015. № 2 (4). P. 9–11 (in Russian).
- 4. Коновалова Т.И., Бессолицына Е.П. Устойчивость и направления антропогенных преобразований геосистем южной части средней Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2011. Т. 4. № 2. С. 120—137.

Konovalova T.I., Bessolitsyna E.P. Stability and directions of anthropogenic transformation of geosystems of the southern part of Central Siberia // Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Nauki o Zemle. 2011. T. 4. № 2. P. 120–137 (in Russian).

- 5. Абалаков А.Д., Лопаткин Д.А. Устойчивость ландшафтов и ее картографирование // Известия Иркутского государственного университета. 2014. Т. 8. С. 2–14.
- Abalakov A.D., Lopatkin D.A. Mapping of Landscape Stability // Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. T. 8. P. 2–14 (in Russian).
- 6. Горохов А.Н. Оценка устойчивости мерзлотных ландшафтов Верхоянского района Республики Саха (Якутия) // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования: материалы XI Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному Дню Земли и 100-летию заповедной системы России. Красноярск: Изд-во: КГУ, 2016. С. 25–28.

Gorokhov A.N. Assessment of stability of permafrost landscapes in the Verkhoyansk district of the Republic of Sakha (Yakutia) // Geografija i geojekologija na sluzhbe nauki i innovacionnogo obrazovanija: materialy XI Mezhdunarodnoj nauchnorakticheskoj konferencii, posvjashhennoj Vsemirnomu Dnju Zemli i 100-letiju zapovednoj sistemy Rossii. Krasnojarsk: Izdvo: KGU, 2016. P. 25–28 (in Russian).

7. Физическая география СССР: Азиатская часть / Под ред. Н.А. Гвоздецкого. М.: Высшая школа. 1987. 447 с.

Physical Geography of the USSR: Asn Part / N.A. Gvozdeckij (ed.). 1987. 447 p. (in Russian).

8. Николаева Н.А. Геосистемная структура бассейна реки Вилюй // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12781 (дата обращения: 12.10.2020).

Nikolaeva N.A. Geosystem structure of the Vilyui river basin // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. № 2. [Electronic resource]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12781 (date of access: 19.02.2020) (in Russian).

9. Сочава Б.В. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.

Sochava B.V. Introduction to the doctrine of geosystems. Novosibirsk: Nauka, 1978. 319 p. (in Russian).

10. Шполянская Н.А., Зотова Л.И. Карта устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири // Вестник МГУ. 1994. № 1. Сер. 5. География. С. 56–65.

Shpolyanskaya N.A., Zotova L.I. Stability map of land-scapes of permafrost zone of Western Siberia // Vestnik MGU. 1994. № 1. Ser. 5. Geografija. P. 56–65 (in Russian).

- 11. Букс И.И. Некоторые методические вопросы определения потенциальной устойчивости природных комплексов в целях прогнозирования их состояния // Методология и методы географического прогнозирования. М., 1983. С. 104–113.
- Buchs I.I. Some methodological issues of determining the potential sustainability of natural complexes in order to predict their status // Metodologija i metody geograficheskogo prognozirovanija. M., 1983. P. 104–113 (in Russian).
- 12. Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф., Макаров В.С. и др. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1 500 000 / гл. ред. М.Н. Железняк. 2018. 2 л.

Fedorov A.N., Torgovkin Ya.I., Shestakova A.A., Vasiliev N.F., Makarov V.S. and etc. Permafrost-landscape map of the Republic Sakha (Yakutia). Scale 1:1 500 000 / M.N. Zhelezniak (ed.). 2018. 2 l. (in Russian).

УДК 553.87:549.08:622.276.5

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦА

¹Песков А.В., ¹Алекина Е.В., ²Тарасова Е.Ю.

¹Самарский государственный технический университет, Самара, e-mail: pesko-aleksandr@ya.ru; ²Самарский филиал Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Самара

Приведены результаты расчетов размеров областей когерентного рассеяния и величин микроискажений методом аппроксимации для образцов кварца разного генезиса. Представлено сравнение экспрессного метода по полуширине профилей, аппроксимированных функциями Коши или Гаусса, Фойгта и анализа формы профиля дифракционных линий с учетом асимметрии аппаратных искажений и физического профиля. Исследования проводились на образцах халцедона, волжского агата, яшмы, коричневого кварца, кварцевого песка, кварца песчаников пород коллекторов из керна, которые были отобраны в Самарской области. Также использовался жильный кварц в качестве эталона. Обоснован выбор аналитических линий исследуемого минерала и эталона. Экспрессная рентген-дифракционная методика определения параметров микроструктуры кварца при аппроксимации функцией Фойгта апробирована с учетом ограничений в условиях работы аппаратуры с заданной экспрессностью и точностью. Проведено сопоставление полученных результатов: размеров областей когерентного рассеяния и индекса кристалличности по изученным образцам кварца. Приводятся некоторые достоинства и недостатки использования применяемых методов. Полученные параметры микроструктуры: размеры областей когерентного рассеяния и величины микроискажений кварца возможно приводить в качестве дополнительной характеристики при определении состава терригенных пород. С использованием структурных типоморфных особенностей возможно дифференцировать однотипные кварцевые песчаники.

Ключевые слова: область когерентного рассеяния, микроискажения, профиль дифракционной линии, рентгеновский метод аппроксимации, кварц, халцедон, физические и экспериментальные уширения, генезис, керн

TIPOMORFNY FEATURES OF QUARTZ

¹Peskov A.V., ¹Alekina E.V., ²Tarasova E.Yu.

¹Samara State Technical University, Samara, e-mail: pesko-aleksandr@ya.ru; ²Samara branch of The Lebedev physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Samara

Calculation data are herein described for coherent-scattering region sizes and micro-distortion values by the approximation method for quartz samples of different genesis. Comparison of two methods for micro-structure analysis is presented: rapid test method for half-width profiles approximated by the Cauchy or Gauss, Voigt functions, and diffraction line shape analysis taking into account the asymmetry of instrumental distortions and physical profile. The researches were carried out on samples of chalcedony, Volga agate, jasper, brown quartz, quartz sand, sandstone rock quartz of core container rocks which were selected in the Samara Region with indication of their detailed location. Also gangue quartz was used as a reference. The choice of analytical lines for the mineral to be investigated and the reference was grounded. The rapid X-ray diffraction method to determine quartz microstructure parameters at approximation by the Voigt function was tested taking into account the limitations in the instrument operation conditions with the set rapidness and accuracy. The obtained data were compared: the coherentscattering regions and the crystallinity index from the studied quartz samples. Advantages and disadvantages of the rapid test method for half-width profiles approximated by the Cauchy or Gauss, Voigt functions, and diffraction line profile shape analysis taking into account the asymmetry of instrumental distortions and physical profile. The obtained micro-structure parameters: the coherent-scattering region sizes and the quartz micro-distortion value may be given as an additional characteristic in determining the particle size distribution of terrigenous rocks. Using structural typomorphic features, it is possible to differentiate similar quartz sandstones.

Keywords: coherent-scattering region, micro-distortions, diffraction line profile, X-ray approximation method, quartz, chalcedony, physical and experimental broadening, genesis, core

Терригенные породы, являющиеся коллекторами нефти и газа, сложены песчаниками, основным компонентом которых является кварц. Однако реальные минералы могут обладать различным количеством изоморфных примесей, различием в габитусе и дефектности кристаллической структуры.

При построении литолого-петрофизической модели залежи используют основные коллекторские свойства пород: пористость и проницаемость, однако в построении фациальной модели пласта могут помочь и другие физические свойства.

Современные геологические трехмерные модели отложений учитывают фациальные условия формирования осадочных пород, исходя из данных ГИС и исследований керна скважин. Для определения количественного состава минералов и особенностей кристаллической структуры применяется рентгеноструктурный и электронномикроскопический анализы.

Типоморфные особенности кварца могут расчленять одинаковые по химическому составу пласты кварцевых песчаников, а извлеченная генетическая информация повы-

сить информативность фациальной модели залежи.

Концепция типоморфизма минералов была введена впервые А.Е. Ферсманом. Типоморфизм – это свойство минералов в процессе образования и последующего преобразования, то есть генезиса, обладать определенными типоморфными особенностями. Поэтому в минералах имеется генетическая информация, количество которой значительно в распространенных минералах, таких как кварц, кальцит, пирит и другие.

Различают типоморфизм минералов и типоморфные особенности минералов. Стадии минералообразования характеризуются типоморфными ассоциациями минералов. Типоморфные особенности минералов разделяются на химические, структурные и физические.

Химические особенности – это наличие изоморфных примесей, изотопный состав и другое. Структурные особенности минералов - это параметры элементарной ячейки, полиморфизм, дефективность структур: плотность дислокаций, характер вакансий и другие неоднородности. В настоящей работе проводилось изучение структурных типоморфных особенностей с применением рентгенографического анализа.

Физические свойства минералов зависят от несовершенств их строения – дефектов. Дефекты подразделяют на точечные, линейные и объемные. Микроискажения возникают в связи с точечными и линейными дефектами кристаллов. Области когерентного рассеяния – это области кристалла с периодическим расположением атомов разделенными друг от друга границами зерен и дислокационными стенками. Типоморфные особенности кварца изучали ряд исследователей в России [1–3].

Цель исследования: определить параметры тонкой кристаллической структуры

(размеры блоков о.к.р. и величин микроискажений) кварца различных генераций.

Материалы и методы исследования

Исследование микроструктуры, предполагающее определение размеров областей когерентного рассеяния и микроискажений, можно проводить с применением рентгеноструктурного анализа.

В работе сравниваются экспрессный рентгенодифракционный метод анализа при аппроксимации функциями Гаусса или Коши [4], Фойта [5; 6] и анализ формы профиля дифракционных линий [7] с учетом асимметрии профилей.

В случае аппроксимирующих функций Гаусса $e^{-\alpha x}$ или Коши $1/(1 + \gamma x^2)$ по линиям 2 порядков отражения можно рассчитать размеры о.к.р. и величины микроискажений по зависимостям [4]. В экспрессном анализе используется функция Фойгта с интегральной шириной В, Коши В, и гауссовой ют, применяя уравнение Лангфорда.

В ходе расчетов определяют физические уширения по Коши и Гауссу Вк и Вг, размер ОКР по Коши, Гауссу и общий D_v, D_v, D и величину микроискажений [6]. При расчете по функции Фойгта имеются ограничения:

$$1 \le \frac{\beta_{\kappa 2} \cos \Theta_2}{\beta_{\kappa 1} \cos \Theta_1} \le 4,$$

$$1 \le \frac{\beta_{\kappa 2} \cos \Theta_2}{\beta_{\kappa 1} \cos \Theta_1} \le 2.$$
(1)

При анализе профиля [7] дифракционная линия аппроксимируется асимметричной функцией псевдо-Фойгта - суммой функций Лоренца и Гаусса.

Расчет размеров блоков D по [7] при асимметрии пика с учетом полуширины для левой и правой частей линии проводится по зависимости:

$$D = 90\lambda K_k \left\{ \pi^3 \left[\frac{\eta_{Lh} w_{Lh}^2 + \eta_{Rh} w_{Rh}^2}{a(\eta_{Lh} w_{Lh} + \eta_{Rh} + b(w_{Lh} + w_{Rh}))} - \frac{\eta_{Lg} w_{Lg}^2 + \eta_{Rg} w_{Rg}^2}{a(\eta_{Lg} w_{Lg} + \eta_{Rg} w_{Rg}) + b(w_{Lg} + w_{Rg})} \right] \cos \Theta_0 \right\}^{-1}, (2)$$

где $\eta_{\scriptscriptstyle R}$ – доля функции Коши для правой доли линии;

η, – доля функции Коши для левой доли линии; $\widetilde{W_{Lg}}$ — полуширина левой доли для эталона;

 w_{Rg}^{Lg} — полуширина правой доли для эталона; w_{Rh} — полуширина правой доли для эксперимента:

 w_{Ih} — полуширина левой доли для экспери-

 $K_{..}$ – коэффициент, характеризующий форму о.к.р.;

Ө – угол аналитической линии;

 λ — длина волны излучения;

 $a = \pi - (\pi/\ln 2)^{1/2}, b = (\pi/\ln 1)^{1/2}.$

Без учета асимметрии линии при $w_{Lg} = w_{Rg} = w_g$ и $w_{Rh} = w_{Lh} = w_h$ размер блоков вычисляется:

$$D = \frac{90\lambda K_k}{\pi^3 \left[\frac{\eta_h w_h}{a \eta_h + b} - \frac{\eta_g w_g}{a \eta_\sigma + b} \right] \cos \Theta_0}.$$
 (3)

Исследования проводились на дифрактометре Thermo scientific ARL XtrA. Объектами исследований являлись образцы халцедона, яшмы, волжского агата, кварцевого песка, песчаника из керна нефтяных скважин, крупнозернистого образца кварца с коричневой окраской, отобранные в Самарской области.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим результаты определения параметров тонкой кристаллической структуры исследованных образцов.

Для образцов халцедона и яшмы по экспериментальным уширениям B и отношению измеренной на половине высоты уширения пика к экспериментальной ширине рассчитаны уширения гауссовой и Коши компонент (табл. 1). Определялось отношение физических уширений гауссовой компоненты для двух порядков отражений $\beta_{\Gamma^2} \cos \Theta_2 / \beta_{\Gamma^1} \cos \Theta_1$ и доля функции Коши η_{κ} . Из приведенной таблицы видно, что экспериментальные уширения за счет функции Коши более значительны, чем уширения за счет функции Гаусса. Отношение $\beta_{\Gamma^2} \cos \Theta_2 / \beta_{\Gamma^1} \cos \Theta_1$ для халцедона, яшмы

и коричневого кварца больше допустимой величины 2, а для агата, породы, песка уширения для рефлекса 202 полностью связаны с функцией Коши, и расчет в связи с этим размера о.к.р. по функции Гаусса не имеет смысла. В связи с этим далее рассчитывался размер о.к.р. по уширениям доли Коши по зависимости 14. Отношение $\beta \kappa_2 \cos \Theta_2 / \beta \kappa_1 \cos \Theta_1$ для большинства образцов, исключая коричневый кварц, больше 1, что допускает проведение расчетов по соответствующим зависимостям.

Для халцедона размер о.к.р. по зависимости [4] при аппроксимации по Коши составил D = 155,4 нм, а при аппроксимации по Гауссу D = 144,4 нм (табл. 2). По зависимости [6] с учетом уширения гауссовой и Коши компонент D = 127,8 нм. По зависимостям псевдо-Фойгта [7], при использовании для расчета пика 101, значение о.к.р. составило 19,8 нм, а по пику 202 значение незначительно отличается и равно D = 18,5 нм. Для образца яшмы по зависимостям [4] получены близкие по значению размеры о.к.р. D = 169,8 нм при аппроксимации по Коши. При аппроксимации по Гауссу получен размер о.к.р. D = 112,1 нм, а согласно зависимости [6] с учетом уширения гауссовой и Коши компонент D = 103,2 нм. По зависимостям [7] по пику 101 D = 17,5 нм, а по пику 202 D = 12,8 нм. Полученные значения при расчете по зависимостям российских ученых отличаются от значений, полувыражениям зарубежных исследователей.

Таблица 1 Экспериментальные уширения компоненты Гаусса $B_{_{\Gamma}}$, компоненты Коши $B_{_{K}}$, отношение физических уширений по Гауссу и Коши, доля компоненты Коши $\eta_{_{K}}$ образцов минералов для отражений 101 и 202

	hkl	Вг	Вк	$\beta \Gamma_2 \cos\Theta_2/\beta \Gamma_1 \cos\Theta_1$	βκ2cosΘ2/βκ1cosΘ1	$\eta_{_{\scriptscriptstyle K}}$
Халцедон	101	0,070	0,129	2,62	1,02	0,83
	202	0,153	0,189			0,93
Яшма	101	0,078	0,149	2,25	1,09	0,76
	202	0,161	0,219			0,75
Порода	101	0,050	0,056	_	1,36	0,7
Флер. № 2	202	0,030	0,108			0,996
Порода	101	0,047	0,073	_	1,58	0,65
Флер. № 6	202	0,000	0,135			1
Агат	101	0,065	0,183	_	1,07	0,85
	202	0,000	0,265			1
Коричневый	101	0,055	0,085	2,3	0,29	0,77
кварц	202	0,070	0,107			0,77
Песок	101	0,039	0,074	_	2,75	0,75
	202	0,000	0,185			1

Таблица 2

Физические уширения кварца β, физические уширения компоненты Коши βк, экспериментальные уширения анализируемой линии и эталона – wh, wg, размер о.к.р. D и микроискажений ε рефлексов 101 (1 пик), 202 (2 пик) кварца для образцов халцедон и яшма

Расчет	hkl	Параметр	Халцедон	Яшма
по зависимости				
	101	βк1, рад.	0,001276	0,001617
	202	βк2, рад.	0,001515	0,002036
	101	β1, рад.	0,001139	0,001837
	202	β2, рад.	0,001375	0,002993
	101	wh1, град.	0,156	0,196
	202	wg1, град.	0,091	0,091
	101	wh2, град.	0,199	0,292
	202	wg2, град.	0,120	0,12
По Коши [4]	3		0,000127439	0,00096
	D, нм		155,4	169,8
По Гауссу [4]	3		0,00033	1,25E-03
	D, нм		144,4	112,0
По Фойгту [6]	3		2,66621E-05	5,95E-05
	D		127,8	103,2
[7]	$D_1(hkl = 1)$	101), нм	19,8	17,5
	$D_2(hkl = 2)$	202), нм	18,5	12,8

Таблица 3 Рентгеновские параметры рефлекса 110 эталона кварца и халцедона для левой ветви: экспериментальная ширина пика w_n , доля Коши η_n ; для правой ветви: экспериментальная ширина пика w_n , доля Коши η_m , размер о.к.р. – D

	w _" , град.	w _{пр} , град.	В.05/В _л	В.05/В пр	$\eta_{_{\pi}}$	$\eta_{_{\mathrm{np}}}$	D, нм
Эталон кварца	0,110	0,082	0,844	0,697	0,038	0,070	11,1
Халцедон	0,17	0,14	0,69	0,707	0,838	0,8	

Полученные данные расчета по зависимости (2) (табл. 3) показали размер о.к.р. с учетом асимметрии линий халцедона по пику 101 D = 11.1 нм против D = 19,8 нм без учета асимметрии пика.

Для образцов агата получены близкие значения относительно яшмы и халцедона согласно зависимости [7], и для агата по пику 101 размер о.к.р составил D=11,3 нм, а для пика 202 D=10,2 нм (табл. 4). Для образца коричневого кварца получены значительные размеры о.к.р. исходя из зависимости [7] по 3 пикам: по пику 100 D=174,3 нм, по пику 101 D=52,4 нм и по пику 202 D=117,3 нм (табл. 4).

Для образца коричневого кварца отношение $\beta_{\kappa 2} \cos\Theta_2/\beta_{\kappa 1} \cos\Theta_1$ менее 1, в связи с чем расчет по зависимости 14 не проволился

Размер о.к.р. образца кварцевого песка по зависимости [7] составил для пика

101 D = 82 нм, а для пика 202 D = 36 нм (табл. 5).

Образцы кварца песчаника из керна нефтяной площади показали значительную разницу в размерах о.к.р.: образец 2 при аппроксимации по Коши составил по зависимости [4] D = 643,4 нм, а при аппроксимации по Гауссу D = 644,4 нм (табл. 5). По зависимости [6] с учетом уширения гауссовой и Коши компонент D = 642,8 нм. По зависимостям [7] при использовании для расчета пика 101 значение о.к.р. составило D = 84,0 нм, а по пику 202 значение D = 66,8 нм. Образец 6 по зависимости [4] при аппроксимации по Коши составил D = 77,7 нм, а при аппроксимации по Гауссу D = 76,1 нм. По зависимости [6] для образца № 6 с учетом уширения гауссовой и Коши компонент D = 144 нм, а по зависимостям [7], при использовании для расчета пика 101, значение о.к.р. составило 15,8 нм, а по пику 202 значение D = 10.9 нм.

Таблица 4

Физические уширения кварца β, физические уширения компоненты Коши βк, экспериментальные уширения анализируемой линии и эталона — wh, wg, размер о.к.р. D и микроискажений є рефлексов 101 (1 пик) и 202 (2 пик), 100 (3 пик) кварца для образцов агата и коричневого кварца

Расчет по зависимости	Параметр	Агат	Коричневый кварц
	βк1, рад.	0,002203	0,00049
	βк2, рад.	0,002732	0,000168
	β1, рад.	0,002166	0,000339
	β2, рад.	0,002523	0,000435
	wh1, град.	0,215	0,110
	wg1, град.	0,091	0,091
	wh2, град.	0,265	0,145
	wg2, град.	0,120	0,120
	wh3, град.	_	0,082
	wg3, град.	_	0,078
По Коши [4]	3	0,000154415	0,000063
	D, нм	78,4	567,7
По Гауссу [4]	ε	0,003565603	0,00013
	D, нм	74,9	505,5
По Фойгту [6]	3	0,0000717	_
	D	753	_
[7]	$D_{1}(2\Theta = 26,6)$, HM	11,3	52,4
	$D_2(2\Theta = 54,4)$, HM	10,2	117,3
	$D_3 (2\Theta = 20.8)$, HM	_	174,3

Таблица 5 Физические уширения кварца β , физические уширения компоненты Коши β к, экспериментальные уширения анализируемой линии и эталона — wh, wg, размер о.к.р. D и микроискажений ϵ рефлексов 101 (1 пик) и 202 (2 пик) кварца для образцов № 2 и № 6 керна нефтяных скважин

Методика анализа	Параметр	Образец № 2, керн	Образец № 6, керн	Кварцевый песок
	βк1, рад.	0,000299	0,001414	0,000464
	βк2, рад.	0,000470	0,002575	0,001471
	β1, рад.	0,000247	0,002103	0,000346
	β2, рад.	0,000270	0,002366	0,0004
По Коши [4]	3	5,66023E-07	6,93E-05	2,15E-05
	D, нм	643,6	77,71	485,5863
По Гауссу [4]	3	0,00001	3,2 E-05	0,000572
	D, нм	642,7	76,1	466,7
По Фойгту [6]	3	3,15E -05	0,000226	0,00021
	D	642,8	144,0	937
[7]	wh1, град.	0,105	0,211	0,098
	wg1, град.	0,091	0,091	0,078
	wh2, град.	0,136	0,256	0,185
	wg2, град.	0,12	0,12	0,162
	$D_1(2\Theta = 26,6)$, HM	84,0	15,8	82
	$D_2(2\Theta = 54,4)$, HM	66,8	10,9	36

В ряде работ [8] изучалось качество кварца в зависимости от наличия изоморфных примесей и размера кристаллов с при-

менением рентгенографического анализа методом расчета индекса кристалличности. Расчет индекса кристалличности кварца

позволяет эффективно и качественно выявить наиболее перспективные виды кварцевого сырья для получения концентратов особо чистого кварца. В [9] получены значения индекса кристалличности и размер о.к.р. для образцов кварца разного генезиса. Индекс кристалличности для представленного ограниченного ряда образцов возрастает с увеличением размеров о.к.р., и из-за недостаточной изученности физических основ индекса кристалличности и малой выборки образцов эта связь недостаточно достоверна.

Заключение

Для образцов кварца крупнозернистого песка и коричневого кварца получены большие размеры о.к.р., чем для образцов халцедона, агата и яшмы. Размеры о.к.р. образцов кварца пород керна нефтяной площади значительно различаются. Исследование параметров тонкой кристаллической структуры рассмотренными группами методов показало их некоторые преимущества и ограничения. При исследовании экспрессным методом аппроксимацией функциями Гаусса, Коши или Фойгта можно использовать линии 2 порядков отражений. Это линии c hkl-100, 200, 300, 400, 101, 202. При исследовании методом анализа формы линий не указаны ограничения в использовании любой одиночной линии из рентгенометрических данных минерала. Кроме того, расчет можно проводить по асимметричным линиям.

Размер о.к.р. с учетом асимметрии линий халцедона по пику 101 равен D = 11,1 нм. Это значение меньше размера о.к.р., полученного без учета асимметрии пика D = 19,8 нм. Результаты, полученные по зависимостям из [7] по линиям с разными hkl, отличаются друг от друга приближенно до 50%, что сопоставимо и представляет интерес для дальнейшего изучения. В зависимостях расчета размеров блоков D методом анализа профиля линий для Kkкоэффициента, зависящего от формы о.к.р., принято значение, равное 1, исходя из предположения, что форма о.к.р. сферическая. Используя описанные методы, возможно дополнительно проводить изучение образцов кварца по размерам о.к.р. и расчленять пласты кварцевых песчаников.

Список литературы / References

1. Юргенсон Г.А. Типоморфные признаки жильного кварца и пирита золоторудных месторождений как поисково-оценочные критерии // Кулагинские чтения: техника и технология производственных процессов: 16 международ-

ная научно практическая конференция. Чита: Забайкальский государственный университет, 2016. С. 10–15.

Yurgenson G.A. Typomorphic features of vein quartz and pyrite from gold deposits as prospecting evaluation criteria // Kulaginskiye chteniya: tekhnika i tekhnologiya proizvodstvennykh protsessov: 16 mezhdunarodnaya nauchno prakticheskaya konferentsiya. Chita: Zabaykal'skiy gosudarstvennyy universitet, 2016. P. 10–15 (in Russian).

2. Лазарев Д.А., Каныгина О.Н. Об определении размеров областей когерентного рассеяния кристаллов кварца в глинистых системах // Вестник ОГУ. 2012. № 4. С. 221–224.

Lazarev D.A., Kanygina O.N. Determination of the dimensions of the coherent scattering regions of quartz crystals in clay systems // Vestnik OGU. 2012. № 4. P. 221–224 (in Russian).

3. Садовничий Р.В., Михайлина А.А., Рожкова Н.Н., Инина И.С. Морфологические и структурные особенности кварца шунгитовых пород максовской залежи // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 2. С. 73–88.

Sadovnichy R.V., Mikhaylina A.A., Rozhkova N.N., Inina I.S. Morphological and structural features of quartz in shungite rocks of the Maksovian deposit // Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN. 2015. № 2. P. 73–88 (in Russian).

4. Нагорнов В.П., Смыслов Е.Ф. Аналитические выражения для определения размеров блоков и величин микроискажений в рентгеновском методе аппроксимации. Рег. № 275–81. Деп. УДК 539.26. Аннотация опубл. в журнале «Известия вузов. Физика». 1981. Т. XXIV. № 3. С. 123–129.

Nagornov V.P., Smyslov E.F. Analytical expressions for determining the block sizes and microdistortions in the X-ray approximation method. Reg. No. 275–81. Dep. UDC 539.26. Abstract publ. in the journal «Izvestiya Vuzov. Physics». 1981. T. XXIV. No. 3. P. 123–129 (in Russian).

5. Смыслов Е.Ф., Селиванов В.Н. Экспрессный метод определения интегральной ширины и ее составляющих Фойгтовской рентгеновской линии // Заводская лаборатория 1996. Т. 62. № 5. С. 19–20.

