

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

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823.

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 ВИНТИ.

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

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

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

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

Подписано в печать – 28.09.2020

Дата выхода номера – 29.10.2020

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

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

Техническая редакция и верстка

Байгузова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 16,5

Тираж – 1000 экз.

Заказ. УСЕ/9-2020

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА АГРОЛАНДШАФТОВ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ <i>Комарова И.А., Иванцова Е.А.</i>	7
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАЧАЛО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТНИХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ <i>Мохирев А.П., Зырянов М.А., Медведев С.О., Брагина Н.А.</i>	13
ОЦЕНКА РОСТА И РАЗВИТИЯ ВИДОВ РОДА <i>JUNIPERUS</i> L. В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Цой М.В., Семенютина А.В.</i>	20

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГОРОДА КУРГАНА <i>Абросимова И.В.</i>	28
ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ НАЗАРОВСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ <i>Воробьева И.Б.</i>	34
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ОЖИДАНИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ <i>Гордеева И.В.</i>	40
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ РАСШИРЕНИЯ КУОРТОВ В СОЧИНСКОМ РЕГИОНЕ <i>Гудкова Н.К.</i>	46
ПРОДУКТИВНОСТЬ НАДЗЕМНОЙ МАССЫ ГЕОСИСТЕМ НАЗАРОВСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗА ГОДЫ НАСТОЯЩЕГО СТОЛЕТИЯ (2000–2018 ГГ.) <i>Дубынина С.С.</i>	52
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И БАСЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ <i>Ипполитова Н.А.</i>	60
УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ ¹³⁷ CS И ⁹⁰ SR В ПОЧВАХ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Кайгородов Р.В.</i>	66
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОРОДНЫХ ГРУНТОВ С НИЗКОЙ СТРУКТУРНОЙ ПРОЧНОСТЬЮ <i>Кузьмин Г.П., Вахрин И.С., Лобанов А.Л.</i>	71
ФОРМАЦИЯ <i>GLUCYRRHIZA GLABRA</i> L. В ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЕ. СОСТОЯНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИМИТЫ ДОБЫЧИ ЛАКРИЧНОГО КОРНЯ <i>Мамин В.Ф., Зинченко Е.В., Кошкарлова Т.С., Вронская Л.В., Круглякова Н.Г.</i>	76
ДИНАМИКА ЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕГИОНАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ <i>Падалко Ю.А.</i>	82

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЦИОДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УФИМСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ	
<i>Сафиуллин М.Р.</i>	88
ЭВОЛЮЦИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ РОССИИ: ТЕРРИТОРИАЛЬНО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ	
<i>Сафиуллин Р.Г.</i>	94
РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ С УЧЕТОМ ПРИРОДНЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ ГИДРО- И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ	
<i>Соколова Н.В.</i>	100
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ МОНГОЛИИ	
<i>Сурмаажав Д.</i>	106
АНАЛИЗ ИК-СПЕКТРОВ КРИСТАЛЛОВ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕТРАКООРДИНИРОВАННОГО БОРА	
<i>Тютрина С.В., Мясникова Н.В., Григорьева О.Ю.</i>	113
ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ ГОРОДА ДЗЕРЖИНСКА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Шевченко И.А., Соткина С.А., Замашкина О.В., Зарубина Н.В., Бикмаева А.В.</i>	120
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ОСТРОВА КУНАШИР С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ LANDSAT 8 И МЕТОДА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ	
<i>Шевырев С.Л.</i>	126

CONTENTS
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)
ARTICLES

 FOREST-MELIORATIVE EVALUATION OF AGROLANDSCAPES OF THE SARPA LOWLAND
 BASED ON REMOTE SENSING DATA

Komarova I.A., Ivantsova E.A. 7

 ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CLIMATE CONDITIONS ON THE START
 OF OPERATION OF SUMMER LOGGING ROADS

Mokhirev A.P., Zyryanov M.A., Medvedev S.O., Bragina N.A. 13

 EVALUATION OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPECIES OF THE GENUS
JUNIPERUS L. IN THE CONDITIONS OF INTRODUCTION OF THE VOLGOGRAD REGION