Smyslov E.F., Selivanov V.N. Express method for determining the integral width and its components of the Voigt X-ray line // Zavodskaya laboratoriya 1996. T. 62. N 5. P. 19–20 (in Russian).

6. Селиванов В.Н., Смыслов Е.Ф. Экспрессные методы рентгеновского анализа распределений кристаллитов и дислокационной структуры деформированных поликристаллитов. Теоретические и практические аспекты методов. Ч. 1 // Материаловедение. 1998. № 4. С. 2–9.

Selivanov V.N., Smyslov E.F. Express methods of X-ray analysis of crystallite distributions and dislocation structure of deformed polycrystallites. Theoretical and practical aspects of the methods. Part 1 // Materialovedeniye. 1998. No. 4. P. 2–9 (in Russian).

- 7. Juan Pantoja-Cortes, Florentino Sanchez-Bajo, Angel L Ortiz. A line-broadening analysis model for the microstructural characterization of nanocrystalline materials from asymmetric x-ray diffraction peaks. Journal of physics. 2012. V. 24. DOI: 10.1088/0953-8984/24/21/215301.
- 8. Разва О.С., Ануфриенкова А.М., Коровкин М.В. Оценка степени преобразования кварцитов методом рентгеновской дифракции // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 7. С. 27–28.

Razva O.S., Anufrienkova A.M., Korovkin M.V. Evaluation of the degree of transformation of quartzite by X-ray diffraction // Sovremennyye naukoyemkiye tekhnologii. 2014. № 7. P. 27–28 (in Russian).

9. Песков А.В., Ольховская В.А. Измерение рентгенографических параметров кварца для безэталонной экспрессной оценки содержаний минералов // Вестник СамГТУ. Серия технические науки. 2017. № 1. С. 153–164.

Peskov A.V., Olkhovskaya V.A. Measurement of X-ray parameters of quartz for a standard-free express assessment of mineral contents // Vestnik SamGTU. Seriya tekhnicheskiye nauki. 2017. N 1. P. 153–164 (in Russian).

УДК 556.5:504.455

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДОЕМОВ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ИНДЕКСОВ

Пленкина А.К., Дмитриев В.В., Федорова И.В., Огурцов А.Н.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, e-mail: akuloda@mail.ru, v.dmitriev@spbu.ru, i.fedorova@spbu.ru, aogurcov@yandex.ru

Статья посвящена рассмотрению возможности использования композитных индексов и субиндексов для разработки подходов к оценке интегративных свойств водных объектов и оценке их экологического состояния в целом. Интерес к использованию композитных индексов и субиндексов для оценки экологического статуса водного объекта связан с развитием экологического мониторинга водных объектов и оценкой их неаддитивных свойств на основе методов интегрального оценивания, а также трансформаций этих свойств под влиянием естественных изменений и внешних воздействий; выделением экорегионов на основе интегральных оценок. В работе приводятся этапы и результаты построения субиндексов оценки продуктивности, качества и токсического загрязнения воды, устойчивости для получения композитного индекса экологического статуса водоемов на примере г. Санкт-Петербурга. Композитный индекс экологического статуса (КИЭС) водоема представляет собой результат трехуровневой свертки показателей по трем субиндексам: - продуктивности, 2 - качества, 3 - устойчивости. Одновременно вводились пять классов, характеризующих экологический статус по величине рассчитанного индекса КИЭС. На данном этапе также вводились правила нормирования показателей и выбора приоритетов (весов) для построения субиндексов и композитного индекса, рассчитывалась оценочная шкала индекса. На втором уровне свертки в один субиндекс объединялись блоки 2, 3, 4. На последнем уровне вводился итоговый композитный индекс, агрегирующий все субиндексы. На заключительном этапе выполнялись расчеты на основе натурных данных, собранных в полевых условиях, и ранжирование водоемов на основе полученных интегральных показателей для последнего уровня свертки. Рассмотрены этапы и некоторые результаты интегральной оценки по материалам натурных наблюдений на городских водоемах.

Ключевые слова: интегральная оценка, композитный индекс, интегральный показатель, оценочная шкала, продуктивность, качество воды, устойчивость

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATUS OF WATER BODIES BASED ON THE CONSTRUCTION OF COMPOSITE INDEXES

Plenkina A.K., Dmitriev V.V., Fedorova I.V., Ogurtsov A.N.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State University», St. Petersburg, e-mail: akuloda@mail.ru, v.dmitriev@spbu.ru, i.fedorova@spbu.ru, aogurcov@yandex.ru

The article considers the possibility of using composite indices and sub-indexes to develop approaches to assessing the integrative properties of water objects and assessing their environmental condition as a whole. Interest in the use of composite indices and sub-indexes to assess the ecological status of the water facility is related to the development of environmental monitoring of water objects and the evaluation of their non-additive properties based on methods of integral assessment, as well as transformations of these properties under the influence of natural changes and external influences. The paper presents the stages and results of constructing sub-indices for assessing the productivity, quality and toxic pollution of water, resistance to obtain a composite index of the ecological status of water bodies on the example of St. Petersburg. The composite index of the ecological status (CIES) of a water body is the result of a three-level convolution of indicators for three sub-indices: 1-productivity, 2-quality, 3-sustainability. Five classes were introduced that characterize the environmental status of the largest calculated CIES index. At this stage, rules were also introduced for rationing of indicators and choice of priorities (weights) and was calculated index's rating scale. On the second level of the bundles in one sub-index were combined blocks. At the last level, a final composite index was introduced, aggregating all sub-indexes. At the final stage, calculations were performed on the basis of field data and the ranking of reservoirs based on the obtained integral indicators for the last convolution level.

Keywords: integral assessment, composite index, integral indicator, rating scale, productivity, water quality, sustainability

Водные объекты являются важнейшей составляющей окружающей человека природной среды. Водные экосистемы находятся в состоянии равновесия с условиями внешней среды и имеют сложную структуру, нарушаемую под воздействием антропогенных факторов. Современная глобальность и интенсивность антропогенной деятельности, негативные последствия

природных катаклизмов и климатические изменения приводят к нарушению интегративных свойств водных экосистем (продуктивность, качество и токсическое загрязнение, устойчивость, благополучие и др.).

В рамках реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.» предусматривается реализация мероприятий по совершенствованию нормативной базы

в сфере использования и охраны водных объектов [1]. В связи с этим в последние годы актуальными остаются вопросы совершенствования водно-экологического мониторинга, в который предлагается включать оценку состояния водных объектов на основе построения композитных индексов, характеризующих химический и биологический состав и физические свойства воды, донных отложений, состояние береговой зоны, устойчивость водоема [2].

Теоретические аспекты и методологические основы изучения экологического состояния водных объектов обобщены в трудах отечественных авторов: В.К. Шитикова, Г.С. Розенберга, Т.Д. Зинченко [3–5] и др. В последние годы акцентируются подходы к интегральной оценке состояния водных объектов и их интегративных свойств [6–8]. зарубежных публикациях с конца 1980-х гг. рассматривался подход к разработке экологических паспортов водных объектов, а начиная с [6], акцентировались биоцентризм и индикаторный подход в оценке качества воды и состояния водных объектов [6; 9; 10]. В этот период в отечественной литературе появились такие термины, как «экологическое качество воды», «хорошее экологическое качество воды» и т.п., ранее не применявшиеся в российских исследованиях, о чем мы писали в [4; 8]. Во многом этому способствовал выход в свет монографии [7], по-видимому, требовавшей научного редактирования для сопоставления традиционной для РФ и зарубежной терминологии. В современных зарубежных публикациях все чаще идет речь об использовании пространственно-распределенных или изменяющихся во времени индексах, разработанных на основе территориальных детерминант, которые используются авторами для формирования будущих ожиданий и принятия обоснованных решений в области оценки воздействия на природные объекты и геосистемы [9: 10]. Термин «композитный индекс», используемый нами в статье, пришел в зарубежную и отечественную терминологию из экономики (см., например, англ. Composite Index of Leading Indicators), а точнее из теории экономических индексов [11; 12], которые включают в себя несколько экономических компонентов (подындексов, или субиндексов, англ. specific sub-index или sub-index), изменения которых обусловливают изменения в экономике в целом или предшествуют изменениям в ней.

Цель исследования: развитие оценочных исследований экологического состояния

(экологического статуса) водных объектов на основе построения композитных индексов, отражающих их состав, простые и сложные (неаддитивные, эмерджентные) свойства.

Решение данной проблемы за рубежом в последние годы связано с внедрением и доработкой «Европейской рамочной водной директивы» (Water Framework Directive; WFD), основной целью которой «является достижение экологического благополучия или высокого экологического статуса» для всех водных систем [6; 7].

Реализация WFD и «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года» [1; 6] повлекла за собой активизацию разработки и развития гидрологического и гидроэкологического инжиниринга (ГИ и ГЭИ), под которыми подразумевается «систематизация и алгоритмизация знаний, создание и внедрение практик, экспертизы и реализации проектов, связанных с реформированием и управлением водными объектами» [2; 4]. Развитие ГИ предусматривает инжиниринговые исследования в системе «водный объект – человек (общество)» (антропоцентризм); совершенствование ГЭИ – в системе «водный объект – организмы-гидробионты» (биоцентризм), и в водных экосистемах и геосистемах в целом [4].

В современной зарубежной литературе эти исследования близки к направлению, получившему название «экогидрология». Масіеј Zalewski и соавторы писали о том, что «концепция междисциплинарного подхода, которую все чаще именуют «экогидрологией», создает необходимые социально-экономические обратные связи и совмещает (гармонизирует) гидрологические, экологические и социально-экономические процессы в масштабах бассейна для экосистем и общества» [13]. Необходимость развития исследований интегративных свойств экои геосистем обсуждается нами в [2].

Материалы и методы исследования

Под «экологическим статусом» (далее – ЭС) нами понимается эмерджентное свойство водного объекта, характеризующее сочетание: 1 – способности создавать органическое вещество (продуктивность, продукционный потенциал); 2 – качества и токсического загрязнения воды; 3 – потенциальной устойчивости водоема [2]. Для этих блоков исследований в работе разработаны соответствующие субиндексы.

Наиболее оптимальным подходом к оценке экологического статуса водных эко-

систем, на наш взгляд, можно считать разработку композитных индексов для блоков характеристик и последнего уровня свертки показателей, так как они позволяют последовательно объединить в одно целое полученные ранее результаты с учетом их вклада в общую оценку. Методика построения композитных индексов реализована нами на основе «метода сводных показателей» (МСП) и его современных версий, история создания которого уходит корнями в начало XX века [11; 12]. Данный метод используется нами в разных версиях с конца 1990 гг. как рабочий инструмент для синтеза информации о различных свойствах и состояниях сложных систем и их интегративных (эмерджентных) свойствах как в условиях достаточного информационного обеспечения, так и в условиях недостатка информации о критериях и приоритетах оценивания [2; 8; 14].

В связи с вышеизложенным оценка ЭС выполняется в несколько этапов, представленных на рис. 1.

Первым этапом является оценка продуктивности водоема (субиндекс ИПТ). Для этого оценивается трофический статус водоема, который представляет собой харак-

теристику, отражающую его интегративное свойство — биопродуктивность. Это свойство определяется сочетанием большого количества факторов, оказывающих влияние на гидробионтов, обитающих в водоеме, его лимнологическими характеристиками, характером водосбора, особенностями гидрографической сети и др.

Вторым этапом является определение качества и токсического загрязнения воды (субиндекс ИПК). В работе при оценке качества воды принято сочетание антропоцентризма и биоцентризма и двухуровневое построение субиндекса качества.

На третьем этапе строился субиндекс устойчивости водоема (ИПУ). В работе оценивалась так называемая потенциальная устойчивость, под которой понималась устойчивость системы к изменению элементов естественного режима (морфометрических и климатических параметров, физико-географических характеристик, а также гидрологических особенностей водоема).

Последним этапом работы является построение индекса и оценочной шкалы экологического статуса водоема (композитный индекс КИЭС).

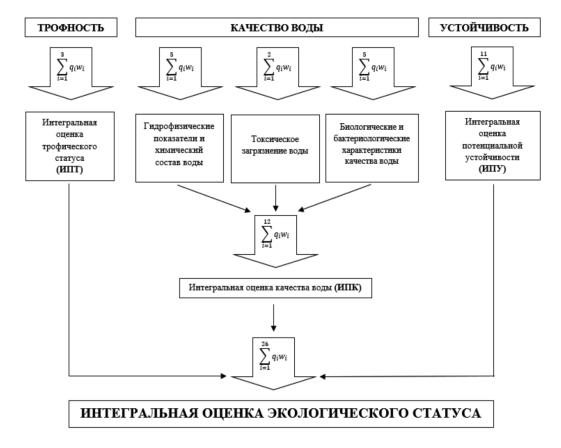


Рис. 1. Схема этапов оценочных исследований при построении субиндексов ИПТ, ИПК, ИПУ и композитного индекса КИЭС

Классификация для оценки экологического статуса водоемов

Группы индексов,	Классы экологического статуса водоема				
класс ЭС	I	II	III	IV	V
Продуктивность (субиндекс ИПТ)	Олиготрофия	Мезотрофия-1	Мезотрофия-2	Эвтрофия	Гипертрофия
Качество и токсическое загрязнение воды (субиндекс ИПК)	Чистые	Слабо загрязненные	Загрязненные	Грязные	Очень грязные
Потенциальная устойчивость (субиндекс ИПУ)	Высоко- устойчивый (слабо уязвимый)	Устойчивость выше среднего	Средне- устойчивый (средне уязвимый)	Устойчивость ниже среднего	Низко- устойчивый (высоко уязвимый)
Экологический статус водоема (композитный индекс КИЭС)	Экологиче- ский статус первой категории (высокий)	Экологиче- ский статус второй кате- гории (выше среднего)	Экологиче- ский статус третьей катего- рии (средний)	Экологический статус четвертой категории (ниже среднего)	Экологический статус пятой категории (низкий)

В итоге были разработаны субиндексы ИПТ, ИПК, ИПУ и композитный индекс КИЭС (рис. 1) и оценочные классификации для всех субиндексов и композитного индекса, агрегирующего в себе с определенным приоритетом (весом) все субиндексы. Критерии оценки отбирались с учетом действующих государственных стандартов, руководящих документов и рекомендаций [15], а также разработанных авторских классификаций (табл. 1). Построение оценочных шкал для композитных индексов по классам ЭС описано нами в публикациях [2; 4; 14] и др.

Процесс построения КИЭС включал в себя следующие этапы.

1. Отбор критериев оценивания, входящих в субиндексы ИПТ, ИПК, ИПУ. Введение классов КИЭС. Построение оценочных шкал для субиндексов и КИЭС.

В современных публикациях [9; 10] авторы обращают внимание на то, что корреляция независимых переменных затрудняет оценку и анализ полученного результата. Когда независимые переменные коррелируют друг с другом, говорят о возникновении мультиколлинеарности факторов. В этом случае математическая модель регрессии содержит избыточные переменные, а это значит, что: 1 – параметры регрессии теряют смысл, и следует пересмотреть состав переменных, отобранных для построения субиндекса; 2 - оценки параметров ненадежны из-за больших стандартных ошибок, которые меняются с изменением объема наблюдений и затрудняют использование модели регрессии для прогнозирования; 3 - необходимо вводить оценку точности и достоверности полученных результатов.

- 2. Выбор и/или построение оценочных шкал для исходных параметров оценивания. Использовался опыт, полученный нами ранее и описанный в [2; 4; 14] и др.
- 3. Выбор нормирующих функций, учитывающих вид и нелинейность связи выбранного параметра с оцениваемым свойством, и реализация процедуры нормирования исходных характеристик. Нормирующие функции и выполнение процедуры нормирования описаны нами в большом количестве публикаций, например в [2; 5; 14].
- 4. Выбор вида композитного индекса и субиндексов. В качестве выражения для ИПТ, ИПК, ИПУ и КИЭС была выбрана линейная свертка показателей вида:

$$I = I(q; w) = I(q_i, ..., q_n; w_i, ..., w_n) =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} q_i w_i, i = 1, ..., n,$$

где n — число критериев оценивания [11].

- 5. Задание или моделирование приоритетов (весовых коэффициентов w_i) учитывает возможность их моделирования на основе *ини*-информации [11; 14]. На первом этапе нами во всех блоках и между блоками реализовывалось равновесомое задание параметров.
- 6. Разработка сценариев учета приоритетов внутри блоков и при расчете КИЭС. Построение оценочных шкал для каждого сценария на основе выбранного метода [11; 12].
- 7. Расчет ИПТ, ИПК, ИПУ и КИЭС для водоемов по полученным мониторинговым данным.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе изложенного в предыдущих разделах подхода и этапов построения субиндексов и КИЭС были проведены расчеты КИЭС для некоторых водоемов, расположенных на территории г. Санкт-Петербурга за 2019 г. Названия водоемов приведены в примечании к рис. 2.

В табл. 2 приведен перечень параметров для построения субиндексов и индекса КИЭС. Все параметры, необходимые для расчета, получены в период выполнения мониторинговых исследований на водоемах в рамках выполнения проекта «Комплексное экологическое обследование водоёмов Санкт-Петербурга» (договор СПбГУ № 241-18 с Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности г. Санкт-Петербурга, 2018).

В результате выполнения описанных построений были получены оценочные шкалы для субиндексов ИПТ, ИПК, ИПУ и индекса КИЭС. На всех уровнях свертки показателей задавались одинаковые приоритеты оценивания внутри блоков и между ними (рис. 1).

Все оценочные шкалы приведены в табл. 3, которая содержит информацию о ширине классов в каждом субиндексе и КИЭС при равенстве весов (приоритетов) оценивания.

После получения оценочных шкал, приведенных в табл. 3, выполнялись расчеты ИПТ, ИПК, ИПУ и КИЭС для водоемов г. Санкт-Петербурга в 2019 г. Полученные результаты позволили выявить три группы водоемов (рис. 2): 1 — водоемы ІІ класса со значениями КИЭС «выше среднего» (16 водоемов); 2 — водоемы ІІІ класса со «средними» значениями КИЭС (26 водоемов); 3 — водоемы ІV класса со значениями КИЭС «ниже среднего» (1 водоем).

Таблица 2 Состав параметров для расчета ИПТ, ИПК, ИПУ и КИЭС водоемов г. Санкт-Петербурга в 2019 г.

No	Субиндексы и компо-	Состав параметров
п/п	зитный индекс эколо-	
	гического статуса	
1	Продуктивность	Оценивался по величине ИПТ для 4 классов трофности по 3 критериям:
	(субиндекс ИПТ)	СІ «с» (мкг/л), $P_{\text{общ}}$ (мкг P /л), средняя биомасса фитопланктона, Bf (мг/л)
2	Качество и токсическое загрязнение воды	Оценивался по величине интегрального показателя качества воды ИПК для 5 классов качества по 12 критериям: цветность по Pt-Co шкале, pH воды, N–NO $_2$ (мг N/л), P $_{_{0}$ бщ (мг P/л), среднегодовое содержание растворенного кислорода O $_2$ (% насыщения), H $_2$ S (мг/л), CH $_4$ (мг/л), биомасса фитоплан-
	(субиндекс ИПК)	ного кислорода O_2 (% насыщёния), H_2S (мг/л), CH_4 (мг/л), биомасса фитопланктона (мг/л), CI « ω » (мкг/л), индекс сапробности, степень токсичности пробводы A (%), число сапрофитных бактерий (1000 клеток/мл)
3	Потенциальная устойчивость (субиндекс ИПУ)	Оценивался по балльно-индексному методу [8] и балльной шкале, которая нормированием переводилась в интегральный показатель адаптационной устойчивости ИПУ
	кологический статус	Оценивался в предположении равенства весов ИПТ + ИПК + ИПУ на тре-
ВС	доема (композитный индекс КИЭС)	тьем уровне свертки

Таблица 3 Оценочные шкалы ИПТ, ИПК, ИПУ и КИЭС для равновесомого сценария оценивания экологического состояния водоемов

Группы индексов,	Классы экологического статуса водоема				
класс ЭС	Экологиче-	Экологиче-	Экологический	Экологический	Экологиче-
	ский статус	ский статус	статус третьей	статус четвер-	ский статус
	первой	второй кате-	категории	той категории	пятой катего-
	категории	гории (выше	(средний)	(ниже среднего)	рии (низкий)
	(высокий)	среднего)			
	I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6
Продуктивность (субиндекс ИПТ)	0,00-0,084	0,084–0,172	0,172-0,260	0,260–0,762	0,762–1,00

Окончание табл.					ание табл. 3
1	2	3	4	5	6
Качество и токсическое загрязнение воды (субиндекс ИПК)	0,00-0,099	0,099–0,152	0,152–0,311	0,311–0,571	0,571–1,00
Потенциальная устойчивость (субиндекс ИПУ)	0,00-0,250	0,250-0,406	0,406–0,625	0,625-0,781	0,781-1,00
Экологический статус водоема (композитный индекс КИЭС)	0,00-0,144	0,144-0,243	0,243–0,399	0,399–0,705	0,705–1,00

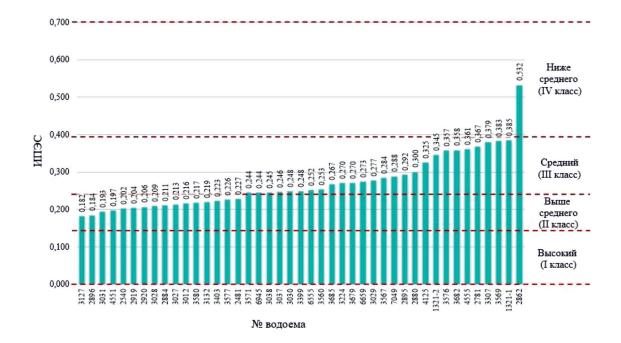


Рис. 2. Оценка экологического статуса водоемов г. Санкт-Петербурга в 2019 г. на основе композитного индекса КИЭС и их ранжирование

Примечание. Номерами на рисунке указаны: 1321-1, 1321-2 – запруды на р. Дачная; 2481 – пруд Генеральский; 2540 – пруд Красный; 2880 – пруд Дубовый; 2884 – пруд Церковный; 2895 – пруд Треугольный; 2896 – пруд Шапка Наполеона; 3127 – пруд Рубаха Наполеона; 2919 – пруд Пихтовый; 2990 – пруд Лошадиный; 3037 – пруд Серебряный; 3224 – пруды Таврического сада; 3399, 3403 – пруды у дачи Бенуа; 3685 – пруд Колонистский; 2781, 2862, 3012, 3027, 3028, 3029, 3030, 3031, 3038, 3132, 3307, 3560, 3567, 3569, 3571, 3576, 3577, 4555, 3580, 3679, 7049, 3682, 4125, 4551, 6555, 6659, 6945 – пруды без названия) [2; 15].

Выводы

В результате выполнения работы предложена методика оценки экологического статуса водоемов на основе построения композитного индекса КИЭС, включающего в себя субиндекс продуктивности (ИПТ), субиндекс качества и токсического загрязнения воды (ИПК) и субиндекс потенциальной устойчивости водоема (ИПУ).

Предложены классы, уровни обобщения данных, блоки, этапы исследования. Для построения КИЭС выбраны параметры оце-

нивания, сформированы оценочные шкалы и получена шкала для КИЭС для сценария с равновесомым заданием приоритетов внутри блоков и между ними.

В целом индекс КИЭС рассматривается как отражение интегративного свойства водоема, характеризующее его продукционный потенциал, качество и загрязнение воды, а также способность водоема сохранять свои свойства и элементы режимов при естественных изменениях и внешних воздействиях на него.

Проведены расчеты КИЭС для некоторых водоемов (прудов) г. Санкт-Петербурга для 2019 г. в предположении равенства приоритетов на всех уровнях обобщения данных. Полученные результаты интегральной оценки экологического статуса и их ранжирование позволили выявить три группы водоемов: 1 – водоемы ІІ класса со значениями КИЭС «выше среднего» (16 водоемов); 2 – водоемы III класса со «средними» значениями КИЭС (26 водоемов); 3 – водоемы IV класса со значениями КИЭС «ниже среднего» (1 водоем). Таким образом, выявлено отсутствие водоемов I и V классов. Практически все водоемы, отнесенные ко ІІ классу по величине КИЭС, находятся близко от границы с III классом. Водоемы, отнесенные к III классу, равномерно распределены внутри класса. Достаточно близко к границе III-IV классов находятся 8 городских водоемов (рис. 2).

Исследования выполнялись при поддержке грантов РФФИ № 19-05-00683 а; 18-05-60291 Арктика.

Список литературы / References

1. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р (ред. от 17.04.2012 г.). [Электронный ресурс]. URL: http://government.ru/docs/all/69408 (дата обращения: 17.10.2020).

Water Strategy of the Russian Federation until 2020. Approved by the order of the Government of the Russian Federation dated August 27, 2009 No. 1235-r (as amended on April 17, 2012). [Electronic resource]. URL: http://government.ru/docs/all/69408 (date of access: 17.10.2020) (in Russian).

2. Дмитриев В.В., Федорова И.В., Огурцов А.Н., Седова С.А., Пленкина А.К. «Гидрология», «экология» и «геоэкология» в современных исследованиях водных объектов суши: акценты, проблемы, решения // Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению: сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова / Под ред. О.М. Макарьевой, А.А. Землянсковой. СПб.: Издательство: «ВВМ», 2020. С. 12–33.

Dmitriev V.V., Fedorova I.V., Ogurtsov A.N., Sedova S.A.,

Dmitriev V.V., Fedorova I.V., Ogurtsov A.N., Sedova S.A., Plenkina A.K. «Hydrology», «ecology» and «geoecology» in modern research of water bodies of land: emphasis, problems, solutions // The fourth Vinogradov readings. Hydrology from knowledge to world view. Collection of reports of the International Scientific Conference in memory of the outstanding Russian hydrologist Yuri Borisovich Vinogradov / Edited by Olga Makarieva and Anastasiia Zemlianskova. St. Petersburg: VVM, 2020. P. 12–33 (in Russian).

3. Шитиков В.К., Розенберг В.К., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

Shitikov V.K., Rosenberg V.K., Zinchenko T.D. Quantitative hydroecology: methods of system identification. Togliatti: IEVB RAS, 2003. 463 p. (in Russian).

4. Дмитриев В.В., Пряхина Г.В., Огурцов А.Н., Примак Е.А., Амаро Медина Д.Р. Оценка эмерджентных свойств водных объектов: трофический статус, устойчивость, экологическое благополучие // Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии: сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского гидролога Юрия Борисовича Виноградова / Под ред. О.М. Макарьевой. СПб.: Издательство: «Наукоемкие технологии», 2018. С 347–354

Dmitriev V.V., Pryakhina G.V., Ogurtsov A.N., Primak E.A., Amaro Medina D.R. Assessment of emergent prop-

erties of water bodies: trophic status, sustainability, ecological well-being // Third Vinogradov reading. Edge of hydrology. Collection of reports of the International Scientific Conference in memory of the outstanding Russian hydrologist Yuri Borisovich Vinogradov / Edited by O.M. Makarieva. St. Petersburg: High Technologies, 2018. P. 347–354 (in Russian).

- 5. Dmitriev V.V., Terleev V.V., Nikonorov A.O., Ogurtsov A.N., Osipov A.G., Sergeyev Y.N., Kulesh V.P., Fedorova I.V. Global Evaluation of the Status and Sustainability of Terrestrial Landscapes and Water Bodies. Landscape Modelling and Decision Support. 2020. P. 231–253. DOI: 10.1007/978-3-030-37421-1_12.
- 6. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal. 2020. L 327. 73 p.
- 7. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. Экологическое качество поверхностных вод. 2-е изд., испр. Минск: Беларус. навука, 2011. 329 с.

Semenchenko V.P., Razlutskiy V.I. Ecological quality of surface waters. 2nd ed., rev. Minsk: Belarus. Navuka, 2011. 329 p. (in Russian).

8. Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. П. Методы интегральной оценки устойчивости наземных и водных геосистем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2013. № 3. С. 88–103.

Dmitriev V.V., Ogurtsov A.N. Approaches to integrated assessment and GIS-mapping of sustainability and ecological wellbeing of geosystems. II. Methods for the integral assessment of the stability of land and water geosystems // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya. 2013. No. 3. P. 88–103 (in Russian).

- 9. Leveque J.G., Burns R.C. A Structural Equation Modeling approach to water quality perceptions. J. Environ Manage. 2017. V. 197. P. 440–447. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.04.024. 10. Delphine Brousmichea, Florent Occellia, Michaël Geninb, Damien Cunya, Annabelle Derama, Caroline Lanier Spatialized composite indices to evaluate environmental health inequalities: Meeting the challenge of selecting relevant variables. Ecological Indicators. 2020. V. 111. Article 106023. DOI: 10.1016/j. ecolind.2019.106023.
- 11. Хованов Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб.: Изд-во СПб ун-та, 1996. 196 с

Hovanov N.V. Analysis and synthesis of indicators for information deficit. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 1996. 196 p. (in Russian).

12. Хованов Н.В. Оценка сложных экономических объектов и процессов в условиях неопределенности: К 95-летию метода сводных показателей А.Н. Крылова // Вестник СПбГУ. 2005. Сер. 5. Вып. 1. С. 138–144.

Hovanov N.V. Assessment of complex economic objects and processes in conditions of uncertainty: To the 95th anniversary of the method of summary indicators of A.N. Krylov // Vestnik SPbGU. 2005. Ser. 5. Issue 1. P. 138–144 (in Russian).

- 13. Maciej Zalewski, Michael McClain, Saeid Eslamian. Ecohydrology the background for the integrative sustainability science. 2016. P. 71–73. DOI: 10.1016/j.ecohyd.2016.04.003.
- 14. Многокритериальные географо-экологические оценки состояния и устойчивости природных и урбанизированных систем / Под ред. В.В. Дмитриева и Н.В. Хованова. Деп. ВИНИТИ 01.09.2000 № деп. 2342B00. 275 с.

Multicriteria geographic and ecological assessments of the state and sustainability of natural and urbanized systems. Edited by V.V. Dmitriev and N.V. Hovanov. Deposited to VINITI on 01.09.2000, dep. 2342B00. 275 p. (in Russian).

15. Об утверждении Перечней водных объектов на территории Санкт-Петербурга, подлежащих региональному государственному надзору в области использования и охраны водных объектов: распоряжение от 15 апр. 2008 г. № 52-р (с изм. на 26 дек. 2019 г.). http://docs.cntd.ru/document/8472531 (дата обращения: 10.11.2020).

On the approval of the Lists of water bodies on the territory of St. Petersburg, subject to regional state supervision in the field of use and protection of water bodies: order dated April 15. 2008 No. 52-r (as amended on December 26, 2019). [Electronic resource]. URL: http://docs.cntd.ru/document/8472531 (date of access: 10.11.2020) (in Russian).

УДК 550.348.422

МОДУЛЯЦИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА ПЛОТИНОЙ БУРЕЙСКОЙ ГЭС

Пупатенко В.В.

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: pvv2.dv@gmail.com

Воздействие водохранилищ и гидроэлектростанций (ГЭС) на состояние геологической среды не ограничивается изменением природной сейсмичности. ГЭС являются сильным, зачастую доминирующим источником микросейсмических колебаний на расстоянии до нескольких десятков километров. Однако плотины ГЭС могут работать ещё и как резонаторы, усиливая внешние сейсмические колебания, что приводит к усилению и искажению спектрального состава микросейсмических колебаний и записей землетрясений. В работе прослежены изменения амплитудно-частотного состава микросейсмического шума на шести станциях локальной сейсмологической сети Бурейской ГЭС. Показано, что микросейсмический шум преимущественно определяется плотиной и агрегатами ГЭС, на которые наложено влияние локальных факторов. Обнаружено, что высокочастотная составляющая микросейсмических колебаний существенно меняется со временем, и это изменение преимущественно связано с колебаниями уровня воды в водохранилище. Понижение уровня воды сопровождается ростом основной частоты, а после начала повышения уровня воды частота быстро возвращается к низким значениям. Рассчитан нормализованный коэффициент корреляции скорости изменения уровня воды и значений основной частоты, его значения составляют до -0.5, фазовый сдвиг - порядка 8 суток. Наиболее вероятная причина корреляционной связи заключается в том, что частоты собственных колебаний, а следовательно, и резонансные частоты плотины ГЭС изменяются при изменении нагрузки на неё со стороны водохранилища. Это свидетельствует о том, что при сильном землетрясении колебания плотины ГЭС будут усиливать сейсмические волны землетрясения, а плотина будет являться фактором, повышающим сейсмическую опасность прилегающей территории. Обнаруженные эффекты могут также дополнить общепринятые подходы к мониторингу собственных частот плотин ГЭС.

Ключевые слова: Бурейская ГЭС, водохранилище, резонанс, собственные частоты, сейсмическая опасность

HIGH-FREQUENCY SEISMIC NOISE MODULATION BY THE DAM OF THE BUREYA HYDROELECTRIC POWER STATIONS

Pupatenko V.V.

Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, RAS, Khabarovsk, e-mail: pvv2.dv@gmail.com

The impact of reservoirs and hydroelectric power stations (HPS) on the state of the geological media is not limited to changes in natural seismicity. HPS are a strong and often dominant source of microseisms at up to several tens of kilometers. However, HPS dams can also work as resonators, amplifying external seismic waves, which leads to an increase and distortion of the spectral composition of microseisms and earthquake records. In this paper we traced changes in the amplitude-frequency composition of seismic noise at six stations of the local seismological network of the Bureya HPS. We show that microseisms are mainly determined by the HPS units and dam, but also are influenced by local factors. We found that the high-frequency component of microseisms changes significantly over time and these changes are mainly associated with fluctuations of the water level in the reservoir. A decrease in the water level is accompanied by an increase in the fundamental frequency, and after the start of an increasement in the water level, the frequency quickly returns to low values. The normalized correlation coefficients between the velocity of the water level and the fundamental frequency values are up to -0.5, with the phase shift of about 8 days. The most probable reason for the correlation is that the frequencies of free oscillations, and, consequently, the resonance frequencies of the HPS dam change when the load on it from the reservoir changes. This indicates that during a strong earthquake, the oscillations of the dam of the HPS will amplify the seismic waves of the earthquake, and the dam will be a factor that increases the seismic hazard of the surrounded territory. The discovered effects can also complement the standard approaches to monitoring the natural frequencies of HPS dams.

Keywords: Bureya hydroelectric power stations, dam, resonance, natural frequencies, seismic hazard

Проектирование, строительство и эксплуатация особо ответственных сооружений должно учитывать, среди прочего, возможные сейсмические воздействия и сопутствующие им опасные геологические процессы. Большинство гидроэлектростанций (ГЭС) расположены в сейсмически активных регионах, поскольку для них необходимы горные реки одновременно с большим расходом воды и с большим перепадом высоты.

Обеспечение сейсмической безопасности ГЭС – сложная и многосторонняя проблема, поскольку ГЭС и водохранилище оказывают существенное воздействие на состояние геологической среды. Наиболее типичное проявление этого воздействия – изменение природной сейсмичности [1; 2]. Сейсмическая активность прилегающих территорий может повышаться или понижаться, может происходить её упорядочение в пространстве и времени. Заполнение

водохранилища может стать триггером готовящегося сильного землетрясения [1].

Изменение природной сейсмичности — не единственный результат воздействия ГЭС на напряжённо-деформированное состояние геологической среды. Плотины ГЭС могут работать как резонаторы, усиливая сейсмические колебания, включая микросейсмический шум. Например, вынужденные колебания плотины ГЭС в штате Монтана (США) под действием сейсмических волн слабых локальных землетрясений оказались настолько сильными, что их успешно использовали для сейсмической томографии прилегающих территорий [3].

В работе [4] показано, как с изменением уровня воды в Чиркейском водохранилище связано изменение частот собственных колебаний плотины ГЭС. Ожидается, что учёт этого эффекта позволит выявлять гораздо меньшие по амплитуде изменения частот собственных колебаний, которые связаны с появлением и развитием дефектов конструкции плотины ГЭС. Аналогичным образом изменения вынужденных колебаний плотины ГЭС должны приводить к изменению интенсивности и частотносостава микросейсмического шума в окрестностях ГЭС, там, где ГЭС является доминирующим источником сейсмического шума.

В настоящей работе представлены результаты анализа изменения во времени высокочастотного микросейсмического шума на станциях локальной сейсмологической сети (ЛСС) Бурейской ГЭС. Как показали предыдущие исследования, существенное искажение спектрального состава микросейсмических колебаний и записей землетрясений под влиянием низкочастотного (2–3 Гц) виброизлучения агрегатов ГЭС и, предположительно, связанное с изменением физических свойств геологической среды, наблюдается на значительном удалении от плотины [5]. В настоящей работе показано наличие связи между основной частотой микросейсмических колебаний и уровнем воды в водохранилище. Высказано предположение о том, что плотина ГЭС является не только источником колебаний, но и «резонатором», усиливающим внешние воздействия от землетрясений.

Целью исследования является изучение вариаций во времени высокочастотного микросейсмического шума на станциях ЛСС Бурейской ГЭС, поиск и выделение их возможных причин.

Материалы и методы исследования

Бурейская ГЭС — северная и наиболее крупная часть Бурейского гидроузла. Бетонная плотина длинной 720 м и высотой 140 м обеспечивает полную ёмкость водохранилища 20 км³. Сезонные колебания уровня воды составляют около 20 м. На удалении 55 км от Бурейской ГЭС расположена Нижне-Бурейская ГЭС.

ЛСС Бурейской ГЭС состоит из шести сейсмических станций, оборудованных регистраторами REFTEK 130-01 и короткопериодными датчиками GS-1. В разные периоды времени одновременно работали от трёх до пяти сейсмостанций. Конфигурация сети позволяет регистрировать землетрясения с магнитудой около М = 1 в пределах сети и порядка М = 2 на удалениях до 200—250 км [6]. При этом детальные сейсмические наблюдения начались уже после заполнения водохранилища, это осложняет интерпретацию наблюдаемых особенностей как сейсмического процесса, так и микросейсмических колебаний.

Для анализа взяты все имеющиеся сейсмические записи за период с декабря 2010 г. по сентябрь 2018 г. Анализ микросейсмического шума проводился следующим образом. Рассчитывались ежеминутные спектры сейсмических записей (в диапазоне частот 1–40 Гц), которые затем усреднялись медианным фильтром с получением медианных 4-суточных спектров. Таким образом, было исключено влияние на спектр сейсмических колебаний землетрясений, а также минимизировано влияние внутрисуточных и других сравнительно быстрых вариаций интенсивности микросейсмических шумов природного и техногенного происхождения. В результате были получены двумерные частотно-временные зависимости интенсивности микросейсмического шума, которые визуализировались в виде диаграмм.

Дополнительно определялась частота с наиболее интенсивными микросейсмическими колебаниями в диапазоне 5–30 Гц (не включающем частоты около 2–3 Гц, на которых непосредственно происходит виброизлучение агрегатов ГЭС).

Результаты исследования и их обсуждение

По приведённой методике были рассчитаны вариации частотного состава микросейсмов для станций ЛСС Бурейской ГЭС. Несмотря на то что постаменты сейсмических датчиков на всех станциях

ЛСС установлены на скальный грунт, частотный состав микросейсмических колебаний и характер их вариаций во времени на разных сейсмостанциях принципиально различаются. Частотный состав микросейсмических колебаний и его вариации также принципиально различны на вертикальных и горизонтальных каналах сейсмических записей. Далее будут обсуждаться преимущественно результаты, касающиеся горизонтальных каналов, поскольку амплитуды микросейсмического шума на них более чем в два раза выше, чем на вертикальных.

Примеры полученных спектрально-временных диаграмм показаны на рис. 1 для станции РАУК и на рис. 2 для станции МКSH, в обоих случаях — для вертикальной и одной из горизонтальных компонент. Именно на этих станциях наиболее явно выделяются изменения частотного состава микросейсмических колебаний, а также минимальные дополнительные антропогенные помехи, не связанные с работой ГЭС.

Вертикальным серым линиям на низких частотах на рис. 1 и 2 соответствуют периоды интенсивного сброса воды через водосбросы мимо турбин. В целом на станциях ЛСС превалируют частоты, которые непосредственно не излучаются агрегатами ГЭС, и их амплитуды во много раз выше амплитуд «традиционного» виброизлучения на частотах около 2-3 Гц. Это касается в том числе и самой близкой к плотине ГЭС продолжительно работающей станции, расположенной в п. Талакан. Вместе с тем, в отличие от низких частот, высокочастотное излучение непостоянно и по амплитуде, и по частоте. Меняются в том числе величины доминирующих частот - на десятки процентов на вертикальных компонентах и почти до двух раз на горизонтальных компонентах.

Изменение доминирующих частот колебаний носит сезонный характер с периодом около года, однако его характер не может быть объяснён локальными явлениями. Например, процессы промерзания и оттаивания грунта не совпадают по времени с временными интервалами повышения и понижения основной частоты колебаний.

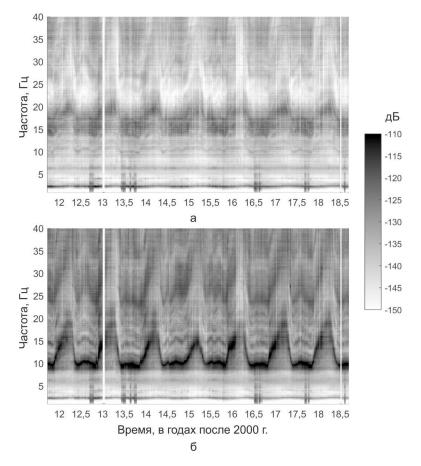


Рис. 1. Изменение интенсивности микросейсмического шума в дE относительно 1 $(m/c^2)^2/\Gamma u$ на станции РАҮК: a-Z-компонента, b-X-компонента

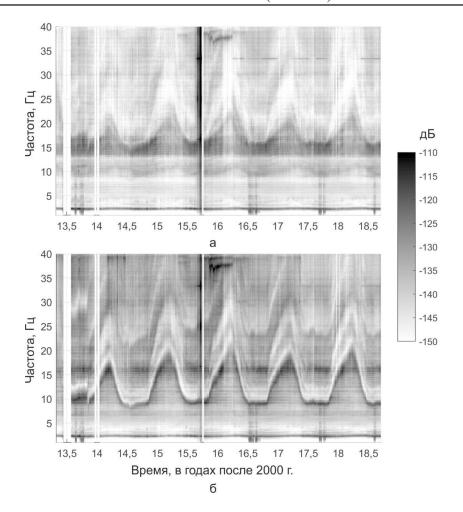


Рис. 2. Изменение интенсивности микросейсмического шума в дE относительно $1 \ (m/c^2)^2/\Gamma$ и на станции МКSH: а — Z-компонента, б — X-компонента

Одной из возможных причин наблюдаемых изменений являются вариации уровня воды в водохранилище. На рис. 3 приведены графики изменения уровня воды в водохранилище и основной частоты высокочастотной составляющей микросейсмических колебаний на станции РАҮК (по Y-компоненте). Понижение уровня воды сопровождается ростом основной частоты. После начала повышения уровня воды частота быстро возвращается к низким значениям.

Нормализованный коэффициент корреляции между скоростью изменения уровня воды в водохранилище и основной частотой горизонтальных составляющих высокочастотных микросейсмических колебаний составляет для станций СНGD и РАҮК около –0,5, для остальных станций (TLK и МКSH) около –0,3. Для горизонтальных составляющих микросейсмических колеба-

ний корреляция слабее, но во всех случаях остаётся статистически значимой.

Невозможно однозначно утверждать, что наблюдаемая корреляция носит причинно-следственный характер. Теоретически её причиной может быть другое явление, связанное с низкими температурами, замерзанием или оттаиванием почвы, появлением ледяного покрова на водохранилище. В отсутствие подробных метеорологических наблюдений и их тщательного анализа невозможно подтвердить или опровергнуть такую возможность, однако против неё говорит несовпадение периодов увеличения и уменьшения основной частоты и метеорологических процессов, в то время как фазовый сдвиг между скоростью изменения уровня воды в водохранилище и основной частотой высокочастотных микросейсмических колебаний (на горизонтальных составляющих) невелик и составляет порядка 8 суток.

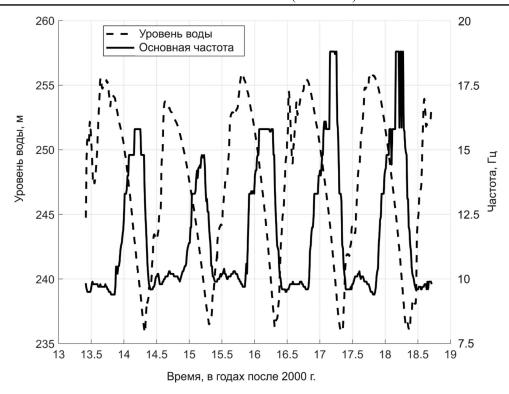


Рис. 3. Уровень воды в водохранилище и основная частота высокочастотной составляющей микросейсмических колебаний на станции РАҮК (Y-компонента)

Таким образом, наиболее вероятная причина наблюдаемой корреляции уровня воды в водохранилище и частотного состава высокочастотных микросейсмов состоит в том, что наблюдаемый микросейсмический шум — следствие вынужденных колебаний плотины ГЭС. В этом случае изменение уровня воды в водохранилище приводит к изменению нагрузки на плотину. Перераспределение напряжений в теле плотины приводит к изменению частот собственных колебаний плотины.

Наблюдаемые различия в частотах микросейсмических колебаний на разных станциях ЛСС могут быть следствием различий геологического строения в области сейсмических станций и на пути распространения микросейсмических колебаний.

Заключение

Основной полученный в работе результат заключается в обнаружении корреляционной связи между скоростью изменения уровня воды в водохранилище и частотным составом высокочастотного сейсмического шума на станциях ЛСС Бурейской ГЭС. Наиболее вероятная причина этой связи кроется в том, что дополнительная нагруз-

ка на плотину со стороны водохранилища меняет частоты её собственных колебаний, а следовательно, и резонансные частоты.

Похожие искажения частотного состава колебаний регистрируются также и при локальных и региональных землетрясениях [5]; установлено, что эти искажения не связаны с аномалиями затухания сейсмических волн [7]. Если плотина Бурейской ГЭС действительно способна усиливать сейсмические волны землетрясений, то это является фактором, существенно повышающим сейсмическую опасность для прилегающей территории (п. Талакан), а не только для самой плотины, которая проектируется по существенно более жёстким нормам. Понимание причин и механизмов обнаруженных явлений может быть также полезным при оценке состояния плотины ГЭС, дополнив традиционный мониторинг частот собственных колебаний.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН и при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных — кандидатов наук (№ МК-306.2020.5).

Список литературы / References

- 1. Simpson D.W., Stachnik J.C., Negmatoullaev S.K. Rate of Change in Lake Level and Its Impact on Reservoir Triggered Seismicity. Bulletin of the Seismological Society of America. 2018. Vol. 108. No. 5B. P. 2943–2954. DOI: 10.1785/0120180026.
- 2. Barros L.V., Assumpção M., Ribotta L.C., Ferreira V.M., de Carvalho J.M., Bowen B.M., Albuquerque D.F. Reservoir-Triggered Seismicity in Brazil: Statistical Characteristics in a Midplate Environment. Bulletin of the Seismological Society of America. 2018. Vol. 108. No. 5B. P. 3046–3061. DOI: 10.1785/0120170364.
- 3. O'Connell D.R.H. Concrete dams as seismic imaging sources. Geophysical Research Letters. 2007. Vol. 34. No. 20. L20307. DOI: 10.1029/2007GL031219.
- 4. Лисейкин А.В., Селезнев В.С., Адилов З.А., Ting-Yu Hsu, Arygianni V. Особенности мониторинга собственных частот плотин гидроэлектростанций (на примере Чиркейской ГЭС) // Российский сейсмологический журнал. 2019. Т. 1. № 1. С. 23–34. DOI: 10.35540/2686-7907.2019.1.02.

Liseikin A.V., Seleznev V.S., Adilov Z.A., Ting-Yu Hsu, Arygianni V. Features of the monitoring of natural frequencies of hydro power plant dams (on the example of the Chirkey dam) // Rossiiskii seismologicheskii zhurnal. 2019. Vol. 1. No. 1. P. 23–34 (in Russian).

5. Трофименко С.В., Рябинкин К.С., Пупатенко В.В., Колотова Л.Г., Харитонов М.Е. Динамика геосреды по спек-

тральной плотности мощности микросейсм до и после землетрясений // Тихоокеанская геология. 2017. № 5. С. 20–28.

Trofimenko S.V., Ryabinkin K.S., Pupatenko V.V., Kolotova L.G., Haritonov M.E. Dynamics of geophysical medium from power spectral density of microseisms before and after earthquakes: case study of Bureya massif, Amur region // Tikhookeanskaya geologiya. 2017. No. 5. P. 20–28. DOI: 10.1134/S1819714017050062.

6. Харитонов М.Е., Гильманова Г.З. Эффекты наведенной сейсмичности вблизи Бурейской ГЭС // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всероссийская научная конференция с международным участием (г. Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г.). Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 1. С. 218–221.

Haritonov M.E., Gilmanova G.Z. The effects of induced seismicity near the Bureya hydropower station // Geodinamicheskie processy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorska: Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem (g. Yuzhno-Sakhalinsk, 26–30 maya 2015 g.). Vladivostok: Dal'nauka, 2015. Vol. 1. P. 218–221 (in Russian).

7. Пупатенко В.В., Рябинкин К.С. Затухание сейсмических колебаний в районе Бурейской ГЭС и его связь с резонансными эффектами // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 108–113. DOI: 10.17513/use.36891.

Pupatenko V.V., Ryabinkin K.S. Seismic wave attenuation near the Bureya hydropower station and its connection with the resonance effects // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2018. No. 10. P. 108–113 (in Russian).

УДК 911.37(470.57)

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В АГЛОМЕРАЦИЯХ БАШКИРИИ: ТРЕНДЫ И ПРОБЛЕМЫ

Сафиуллин М.Р.

Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, Уфа, e-mail: Marek1987@yandex.ru

В статье обоснована актуальность исследования роли миграционного фактора в развитии городских агломераций. На современном этапе развития пространственной экономики прослеживается тенденция усиления процессов концентрации демографических, экономических и иных ресурсов вокруг крупных городов и формирования городских агломераций. Проблемы социально-экономического развития многих российских агломераций обусловлены недостаточным учетом роли миграционных процессов. Сложившаяся кризисная демографическая ситуация в России, в связи со стабильно сокращающимся естественным приростом населения до 2034 г., становится определяющим условием социально-экономического развития страны. Проблемы демографического развития особую остроту приобрели в городских агломерациях России. В связи с тем что городские агломерации рассматриваются в качестве основных точек в пространственном развитии страны в перспективе, важен поиск направлений решения демографической проблемы агломераций. В статье обосновывается необходимость комплексного учета миграционного фактора в стратегическом социо-эколого-экономическом развитии агломераций Башкирии. В качестве показателей для анализа и оценки миграционных процессов в агломерациях Башкирии использованы: 1) численность прибывших в агломерации; 2) численность выбывших в агломерации; 3) миграционный прирост или убыль населения в агломерации; 4) численность внутриреспубликанских мигрантов в агломерации; 5) численность российских (внешних) мигрантов в агломерации. Проведен территориальный анализ и оценка изменений в миграционных процессах в агломерациях Башкирии за 2013-2019 гг. и определены формирующиеся тренды. Современная демографическая ситуация в агломерациях Башкирии характеризуется снижением рождаемости, ростом смертности, старением населения. Этим определяется усиление роли миграционного фактора в обеспечении роста численности населения агломераций Башкирии.

Ключевые слова: агломерации, миграционные процессы, демографическая ситуация, проблемы, тенденции

ECOLOGICAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF BASHKIRIA AGGLOMERATIONS

Safiullin M.R.

Institute of strategic studies Republic of Bashkortostan, Ufa, e-mail: Marek1987@yandex.ru

The article substantiates the relevance of the study of the role of the migration factor in the development of urban agglomerations. At the present stage of development of the spatial economy, there is a tendency to increase the concentration of demographic, economic and other resources around large cities and the formation of urban agglomerations. Problems of socio-economic development of many Russian agglomerations are caused by insufficient consideration of the role of migration processes. The current crisis demographic situation in Russia, due to the steadily declining natural population growth until 2034, is becoming a determining condition for the country's socio-economic development. Problems of demographic development have become particularly acute in urban agglomerations of Russia. Due to the fact that urban agglomerations are considered as the main points in the spatial development of the country in the future, it is important to find ways to solve the demographic problem of agglomerations. The article substantiates the need for comprehensive consideration of the migration factor in the strategic socio-ecological and economic development of Bashkiria agglomerations. As indicators for the analysis and assessment of migration processes in the agglomerations of Bashkiria, we used: 1) the number of arrivals in the agglomeration; 2) the number of departures in the agglomeration; 3) migration growth or decline in the population in the agglomeration; 4) the number of intra-Republican migrants in the agglomeration; 5) the number of Russian (external) migrants in the agglomeration. A territorial analysis and assessment of changes in migration processes in the Bashkiria agglomerations for 2013-2019 were carried out and emerging trends were identified. The current demographic situation in the agglomerations of Bashkiria is characterized by a decrease in the birth rate, an increase in mortality, and an aging population. This determines the strengthening of the role of the migration factor in ensuring the growth of the population of Bashkiria's agglomerations.

Keywords: agglomerations, migration processes, demographic situation, problems, trends

Городские агломерации в условиях глобализации и экономической нестабильности в наибольшей мере сталкиваются с обострением конкуренции, кризисными явлениями и процессами. В Российской Федерации агломерации рассматриваются как важнейшие элементы территориального стратегического развития. Пробле-

мы социально-экономического развития многих российских агломераций (Московской, Санкт-Петербургской, Самарской, Пермской, Екатеринбургской, Нижне-Тагильской, Магнитогорской, Красноярской, Уфимской, Южно-Башкортостанской, Челябинской, Волгоградской, Казанской, Липецкой, Кемеровской, Омской) обусловлены

недостаточным учетом роли миграционного фактора. Анализ и оценка миграционного фактора трансформации пространства городских агломераций России в рыночных условиях являются предметом современных научно-прикладных исследований [1–3].