Tsoi M.V., Semenyutina A.V. 20

Earth sciences (25.00.00)
ARTICLES

DEMOGRAPHIC POTENTIAL OF KURGAN

Abrosimova I.V. 28

 HYDROTHERMAL CONDITIONS OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC
 CHANGED SOILS OF THE NAZAROV FOREST-STEPPE

Vorobeva I.B. 34

 GEOLOGICAL TOURISM IN SVERDLOVSK REGION:
 EXPECTATIONS, REALITY AND PROBLEMS

Gordeeva I.V. 40

 IDENTIFICATION OF FACTORS OF NEGATIVE IMPACT ON WATER ECOSYSTEMS
 IN THE CONDITIONS OF EXPANSION OF RESORTS IN THE SOCHI REGION

Gudkova N.K. 46

 PRODUCTIVITY OF ABOVEGROUND MASS OF GEOSYSTEMS
 OF THE NAZAROVSKY FOREST-STEPPE OF THE YEARS
 OF THE PRESENT CENTURY (2000–2018)

Dubynina S.S. 52

 ASSESSMENT OF THE IMPACT OF INDUSTRY ON THE ENVIRONMENT
 OF THE BAIKAL REGION AND THE BASIN OF LAKE BAIKAL

Ippolitova N.A. 60

 THE SPECIFIC ACTIVITY OF RADIONUCLIDES ¹³⁷CS AND ⁹⁰SR IN THE SOILS
 OF THE COASTAL ZONES OF WATER OBJECTS OF THE TYUMEN REGION

Kaygorodov R.V. 66

 DETERMINING THE PHYSICAL PARAMETERS OF HOMOGENEOUS
 NON-COHESIVE SOILS

Kuzmin G.P., Vakhrin I.S., Lobanov A.L. 71

 FORMATION OF *GLYCYRRHIZA GLABRA* L. IN THE VOLGO-ACHTUBA FLOODPLAIN.
 CONDITION AND ECOLOGICAL LIMITS OF LICORICE ROOT EXTRACTION

Mamin V.F., Zinchenko E.V., Koshkarova T.S., Vronskaya L.V., Kruglyakova N.G. 76

 DYNAMICS OF TARGETED USE OF WATER RESOURCES IN THE REGIONS
 OF THE STEPPE ZONE OF RUSSIA

Padalko Yu.A. 82

TERRITORIAL FEATURES OF SOCIO-DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT OF THE UFA AGGLOMERATION	
<i>Safiullin M.R.</i>	88
EVOLUTION OF THE SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL SPHERE IN RUSSIA: TERRITORIAL AND STRUCTURAL FEATURES AND TRENDS	
<i>Safiullin R.G.</i>	94
ZONING OF TERRITORIES TAKING INTO ACCOUNT OF HYDRO AND LITHODYNAMIC FLOWS MANAGEMENT NATURAL STRUCTURES	
<i>Sokolova N.V.</i>	100
THERMAL ENERGY RESOURCES OF THERMAL WATERS OF CENTRAL MONGOLIA	
<i>Surmaazhav D.</i>	106
ANALYSIS OF IR SPECTRUM OF CRYSTALS OF COMPLEX COMPOUNDS BASED ON TETRACOORDINATED BORON	
<i>Tyutrina S.V., Myasnikova N.V., Grigoreva O.Yu.</i>	113
ASSESSMENT OF THE NATURAL-ECOLOGICAL AND SOCIAL COMFORT OF LIVING IN THE CITY DISTRICT OF DZERZHINSK, NIZHNY NOVGOROD REGION	
<i>Shevchenko I.A., Sotkina S.A., Zamashkina O.V., Zarubina N.V., Bikmaeva A.V.</i>	120
MODELING OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE EPITHERMAL MINERALIZATION OF KUNASHIR ISLAND WITH THE LANDSAT 8 DATA AND LOGISTIC REGRESSION METHOD	
<i>Shevyrev S.L.</i>	126

УДК 630.181

ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА АГРОЛАНДШАФТОВ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Комарова И.А., Иванцова Е.А.