На современном этапе развития пространственной экономики прослеживается тенденция усиления процессов концентрации демографических, экономических и иных ресурсов вокруг крупных городов и формирования городских агломераций как нового каркаса региональной экономики. С одной стороны, городские агломерации становятся «точками роста», которые оказывают мультипликативный эффект на развитие территорий региона, обеспечивая ускоренное развитие инфраструктуры, расширение и диверсификацию рынка труда, стимулирование притока мигрантов, инвестиций, развитие научной, социальной и других сфер. С другой стороны, агломерационные процессы в регионах усиливают социально-экономические диспропорции и изменяют миграционную ситуацию территорий.

Обеспечение устойчивого развития Уфимской и Южно-Башкортостанской агломераций является важнейшей составной частью стратегии территориального развития Башкирии. В статье обосновывается необходимость комплексного учета миграционного фактора в стратегическом социо-эколого-экономическом развитии агломераций Башкирии. В статье проведены территориальный анализ и оценка изменений в миграционных процессах в агломерациях Башкирии за 2013—2019 гг. и определены формирующиеся тренды.

Материалы и методы исследования

При выполнении исследования применены методы территориального, сравнительного и статистического анализа и метод балансовой оценки динамики миграционных процессов агломераций. Аналитическая база опирается на статистические данные Башкортостанстата за период с 1990 по 2018 г. по миграции населения в разрезе муниципальных образований, входящих в состав агломераций Башкирии. Использованы результаты новейших научных публикаций по исследуемой теме [4–6].

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве показателей для анализа и оценки миграционной ситуации в агломерациях Башкирии использованы:

- 1) численность прибывших в агломерацию (человек);
- 2) численность выбывших из агломерации (человек);
- 3) миграционный прирост или убыль в агломерации (человек);
- 4) численность внутриреспубликанских мигрантов в агломерации (человек);
- 5) численность российских (внешних) мигрантов в агломерации (человек).

Территориальный анализ и оценка миграционной ситуации. Уфимская агломерация - крупнейшая в Башкирии. В нее включают гг. Уфа, Благовещенск, рабочий поселок Чишмы, Уфимский, Благовещенский, Иглинский, Кармаскалинский, Кушнаренковский и Чишминский муниципальные округа. Численность населения по состоянию на 1 января 2020 г. составляла 1 млн 481 тыс. человек, или 36,7% от всей численности населения Башкирии. Периферийные участки пригородной зоны агломерации удалены от центра в среднем на 25-35 км, с наибольшей удаленностью от центра в северном и восточном направлениях до 65 км [6].

С 2013 г. ежегодно на территорию Уфимской агломерации прибывало суммарно более 50 тыс. человек, и в 2019 г. число составило 51,5 тыс. человек (табл. 1). Основная часть мигрантов приходится на внутриреспубликанскую миграцию. Численность таких мигрантов более 37,0 тыс. человек, или 72% от всех приезжих составляют жители из других городов и районов республики.

Лидером по численности прибывших мигрантов является столица республики г. Уфа. Ежегодно в г. Уфа приезжают жить и работать до 35 тыс. человек, из них почти 23 тыс. мигрантов приезжают из районов республики. До 10 тыс. человек ежегодно «внутренних» мигрантов приезжают в Уфимский и Иглинский районы (табл. 2).

Преобладающий сельский образ жизни в окружающих г. Уфу муниципальных районах является фактором, определяющим высокую долю численности внутриреспубликанских мигрантов. Если в г. Уфе она увеличилась с 64% до 67% за период с 2013 по 2019 г., то в районах агломерации она стабильно держится на уровне 75–85% (табл. 3).

Численность мигрантов, уезжающих за пределы Уфимской агломерации, за рассматриваемый период увеличилась с 31,7 тыс. до 43,5 тыс. человек в 2019 г. (табл. 4). Приживаемость мигрантов резко уменьшилась: с 38,8% в 2013 г. до 9,6%

в 2018 г., то есть почти в 4 раза. Это свидетельствует об обострении социально-экономической конкуренции за жизненное пространство (работа, жилье, учеба, карьера) в Уфимской агломерации.

Основная часть оттока мигрантов из Уфимской агломерации приходится также на внутриреспубликанскую миграцию. При этом ее доля сократилась с 71,6% в 2013 г. до 62,3% в 2019 г. В целом для агломерации характерен миграционный

прирост населения. С 2014 г. миграционный прирост населения характеризуется неопределенной тенденцией в условиях социально-экономического кризиса в стране. В 2019 г. миграционный прирост составил 8 тыс. человек. Положительный миграционный прирост отмечается только в трех муниципальных образованиях: г. Уфе, Уфимском и Иглинском районах. Для остальных районов характерно отрицательное сальдо миграции (табл. 5).

Таблина 2

Таблица 1 Численность мигрантов, прибывших в Уфимскую агломерацию (человек)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Уфа	35514	34501	32859	32018	32752	34613	34555
Уфимский район	6566	7117	8379	6768	6647	7624	8032
Благовещенский район	1417	1311	1205	1122	1221	1273	1175
Иглинский район	3475	4476	4618	4742	4464	4879	3464
Кармаскалинский район	1273	1596	1741	1611	982	971	1192
Кушнаренковский район	957	970	1245	1047	837	731	666
Чишминский район	2534	3008	2524	2228	3908	2154	2449
Итого	51736	52979	52571	49536	50811	52245	51533

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 89–101; 8, с. 102–113; 9, с. 85–88].

Внутриреспубликанская численность мигрантов, прибывших в Уфимскую агломерацию (человек)*

			1		1		
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Уфа	22672	21741	21088	21681	20824	22808	23175
Уфимский район	5412	5749	6069	5513	5005	5983	6894
Благовещенский район	1147	1067	952	921	1018	984	903
Иглинский район	2700	3617	3747	3958	3635	3976	2799
Кармаскалинский район	986	1279	1459	1295	757	797	879
Кушнаренковский район	713	693	969	836	599	533	506
Чишминский район	1640	1996	1853	1414	1459	1461	1940
Итого	35270	36142	36137	35618	33297	36542	37096

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 89–101; 8, с. 102–113; 9, с. 85–88].

Таблица 3 Доля внутриреспубликанской численности мигрантов, прибывших в Уфимскую агломерацию, к численности всех прибывших (в%)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Уфа	63,8	63,0	64,2	67,7	63,6	65,9	67,1
Уфимский район	82,4	80,8	72,4	81,5	75,3	78,5	85,8
Благовещенский район	80,9	81,4	79,0	82,1	83,4	77,3	76,9
Иглинский район	77,7	80,8	81,1	83,5	81,4	81,5	80,8
Кармаскалинский район	77,5	80,1	83,8	80,4	77,1	82,1	73,4
Кушнаренковский район	74,5	71,4	77,8	79,8	71,6	72,9	76,0
Чишминский район	64,7	66,4	73,4	63,5	37,3	67,8	79,2
Итого	68,2	68,2	68,7	71,9	65,2	69,9	72,0

 Π р и м е ч а н и е . *Составлена автором по: [7, с. 89–101; 8, с. 102–113; 9, с. 85–88].

Таблица 4 Численность мигрантов, выбывших из Уфимской агломерации (человек)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Уфа	20790	30429	32522	32829	29715	32089	29981
Уфимский район	2403	3379	3272	4303	3387	3986	4126
Благовещенский район	1621	1581	1381	1386	1353	1455	1542
Иглинский район	1974	1940	2256	2215	2434	2543	2754
Кармаскалинский район	1721	1566	1568	1458	1390	1422	1493
Кушнаренковский район	961	1036	1032	938	1082	1164	1033
Чишминский район	2221	2743	2869	2334	2228	3936	2568
Итого	31691	42674	44900	45463	41589	46595	43497

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 89–101; 8, с. 102–113; 9, с. 85–88].

Таблица 5 Сальдо миграционного прироста (+) или убыли (-) населения в Уфимской агломерации (человек)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Уфа	14724	4072	337	-811	3037	2524	4574
Уфимский район	4163	3738	5107	2465	3260	3638	3906
Благовещенский район	-204	-270	-176	-264	-132	-182	-367
Иглинский район	1501	2536	2362	2527	2030	2336	710
Кармаскалинский район	-448	30	173	153	-408	-451	-301
Кушнаренковский район	-4	-66	213	109	-245	-433	-367
Чишминский район	313	265	-345	-106	1680	-1782	-119
Итого	20045	10305	7671	4073	9222	5650	8036

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 89–101; 8, с. 102–113; 9, с. 85–88].

Однако при этом наблюдается абсолютное сокращение сальдо суммарной миграции. Если в 2013 г. она достигала 20 тыс. человек, то в 2018 г. уменьшилась до 5,7 тыс. чел., т.е. в 3,5 раза. В г. Уфе это сокращение составило почти в 6 раз: с 14,7 тыс. до 2,5 тыс. человек. Это свидетельствует о постепенном затухании миграционных процессов ввиду исчерпания миграционного потенциала в малых и средних городах республики и падения конкурентоспособности Уфимской агломерации в борьбе за человеческий капитал по сравнению с другими российскими агломерациями и регионами (Московская, С.-Петербургская, Казанская, ХМАО, ЯНАО).

Управленческие структуры города при определении целевых параметров стратегического пространственного развития г. Уфы должны исходить из прогнозных оценок миграционной ситуации, численности и структуры населения, наметившихся трендов, таких как деиндустриализация, субурбанизация, джентрификация, автомобилизация населения, удорожание стоимости земли и жилья. При этом пространственное развитие г. Уфы не должно рассматриваться в отрыве от пригородной зоны и от Уфим-

ской агломерации в целом, как системного образования. За 2000–2020 гг. агломерация территориально разрастается, необратимо поглощая окружающие сельские населенные пункты. Это ведет к удлинению пути маятниковой миграции, увеличению издержек на строительство новых сетей и инфраструктуры, а также затрат на содержание существующей инфраструктуры, к усилению неравномерности в распределении налоговой базы на население по территории агломерации. В результате происходит значительное увеличение разрыва в доходах населения между периферийными муниципалитетами и центром агломерации (г. Уфа), что оказывает сдерживающее влияние на развитие миграционных процессов.

Территориальный анализ и оценка миграционной ситуации в Южно-Башкортостанской агломерации (ЮБА). Это вторая агломерация в Республике Башкортостан и одна из крупнейших в макрорегионе Урала-Предуралья. Формирование агломерации началось в 1930-е годы в связи с открытием месторождений нефти. На 1 января 2020 г. на территории агломерации проживало 556,7 тыс. человек, или 13,8% населения республики. Агломерация

расположена южнее столицы республики на расстоянии 140 км. Время, затрачиваемое на передвижение населения от столицы до Южно-Башкортостанской агломерации, составляет не более 2 часов. Комплекс городов Стерлитамак, Салават и Ишимбай и 77 населенных пунктов Ишимбайского, Стерлитамакского муниципальных районов образуют полицентрическую агломерацию с высоким производственным потенциалом. Город Стерлитамак имеет численность населения 276,4 тыс. человек и радиус расселения до 30 км, г. Салават - с численностью населения 150,5 тыс. человек и радиусом расселения 20-25 км, г. Ишимбай – с численностью населения 64,4 тыс. человек и радиусом расселения 15-20 км. Города агломерации находятся в непосредственной близости друг от друга: г. Салават в 26 километрах южнее г. Стерлитамака, г. Ишимбай – в 21 километре юго-восточнее г. Стерлитамак. Для агломерации характерна высокая междугородняя «маятниковая» миграция населения.

Ежегодный миграционный поток в Южно-Башкортостанскую агломерацию находится в пределах 14—17 тыс. человек. Однако с 2015 г. наметилась тенденция уменьшения численности прибывающих мигрантов с 18,6 до 14,3 тыс. человек (табл. 6).

Ежегодный отток мигрантов с 2015 г. превышает по численности приток мигрантов в агломерацию. Наибольший отток населения приходится на центры агломерации: города Стерлитамак, Салават, Ишимбай (табл. 7). Возникшие эколого-экономические проблемы в развитии АО «Башкирская содовая компания», ведущего промышленного предприятия г. Стерлитамака, несомненно, отрицательно скажется в ближайшие годы на миграционной привлекательности города.

В целом сальдо миграции населения имеет отрицательное значение за рассматриваемый период времени. Только в 2014 г. наблюдался миграционный прирост населения. Экономическое развитие г. Салават в 2014 г. характеризовалось по сравнению с 2013 г. ростом инвестиций в основной капитал на 118,0%, объемов промышленного производства на ведущем предприятии ОАО «Газпром нефтехим Салават» на 108,0%. Это позитивно сказалось на ситуации в сфере занятости, что определило рост численности прибывших с 3,4 тыс. до 5,1 тыс. человек. В 2018 г. миграционный отток населения достиг максимального значения (2125 человек). Наметился тренд по ухудшению миграционной ситуации в агломерации (табл. 8).

Таблица 6 Численность мигрантов, прибывших в ЮБА (человек)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Стерлитамак	7142	7365	6998	6974	6279	6134	5388
г. Салават	3427	5143	3908	3724	3688	3640	3323
г. Ишимбай	2088	2344	2128	2238	2082	1869	2353
Сельские поселения Ишим-байского района	1206	943	1155	1035	896	850	998
Стерлитамакский район	2711	2785	2577	2794	2809	2435	2215
Итого	16574	18580	16766	16765	15754	14928	14277

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 89–101; 8, с. 102–113; 9, с. 85–88].

Таблица 7 Численность мигрантов, выбывших из ЮБА (человек)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Стерлитамак	6811	6687	7000	7285	7139	7625	6932
г. Салават	3646	4009	5560	4257	4172	3965	3825
г. Ишимбай	2229	2220	2474	2492	2240	2423	1997
Сельские поселения Ишимбайского района	1404	1376	1317	1364	1245	1007	1270
Стерлитамакский район	2574	2447	2314	2283	2074	2033	1763
Итого	16664	16739	18665	17681	16870	17053	15787

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 89–101; 8, с. 102–113; 9, с. 85–88].

-1510

•		` ′	`			`	,
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Стерлитамак	331	678	-2	-311	-860	-1491	-1544
г. Салават	-219	1134	-1652	-533	-484	-325	-502
г. Ишимбай	-141	124	-346	-254	-158	-554	356
Сельские поселения Ишим- байского района	-198	-433	-162	-329	-349	-157	-272
Стерлитамакский район	137	338	263	511	735	402	452

Таблица 8 Сальдо миграционного прироста (+) или убыли (-) населения в ЮБА (человек)*

-1899

-916

1841 Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 89–101; 8, с. 102–113; 9, с. 85–88].

_90

Выволы

Итого

Современная демографическая ситуация в агломерациях Башкирии характеризуется снижением рождаемости, ростом смертности, старением населения. В связи с этим усиливается роль миграционного фактора в обеспечении роста численности населения агломераций. Это определяет необходимость изменения отношения к роли миграционного фактора в демографической трансформации пространства агломераций Башкирии. К особенностям миграционных процессов в агломерациях Башкирии относится низкая территориальная мобильность населения. Наметившееся обострение социально-экономических (экономическая, инвестиционная стагнация, падение реальных доходов населения за 2014-2020 гг.) и экологических проблем в агломерациях обуславливают высокую трудовую миграцию населения за пределы Башкирии.

Список литературы / References

1. Алексеева Е.Н. Социологический анализ современных тенденций развития городских агломераций // Вестник МГУ. Сер. 18. 2013. № 4. С. 135–150.

Alexeeva E.N. Sociological analysis of modern trends in the development of urban agglomerations // Vestnik MGU. Ser. 18. 2013. № 4. P. 135–150 (in Russian).

2. Диков Я.А. Тенденции развития городских агломераций // Экономика и бизнес: теория и практика. 2017. № 7. C. 24–28.

Dikov Y.A. Trends of urban agglomerations // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. 2017. № 7. P. 24–28 (in Russian).

3. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М., Ибрагимова З.Ф. Территориально-структурная трансформация города-миллионера: теоретические подходы и методы // Региональные исследования. 2015. № 1 (47). С. 18-23.

Safiullin R.G., Safiullina R.M., Ibragimova Z.F. Territorial-structural transformation of millionaire city: theoretical approaches and methods // Regional'nyye issledovaniya. 2015. № 1 (47). P. 18–23 (in Russian).

-1116

-2125

4. Гатауллин Р.Ф., Сафиуллин Р.Г. Социально-экономическая эффективность привлечения трудовых мигрантов в Республику Башкортостан // Вестник ВЭГУ. 2014. № 4 (72).

Gataullin R.F., Safiullin R.G. Socio-economic efficiency of attracting labor migrants to the Republic of Bashkortostan // Vestnik VEGU. 2014. № 4 (72). P. 26–37 (in Russian).

5. Фаронова Ю.В., Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М. Геодемографическое развитие городов Республики Башкортостан: региональная диагностика // Успехи современного естествознания. 2016. № 5. С. 158-162.

Faronova Y.V., Safiullin R.G., Safiullin R.M. Geodemographic urban development of the Republic of Bashkortostan: a regional diagnosis // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2016. № 5. P. 158-162 (in Russian).

6. Сафиуллин М.Р. Территориальные особенности социодемографического развития Уфимской агломерации // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 88–93.

Safiullin M. R. Territorial features of sociodemographic development of the Ufa agglomeration // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. № 9. P. 88–93 (in Russian)

7. Миграция населения в Республике Башкортостан: статистический сборник. Часть 1. Уфа: Башкортостанстат, 2014, 164 c.

Migration of the population in the Republic of Bashkortostan: a statistical collection. Part 1. Ufa: Bashkortostanstat, 2014. 164 p. (in Russian).

8. Миграция населения в Республике Башкортостан: статистический сборник. Часть 1. Уфа: Башкортостанстат,

Migration of the population in the Republic of Bashkortostan: a statistical collection. Part 1. Ufa: Bashkortostanstat, 2017. 189 p. (in Russian).

9. Миграция населения в Республике Башкортостан: статистический сборник. Часть 1. Уфа: Башкортостанстат, 2020, 203 c

Migration of the population in the Republic of Bashkortostan: a statistical collection. Part 1. Ufa: Bashkortostanstat, 2020. 203 p. (in Russian).

УДК 581.526.523

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СОЛЕНЫХ ПОЧВ ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Таскина К.Б.

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ), Петрозаводск, e-mail: tasamayaksenia@gmail.com

При воздействии токсических веществ у растений отмечаются изменения цитогенетических характеристик (например, митотический индекс), которые могут носить адаптивный характер, а могут свидетельствовать о серьезных нарушениях на ранних этапах формирования организма. В известной нам литературе разработанного метода с использованием цитогенетических характеристик для соленых почв нет. В настоящее время разработан метод оценки степени загрязнения окружающей среды на соленых почвах приливно-отливной зоны приморских территорий Белого моря. В качестве диагностического объекта были выбраны корешки Triticum aestivum L. Семена пшеницы предварительно вымачивали в дистиллированной воде до появления 2-3 корешков 1,5 см длины, а затем высаживали на субстрат, взятый из приливно-отливной зоны. Исследования проводились на апикальной меристеме корня (в зоне деления). Вычисляли митотический индекс (МИ, %) как отношение числа делящихся клеток к общему числу клеток на препарате. Выявлено, что митотический индекс в клетках пшеницы снижается в зависимости от положения пробы субстрата на приливно-отливной зоне - от коренного берега к линии уреза воды. Содержание тяжелых металлов влияет на митотический индекс клеток апикальной меристемы корня. Чувствительность растений к воздействию тяжелых металлов различается. Увеличение митотического индекса в прибрежных частях литорали может работать как адаптивный механизм в растении. В то же время на заливных участках воздействие тяжелых металлов приводит к ингибированию митотического индекса. Метод апробирован и может быть использован для работы с действием тяжелых металлов в условиях загрязнения на уровне анализа цитогенетических процессов.

Ключевые слова: приливно-отливная зона, митотический индекс апикальной меристемы корня, соленые почвы морских побережий, тяжелые металлы на приливно-отливной зоне, загрязнение приливно-отливной зоны

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF CONTAMINATION OF SALTY SOILS IN THE TIDAL ZONE USING CYTOGENETIC CHARACTERISTICS

Taskina K.B.

Petrozavodsk State University (PetrSU), Petrozavodsk, e-mail: tasamayaksenia@gmail.com

When plants are exposed to toxic substances, changes in cytogenetic characteristics (for example, the mitotic index) are observed, which can be adaptive in nature, indicating serious violations at the early stages of the formation of the organism. In the literature known to us, there is no developed method using cytogenetic characteristics for saline soils. At present, a method has been developed for assessing the degree of environmental pollution on the saline soils of the tidal zone of the coastal areas of the White Sea. Roots of Triticum aestivum L. were chosen as a diagnostic object. Wheat seeds were pre-soaked in distilled water until 2–3 roots 1.5 cm long appeared, and then planted on a substrate taken from the tidal zone. The studies were carried out on the root apical meristem (in the division zone). The mitotic index was calculated as the ratio of the number of dividing cells to the total number of cells on the preparation. It was revealed that the mitotic index in wheat cells decreases depending on the position of the substrate sample in the tidal zone – from the root bank to the water line. The content of heavy metals influences the mitotic index of the cells of the root apical meristem. The sensitivity of plants to heavy metals varies. An increase in the mitotic index in the coastal parts of the littoral zone can work as an adaptive mechanism in a plant. At the same time, in the flooded areas, the impact of heavy metals leads to inhibition of the mitotic index. The method has been tested and can be used to work with the action of heavy metals in conditions of pollution at the level of analysis of cytogenetic processes.

Keywords: tidal zone, mitotic index of the root apical meristem, salt sea soils, heavy metals in the intertidal zone, intertidal pollution

Прибрежные территории арктических морей, в частности Белого моря, подвергаются воздействию промышленными предприятиями, водным и автотранспортом, хозяйственной деятельностью человека [1]. Приливно-отливная зона накапливает в себе не только биофильные элементы для питания растения, но также и токсические вещества. При значительных концентрациях токсикантов у растений отмечаются

морфофункциональные нарушения, изменения их цитогенетических характеристик (митотической активности), которые могут носить адаптивный характер, а могут свидетельствовать о серьезных нарушениях на ранних этапах формирования организма. В связи с этим встает вопрос об уровне техногенной нагрузки, которую могут выдержать прибрежные территории. Для изучения состояния приливно-отливной зоны

используются различные методы: фитоценотический, геоботанический. В известной нам литературе разработанного метода с использованием цитогенетических характеристик для соленых почв нет.

Целью наших исследований была разработка метода оценки влияния загрязнения с использованием цитогенетических характеристик (митотической активности) на растения, произрастающие на соленых почвах приливно-отливной зоны приморских территорий.

Разработка метода

Обоснование выбора диагностического вида. На всех почвах приливно-отливной зоны отмечается высокая соленость, которая поддерживается за счет приливно-отливного цикла прихода морских вод. Соленость морской воды в Белом море около 30%, и сходные значения отмечаются и на всех почвах приморских территорий, которые подвергаются приливно-отливной динамике. Если в морской воде соленость может значительно варьировать, то в почве она высокая

и относительно постоянная. Прорастание семян приморских галофитов на таких почвах затруднено. В ранневесенний период семена прорастают за счет таяния снега, ливневых стоков и благодаря опресненным водам в эстуариях рек, эффективно снижающих соленость субстрата [2; 3]. Поэтому требуется разработка специального подхода для использования цитогенетических методов. Предыдущие исследования и данные литературы показали, что более солеустойчивым видом из общепринятых диагностических видов являются растения пшеницы. Выбор тест-объекта зависел от нескольких параметров: растение должно быть солеустойчивым; материал должен быть доступен круглый год; корневая меристема должна содержать большое количество делящихся клеток; хромосомы должны быть достаточно крупными. В связи с этим в качестве диагностического объекта были выбраны семена Triticum aestivum L. сорта Московская 39.

Сбор опытного субстрата. Почвенные пробы были взяты в окрестностях п. Рабочеостровск Кемского района (рисунок).



Карта района исследований на западном побережье Белого моря— п. Рабочеостровск (Кемский район). Условные обозначения: 1— пробная площадь ПП1 (западный берег о. Октябрьской Революции), 2— пробная площадь ПП2 (200 от Никольской церкви), 3— пробная площадь ПП3 (порт п. Рабочеостровск) [4]

Для оценки состояния почв были сделаны почвенные прикопки согласно ГОСТ 17.4.3.01-83. [5], а также взяты почвенные образцы на химический анализ. Химический анализ содержащихся тяжелых металлов проводился с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием Института биологии КарНЦ РАН. Почвенные пробы для проращивания на них растений были высушены, просеяны через сито с диаметром отверстий 2.5 мм. Из-за высокой солености и плотности субстрат перемешивали в соотношении 1:1 с химически нейтральным веществом - обожженным вермикулитом (фракция 3 мм). Использование самого субстрата, а не почвенной вытяжки обусловлено тем, что не все соединения водорастворимы, некоторые токсиканты связаны плотной матрицей анализируемых объектов. Из-за чего более перспективно непосредственное взаимодействие растения и почвы - «токсикант - живой организм» [6; 7].

Выбор контрольного субстрата

В качестве контроля выступал универсальный биогрунт «Живой биогрунт. Универсальный», в составе которого 75% торфа, 20% биогумуса, 5% агроперлита и микроэлементов Zn, Cu, Mn, Mo, B, Fе в количестве, не превышающем предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве согласно гигиеническим нормативам ГН 2.1.7.2041-06 [8].

Предварительная обработка и проращивание семян

Из-за высокой солености на субстрате, взятом из приливно-отливной зоны, смешанном с вермикулитом, семена диагностического вида пшеницы не прорастали. Поэтому схожие по размеру семена без видимых повреждений [9] заранее на 2 суток были оставлены в дистиллированной воде при температуре 25 °С при 20-часовом фотопериоде. После этого семена с проклюнувшимися корешками (2–3 первичных корешка длиной 1–1,5 см) высаживали в субстрат. Полив опытных растений проводили дистиллированной водой.

Экспериментальная работа выполнена в апреле 2020 г. Было заложено 10 серий опытов (3 точки по 3 пробы на каждой (верхняя часть, средняя и нижняя часть литорали) и 1 проба контроля). Каждая серия длилась 14 дней от момента высадки на субстрат. За 14 дней нам удалось получить до-

статочное количество корешков пшеницы на исследуемых образцах субстрата.

Работу выполняли на давленых препаратах. Корешки из 70% спирта переносим в раствор соли Мора на 5–7 минут. Затем в ацетогематоксилин на 15 мин., подогревая раствор с корешками на водяной бане до 40 градусов. Корешки из ацетогематоксилина переносим на стекло с каплей 45% уксусной кислоты на 2–3 минуты. Затем переносим на стекло с каплей хлоралгидрата и отделяем апикальную меристему корешка в зоне деления длиной 2 мм. Накрываем препарат покровным стеклом и готовим давленый препарат [10], убирая излишки хлоралгидрата фильтровальной бумагой.

Обработка материала. Микроскопирование проводили с помощью микроскопа «CARL ZEISS Primo Star» на 40- и 100-кратном увеличении. На препарате учитывался митотический индекс — процент делящихся клеток от общего числа проанализированных клеток. На каждом препарате в 10 полях зрения просматривали в общей сложности 1000 клеток, находящихся в покое и на определенной стадии митоза. В 10 пробах было просмотрено 10 000 клеток [11].

Статистическую значимость различий контрольной пробы от исследуемых проб оценивали по критерию Стьюдента [12].

Апробация метода. На исследуемой территории были выбраны 3 пробные площади (ПП) с различным предполагаемым уровнем загрязнения тяжелыми металлами.

ПП1 – условно чистая точка.

ПП2 – средне загрязненная точка.

ППЗ – точка с сильным уровнем загряз-

условиях В полевых на каждой из трех пробных площадей было заложено по 1 трансекте в направлении от коренного берега до уреза воды. С каждой трансекты были взяты по три варианта проб грунта с уже известным уровнем загрязнения тяжелыми металлами: верхняя часть приливно-отливной зоны, средняя её часть и урез воды. Согласно разработанной методике на взятых почвенных пробах проращивались семена пшеницы. Для полива использовалась дистиллированная вода. В зоне деления апикальной меристемы корешка определяли митотический индекс. Митотический индекс (МИ, ‰) – отношение числа клеток, находящихся в митозе, к общему числу клеток исследуемой ткани апикальной меристемы корня, выражают в процентах [13; 14].

Анализ митотического индекса на пробных площадях с различной степенью загрязнения

Проведенное исследование показало, что значение митотического индекса зависит от уровня загрязнения (таблица).

При анализе отношения числа клеток, находящихся в митозе, к общему числу клеток апикальной меристемы корня на ПП1, ПП2, ПП3 было отмечено, что этот показатель постепенно возрастал от условно чистой точки (ПП1) к ПП2, затем к условно сильно загрязненной ПП3 вне зависимости от того, из какой части литорали была взята почвенная проба. По отношению к контролю митотический индекс на ПП1 в береговой части возрастал в 1,7 раза, на ПП2 — в 2,4 раза, а на ПП3 — в 2,8 раза. Содержание свинца и никеля на ПП1 постепенно снижалось от условно чистой точки до условно сильно загрязненной.

Анализ митотического индекса на пробной площади по трансекте от коренного берега до уреза воды

По мере удаления от коренного берега вглубь моря митотический индекс на всех пробных площадях снизился в среднем на $59\% \pm 2.5$ (таблица).

На ПП1 по мере продвижения вниз по трансекте митотический индекс уменьшался на 59%, а содержание железа и никеля обратно пропорционально возрастало в 5,8 и 2,2 раза соответственно. Концен-

трация свинца снизилась в средней части трансекты и осталась на этом уровне у уреза воды. Региональный фоновый уровень по содержанию железа, никеля и свинца не был превышен.

Митотический индекс на ПП2 от коренного берега до нижней части литорали снизился на 56%. При этом содержание исследуемых тяжелых металлов оставалось нестабильным. Так, например, концентрация свинца по мере продвижения вглубь моря повышалась, превысив значение в береговой части в 5,5 раз. Содержание никеля оставалось практически стабильным, незначительно понижаясь к средней части трансекты и повышаясь к урезу воды. Содержание железа в средней части литорали снизилось в 1,5 раза относительно почвенной пробы у береговой части, затем незначительно повысилось, так и не достигнув первоначального уровня.

При анализе митотического индекса на ППЗ было отмечено, что показатель средней части литорали снизился в 1,7 раза относительно почвенной пробы взятой из береговой части. В нижней части литорали индекс статистически незначимо повысился в отношении средней части. Содержание металлов — железа и свинца — оставалось стабильным. Данные значимо не различались. Концентрация свинца вглубь моря постепенно снижалась и достигала количества в 3,8 раза ниже концентрации этого металла в береговой части.

Значение митотического индекса (%) и содержание тяжелых металлов (мг/кг) в апикальной меристеме корня диагностического вида пшеницы *Triticum aestivum* L. в зависимости от положения пробы почвы по трансекте от берега до уреза воды

Точки сбора	Содержание Fe,	Содержание Ni,	Содержание Рь,	Митотический индекс
почвенных образцов	мг/кг	мг/кг	мг/кг	на ПП (МИ, ‰)
ПП1				
Береговая часть	369,5	0,57	1,28	$13,2 \pm 1,4$
Средняя	1780,2	0,89	0,78	$9,1 \pm 1,5$
Нижняя часть литорали	2151,3	1,28	0,75	$7,9 \pm 1,7$
ПП2				
Береговая часть	1338,9	2,28	0,09	$18,6 \pm 1,4$
Средняя	874,0	1,77	0,17	$11,1 \pm 1,3$
Нижняя часть литорали	1073,5	1,92	0,50	$10,5 \pm 1,4$
ПП3				
Береговая часть	685,5	0,52	1,08	$22,1 \pm 1,9$
Средняя	653,2	0,59	0,38	$12,9 \pm 1,3$
Нижняя часть литорали	554,4	0,46	0,28	$13,6 \pm 1,6$
Контроль	27 533*	4,0*	6,0*	$7,7 \pm 1,5$
Региональный фоновый у	уровень: Fe – 17 50	0 мг/кг; Ni − 27,5 м	іг/кг; Pb — 15,5 мг/і	ΚΓ

Примечает отсутствие данных микроэлементов или их содержание в количестве, не превышающем предельно допустимых концентраций.

Достоверные различия получены только на ПП1, а на ПП2 и ПП3 эта закономерность отмечается в виде тенденции. При продвижении по трансекте от берега до уреза воды МИ уменьшается. На основании этих данных можно высказать предположение, что чувствительность растений к загрязнению ТМ на разных участках приливно-отливной зоны различается. Если на прибрежных территориях может работать система адаптации (что ускоряет митотические процессы), то на заливных участках ТМ могут вызывать негативные явления на уровне цитогенетических процессов.

При разработке метода были выявлены некоторые особенности: при выборе тест-объекта необходимо учитывать его солеустойчивость, восприимчивость к химическим реагентам. Так, например, более устойчивый, чем пшеница, ячмень совершенно не годился для окрашивания. При обработке корешков ячменя солью Мора они становились непригодными для раздавливания.

Также необходимо учитывать особенности прорастания семян. При культивировании растений необходимо предварительно дать семенам проклюнуться в пресной воде до образования 2–3 корешков длиной 1–1,5 см.

Эти опыты показали, что предложенный нами метод может быть использован для работы с действием тяжелых металлов в условиях загрязнения на уровне анализа цитогенетических процессов.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием Института биологии КарНЦ РАН при финансовом обеспечении из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания (№ 0752-2020-0007).

Список литературы / References

1. Вишневая Ю.С., Попова Л.Ф. Оценка экологического состояния и степени загрязнения тяжелыми металлами почв арктики // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 2. С. 96–104.

Vishnevaia Y.S., Popova L.F. Assessment of the environmental status and degree of pollution of arctic soils by heavy metals // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2016. № 2. P. 96–104 (in Russian).

- 2. Ungar I.A. Halophyte seed germination. The Botanical Review. 1978. V. 44. $\[N_2 \]$ 2. P. 233–264.
- 3. Сидорова В.А., Святова Е.Н., Цейц М.А. Пространственное варьирование свойств маршевых почв и их влияние на растительность (Кандалакшский залив) // Почвоведение. 2015. № 3. С. 259–267.

Sidorova V.A., Svyatova E.N., Tseits M.A. Spatial variation of the properties of marching soils and their effect on vegetation (Kandalaksha Bay) // Pochvovedeniye. 2015. No. 3. P. 259–267 (in Russian).

4. Теребова Е.Н., Марковская Е.Ф., Орешникова Н.В., Таскина К.Б., Андросова В.И. Накопление тяжелых металлов в грунтах и галофитах литорали белого моря // Успехи современного естествознания. 2019. № 12. С. 162–169.

Terebova E.N., Markovskaya E.F., Oreshnikova N.V., Taskina K.B., Androsova V.I. Accumulation of heavy metals in soils and halophytes of the littoral of the White Sea // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2019. № 12. P. 162–169 (in Russian).

5. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Межгосударственный стандарт. Переизд. август. 2008. М.: Стандартинформ, 2008. 6 с.

GOST 17.4.3.01-83. Protection of Nature. Soils. General requirements for sampling. Interstate standard. Republished: august. 2008. M.: Standartinform, 2008. 6 p. (in Russian).

- 6. Ivask A., Francois M., Kahru A., Dubourguier H.-C., Virta M., Douay F. Recombinant luminescent bacterial sensors for the measurement of bioavailability of cadmium and lead in soils polluted by metal smelters. Chemosphere. 2004. V. 55. P. 147–156.
- 7. Ronnpagel K., Janssen E., Ahlf W. Asking for the indicator function of bioassays evaluating soil contamination: are bioassay results reasonable surrogates of effects on soil microflora? Chemosphere. 1998. V. 36. No. 6. P. 1291–1304.
- 8. О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06 (с изменениями на 26 июня 2017 года). ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Минздрав РФ. М., 2017. 6 с.
- On the introduction of hygiene standards GN 2.1.7.2041-06 (as amended on June 26, 2017). GN 2.1.7.2041-06 Maximum allowable concentration (PDK) of chemicals in soil. Ministry of Health of the Russian Federation. M., 2017. 6 p. (in Russian).
- 9. Беляева Т.Н., Харина Т.Г., Пулькина С.В., Бутенкова А.Н. Практикум по репродуктивной биологии семенных растений: учебное пособие. Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2014. 68 с.

Belyaeva T.N., Kharina T.G., Pulkina S.V., Butenkova A.N. Workshop on reproductive biology of seed plants: a tutorial. Tomsk: Izdatel'skiy dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014. 68 p. (in Russian).

10. Пухальский В.А., Соловьев А.А., Бадаева Е.Д., Юрцев В.Н. Практикум по цитологии и цитогенетике растений. М.: КолосС, 2013. 198 с.

Puhalskiy V.A., Soloviev A.A., Badaeva E.D., Yurtsev V.N. Workshop on plant cytology and cytogenetics. M.: KolosS, 2013. 198 p. (in Russian).

11. Пудова Т.М., Шадрина Е.Г. Биоиндикационная оценка состояния техногенно нарушенных земель на территории Западной Якутии // Успехи современного естествознания. 2012. № 11–1. С. 71–73.

Pudova T.M., Shadrina E.G. Bioindication assessment of the state of technogenically disturbed lands on the territory of Western Yakutia // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2012. № 11–1. P. 71–73 (in Russian).

12. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2011. 302 с.

Ivanter E.V., Korosov A.V. Introduction to Quantitative Biology. Petrozavodsk: Izdatel'stvo PetrGU, 2011. 302 p. (in Russian).

13. Чмелёва С.И., Собчук Н.А. Митотическая активность апикальной меристемы корией zea mays 1. под влиянием препарата циркон при хлоридном стрессе // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2019. Т. 5 (71). № 1. С. 150–162.

Chmeleva S.I., Sobchuk N.A. Mitotic activity of the apical meristem of the roots of zea mays I. under the influence of the drug zircon with chloride stress // Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya. 2019. T. 5 (71). № 1. P. 150–162 (in Russian).

14. Ладнова Г.Г., Федотова И.Э., Курочицкая М.Г., Силютина В.В. Цитогенетические изменения в клетках апикальной меристемы зеленых насаждений города в зависимости от уровня антропогенной нагрузки // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 3. С. 146–152.

Ladnova G.G., Fedotova I.E., Kurochitskaya M.G., Silyutina V.V. Cytogenetic changes in the cells of the apical meristem of city green spaces depending on the level of anthropogenic load // Yug Rossii: ekologiya, razvitiye. 2017. T. 12. № 3. P. 146–152 (in Russian).

УДК 504.45:574.6

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР БОЛЬШОГО СОЛОВЕЦКОГО ОСТРОВА

¹Титова К.В., ¹Жибарева Т.А., ¹Морева О.Ю., ¹Собко Е.И., ¹Слобода А.А., ^{1,2}Попов С.С., ²Прилуцкая Н.С.

¹ΦГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени Н.П. Лаверова» Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, e-mail: ksyu_sev@mail.ru;

²ΦГБОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Архангельск

Охрана окружающей среды и рациональное природопользование являются одним из приоритетных направлений развития науки в любом из регионов России. Вода относится к одним из самых важных компонентов, влияющих на злоровье населения. Загрязнение волоемов вследствие естественных причин или антропогенного воздействия приводит к ухудшению качества питьевой воды. Целью настоящего исследования была оценка качества воды водоема питьевого назначения пос. Соловецкий (Соловецкие острова, Архангельская область) и связанных с ним гидрографически озер. Из перечня установленных нормативными документами РФ показателей были выбраны наиболее информативные для данных водоемов. На выбранных для исследования озерах Средний Перт, Питьевое и Святое Большого Соловецкого острова в июле-августе 2020 г. с использованием эхолота Fishfinder 140 (Garmin) были осуществлены промеры глубин с координатной привязкой, определенной навигатором GPS 72 (Garmin). Отбор проб осуществлялся на 18 выбранных участках этих трех озер поликарбонатным батометром на 2 или 5 л из поверхностного и придонного слоя. Были определены гидрохимические и гидробиологические показатели с использованием общепринятых методик. Воды исследованных озер отнесены к категории ультрапресных с очень низкой минерализацией и очень мягким. На ее ионном составе сказывалось островное положение водоемов. В воде всех исследованных озер были превышены ПДК по железу (в 1,5-2 раза) и также норматив по цветности (в 2-5 раз), что связано с естественными причинами - заболоченностью водосборных площадей. Для оз. Святое отмечено увеличение концентраций минеральных соединений азота в воде на некоторых станциях по сравнению с водой других озер и с результатами ранее проводимых исследований. По гидрохимическим и гидробиологическим показателям вода оз. Средний Перт и Питьевое относится к категории чистая, вода оз. Святое чистая, но на некоторых участках – умеренно загрязненная.

Ключевые слова: Архангельская область, Соловецкие острова, озера, гидрохимические показатели, зоопланктон

HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL STUDIES OF LAKES IN BOL'SHOY SOLOVETSKY ISLAND

¹Titova K.V., ¹Zhibareva T.A., ¹Moreva O.Yu., ¹Sobko E.I., ¹Sloboda A.A., ^{1,2}Popov S.S., ²Prilutskaya N.S.

¹N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research Ural Branch RAS, Arkhangelsk, e-mail: ksyu_sev@mail.ru; ²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk

Environmental protection and rational use of natural resources are one of the priority directions for the development of science in any of the regions of Russia. Water is one of the most important components affecting public health. Pollution of water bodies due to natural causes or anthropogenic impact leads to a deterioration in the quality of drinking water. The purpose of this study was to assess the quality of the drinking water reservoir in the village. Solovetsky (Solovetsky Islands, Arkhangelsk region) and the hydrographically associated lakes. From the list of indicators established by the regulatory documents of the Russian Federation, the most informative for these reservoirs were selected. In July-August 2020, on the lakes Sredniy Perth, Pit'evoye and Svyatoe of Bolshoy Solovetsky Island, selected for the study, depth measurements were carried out using a Fishfinder 140 (Garmin) echo sounder with a coordinate reference determined by a GPS 72 (Garmin) navigator. Sampling was carried out in 18 selected areas of these three lakes with a 2 or 5 L polycarbonate bathometer from the surface and bottom layers. Hydrochemical and hydrobiological indicators were determined using generally accepted methods. The waters of the studied lakes are classified as ultra-fresh with very low mineralization and very soft. Its ionic composition was affected by the insular position of water bodies. In the water of all the studied lakes, the MPC for iron (1.5-2 times) and also the standard for color (2-5 times) were exceeded, which is associated with natural reasons - swampiness of catchment areas. For the lake. An increase in the concentration of mineral nitrogen compounds in the water at some stations in comparison with the water of other lakes and the results of earlier studies was noted. According to hydrochemical and hydrobiological indicators, the water of the lake. Sredniy Perth and Pit'evoye belongs to the category of clean, lake water. Holy clean, but in some areas, moderately polluted.

Keywords: Arkhangelsk region, Solovetsky Islands, lakes, hydrochemical indicators, zooplankton

Северные территории России в пределах бассейнов Балтийского, Баренцева и Белого морей насыщены огромным количеством

больших и малых озер [1]. По озерности самое большое значение для Северо-Запада России имеет Большой Соловецкий остров.

Соловецкий архипелаг расположен в юго-западной части Белого моря при входе в Онежский залив, в 165 км южнее Северного полярного круга. Общее количество озер Соловецкого архипелага составляет 376, причем 337 из них расположено именно на Большом Соловецком острове [2]. Особенностью гидрографической сети острова является то, что она лишена рек, и представляет собой скопление озер. Создание искусственной водных (озерно-канальной) систем привело к изменению гидрологического режима озер: водоемы стали проточными, площади водосборов некоторых озер возросли [3]. Часть воды западной системы используется для обеспечения нужд населения пос. Соловецкий, на территории которого расположен уникальный историко-культурный комплекс, привлекающий не только местных жителей (около 900 человек), но и туристов, паломников со всего мира. Забор воды осуществляется из Питьевого канала длиной около 2 км, соединяющего оз. Питьевое и Святое. Вода в Питьевое озеро в свою очередь поступает из оз. Средний Перт. Частично для нужд монастыря используется вода оз. Святое. Гидрохимические и гидробиологические показатели для этих водоемов определялись в 60-е годы XX века и начале 2000-х [2; 3]. Отклонение от нормативов качества питьевой воды в том или ином населенном пункте как вследствие природных факторов, так и антропогенной нагрузки может оказать пагубное воздействие на организм человека. Ведь вода относится к основным факторам, влияющим на здоровье людей. На мировом уровне Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в 1984 г. был выпущен основной стандарт качества - «Руководство по контролю качества питьевой воды», на основании которого разрабатываются нормативы других государств [4]. В соответствии с частью 1 статьи 19 Федерального закона от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ «О санитарноэпидемиологическом благополучии населения» питьевая вода должна быть безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредной по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства. В России существуют различные нормативные документы, регулирующие качество воды в зависимости от типа использования водоема.

Цель данной работы: на основе литературных источников и результатов, полученных в ходе полевых экспедиционных исследований, определить гидрохимические и гидробиологические показатели трех озер

(Средний Перт, Питьевое и Святое) Большого Соловецкого острова и дать оценку качества воды этих водоемов.

Материалы и методы исследования

На выбранных для исследования водоемах с использованием эхолота Fishfinder 140 (Garmin) были осуществлены промеры глубин с координатной привязкой, определенной навигатором GPS 72 (Garmin). Для исследования на озерах выбраны 18 участков. Образцы проб воды отобраны горизонтальным поликарбонатным батометром на 5 л в конце июля – начале августа 2020 г. по акватории трех озер Большого Соловецком острова (рисунок) с учетом особенностей рельефа дна или возможных источников антропогенного воздействия в соответствии с установленными нормативами. Оз. Питьевое рассматривается в работе как водоем питьевого назначения, для оз. Средний Перт – рыбохозяйственного назначения, а оз. Святое определено как водоем двойного назначения. Выбор определяемых показателей из большого перечня определялся спецификой водоемов (практически отсутствие промышленных стоков) и их информативностью. На месте были осуществлены измерения быстро изменяющихся гидрохимических показателей с помощью рН-метра НІ 83141 (Наппа); кондуктометра НІ 8733 (Наппа) (рН, электропроводность), в экспедиционной лаборатории - цветности, растворенных форм металлов, сероводорода (спектрофотометр Unico 1201). Анализ остальных образцов (щелочность, содержание биогенных элементов, тяжелых металлов (Ni, Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Co, Fe, Mn), ионов, нефтепродуктов, органических веществ) (рН-метра НІ 83141, фотометр «Эксперт-03», атомно-абсорбционный спектрометр NovAA-315 SA, жидкостной хроматограф LC-20 Prominence, флюорат-02-2M, TOC-Lcsn) и показателей зоопланктона в воде осуществлялся в стационарных лабораториях по общепринятым методикам с применением необходимой консервации и соблюдением сроков и способов хранения. Были определены в озерах главные ионы природной воды: анионы (HCO_2 , C1- и SO_4 ²-) и катионы (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ и K^+). Для определения класса воды был произведен расчет мг-экв/л для каждого иона, их процентное соотношение. Суммы главных катионов и анионов, выраженные в этих единицах, были близки между собой, минерализация воды (мг/л) для озер была рассчитана сложением концентраций этих главных ионов.



Карта-схема расположения объектов исследования

Оценка качества вод озера по показателям состояния зоопланктона проводилась с использованием метода индикаторных организмов Пантле и Бука в модификации Сладечека, по гидрохимическим показателям — в сравнении с допустимыми нормативами, в т.ч. предельно допустимыми концентрациями (ПДК) в зависимости от назначения водоема [5; 6]. ИЗВ вычислен по 6 компонентам (биогенные элементы, тяжелые металлы, нефтепродукты).

Результаты исследования и их обсуждение

Измерения глубин исследуемых озер показало наличие в каждом из них нескольких глубоководных участков, чередующихся с мелководными зонами. Результаты согласовались с данными, полученными в 2014 г. (предоставлены Ериной О.Н.). Отмечено увеличение максимальной глубины в озерах на момент проведения исследований, что связано с межгодовыми особенностями, обусловленными измене-

нием соотношения между поступлением и расходом воды.

Согласно имеющимся данным (табл. 1) исследуемые озера по классификации Иванова относятся к категории очень малых $(0,1-1,0 \text{ км}^2)$, площадь зеркала не превышает 1 км²; по максимальной глубине – со средней (11-50 м) [7]. По показателю удельного водосбора (указывает на количественную связь озера с водосбором и рассчитывается как отношение площади водосбора к площади озера) к категории с очень большим - более 128 - оз. Питьевое и Святое и с большим - 32-128 оз. Средний Перт. Данный показатель выше для исследуемых водоемов по сравнению с озерами таежной природной зоны РФ и соседних Скандинавских стран (средний удельный водосбор для них от 30 до 34) [8]. Связано это с созданием искусственной озерно-канальной системы на Бол. Соловецком острове, увеличившей взаимосвязь между соседними водоемами.

 Таблица 1

 Некоторые гидрологические и морфометрические характеристики исследуемых озер

Озеро	Площадь зеркала, км²*	Длина, км*	Ширина, км*	Площадь водосбора, км ² *	Удельный водосбор*	Глуби	на макс, м
Средний Перт	0,586	1,51	0,93	21,86	37	14,3*	14,5**
Питьевое	0,174	0,98	0,40	22,80	131	11,1	12,5
Святое	0,230	0,88	0,38	30,57	133	10,9	11,0

Примечание. * – данные предоставлены к.г.н. Ериной О.Н. (научным сотрудником кафедры гидрологии суши МГУ имени М.В. Ломоносова), измерения 06.2014; ** – результаты получены авторами 07-08.2020.

Таблица 2 Концентрация основных ионов в воде исследуемых озер (мг/л)

Озеро	HCO ₃ -	Cl-	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg	K ⁺
Средний Перт	$12,23 \pm 2,46$	$7,84 \pm 0,30$	$3,67 \pm 0,08$	$6,14 \pm 0,12$	$2,82 \pm 0,07$	$1,71 \pm 0,04$	$0,52 \pm 0,04$
Питьевое	$14,70 \pm 1,54$	$8,06 \pm 0,66$	$3,60 \pm 0,34$	$5,95 \pm 0,14$	$2,14 \pm 0,16$	$1,38 \pm 0,15$	$0,52 \pm 0,02$
Святое	$15,40 \pm 0,46$	$7,65 \pm 0,76$	$6,09 \pm 0,89$	$6,04 \pm 0,28$	$4,36 \pm 0,43$	$1,85 \pm 0,06$	$0,97 \pm 0,15$

Гидрохимические показатели

Гидрохимический состав вод исследуемых озер представлен формулой Курлова. Минерализация – M, жесткость – \mathcal{K} .

Оз. Средний Перт:

Оз. Питьевое:

$$\label{eq:mass_solution} \mbox{M 36.35 }\mbox{ }\mbox{W 0.22 }\mbox{ } \frac{\mbox{HCO}_3\mbox{44 Cl42 SO}_4\mbox{14}}{\mbox{Na52 Mg23 Ca22 K3}} \mbox{ pH 6,15}.$$

Оз. Святое:

$$\label{eq:matrix} \text{M 42.35 } \% \ 0.37 \ \frac{\text{HCO}_3\text{43 Cl35 SO}_4\text{22}}{\text{Na40 Ca33 Mg23 K4}} \ \text{pH 6,16}.$$

Воды оз. Средний Перт, Питьевое и Святое по минерализации были отнесены к категории ультрапресные (<100~мг/л): оз. Средний Перт ($34,91\pm2,26$), оз. Питьевое ($36,35\pm1,81$), оз. Святое ($42,35\pm3,58$), величина минерализации изменялась от 31,99 до 49,82~мг/л (оз. Святое); очень мягкие — жесткость не превышает 1,5~ммоль/л (допустимо до 7~ммоль/л) и по обоим показателям не превышают допустимых значений.

Воды озер относятся к хлоридно-кар-бонатному классу или карбонатно-хлоридному типу натриевой группы в отличие от пресноводных водоемов, расположенных в той же природной зоне, но вдали от морского побережья, для которых характерен гидрокарбонатный тип вод кальциевой группы.

Химический состав воды обусловлен малой мощностью рыхлых отложений, сла-

борастворимыми почвообразующими породами и сильно оподзоленными почвами [3], а на содержание и распределение ионов влияние оказывает морское окружение Бол. Соловецкого острова. Так, для воды оз. Святое концентрация ионов (табл. 2) по максимальным значениям превышает таковые для воды двух других.

Воду оз. Средний Перт по величине рН $(6,19\pm0,14)$ можно охарактеризовать как слабокислую, оз. Питьевое $(6,15\pm0,14)$ — слабокислую, оз. Святое $(6,16\pm0,11)$ — слабокислую. Допустимыми для водоемов питьевого назначения являются значения от 6 до 9, для водоемов рыбохозяйственного назначения этот показатель не нормируется [5; 6]. Минимальные значения рН отмечены в придонном слое воды на глубоководных участках оз. Средний Перт и на мелководье в заливчике оз. Питьевое.

Цветность воды была в оз. Святое и составляла в среднем 97°, изменялась от 88 до 165°, и минимальной в оз. Питьевое - 43°, изменялась от 40 до 54°. Вода оз. Средний Перт занимает по цветности воды промежуточное положение -52° , от 45 до 55° . Вода всех озер по цветности превышает установленный норматив, равный 20(35)°. Цветность воды поверхностных водоемов обусловлена содержанием гуминовых веществ и соединений железа. Вклад этих компонентов отчетливо прослеживается для воды оз. Святое. В этот водоем поступают воды еще из другой, восточной озерно-канальной системы, водосборные площади озер которой сильно заболочены – в этой части острова в советское время даже велись торфоразработки. Выявлена значимая корреляция (r = 0.90)и содержанием органического вещества (ОВ) (органического углерода, ТОС), что может служить свидетельством значительного вклада в ТОС именно гуминовых веществ. Для остальных озер взаимосвязь прослеживалась незначительно. В своем исследовании содержание ОВ мы оценивали не по косвенным показателям (перманганатной окисляемости и ХПК), а непосредственно определяли количество ТОС. В воде оз. Средний Перт содержание органического углерода составляло в среднем 10,78 (от 9,64 до 11,75) мг/л, в оз. Питьевое – 10,26 (от 9,94 до 14,99) мг/л, в оз. Святое – 14,58 (от 13,75 до 18,03) мг/л. Как видно из приведенных данных, в воде оз. Святое определено и большее количество ТОС. По акватории озер ОВ распределено неравномерно, максимальное содержание отмечено на глубоководных участках и в заливчиках на мелководье. Для этих же участков зафиксировано и наименьшие значения рН (выявлена обратная корреляция между рН и TOC r = -0.60). Отметим также тенденцию к увеличению количества ОВ в придонном слое воды по отношению к поверхности озера на глубоководных участках, что свидетельствует о его аккумуляции. Результаты определения неорганического углерода (вычислено из щелочности воды): оз. Средний Перт -2.45 (от 1,72 до 2,77) мг/л; оз. Питьевое -2.94 (от 2,42 до 3,23) мг/л; оз. Святое -3.08 (от 2.56 до 4.11) мг/л; при этом в придонном слое его количество меньше, чем на поверхности. Количество железа в воде было превышено ПДК (100 мкг/л) [8] для всех оз. Средний Перт и Святое: от 138 до 300 мкг/л и от 140 до 930 мкг/л соответственно; ПДК (300 мкг/л) на некоторых

участках оз. Питьевое: от 130 до 450 мкг/л. Содержание остальных тяжелых металлов в воде озер не превышало ПДК.

Содержание нефтепродуктов в воде озер были минимальным, близким к пределу обнаружения, на наиболее загрязненном участке около ДЭС на оз. Святое оно составляло 0,03 мг/л, для оз. Питьевое и Средний Перт — максимальное значение 0,01 мг/л, что не превышало ПДК 0,05—0,1 мг/л. Для двух последних озер ввиду отсутствия явно выраженного антропогенного воздействия под нефтепродуктами, скорее всего, определяются ароматические природные соединения.

Количество фосфатов в воде оз. Средний Перт в среднем составляло 3,88, оз. Питьевое 3,42, оз. Святое 5,05 мкгР/л. Содержание не превышает ПДК. Содержание органического фосфора составляло от 42 до 82% валового, экстремумы выявлены в оз. Святое. В целом его количество увеличивалось на мелководных участках. Среди минеральных соединений азота в воде наибольшую часть составляли нитраты и аммоний. Содержание соединений азота не превышало ПДК для водоемов. Для оз. Средний Перт и Питьевое концентрации нитратов изменялись от 93 до 137 мкг N/л. аммония – от 11 до 42 мкг N/л; для оз. Святое - от 163 до 329 мкг N/л, аммония от 10 до 18 мкг N/л. Содержание органического азота составляло от 29 до 60% от валового азота. При этом наблюдалось снижение доли органических соединений от поверхности ко дну на глубоководных участках озер, сопровождающееся увеличением содержания одновременно нитратов и аммонийного азота, что свидетельствует о наличии деструкции ОВ для оз. Средний Перт и Питьевое и возможном антропогенном воздействии для акватории оз. Святое.

Содержание сероводорода/гидросульфидов, являющихся еще одним маркером наличия в озере значительного количества ОВ, в оз. Питьевое и Средний Перт не превышало ПДК (не более 5 мкг/л), в оз. Святое концентрации этих соединений были выше ПДК (от 9 до 23 мкг/л). Значение этого показателя увеличивались к придонному слою на глубоководных станциях, что сопровождалось также увеличением содержания ОВ.

С использованием определенных в ходе исследования показателей, которые обычно характеризуют загрязнение водоема, был рассчитан индекс загрязнения вод (ИЗВ) для трех озер и по нему определено ее ка-

чество. Этот показатель для оз. Питьевое составил 0,44; оз. Средний Перт — 0,70; оз. Святое — 1,00. Вода двух первых озер может быть отнесена к классу чистых, вода оз. Святое — к пограничному классу между чистой и умеренно загрязненной.

Зоопланктон

В акватории оз. Средний Перт в период исследований было зарегистрировано 16 видов зоопланктона: Rotifera (коловратки) -4, Cladocera (ветвистоусые ракообразные) – 6, *Copepoda* (веслоногие ракообразные) – 6. Зоопланктонное сообщество оз. Питьевое представлено 20 видами. На долю *Copepoda* приходилось 6 видов, Cladocera – 8 видов и Rotifera – 6 видов. В планктонной фауне оз. Святое отмечено 27 видов. Веслоногие ракообразные (Copepoda) представлены 7 видами, ветвистоусые ракообразные (Cladocera) – 10 видами и коловратки (*Rotifera*) – 10 видами. Видовое разнообразие определяли ветвистоусые ракообразные (кладоцеры). Доминирующие формы зоопланктона в озерах представлены в основном олиго- и олиго-βмезосапробным видами.

Количественные показатели планктона оз. Средний Перт и Питьевое невысоки и характерны для холодноводных олиготрофных озер. Значения численности и биомассы зоопланктонного сообщества оз. Средний Перт варьировали в пределах от 21,33 до 36,80 тыс. экз/ M^3 и от 0,10 до 0,29 г/ M^3 соответственно. Основной вклад в общую численность зоопланктона вносили коловратки (55% от общей численности), в биомассу – ветвистоусые (54% от общей биомассы) и веслоногие ракообразные (43% от общей биомассы). Для оз. Средний Перт наблюдается снижение средних показателей численности (в 1,5 раза) и биомассы (в 3 раза) по сравнению с предыдущими исследованиями [9].

По численности в оз. Питьевое, как и в оз. Средний Перт, доминировали коловратки (41% от общей численности), что свидетельствует об усилении загрязнения озер органическими соединениями. Основной вклад в общую биомассу вносили ветвистоусые (53% от общей биомассы) и веслоногие ракообразные (44% от общей биомассы). Значения численности и биомассы зоопланктона изменялись в пределах от 12,00 до 46,94 тыс. экз/м³ и от 0,22 до 0,57 г/м³.

По состоянию планктонных сообществ, согласно классификации С.П. Китаева

(2007) [10], оз. Средний Перт и Питьевое можно охарактеризовать как олиготрофные. Качество водных масс исследованных озер соответствовало α-олигосапробному (II класс – чистые воды). Индекс сапробности для оз. Средний Перт варьировал в пределах от 1,13 до 1,39; для оз. Питьевое от 1,11 до 1,29.

Количественные показатели численности и биомассы зоопланктонного сообщества оз. Святое значительно выше, чем для оз. Средний Перт и Питьевое, и варьировали в пределах от 32,51 до 156,00 тыс. экз/ M^3 и от 0,28 до 1,38 г/ M^3 соответственно. По численности в водоеме лидировали веслоногие и ветвистоусые ракообразные (36% и 35% от суммарной численности зоопланктона). Основной вклад в суммарную биомассу зоопланктона вносили ветвистоусы ракообразные (кладоцера). По состоянию планктонных сообществ оз. Святое можно охарактеризовать как олиготрофное с признаками мезотрофии. Усиление антропогенной нагрузки на водоем стало причиной увеличения средних значений численности и биомассы зоопланктона по сравнению с полученными ранее результатами почти в 2 раза [9]. Также отмечено повышение показателя сапробности, который по акватории оз. Святое изменялся в пределах от 1,39 до 1,52. Качество водных масс в зависимости от района исследований соответствовало α-олигосапробному классу (II класс – чистые воды) и β-мезосапробному классу (III класс – слабозагрязненные воды) (2 станции).

Заключение

Было установлено, что воды оз. Средний Перт, Питьевое и Святое по минерализации были отнесены к хлоридно-карбонатному классу или карбонатно-хлоридному типу натриевой группы, к категории ультрапресные (< 100 мг/л): оз. Средний Перт ($34,91\pm2,26$), оз. Питьевое ($36,35\pm1,81$), оз. Святое ($42,35\pm3,58$), величина которой изменялась от 31,99 до 49,82 мг/л (оз. Святое); очень мягкие – жесткость не превышает 1,5 ммоль/л.

Цветность воды была наибольшей в оз. Святое и составляла в среднем 970, изменялась от 88 до 1650, и минимальной в оз. Питьевое — 430, изменялась от 40 до 540, вода оз. Средний Перт занимает по цветности воды промежуточное положение — 520, от 45 до 550. Вода всех озер по цветности превышает установленный норматив, равный 20°.

Содержание нефтепродуктов, биогенных элементов, тяжелых металлов, за исключением железа, в воде не превышает установленных нормативов. Наблюдалось снижение доли органических соединений от поверхности ко дну на глубоководных участках озер, сопровождающееся увеличением содержания минеральных форм, что свидетельствует о наличии деструкции ОВ для оз. Средний Перт и Питьевое, и возможном антропогенном воздействии для акватории оз. Святое.

Рассчитан индекс загрязнения вод (ИЗВ) для трех озер и по нему определено ее качество. Этот показатель для оз. Питьевое составил 0,44; оз. Средний Перт – 0,70; оз. Святое – 1,00. Вода двух первых озер может быть отнесена к классу чистых, вода оз. Святое – к пограничному классу между чистой и умеренно загрязненной (несколько участков). Приведенная оценка качества воды подтверждена и показателем сапробности.

Вследствие межгодовой изменчивости гидрохимических показателей и возрастающей антропогенной нагрузки на изученные водоемы необходимо продолжить мониторинговые исследования водных объектов Соловецкого архипелага.

Авторы выражают благодарность за всестороннюю помощь в экспедиционном исследовании на Соловках сотрудникам СГИАиПМЗ А.Я. Мартынову, А.Н. Соболеву; сотруднику МГУ им. М.В. Ломоносова Ериной О.Н. за представленные данные для исследуемых озер за 2014 г.

Исследование выполнено при поддержке гранта «Молодые ученые Поморья» № 06-2020а, частично в рамках госзадания ФГБУН «ФИЦКИА» УрО РАН № AAAA-A18-118012390167-1.

Список литературы / References

1. Румянцев В.А., Кудерский Л.А. Ладожское озеро: общая характеристика, экологическое состояние // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana), 2010. № 1. С. 171–182.

Rumyantsev V.A., Kudersky L.A. Lake Ladoga: general characteristics, ecological state // Obshchestvo. Sreda. Razvitiye (Terra Humana), 2010. No. 1. P. 171–182 (in Russian).

2. Природная среда Соловецкого архипелага в условиях меняющегося климата / Под ред. Ю.Г. Шварцмана, И.Н. Болотова. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 184 с.

The natural environment of the Solovetsky archipelago in a changing climate / Ed. Yu.G. Shvartsman, I.N. Bolotov. Yekaterinburg: UrO RAN, 2007. 184 p. (in Russian).

3. Грицевская Г.Л., Кябелева Г.К., Николаева Л.А., Семенов В.Н. Гидрология и гидрохимия Соловецких озер // Соловецкие острова: материалы по комплексному изучению озер. Труды СевНИОРХ. Т. 6. Петрозаводск: Изд-во Карелия, 1972. С. 5–44.

Gritsevskaya G.L., Kyabeleva G.K., Nikolaeva L.A., Semenov V.N. Hydrology and hydrochemistry of Solovetsky lakes // Solovetskiye ostrova: materialy po kompleksnomu izucheniyu ozer. Trudy SevNIORKH. T. 6. Petrozavodsk: Izd-vo Kareliya, 1972. P. 5–44 (in Russian).

- 4. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization incorporating first addendum. Vol. 1. Recommendations. 3rd ed. 2006. 595 p.
- 5. 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. Постановление от 26 сентября 2001 года N 24. M., 2002. 46 с.

SanPiN 2.1.4.1074-01 Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for ensuring the safety of hot water supply systems. Postanovleniye ot 26 sentyabrya 2001 goda N 24. M., 2002. 46 p. (in Russian).

6. Российская Федерация. Минсельхоз. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/420389120 (дата обращения: 20.10.2020).

Russian Federation. Ministry of Agriculture. On approval of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance. [Electronic resource]. URL: http://docs.cntd.ru/document/420389120 (date of access: 20.10.2020) (in Russian).

7. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2009. 160 с.

 $\label{eq:matter} Myakisheva~N.V.~Multi-criteria~classification~of~lakes. SPb.:~Izd-vo~RGGMU, 2009.~160~p.~(in~Russian).$

8. Удельный водосбор и показатель удельного водообмена. [Электронный ресурс]. URL: https://ozera.info/lakes/about/science/limnology/specific-catchment-area (дата обращения: 26.10.2020).

Specific catchment and specific water exchange rate. [Electronic resource]. URL: https://ozera.info/lakes/about/science/limnology/specific-catchment-area (date of access: 26.10.2020) (in Russian).

9. Новосельцева Р.И., Русакова С.А. Зоопланктон озер Большого Соловецкого острова // Соловецкие острова. Материалы по комплексному изучению озер. Труды СевНИОРХ. Т. 6. Петрозаводск: Изд-во Карелия, 1972. С. 45–66.

Novoseltseva R.I., Rusakova S.A. Zooplankton of the lakes of the Big Solovetsky Island // Solovetskiye ostrova. Materialy po kompleksnomu izucheniyu ozer. Trudy SevNIORKH. T. 6. Petrozavodsk: Izd-vo Kareliya, 1972. P. 45–66.

10. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.

Kitaev S.P. Fundamentals of Limnology for hydrobiologists and ihthyologists. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 2007. 395 p. (in Russian).

УДК 911.52:551.584.3

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ В КОНТЕКСТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

¹Цыдыпов Б.З., ¹Черных В.Н., ¹Содномов Б.В., ²Куликов А.И.

¹Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ, e-mail: sodnomov@binm.ru; ²Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ

Микроклиматические особенности любой территории играют важную роль в функционировании ландшафтов, определяют эффективность ее хозяйственного использования. К сожалению, при изучении природы какой-либо территории, атмосферных процессов микроклимату не уделяется достаточного внимания, поскольку это увеличивает масштабность и детальность работ. Имеющиеся климатические карты охватывают большие территории, но их мелкомасштабность не позволяет детально анализировать ситуацию в отдельно взятом районе, в пределах малых водосборных бассейнов или каких-либо небольших по площади межгорных котловин. Вместе с тем в современных условиях развития сельского хозяйства в районах с ограниченными земельными и агроклиматическими ресурсами и преобладанием в системе землепользования частного сектора коммерческих крестьянско-фермерских хозяйств – любые возможности интенсификации производства становятся важными. Поэтому изучение микроклимата отдельных территорий, местностей и ландшафтов является краеугольным камнем в процессах интенсификации производства и рационализации использования ресурсов. Изучение микроклимата является важной составляющей эффективного использования ресурсов природной среды. Благодаря подобным исследованиям появляется возможность развивать сельскохозяйственное производство даже в районах с крайне неблагоприятными природными условиями. В данной работе, на примере изучения микроклимата отдельно взятой Тапхарской котловины в центральной части Селенгинского среднегорья, сделана попытка оценить роль, значение и возможности рационального использования агроклиматических ресурсов. Проведен пространственный анализ и оценка современного состояния микроклиматических участков методом комплексного ландшафтно-микроклиматического картографирования. На основе выделения климатических особенностей ландшафтов, рангов урочищ и фаций дается оценка возможностей развития землепользования. Материалы исследования могут быть использованы при развитии сельского хозяйства в условиях горно-котловинного рельефа и аридного климата Селенгинского среднегорья.

Ключевые слова: ландшафт, рельеф, микроклимат, урочище, фация

MICROCLIMATIC FEATURES OF INDIVIDUAL INTERMONTANE BASINS OF THE SELENGA MIDDLE MOUNTAINS IN CONTEXT OF AGRICULTURE USE

¹Tsydypov B.Z., ¹Chernykh V.N., ¹Sodnomov B.V., ²Kulikov A.I.

¹Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, e-mail: sodnomov@binm.ru;

²Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude

Microclimatic features of any territory are important for the functioning of landscapes and determine the effectiveness of its economic use. Unfortunately, when studying the nature of any territory, the microclimate isn't given sufficient attention, because this increases the scale and detail of the work. The available climatic maps cover large areas, but their small scale doesn't allow for a detailed analysis of the situation in a single area, small drainage basins or any small intermontane basins. At the same time, in the modern conditions of agricultural development in areas with limited land and agro-climatic resources and the predominance of the private sector in the land use system - commercial peasant farms - any possibilities for intensifying production become important. Therefore, the study of the microclimate of individual territories, localities and landscapes is a cornerstone in the processes of intensifying production and rationalizing the use of resources. The study of the microclimate is an important component of the effective use of natural resources. Thanks to such research, it becomes possible to develop agricultural production even in areas with extremely unfavorable natural conditions. In this work, on the example of studying the microclimate of a separate Tapkhar depression in the central part of the Selenga middle mountains, we try to assess the role, importance and possibilities of rational use of agroclimatic resources. The spatial analysis and assessment of the current state of microclimatic areas by the method of complex landscape-microclimatic mapping. Based on the identification of climatic features of landscapes, ranks of tracts and facies, an assessment of the possibilities of land use development is given. The research materials can be used in the development of agriculture in the conditions of the mountain-hollow relief and the arid climate of the Selenga middle mountains.

Keywords: landscape, relief, microclimate, stow, facies

В процессе изучения природных особенностей какой-либо территории микроклиматическим исследованиям уделяется недостаточно внимания в отличие

от исследования изменений климата в макромасштабе. Для байкальского региона закономерности макроклиматических параметров закреплены на соответствующем картографическом материале [1; 2]. Связано это, прежде всего, с первостепенной необходимостью учета влияния глобальных и региональных климатических процессов на природные комплексы. Такой подход оправдывает себя, поскольку детальность и крупномасштабность нерациональна при описании физико-географических стран, крупных речных бассейнов, отдельных географических областей. Особенности микроклимата становятся важными при изучении ландшафтов ранга урочищ, групп урочищ или фации. В этом случае понимание особенностей микроклимата важно для исследователя, поскольку сходство и отличие отдельных элементарных ландшафтов определяется, наряду с рельефом, особенностями инсоляции и увлажнения, т.е. параметрами климатической природы.

В современной структуре сельскохозяйственного производства в Бурятии значительную долю готовой продукции производят небольшие крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ). Крупных фермеров, имеющих десятки тысяч гектаров земли, не так много. Они специализируются на зерновых культурах и работают в основном в центральных земледельческих районах республики. КФХ же, как правило, это комплексное производство. Они имеют в собственности до 100 га земель, иногда всего 1-2 га, участки, полученные по федеральной программе «Дальневосточный гектар». При этом КФХ занимаются и животноводством, и растениеводством, стараясь максимально эффективно использовать имеющиеся земельные ресурсы. На одном участке выращивают разнообразные культуры от пшеницы и овса до арбузов, что возможно благодаря правильному зонированию территории при учете микроклиматических особенностей. В подавляющем большинстве случаев фермеры полагаются только на собственный опыт, практических же наблюдений и измерений не проводится. В этой связи изучение микроклимата конкретной территории - прикладная задача. Имея научное обоснование, можно избежать ненужных ошибок при планировании хозяйственной деятельности.

Несмотря на разнообразие сочетаний природных факторов на конкретной территории в пределах крупных физико-географических областей, при детальном изучении обнаруживаются сходства между похожими районами. Так, на территории Селенгинского среднегорья (Забайкальская горная физико-географическая стра-

на) даже при ближайшем рассмотрении понятны общие особенности проявления природных процессов в отдельных межгорных котловинах в зависимости от их типа, строения, площади [3]. Это же свойственно для сравнительно небольших территорий. В связи с этим, имея детальные представления о микроклимате каких-либо отдельных котловин, склонов или других орографических и природных образований, при тождественности природных условий можно допустить достаточно верную экстраполяцию на обширные похожие районы. Учитывая это, а также для понимания особенностей микроклимата и ландшафтной структуры небольших межгорных котловин проводилось данное исследование.

Цель исследования: определение особенностей микроклимата Тапхарской котловины, включая сопредельные склоны Ганзуринского кряжа, как одной из типичных территорий, имеющих множество аналогов в Селенгинском среднегорье, для оценки возможностей их эффективного использования при рациональной организации сельского хозяйства.

Поставленные в соответствии с целью исследования задачи предполагали детальные ландшафтные и микроклиматические исследования на отдельно взятой территории с выявлением ландшафтного разнообразия на уровне фаций и урочищ, благоприятных и неблагоприятных по условиям инсоляции и увлажнения участков.

Научная новизна работы заключается в том, что изучением микроклимата небольших межгорных котловин Селенгинского среднегорья, земли которых используются в сельском хозяйстве, ранее никто комплексно не занимался. Вместе с тем есть примеры эффективного использования микроклимата в хозяйствах Бурятии, где благодаря его особенностям выращивают арбузы и виноград, а потому развитие и внедрение в практику подобного рода исследований необходимо.

Территория исследования

Тапхарская котловина представляет собой обособленную бессточную межгорную впадину. Относится к системе впадин забай-кальского типа (мезозойский возраст), являясь частью Иволгино-Удинской впадины, примыкает к ней с юга, отделена небольшой тектонической перемычкой между вершинами Тарбага и Тобхор с относительной высотой около 100 м. С юга и юго-запада впадина ограничена поднятиями Ганзуринского кряжа, с северо-востока — его отрогами. Мак-

симальная высота водоразделов достигает пределов 750-800 м, абсолютные отметки днища впадины - 600-610 м. Таким образом, превышение междуречий над днищем составляет 150-200 м. В рельефе котловины выделяются выровненная поверхность днища, склоны разной крутизны и экспозиции, одиночные вершины. Мезорельеф характеризуется наличием эрозионных форм временных водотоков, современных и древних конусов выносов с западинами, понижениями и в целом достаточно разнообразен. Рыхлые отложения, определяющие морфоскульптурный облик, - полигенетические, представлены песками и супесями эолового, эолово-пролювиального и иного происхождения, дресвой, щебнем, грубообломочными склоновыми отложениями, аллювием.

Почвы территории преимущественно каштановые, мучнисто-карбонатные с небольшим профилем и низким, до 4%, содержанием гумуса. В пониженных частях котловины мощность почвенного профиля возрастает до 40–50 см, в приводораздельных частях преобладают скелетные почвы. Растительность преимущественно степная и лесостепная, злаковая. Среди древеснокустарниковой растительности преобладает ильм.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использовался комплекс полевых методов с последующей математической обработкой полученных результатов и картографированием с применением ГИС.

На первом этапе с помощью описаний, проводимых по традиционным методикам, установлена ландшафтная структура территории, которая представлена сочетанием 11 урочищ с набором однородных фаций (рис. 1). На территории выделены степные и лесостепные урочища, формирующие-

ся на отложениях разного типа, с преобладанием каштановых почв и лесостепной растительности.

На втором этапе, для получения климатических данных, использовались датчики температуры, влажности воздуха и почвы, суммарной солнечной радиации и эффективного излучения, а также количества осадков, силы и направления ветра. Замеры проводились в наиболее выраженных формах рельефа, на склонах, с разной экспозицией, в частях котловины с отличными друг от друга условиями увлажнения.

Известно, что микроклиматические контрасты количественно более ярко выражены, чем макроклиматические. Так, изменчивость радиационных характеристик по широте и высоте примерно в 10 раз меньше, чем микроклиматических (табл. 1) [4].

По средней годовой температуре воздуха перепад между склонами южной и северной экспозиций крутизной 10° составляет 5–7°С на 100 м, тогда как межширотный перепад (на 1000 м расстояния) равняется всего 0,6–0,8°С, а высотный (на 100 м высоты) – 0,5–0,7°С. Особенно большие микроклиматические контрасты проявляются по экстремальным температурам. Отметим, что на территории Селенгинского среднегорья в настоящее время наблюдаются высокие тренды роста температуры и снижения осадков [5; 6].

Различия микроклиматических показателей сильно варьируют. Так, более инсолируемые и засушливые склоны южной экспозиции соответствуют ландшафтным условиям тепловлагообеспеченности более южных широт, а склоны северной экспозиции — условиям ландшафтов, расположенных севернее. Таким образом, на уровне фаций и урочищ микроклиматические условия являются ведущим фактором ландшафтообразования.

Таблица 1 Макро- и микроклиматические градиенты

Метеопараметры	Широтные	Высотные	Микроклиматическая
	градиенты	градиенты	изменчивость
Прямая радиация, МДж/м ² ×мес.	8,4–12,6	_	46,1–155,0
Радиационный баланс, МДж/м ² ×мес.	4,2-8,4	_	41,1–134,1
ФАР, МДж/м ² ×мес.	2,1-5,0	_	29,3–75,4
Среднегодовая температура, °С	0,6-0,8	0,5-0,7	5–7
Средняя максимальная температура, °С	0,6-0,8	0,7–0,8	9–10,5
Средняя минимальная температура, °С	0,7–0,9	0,6-0,9	5–9
Безморозный период, дни	3–5	5–6	20–30
Температура почвы на глубине 0,2 м, °С	0,6–0,8	_	2–4

На следующем этапе проводилось совмещение данных. На карту фаций накладывались результаты микроклиматических исследований. В качестве показателей фонового участка приняты осредненные зональные климатические нормы метеоэлементов для центральной подзоны степной зоны согласно агропочвенному районированию Республики Бурятия.

При расчете фотосинтетически активной радиации (ФАР) коэффициенты прямой солнечной и рассеянной радиации были приняты как 0,43 и 0,57. Значения рассеянной радиации для территории исследования вне зависимости от экспозиции можно считать одинаковыми. Значения прямой солнечной радиации отличаются для разных экспозиций и определяются по формуле:

$$S_{ck} = S_{\Gamma}/\sin \alpha$$
,

где $S_{\rm ck}$ — прямая радиация, приходящая на склон, α — крутизна склона, S_{Γ} — прямая радиация, приходящая на горизонтальную поверхность. Значения средних из экстремальных температур воздуха ($t^{\rm B}_{\rm min}$, $t^{\rm B}_{\rm max}$) температуры почвы на глубине 20 см ($t_{0,2}$), периода с температурой выше 5 °C (τ (t > 5 °C) взяты из «Справочника по климату СССР» [7]. Данные по весеннему запасу продуктивной влаги в слое 0—50 см почвы ($\Delta W_{0-0,5}$) и испаряемости воды (E_o) приняты по материалам воднобалансовых станций.

В табл. 2 климатические нормы для фонового участка приведены в абсолютном выражении, для микроклиматических участков — в виде отклонений. Так, если на фоновом участке $t_{\min}^{\text{в}} = -2,0\,^{\circ}\text{C}$, то в теплых слабо засушливых местах, например — заморозки, будут характеризоваться ослаблением

на величину микроклиматической поправки $t_{\min}^{\text{в}} = -2,0 + (1,0...2,0) = 0,0...-1,0\,^{\circ}\text{С}$. Отметим, что коэффициенты микроклиматической трансформации параметров заимствованы из монографии Е.Н. Романовой и др. [4].

Такой важный теплоэнергетический показатель, как испаряемость на склонах (также связанный с влагоресурсной характеристикой), определен на основе значений испаряемости фонового участка $E_{\it op.}$ по формулам:

 $E_{_{
m op.\,op.}}^{^{\prime}}/E_{_{
m op.}}=1+0,01\alpha$ – для южных, освещенных склонов;

 $E_{\rm oc.c.}/E_{\rm op.} = 1 + 0,0014\alpha -$ для северных, затененных склонов;

 $E_{_{\mathrm{OB.C.}}}/E_{_{\mathrm{Op.}}} = 1 + 0.001\alpha$ — для восточных склонов:

 $E_{_{
m os.c.}}/E_{_{
m op.}}=1+0,002\alpha$ — для западных склонов.

На конечном этапе работы проводилась математическая обработка результатов замеров климатических показателей и графическая интерпретация полученных данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Поскольку для незначительных по площади территорий картографирование выступает достаточно эффективным методом описания ландшафтной структуры, то при изучении территории Тапхарской котловины и прилегающих хребтов оно оказалось весьма эффективным. При объединении однородных фаций получена картосхема ландшафтных урочищ (рис. 1). Отметим разнообразие урочищ, что в целом отражает реальную природную обстановку для территории с низкогорным и среднегорным, среднерасчлененным рельефом.

 Таблица 2

 Микроклиматическая характеристика Тапхарской депрессии (май-сентябрь)

Микроклиматические	ΔФАР×10 ⁵ ,	$\Delta t^{\rm B}_{\rm min}$	$\Delta t^{\rm B}_{\rm max}$	$\Delta t_{0,2}$	$\Delta W_{0-0.5}$,	ΔE_o	$\Delta \tau (t > 5 ^{\circ} \text{C}),$
участки	МДж/га	°C	°C	°Ĉ	MM	MM	дни
1. Самые теплые очень засушливые	70	-2	4,5	3,5	-40	200	30
2. Самые теплые сухие	40	-1	3	2,5	-30	100	20
3. Теплые засушливые*	140	5,6	21,2	14,7	60	620	148
4. Теплые умеренно засушливые	05	-1	0	-1,5	25	-50	-10
5. Умеренно теплые умеренно увлаж-	-25	2,5	-3	-2	25	-50	-5
ненные							
6. Прохладные умеренно увлажненные	-30	0	-5	-2	70	-100	-15
7. Прохладные влажные	-40	0,5	-10	-7	>100	-150	-15
8. Заморозкоопасные замкнутые	-50	-5	-20	-10	100	-250	-20
9. «Фитоклимат стволов»	< 8–15 pa3	-5	-10	-7	10	-100	-20

Примечание. *Фоновые участки, т.е. открытые выровненные места, параметры которых приняты за микроклиматическую норму; приведены абсолютные значения параметров.

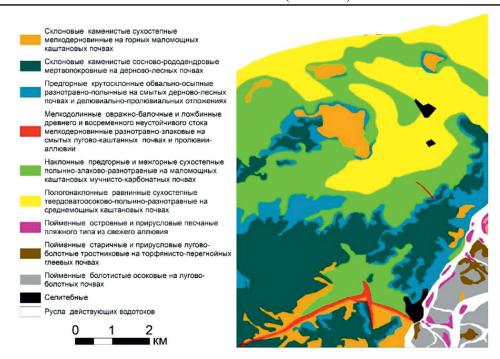


Рис. 1. Ландшафты Тапхарской котловины и прилегающих территорий

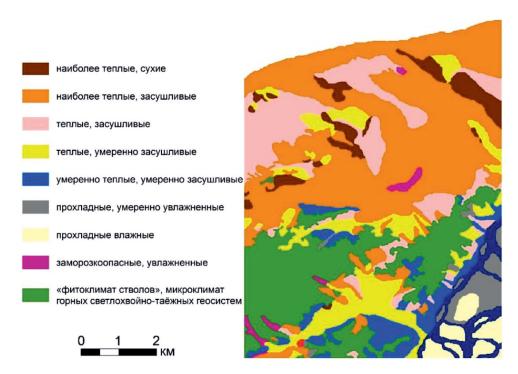


Рис. 2. Микроклиматические участки Тапхарской котловины

Методом комплексного ландшафтномикроклиматического картографирования определена пространственная организация территорий с разными микроклиматическими условиями. В ходе исследования установлена экологическая амплитуда функционирования местных агросистем, что особенно важно для развития сельского хозяйства.

Полученная картосхема (рис. 2) отражает результаты изучения микроклимата Тапхарской котловины и прилегающих

районов. Установлено, что в зависимости от рельефа и экспозиции склонов разные участки местности небольшой территории отличаются условиями инсоляции и увлажнения.

Данный факт необходимо принимать во внимание при ландшафтном планировании землепользования. Это особенно актуально в условиях развития крестьянско-фермерских хозяйств, преобладающих в современной Бурятии, когда при наличии ограниченных площадей необходимо получение максимальной прибыли от конечного продукта.

Кроме того, при проведении исследования получены массивы данных, позволяющие установить связь динамики микроклимата отдельных территорий с глобальными атмосферными процессами.

Выволы

На сегодняшний день в системе организации сельского хозяйства территорий, в том числе в Республике Бурятия, сделана ставка на развитие крестьянско-фермерских хозяйств, которые в подавляющем большинстве случаев не располагают большими площадями земельных угодий, а значит, их деятельность должна опираться на интенсификацию. Научно обоснованный подход к использованию земельных ресурсов предполагает не только внедрение современных способов хозяйствования, но и максимально эффективное использование всех имеющихся ресурсов, в том числе агроклиматических, которые в условиях горного рельефа, от места к месту, весьма различны. Поэтому учет микроклимата каждой отдельной территории является важным условием устойчивого развития землепользования. По результатам изучения микроклиматических особенностей Тапхарской котловины можно сделать следующие основные выводы.

- 1. Относительно изолированные межгорные котловины отличаются весьма разнообразными микроклиматическими условиями, что выражается, прежде всего, в разности инсоляции и увлажнения.
- 2. Котловины Селенгинского среднегорья отличаются разнообразием ландшафтных условий. Так, в пределах Тапхарской котловины выделены 11 урочищ и 9 микроклиматических участков. Натурными наблюдениями и измерениями доказано, что наибольшее влияние на микроклимат котловин оказывает рельеф. Мезо- и микроформы рельефа определяют перерас-

пределение солнечной радиации и увлажнения. Склоны южной экспозиции отличаются наибольшими отклонениями от нормы по условиям инсоляции и увлажнения. Солнечной радиации такие склоны получают в избытке, увлажнение при этом — недостаточное. В микроклиматическом отношении в противоположность им выступают склоны северной экспозиции и глубокие западины. Их взаимное сочетание определяет качество микроклимата территории.

3. Полученные при изучении Тапхарской котловины данные по особенностям микроклимата могут быть экстраполированы на похожие по условиям рельефа и ландшафтному разнообразию территории в центральной части Селенгинского среднегорья.

Ситуация, сложившаяся в сельском хозяйстве Республики Бурятия, при которой основным производителем продукции выступают не крупные агрохолдинги, а крестьянско-фермерские хозяйства, определяет потенциальную необходимость детального изучения ресурсов территорий, где не последнее место занимают микроклиматические исследования. При этом, разумеется, невозможно охватить натурными измерениями всю обширную территорию Селенгинского среднегорья, но установить общие закономерности для типичных участков вполне возможно.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН и при частичной поддержке гранта РФФИ № 19-55-53026.

Список литературы / References

1. Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 145 с

Ecological atlas of the lake Baikal. Irkutsk: izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015. 145 p. (in Russian).

2. Экологический атлас Байкальского региона. Иркутск: изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017.

Ecological atlas of the Baikal region. Irkutsk: izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2017 (in Russian).

3. Дамбиев Э.Ц., Валова Е.Э. Степные ландшафты Бурятии. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2015. 200 с.

Dambiev E.Ts., Valova E.E. Steppe landscapes of Buryatia. Ulan-Ude: BSU Publishing House, 2015.200 p. (in Russian).

4. Романова Е.Н., Мосолова Г.И., Береснева И.А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 244 с.

Romanova E.N., Mosolova G.I., Beresneva I.A. Microclimatology and its importance for agriculture. L.: Gidrometeoizdat, 1983. 244 p. (in Russian).

5. Garmaev E.Zh., Ayurzhanaev A.A., Tsydypov B.Z., Alymbaeva Zh.B., Sodnomov B.V., Andreev S.G., Zharnikova M.A., Batomunkuev V.S., Mandakh N., Salikhov T.K., Tulok-

honov A.K. Assessment of the Spatial and Temporal Variability of Arid Ecosystems in the Republic of Buryatia. Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10 (2). P. 114–122.

6. Гармаев Е.Ж., Цыдыпов Б.З., Дабаева Д.Б., Андреев С.Г., Аюржанаев А.А., Куликов А.И. Уровенный режим озера Байкал: ретроспектива и современное состояние // Водное хозяйство России. 2017. № 2. С. 4–18.

Garmaev E.Zh., Tsydypov B.Z., Dabaeva D.B., Andreev S.G., Ayurzhanaev A.A., Kulikov A.I. Level Regime of

Lake Baikal: Retrospective and Current State // Vodnoye khozyaystvo Rossii. 2017. No. 2. P. 4–18 (in Russian).

7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Выпуск 23. Бурятская АССР, Читинская область. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 549 с.

Scientific and applied reference book on the climate of the USSR. Series 3. Long-term data. Parts 1–6. Issue 23. Buryat ASSR, Chita region. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 549 p. (in Russian).

УДК 551.21:552.11

ПОЗДНЕТРИАСОВЫЕ ВУЛКАНИТЫ ТАЛЬМИНСКОГО КОМПЛЕКСА (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ПРИМОРЬЕ): МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ГЕНЕЗИС

Чащин А.А., Чащин С.А., Касаткин С.А., Голозубов В.В.

ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: achashchin@mail.ru

Впервые представлены детальные петрографические, минералогические, геохимические (петрогенные оксиды, редкие и редкоземельные элементы) данные, а также оценки Р-Т параметров кристаллизации вулканических пород позднетриасового тальминского комплекса северной части Лаоелин-Гродековского террейна (Юго-Западное Приморье) в бассейне реки Молоканка. Стратифицированные образования комплекса представлены здесь главным образом андезитами и дацитами, а также их кластолавами. Показано, что умеренно кислые вулканиты тальминского комплекса характеризуются повышенными концентрациями Sr, Rb, Ва и низкими – Nb, Та и Тi, что считается типоморфным признаком эффузивных пород надсубдукционного происхождения. Это подтверждается также расположением точек составов проанализированных образцов на ряде дискриминантных диаграмм, используемых для реконструкции геодинамических обстановок формирования базальтов и андезитов. Однако данному предположению противоречат геологические сведения по строению Лаоелин-Гродековского террейна - отсутствие фрагментов аккреционного клина и пород океанической коры триасового возраста. Предполагается, что источником первичных магм для позднетриасовых вулканитов тальминского комплекса являлось мантийное вещество, метасоматически переработанное в ходе предшествующей позднепермской субдукции. Основываясь на составах клино- и ортопироксенов, а также химизме валовых составов пород, определили РТ-условия формирования андезибазальтов, андезитов и дацитов тальминского комплекса. Показано, что кристаллизация высокоглиноземистых андезибазальтов и умеренномагнезиальных андезитов комплекса происходила в диапазоне температур 1076-1061°C и соответственно 1099-1076°С. Для низкомагнезиальных андезитов и дацитов присущи более низкие по сравнению с умеренномагнезиальными андезитами температуры кристаллизации расплава: 1014-996 °C и соответственно 993-983 °С.

Ключевые слова: Лаоелин-Гродековский террейн, триасовый вулканизм, Юго-Западное Приморье, геодинамические обстановки

LATE TRIASSIC VOLCANIC ROCKS OF TALMINSKY COMPLEX (SOUTHWESTERN PRIMORYE): MINERALOGY, GEOCHEMISTRY AND GENESIS

Chashchin A.A., Chashchin S.A., Kasatkin S.A., Golozubov V.V.

Far East Geological Institute of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: achashchin@mail.ru

The results of mineralogical, geochemical, petrographic and other petrologic studies as well as assessment of PT parameters of crystallization of volcanic rocks of Late Triassic Talminsky complex are presented for the first time. The complex is mapped in the northern part of the Laoelin-Grodekovo terrane, within the Molokanka River basin, in the southwestern Primorye. Bedded deposits of the complex mainly consists of andesitic and dacitic rocks and their clastic lavas. Geochemical analyses of the moderately silicic volcanic have shown high concentrations of Sr, Rb, and Ba and low concentrations of Nb, Ta, and Ti which are characteristic features of suprasubduction rocks. This is also indicated by compositions of these rocks plotted on discrimination diagrams used for reconstruction of geodynamic settings of formation of basalts and andesites. However, geologic data available on the Laoelin-Grodekovo terrane structure, namely the absence of fragments of accretionary wedge as well as rocks of the Triassic oceanic crust, contradict the above assumption. The source of primary magmas for the Late Triassic volcanics of the complex was probably mantle substance that underwent metasomatic alteration during the Late Permian subduction. The PT conditions of formation of the Talminsky complex andesibasalts, andesites and dacites were determined based on chemical compositions of bulk rock and their clino- and orthopyroxenes. The studied high-alumina andesibasalts and moderately magnesium andesites crystallized at temperature 1076-1061°C and 1099-1076°C, respectively, whereas low-magnesium andesites and dacites had relatively lower temperature of crystallization: 1014-996 °C and 993-983 °C.

 $Keywords: Laoelin-Grodekovo\ terrane,\ Triassic\ volcanism,\ southwestern\ Primorye,\ geodynamic\ setting$

Долгое время считалось, что триасовые отложения на юго-западе Приморья представлены исключительно терригенными прибрежно-морскими и континентальными угленосными фациями. В частности, в пределах Лаоелин-Гродековского террейна (фрагмента позднепалеозойской-раннемезозойской активной окраины [1], рис. 1, A) была выделена монгугай-

ская угленосная свита с остатками весьма специфичной позднетриасовой флоры [2]. Эта свита перекрывает с угловым несогласием сложнодислоцированные позднепермские терригенные отложения, вулканиты и граниты. Однако исследования последних десятилетий показали наличие в пределах рассматриваемого террейна вулканических образований триасового

возраста, которые были выделены здесь в тальминский базальт-риолитовый вулканический комплекс, объединяющий одноименную толщу и её субвулканические комагматы [3; 4].

Первоначально этот комплекс был выделен на крайнем юго-западе Приморья в составе Тальминской вулканоструктуры (район оз. Птичье) и в краевой части Тигровой вулканоструктуры (г. Бол. Тигровая), большая часть которой расположена в Китае. Вулканиты, слагающие данный комплекс, были отнесены здесь к позднему триасу на основании сопоставления с датированными флорой аналогичными по составу вулканогенными образованиями в прилегающей к Приморью провинции Цзилинь Китая [3; 4]. В дальнейшем позднетриасовый возраст вулканитов был обоснован данными радиоизотопного датирования (U-Pb метод) – 232.8–212.4 млн лет [5].

Последующие исследования показали, что наиболее масштабно триасовый вулканизм проявился в северной части Лаоелин-Гродековского террейна, где вулканиты комплекса прослеживаются на расстояние порядка 90 км в юго-западном направлении от горы Филюшин Север до границы с КНР. Следует отметить, что триасовые вулканиты описываемого комплекса имеют продолжение на сопредельной территории Китая в западном и юго-западном направлении, что подтверждается работами зарубежных исследователей [6].

В настоящее время сведения о тальминском комплексе ограничиваются, прежде всего, геологическими и петрохимическими данными, которые кратко изложены в геологических отчетах и объяснительных записках к геологическим картам масштаба 1:200 000 и 1:1 000 000 [3; 4]. Минералогическая и геохимическая информация о слагающих породах практически отсутствует. В этой связи многие вопросы петрогенезиса и эволюции магматитов, а также геодинамической обстановки их формирования до сих пор остаются нерешенными.

Цель исследования: установление термодинамических параметров кристаллизации вулканических пород позднетриасового тальминского комплекса, распространенного в северной части Лаоелин-Гродековского террейна, а также реконструкция геодинамических условий их формирования на основе детального минералогического и геохимического изучения преимущественно основных и средних по составу вулканитов данного комплекса.

Краткая геологическая характеристика района исследований

В северной части Лаоелин-Гродековского террейна тальминский комплекс впервые был выделен и описан при проведении геолого-съемочных работ (ГДП-200) в пределах листов L-52-XXX, XXXVI. Излившиеся покровы рассматриваемого комплекса с резким угловым несогласием залегают здесь на образованиях силурийско-пермского структурного этажа Лаоелин-Гродековского террейна и прорываются позднетриасовыми (каменушкинский комплекс) и раннеюрскими (гвоздевский комплекс) гранитоидами.

Согласно существующим представлениям в нижней части разреза тальминского комплекса преобладают покровы андезитов, дацитов и их кластолавы и лишь иногда отмечаются потоки андезибазальтов. В верхней части разреза, как правило, распространены риодациты, риолиты и их кластолавы. Помимо эффузивных образований, в основании разреза описываемого комплекса картируются пачки и линзы конгломератов, гравелитов, песчаников и алевролитов. Суммарная мощность свиты приближенно оценивается в 700 м. Позднетриасовый возраст пород тальминского комплекса здесь определяется на основании многочисленных находок ископаемой флоры в прослоях туфогравелитов, алевролито-песчаников из опорного разреза в окрестностях с. Рубиновка. Следует отметить, что ранее на ГК-200 первого поколения [7] описываемые вулканиты были отнесены к барабашской свите позднепермского возраста.

Нами исследовались выходы вулканогенных образований тальминского комплекса в бассейне р. Молоканка на двух участках: левобережье пади Сахалин около села Рубиновка и на правобережье среднего течения р. Молоканка между селами Жариково и Рубиновка (рис. 1, Б).

На первом участке в ходе геолого-съемочных работ был выделен и описан опорный разрез низов изучаемого комплекса. Основание разреза здесь сложено пачкой зелено-серых мелкозернистых туфопесчаников с линзами туфогравелитов и конгломератов. Мощность пачки составляет 235 м. Выше залегает горизонт конгломератов мощностью 45 м, сложенный хорошо окатанными обломками различной размерности песчаников, алевролитов, туфов среднего и кислого состава, дацитов и гранитов. Этот горизонт перекрыт лавовым потоком

массивных плагиоклазовых и амфибол-плагиоклазовых андезитов, мощность которого составляет 75 м. Выше по разрезу комплекс состоит из переслаивающихся туфопесчаников и алевролитов, содержащих линзы конгломератов. Завершают разрез плагиоклазовые андезиты, а также редкие маломощные потоки андезибазальтов. Общая мощность разреза составляет здесь 460 м. Породы тальминского комплекса прорваны штоками и дайками риолитового состава, являющимися субвулканическими комагматами описываемых вулканитов.

На этом участке основным предметом наших исследований были андезибазальты и андезиты, поскольку они являются наиболее информативными при решении вопросов, связанных с генезисом магматических расплавов и реконструкцией геодинамических условий их формирования.

На втором участке образцы отбирались из естественных изолированных коренных обнажений и искусственных выработок в правом борту долины р. Молоканка. Стратифицированные образования комплекса представлены здесь главным образом эффузивными разновидностями андезитов и дацитов.

Материалы и методы исследования

Минералого-геохимическое изучение вулканитов тальминского комплекса было выполнено на основе коллекции образцов и проб, собранных в 2019–2020 гг. на вышеперечисленных участках. Для аналитических исследований отбирались образцы с наименьшими признаками вторичных изменений.

Минеральный состав и структуры вулканических пород исследовались в шлифах с использованием современных поляризационных микроскопов «ЛОМО Полам Л-213М» (Россия), Carl Zeiss Axioplan 2 (Германия) (ДВГИ ДВО РАН). Составы породообразующих и акцессорных минералов определялись в лаборатории рентгеновских методов ДВГИ ДВО РАН на микроанализаторе ЈЕОL JXA-8100. Аналитики – Молчанова Г.Б., Екимова Н.И.

Содержание петрогенных оксидов в породах определяли в лаборатории аналитической химии аналитического центра Дальневосточного геологического института ДВО РАН методом атомно-эмиссионной спектрометрии на спектрометре iCAP 7600 Duo (Thermo Electron Corporation, США). Аналитики — Горбач Г.А., Ткалина Е.А., Хуркало Н.В. Определение содержаний редких

и редкоземельных элементов выполнено здесь же методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Agilent 7500 (Agilent Techn., США). Аналитики — Остапенко Д.С., Еловский Е.В., Зарубина Н.В.

Петрографо-минералогическая характеристика вулканитов

Андезибазальты — наименее распространенная группа пород тальминского комплекса. Макроскопически это темносерые, с зеленоватым оттенком породы с массивной текстурой и порфировой структурой. Характерной особенностью изученных андезибазальтов является присутствие в них значительного количества крупных вкрапленников плагиоклаза. По соотношению минералов-вкрапленников среди них выделяются плагиоклаз-двупироксеновая и плагиоклазовая разновидности.

Плагиоклаз во всех разновидностях андезибазальтов является доминирующим минералом-вкрапленником. Он представлен крупными (до 4 мм) и мелкими (до 0.5 мм) шестоватыми кристаллами, соответствующими по составу битовниту (72–86 мол. % An), реже лабрадору и андезину (67-47 мол. % Ап). Довольно часто крупные кристаллы минерала имеют прямую зональность, выраженную в падении анортитового минала от центра (87-73 мол. % An) к краю (71-51 мол. % Ап) зерна. Одновременно в краевых зонах кристалла увеличивается содержание ортоклазового минала (1.30–1.82 мол. % Or). Иногда в центральных частях крупных кристаллов плагиоклаза можно наблюдать следы коррозии, за счет чего он приобретает ситовидный облик. В пустотах проплавления кристаллизуются новообразованный кислый плагиоклаз (43–38 мол. % An) и реже рудный минерал.

Клинопироксен образует редкие мелкие кристаллы (до $1.5\,\mathrm{mm}$) удлиненно-таблитчатой формы, отвечающие по составу авгиту ($\mathrm{Wo}_{40.17\text{-}39.62}\,\mathrm{En}_{44.86\text{-}44.78}\,\mathrm{Fs}_{14.97\text{-}15.6}$), реже переходным разностям между авгитом и эндиопсидом ($\mathrm{Wo}_{42.93\text{-}43.38}\,\mathrm{En}_{47.17\text{-}47.55}\,\mathrm{Fs}_{9.85\text{-}9.07}$). Особенностью отдельных кристаллов минерала является наличие в них примеси $\mathrm{Cr}_2\mathrm{O}_3\,(0.24-0.84\,\mathrm{macc.\%})$. Кристаллы клинопироксена из основной массы имеют несколько иной состав, они более железистые и марганцовистые, но менее кальциевые и глиноземистые ($\mathrm{Wo}_{37.40\text{-}28.87}\,\mathrm{En}_{38.9\text{-}40.77}\,\mathrm{Fs}_{23.7\text{-}30.24}$).

Ортопироксен слагает мелкие (до 0.8 мм) удлиненно-призматические однородные

кристаллы, по составу отвечающие бронзиту ($Wo_{3.43-3.98} En_{72.22-71.62} Fs_{24.34-24.40}$).

В основной массе присутствуют лейсты лабрадора и андезина (57–43 мол. % An), мелкие кристаллы авгита, а также ксеноморфные зерна титаномагнетита и пижонита (Wo_{7.91-10.27} En_{57.81-52.70} Fs_{34.28-37.03}). Последний минерал встречается только в плагиоклаздвупироксеновых разностях. Структура пород интерсертальная.

Андезиты – более широко распространенная группа пород среди эффузивных субвулканических образований тальминского комплекса. Это темно-серые, зеленовато-серые, иногда с сургучным оттенком породы, обладающие порфировой или субафировой структурой и массивной текстурой. По соотношению минераловвкрапленников среди них выделяются три петрографические разности: плагиоклазовая, плагиоклаз-амфибол-клинопироксеновая и плагиоклаз-ортопироксен-клинопироксеновая. Две первые разновидности в большей мере характерны для лав, встречающихся в окрестностях с. Рубиновка.

Плагиоклаз является преобладающим минералом-вкрапленником. Он образует шестоватые, реже таблитчатые кристаллы, размеры которых варьируют от долей миллиметра до 4 мм. В плагиоклазовых и плагиоклаз-амфибол-клинопироксеновых андезитах наблюдается обилие крупных (до 3 мм) кристаллов плагиоклаза, иной раз составляющих до 25% от объема породы. По составу это лабрадоры (69-55 мол. % An) и андезины (43–42 мол. % An). Heредко кристаллы плагиоклаза частично пелитизированы. Отдельным зернам минерала присуща зональность нормального типа: центр - 69-57 мол. % An, край -52-42 мол. % Ап. Иногда вкрапленники плагиоклаза окружены каймой, сложенной олигоклазом (13-19 мол. % Ап). В отдельных образцах плагиоклаз-двупироксеновых андезитов встречаются зерна битовнита (An 84–74) с резко выраженной прямой зональностью (81-74 мол. % Ап в центральной и 61-60 мол. % Ап в краевой части).

Клинопироксен встречается преимущественно в плагиоклаз-двупироксеновых андезитах. Он образует единичные мелкие и крупные (до 1 мм) вкрапленники таблитчатой или шестоватой формы, которые по составу классифицируются как авгит (Wo 42.58-41.25 En 40.31-41.97 Fs 17.11-16.78). Отдельные зерна минерала окружены пижонитовой каймой. В плагиоклаз-амфибол-клинопироксеновых андезитах вкрапленники

моноклинного пироксена встречаются весьма редко, при этом они, как правило, полностью карбонатизированы. Тем не менее изредка среди них попадаются зерна, в которых обнаружены реликты авгита ($Wo_{44.96-42.98} En_{38.05-39.77} Fs_{16.9-17.25}$), незамещенные целиком вторичными минералами.

Ортопироксен установлен только в плагиоклаз-двупироксеновых андезитах. Количественно он занимает доминирующее положение относительно клинопироксена. Минерал чаще всего представлен мелкими зернами таблитчатой формы, и редко довольно крупными таблитчатыми или шестоватыми кристаллами размером до $0.2\,\mathrm{mm}$. По составу они относятся к бронзиту (Wo $_{2.80-3.16}$ En $_{68.06-66.24}$ Fs $_{28.78-27.36}$), реже гиперстену (Wo $_{3.00-2.71}$ En $_{65.66-66.88}$ Fs $_{31.31-30.44}$) либо переходным разностям между бронзитом и гиперстеном (Wo $_{3.01-2.80}$ En $_{67.43-68.06}$ Fs $_{29.55-29.14}$). Для отдельных зерен ортпироксена характерна зональность прямого типа (En $_{68.30-67.45}$ Fs $_{28.83-29.14}$ — в центральной части и En $_{62.79-64.98}$ Fs $_{34.34-32.36}$ — в краевой части кристалла).

Кристаллы орто- и клинопироксена, а также титаномагнетита иногда образуют небольшие гломеропорфировые скопления.

Амфибол присутствует в отдельных лавовых потоках андезитов в парагенезисе с авгитом. Он образует мелкие (до 0.8 мм) шестоватые кристаллы буро-зеленоватого цвета, которые в значительной степени замещены хлорит-эпидотовым агрегатом.

Основная масса сложена лейстами и микролитами плагиоклаза (58–43 мол. % An), мелкими зернами титаномагнетита, авгита ($Wo_{37.75,33.45}$ $En_{38.64-40.53}$ $Fs_{23.61-26.01}$), а также ксеноморфными кристаллами ортпироксена и пижонита. Последние два минерала встречаются только в плагиоклаз-двупироксеновых андезитах, тогда как кристаллы авгита присутствуют главным образом в плагиоклазовых разновидностях. Структура основной массы интерсертальная либо близкая к микролитовой.

Дациты тальминского комплекса характеризуются плагиоклаз-клинопироксеновым парагенезисом минералов-вкрапленников и представляют собой темно-серые, иногда с сургучным оттенком породы, с массивной текстурой и порфировой либо субафировой структурой.

Во вкрапленниках преобладает плагиоклаз, который по составу относится к ряду андезин-лабрадор (55–45 мол. % An). Довольно часто кристаллы минерала

обнаруживают зональность прямого типа (51–50 мол. % Ап в центральной части и 46–45 мол. % Ап в краевой части). Изредка встречаются зерна битовнита (81–75 мол. % Ап), внешние зоны которого сложены лабрадором (51–56 мол. % Ап).

Клинопироксен присутствует в породе в виде небольших (до 0.4 мм) таблитчатых, реже удлиненно призматических кристал-

лов, соответствующих по составу авгиту ($Wo_{43.94-40.53} En_{41.93-40.48} Fs_{14.13-18.99}$). Зональность проявлена слабо. Количество вкрапленников клинопироксена в дацитах обычно не превышает 3%.

Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза (47–28 мол. % An), а также ксеноморфных зерен титаномагнетита, ее структура гиалопилитовая, фельзитовая.

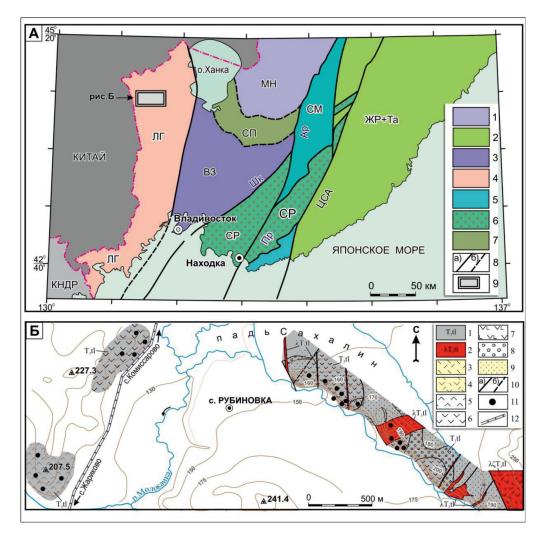


Рис. 1. Схема террейнов Юго-Западного Приморья по [1] (A) и схема опробования тальминской толщи в окрестностях с. Рубиновка (Б). Для рис. 1, A: 1–3-террейны раннепалеозойского Бурея-Цзямусы-Ханкайского орогенного пояса: 1 — Матвеевско-Нахимовский (МН), метаморфический, 2 — Спасский (СП), фрагмент раннекембрийской аккреционной призмы, 3 — Вознесенский (ВЗ), фрагмент раннекембрийской пассивной окраины; 4 — Лаоелин-Гродековский террейн (ЛГ) позднепалеозойского-раннемезозойского Солонкерского орогенного пояса — фрагмент активной окраины; 5—7-террейны мезозойского Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинского орогенного пояса: 5 — Самаркинский террейн (СМ), фрагмент юрской аккреционной призмы, 6 — Сергеевский террейн (СР), 7 — Журавлевский и Таухинский терейны — фрагменты раннемеловой окраины Азии; 8 — разломы: Пр — Партизанский, Шк — Шкотовский, Ар — Арсеньевский, ЦСА — Центральный Сихотэ-Алиньский; 9 — положение района исследований. Для рис. 1, Б: 1 — тальминская толща — туфопесчаники, конгломераты, лавы андезитов, туфоалевролиты; 2 — тальминский комплекс — субвулканические штоки риолитов, риодацитов (λζ); 3 — риолиты; 4 — риодациты; 5 — дациты; 6 — андезиты; 7 — андезибазальты; 8 — конгломераты; 9 — туфопесчаники; 10 — разломы установленные (а) и предполагаемые (б); 11 — точки отбора проб; 12 — грунтовая дорога

Геохимическая характеристика

Содержание кремнезема в проанализированных образцах тальминского комплекса изменяется в интервале от 52 до 63 масс. %, в соответствии с чем точки составов пород располагаются на диаграмме SiO, - $(Na_3O + K_3O)$ в полях андезибазальтов, андезитов и дацитов. Судя по содержанию суммы щелочей, весь ряд вулканических пород имеет нормальный тип щелочности (рис. 2, А). По соотношению кремнезема и К₂О (рис. 2, Б) все они соответствуют умереннокалиевым разностям известковощелочной серии, располагаясь на диаграмме AFM (диаграмма не приводится) в поле известково-щелочных магм. По другим петрохимическим параметрам андезибазальты комплекса обладают натриевой специализацией $(Na_{2}O/K_{2}O = 3.84-5.69),$ а по содержанию глинозема принадлежат к высокоглиноземистым разностям (al = 1.58-2.37). Из других особенностей андезибазальтов следует отметить низкую магнезиальность (Mg# = 0.26-0.29) и высокое содержание СаО. Средние и кислые породы комплекса - андезиты и дациты - относятся к высокоглиноземистым и весьма высокоглиноземистым разностям (al = 1.35-2.54) калиево-натриевого ряда $(Na_2O/K_2O = 2.70-3.25)$, их магнезиальность составляет от 0.17 до 0.35. Следует отметить, что для андезитов комплекса характерен относительно широкий диапазон значений магнезиальности – от 0.19 до 0.35. По этому параметру андезиты можно разделить на две группы: низкомагнезиальные (Mg#=0.19-0.30) и умеренномагнезиальные (Mg#=0.32-0.35).

В целом изученные вулканиты тальминского комплекса формируют единые тренды вариаций составов, демонстрирующие с ростом SiO₂ (от базальтов до дацитов) снижение содержаний MgO, TiO, СаО и увеличение – Р.О., К.О., Na.O. Концентрации FeO и Al₂O₂ отрицательно коррелируют с кремнекислотностью пород, хотя такая зависимость проявлена недостаточно отчетливо. Исключением среди пород комплекса являются умеренномагнезиальные (Mg# = 0.32-0.35) андезиты, выделяющиеся заметно более высокими содержаниями MgO по сравнению со всеми остальными вулканитами и, как следствие, не располагающиеся на общем тренде.

Геохимической особенностью изученных вулканитов тальминского комплекса являются высокие концентрации в них таких некогерентных элементов, как Rb, Ba, Sr, Zr, U, и низкие – Th, Nb, Ta (рис. 3, A). По мере возрастания кремнекислотности пород отмечается отчетливая тенденция к увеличению содержания большей части некогерентных элементов (Rb, Ba, U, Th, Nb, Hf), тогда как концентрации Sc заметно уменьшаются. В поведении Sr наблюдается несколько иной характер распределения, а именно: содержание этого элемента сначала возрастает от андезибазальтов к андезитам, а затем в дацитах вновь падает.

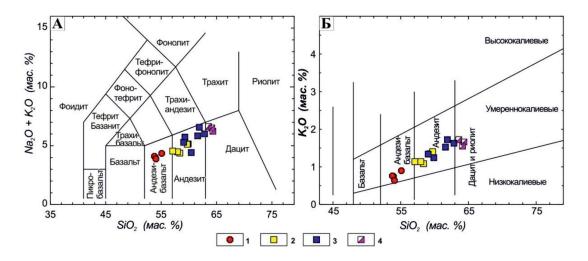


Рис. 2. Классификационные диаграммы $SiO_2 - Na_2O + K_2O$ (A) и $SiO_2 - K_2O$ (A) $SiO_2 - Na_2O + K_2O$ (B) для пород тальминского комплекса: 1- андезибазальт, 2- умеренномагнезиальный андезит, 3- низкомагнезиальный андезит, 4- дацит. Составы приведены к 100% с вычетом потерь при прокаливании

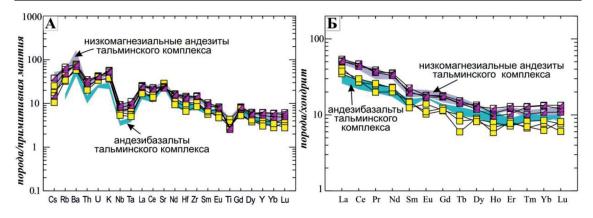


Рис. 3. Спектры распределения редкоземельных и редких элементов, нормализованных к примитивной мантии (A) и к хондриту (Б) в породах тальминского комплекса. Условные обозначения смотри на рис. 2

Анализ распределения редкоземельных элементов (REE) в изученных вулканитах показал, что для андезибазальтов свойственны умеренные содержания REE (Σ REE + Y = 69.72–95.63 г/т) с преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми ((La/Yb)_n = 3.23–4.85), а также наличие положительной Еи-аномалии (Eu/Eu* = 1.18–1.30). Отметим, что для андезибазальтов свойственны также повышенные концентрации CaO и Al₂O₃. Возможно, данные характеристики вулканитов связаны с присутствием в них высококальциевого кумулятивного плагиоклаза.

В более кислых разностях комплекса—андезитах и дацитах, отмечено увеличение содержания практически всех редкоземельных элементов (Σ REE + Y = 105.60–126.72 г/т и 128.6–134.1 г/т соответственно). Отношение (Σ La/Yb)_п изменяется в узком интервале значений (3.92–5.37 и 3.97–4.81 соответственно) и сопоставимо с таковым в андезибазальтах. Типичным для данных пород является отсутствие Eu-аномалии (Eu/Eu* = 0.82–1.06) в спектрах распределения REE (рис. 4, Б).

Между тем наиболее магнезиальные разности андезитов по сравнению с остальными умеренно кислыми лавами комплекса обладают более низкими суммарными концентрациями REE (Σ REE + Y = 77.76—84.61 г/т), сопоставимыми с таковыми в андезибазальтах. Им также присуща более высокая степень фракционирования REE ((La/Yb)n = 4.66—6.25). В отдельных образцах данных андезитов отмечено наличие слабой отрицательной Eu-аномалии (Eu/Eu*=0.7-0.82), что свидетельствует

об ограниченной роли плагиоклаза в процессах фракционирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Условия кристаллизации вулканитов тальминского комплекса

Для реконструкции физико-химических условий кристаллизации умеренно кислых и кислых магматических пород тальминского комплекса были использованы современные геотермобарометры [8; 9], основанные на экспериментальных данных равновесия «минерал – расплав». Помимо этого, расчет условий формирования пород проводился с использованием компьютерной программы QUILF [10].

Основой для оценки Р-Т условий критемноцветных сталлизации минералов из вулканических пород комплекса с применением минеральных геотермобарометров [8; 9], послужили валовые составы пород и микрозондовые анализы Срх или Орх, в зависимости от типа термобарометра. Граничными условиями расчетов параметров кристаллизации в системе «минерал – расплав» были для клинопироксенов K_D Fe/Mg = 0.27 ± 0.03 , а для ортопироксенов $K_{\rm D} {\rm Fe/Mg} = 0.29 \pm 0.06$ при принятых для расплавов следующих параметрах $FeO/FeO_{oom} = 1$, $H_2O = \Pi.\Pi.\Pi.$ (macc. %). Величины ошибок используемых геобарометров и геотермометров составляют $T \pm 30$ °C и $P \pm 1.5$ кбар [8; 9]. Следует отметить, что при расчетах использовались составы только центральных частей вкрапленников и субфенокристаллов минералов, краевые части не рассчитывались ввиду сложности, а иногда невозможности достижения должного равновесного отношения $K_{\rm p}$.

Результаты расчетов РТ-условий кристаллизации Срх и Орх из андезибазальтов в системе «пироксен — расплав» показали, что формирование вкрапленников клинопироксена происходило в интервале $T=1076-1061\,^{\circ}\text{C}$, P=4.99-4.76 кбар, ортопироксена — $T=1077-1072\,^{\circ}\text{C}$, P=2.57-2.0 кбар. Близкий интервал значений температур кристаллизации ($T=1073-1040\,^{\circ}\text{C}$) был получен для этих же образцов при оценке двупироксенового равновесия с применением программы QUILF [10].

В соответствии с полученными по минеральным геотермобарометрам [8; 9] данными, кристаллизация клино- и ортопироксенов из умеренномагнезиальных андезитов комплекса происходила в близких диапазонах температур и давлений: клинопироксен – T = 1099-1088 °C, P = 3.78-2.87 кбар; ортопироксен – T = 1095-1076 °C, P = 3.83-2.45 кбар. Температура двупироксенового равновесия, рассчитанная с помощью программы QUILF по этим же кристаллам клино- и ортопироксенов, составляет 1041— 1017°C. Кристаллизация клинопироксенов из низкомагнезиальных андезитов согласно геотермобарометру [9] происходила при более низких температурах – 1014–996°C, в условиях давлений равновесия «клинопироксен – расплав» P = 3.71-3.04 кбар. Наиболее низкие значения давления и температуры кристаллизации установлены для вкрапленников клинопироксена из дацитов – T = 993-983 °C, P = 2.43-2.31 кбар.

Геодинамическая типизация умеренно кислых вулканитов комплекса

Как отмечалось выше, для изученных вулканитов комплекса свойственны высокие содержания крупноионных литофильных элементов (Sr, Rb, Ba) при устойчивом дефиците в отношении некоторых высокозарядных элементов (Nb, Ta, Ti). В этой связи на многокомпонентных диаграммах. нормализованных к примитивной мантии, в спектрах всех вулканитов комплекса вне зависимости от их состава присутствуют хорошо выраженные положительные аномалии для Ba, K, Sr, а также отрицательные для Nb, Та и Ті (рис. 3, A). Подобные геохимические особенности считаются типичными для вулканических пород зон субдукции. На это же также указывает расположение точек их составов на дискриминантных диаграммах Th-Hf/3-Ta и Th-Hf/3-Nb/16 в полях вулканитов островных дуг и активных континентальных окраин (рис. 4, А, Б).

На диаграмме Nb/La — Ba/La все проанализированные вулканиты тальминского комплекса также попадают в поле надсубдукционных пород (орогенные андезиты), обладающих низкими Nb/La и повышенными Ba/La отношениями (рис. 5, A). Это же демонстрирует диаграмма Th/Yb—Ta/Yb, на которой изученные андезибазальты, имея умеренные величины Th/Yb (0.50–0.81) и Ta/Yb (0.07–0.12) отношений, располагаются в поле вулканитов островных дуг (рис. 5, Б).

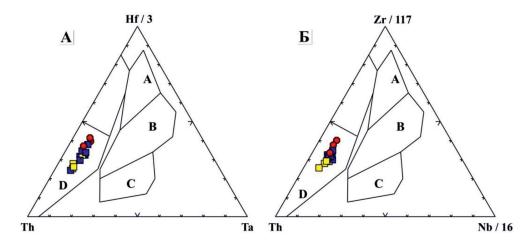


Рис. 4. Составы андезибазальтов и андезитов тальминского комплекса на дискриминантных диаграммах Th-Hf/3-Ta (A) и Th-Hf/3-Nb/16 (Б). Полями на диаграмме обозначены: А – геодинамические обстановки срединно-океанических хребтов, В – срединно-океанических хребтов и внутриплитные обстановки, С – внутриплитные обстановки, D – островных дуг и активных континентальных окраин. Условные обозначения смотри на рис. 2

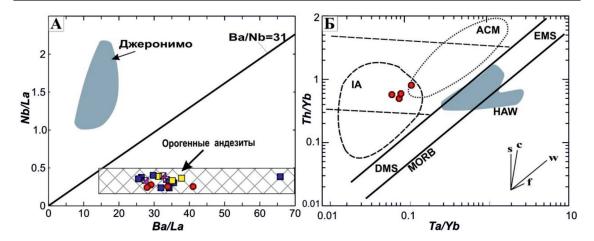


Рис. 5. Положение составов вулканитов тальминского комплекса на дискриминантных диаграммах Ва/La-Nb/La (A) и Та/Yb-ThYb (Б). На диаграмме Ва/La-Nb/La показаны поля: базальтов Джеронимо, имеющих типичные характеристики астеносферного материала активной континентальной окраины Запада США и орогенных андезитов. Полями на диаграмме Та/Yb-ThYb показаны составы базальтов: островных дуг (IA), активных континентальных окраин (ACM) и гавайских островов (HAW); DMS — деплетированная мантия; EMS — обогащенная мантия. Векторы изменения состава пород за счет: S — субдукционных компонентов, С — контаминации континентальной коры, W — внутриплитного (мантийного) обогащения литофильными элементами, F — фракционной кристаллизации. Условные обозначения смотри на рис. 2

Однако имеющиеся на сегодняшний день геологические данные о строении Лаоелин-Гродековского террейна свидетельствуют о том, что формирование вулканитов тальминского комплекса едва ли осуществлялось непосредственно в надсубдукционной обстановке. На это, прежде всего, указывает отсутствие в составе террейна фрагментов аккреционного клина, а также базальтов океанической коры триасового возраста. Обращает на себя внимания и то, что триасовые вулканиты не формируют в пределах Лаоелин-Гродековского террейна единый протяженный линейный вулканический пояс, являющийся одним из структурных элементов, присущий островным дугам.

На основании вышеизложенного можно предположить, что надсубдукционные геохимические признаки пород комплекса связаны с участием в петрогенезисе блоков континентальной литосферы, метасоматически переработанных предшествующими тектономагматическими процессами, в результате которых она приобрела надсубдукционные микроэлементные характеристики. Аналогичная точка зрения ранее была высказана в работах, посвященных изучению позднекайнозойских базальтов юга Дальнего Востока России [11; 12] и се-

веро-востока Китая [13]. Таким событием в рассматриваемом регионе, по-видимому, следует считать позднепермскую субдукцию. Об этом может свидетельствовать то, что для пермских базальтов, расположенных на юге Лаоелин-Гродековского террейна в районе мыса Мраморный, установлены ярко выраженные «надсубдукционные» геохимические характеристики [14]. Следует отметить, что следы пермской субдукции отмечаются также на сопредельных территориях Кореи и Китая в виде комплексов аккреционных призм, содержащих фрагменты позднепалеозойских офиолитовых разрезов [15].

Таким образом, полученные данные позволяют предполагать участие в магмогенезисе изученных пород тальминского комплекса континентальной литосферной мантии, метасоматически преобразованной в ходе предшествующей позднепермской субдукции.

Выводы

Принимая во внимание несоответствие геологических данных о строении Лаоелин-Гродековского террейна (а именно отсутствие фрагментов аккреционного клина, а также пород океанической коры триасового возраста) и наличии у вулканитов позд-

нетриасового возраста надсубдукционных геохимических характеристик (повышенные содержания Sr, Rb, Ba и низкие – Nb, Ti и Та), можно сделать заключение об участии в происхождении этих пород мантийного вещества, метасоматически переработанного в ходе предшествующей позднепермской субдукции.

Полученные результаты оценки РТ-параметров кристаллизации изученных пород тальминского комплекса свидетельствуют об относительно высокотемпературной природе как андезибазальтов, так и умеренномагнезиальных андезитов комплекса. При этом кристаллизация андезибазальтов происходила в интервале давлений 2—5 кбар, что отвечает глубине ~ 6—15 км, тогда как формирование умеренномагнезиальных андезитов протекало при несколько более низких значениях давлений 2—4 кбар на глубине не более 12 км.

Кристаллизация же низкомагнезиальных андезитов и дацитов, как и следовало ожидать, проходила при более низких температурах, при этом давление в расплаве не превышало 2—4 кбар, что отвечает глубине ~ 6 —12 км.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, гранта № 19-05-00229A.

Список литературы / References

1. Голозубов В.В. Террейны Северо-Восточного Китая и прилегающих районов Российского Дальнего Востока // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики: материалы LII Тектонического совещания (г. Москва, 28 января — 1 февраля 2020 г.). М.: ГЕОС, 2020. Т. 1. С. 182—185.

Golozubov V.V. Terranes of Northeastern China and adjacent territories of Russian Far East // Fundamental'nyye problemy tektoniki i geodinamiki: materialy LII Tektonicheskogo soveshchaniya (g. Moskva, 28 yanvarya – 1 fevralya 2020 g.). M.: GEOS, 2020. Vol. 1. P. 182–185 (in Russian).

2. Триас и юра Сихотэ-Алиня / Под ред. П.В. Маркевича, Ю.Д. Захарова. Владивосток: Дальнаука, 2004. Кн. 1. 417 с.

Triassic and Jurassic of the Sikhote-Alin / Edited by P.V. Markevicha, Yu.D. Zakharova Vladivostok: Dal'nauka, 2004. Vol. 1. 417 p. (in Russian).

3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Ханкайская. Листы K-52-XI, XVII. Объяснительная записка / Под ред. Н.К. Цесарский. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. 144 с.

State geologic map of Russian Federation. Scale 1:200 000. Seriya Khankaiskaya. Listy K-52-XI, XVII. Ob'yasnitelnaya zapiska / Pod red. N.K. Caesarsky M.: MF VSEGEI, 2013. 144 p. (in Russian).

4. Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:1 000 000 (третье поколение). Дальневосточная серия. Лист L-52 (Пограничный), L-53 (Ханка), К-52 (Владивосток) К-53 (Находка). Объяснительная записка / Под ред. С.В. Коваленко. СПб.: Картограф. фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 684 с.

State Geologic Map of the Russian Federation 1:1 000 000 (Third Edition). Far East Series. Sheets L-52 (Pogranichniy), L-53 (Khanka), K-52 (Vladivostok), K-53 (Nakhodka). Ob'yasnitelnaya zapiska / Pod redaktsiey S.V. Kovalenko. Spb: Kartograf. Fabrika VSEGEI, 2011. 684 p. (in Russian).

5. Чащин С.А., Попов В.К., Чащин А.А., Будницкий С.Ю. Новые результаты минералого-геохимических и изотопно-геохронологических исследований триасового вулканизма южного Приморья (на примере изучения Тальминской вулканоструктуры) // IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: материалы конференции (Новосибирск, 19–23 ноября 2018 г.). Новосибирск, 2018. С. 673–676.

Chashchin S.A., Popov V.K., Chashchin A.A., Budnitskiy S.Yu. New data on mineralogical and geochemical, isotopic and geochronological research of Triassic volcanism in the southern Primorye (on the example of Talminskaya volcanic edifice) // IX Sibirskaya konferentsiya molodykh uchenykh po naukam o Zemle: materialy konferentsii (Novosibirsk, 19–23 noyabrya 2018 g.). Novosibirsk, 2018. P. 673–676 (in Russian).

- 6. Xu W.L., Pei F.P., Wang F., Meng E., Ji W.Q., Yang D.B., Wang W. Spatial-temporal relationships of Mesozoic volcanic rocks in NE China: Constraints on tectonic overprinting and transformations between multiple tectonic regimes. Journal of Asian Earth Sciences. 2013. V. 74. P. 167–193. DOI: 10.1016/j. iseaes.2013.04.003.
- 7. Маркевич П.В., Шорохов В.И. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000 (серия Сихотэ-Алинская). Лист L-52-XXX. Объяснительная записка. Л.: Б.и., 1974. 48 с.

Markevich P.V., Shorokhov V.I. Geologic map of the USSR. Scale 1:200 000 (Sikhote-Alin series). Sheet L-52-XXX. Obyasnitelnaya zapiska. L.: B.i., 1974. 48 p. (in Russian).

- 8. Neave D.A., Putirka K.D. A new clinopyroxene-liquid barometer, and implications for magma storage pressures under Icelandic rift zones. American Mineralogist. 2017. V. 102. P. 777–794. DOI: 10.2138/am-2017-5968.
- 9. Yavuz F., Yildirim D. A Windows program for pyroxeneliquid thermobarometry. Periodico di Mineralogia. 2018. V. 87. No. 2. P. 149–172. DOI: 10.2451/2018PM787.
- 10. Frost B.R., Lindsley D.H. Equilibria among Fe-Ti oxides, pyroxenes, olivine and quartz: Part 2: Application. Amer. Mineral. 1992. Vol. 77. P. 1004–1020.
- 11. Чащин А.А., Мартынов Ю.А., Рассказов С.В., Максимов С.О., Брандт И.С., Саранина Е.В. Изотопно-геохимическая характеристика позднемиоценовых субщелочных и щелочных базальтов юга Дальнего Востока России как показатель роли континентальной литосферы в их происхождении // Петрология. 2007. Т. 15. № 6. С. 656–681.

Chashchin A.A., Martynov Yu.A., Rasskazov S.V., Maksimov S.O., Brandt I.S., Saranina E.V. The isotopic geochemistry of late Miocene subalkaline and alkaline basalts in the south of Russian Far East as an indicator for the role of continental lithosphere in their origin // Petrology. 2007. V. 15. P. 575–598. DOI: 10.1134/S0869591107060045.

12. Мартынов Ю.А., Ханчук А.И. Кайнозойский вулканизм Восточного Сихотэ-Алиня: результаты и перспективы петрологических исследований // Петрология. 2013. Т. 21. № 1. С. 94–108. DOI: 10.7868/S0869590313010068.

Martynov Y.A., Khanchuk A.I. Cenozoic volcanism of the eastern Sikhote Alin: petrological studies and outlooks // Petrology. 2013. V. 21. No. 1. P. 85–99. DOI: 10.1134/S0869591113010049.

- 13. Kuritani T., Ohtani E., Kimura J.-I. Intensive hydration of the mantle transition zone beneath China caused by ancient slab stagnation. Nature Geoscience. 2011. V. 4. P. 713–716. DOI: 10.1038/ngeo1250.
- 14. Голозубов В.В., Крук Н.Н., Киселев В.И., Руднев С.Н., Касаткин С.А., Крук Е.А. Первые свидетельства среднетриасового вулканизма в южном Приморье // Тихоокеанская геология 2017. Т. 11. № 2. С. 110–122. DOI: 10.1134/S1819714017020038.

Golozubov V.V., Kruk N.N., Kiselyov V.I., Kasatkin S.A., Rudnev S.N., Kruk E.A. Firtst evidence for the Middle Triassic volcanism in South Primorye // Tikhookeanskaya geologiya. 2017. V. 11. No. 2. P. 110–122 (in Russian).

15. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртогоо О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 1–41.

Parfenov L.M., Berzin N.A., Khanchuk A.I., Badarch G., Belichenko V.G., Bulgatov A.N., Dril S.I., Kirillova G.L., Kuzmin M.I., Nokleberg W.J., Prokopyev A.V., Timofeev V.F., Tomurtogoo O., Yang H. A model for the formation of orogenic belts in central and Northeast Asia // Tikhookeanskaya geologiya. 2003. V. 22. No. 6. P. 1–41 (in Russian).