Волгоградский государственный университет, Волгоград, e-mail: komarova@volsu.ru

Сарпинская низменность расположена в северо-западной части Прикаспийской низменности. Территория представляет собой слабоволнистую равнину, сформированную под влиянием периодических наступлений и отступлений Каспия. Из-за этого почвенный покров территории в условиях недостаточного увлажнения слабо сформирован, что ведет к деградации ландшафтов при нерациональном хозяйственном использовании. Целью работы является определение лесомелиоративных и лесорастительных условий Сарпинской низменности на основе геоинформационной обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Работа основана на геоинформационной обработке цифровой модели местности SRTM, дешифрировании спутниковых снимков Sentinel 2 на весенний период 2018 г. для определения закономерностей рельефа, почвенного и растительного покрова территории. Установлено, что максимальная высота составила 26 м абс., минимальная – -30 м. По средним значениям преобладают поверхности с крутизной склона менее 1 градуса, восточной экспозиции. Для уточнения почвенных условий на основе региональных почвенных карт была разработана векторная почвенная карта Сарпинской низменности. На основе почвенной карты были уточнены пространственные характеристики почвенных контуров, их площади и положение в ландшафте. В ландшафтном плане территория Сарпинской низменности расположена в двух природно-климатических зонах полупустынной и пустынной, представленных соответственно Сарпинской и Черноземельской провинциями. Анализ результатов геоинформационного картографирования деградации территории показал, что к уровню экологического состояния «норма» можно отнести только 14,2% территории, к уровню «риск» – 37,3%, на уровне «кризис» – 25%, на уровне «бедствие» – 24% региона исследований. В результате уточнена лесомелиоративная карта, на основании которой возможно планирование фитомелиоративных мероприятий, а также создание защитных лесных насаждений в агроландшафтах Сарпинской низменности.

Ключевые слова: Сарпинская низменность, лесная мелиорация, геоинформационный анализ, ландшафт, деградация, опустынивание

FOREST-MELIORATIVE EVALUATION OF AGROLANDSCAPES OF THE SARPA LOWLAND BASED ON REMOTE SENSING DATA

Komarova I.A., Ivantsova E.A.

Volgograd State University, Volgograd, e-mail: komarova@volsu.ru

Sarpa lowland is located in the northwestern part of the Caspian lowland. The territory is a weakly wavy plain, formed under the influence of periodic offensives and retreats of the Caspian. Because of this, the soil cover of the territory under conditions of insufficient moisture is poorly formed, which leads to degradation of landscapes with irrational economic use. The aim of the work is to determine the forest reclamation and forest growing conditions of the Sarpa lowland based on geoinformation processing and analysis of Earth remote sensing data from space. The work is based on the geo-information processing of the digital terrain model SRTM, decryption of satellite images of Sentinel 2 for the spring of 2018 to determine the patterns of relief, soil and vegetation of the territory. It was established that the maximum height was 26 m abs., The minimum – -30 m. According to average values, surfaces with a slope of less than 1 degree and eastern exposure prevail. To clarify the soil conditions on the basis of regional soil maps, a vector soil map of the Sarpinsky lowland was developed. Based on the soil map, the spatial characteristics of the soil contours, their area and position in the landscape were clarified. In the landscape plan, the territory of the Sarpa lowland is located in two climatic zones of semi-desert and desert, represented respectively by the Sarpinsky and Chernozemly provinces. An analysis of the results of geographic information mapping of the degradation of the territory showed that only 14.2% of the territory can be attributed to the level of ecological status, 37.3% to the risk level, 25% to the crisis level, and disaster to the level – 24% of the research region. As a result, a forest reclamation map was clarified, on the basis of which it is possible to plan phyto-reclamation measures, as well as the creation of protective forest stands in the agrolandscapes of the Sarpa lowland.

Keywords: Sarpa lowland, forest reclamation, geoinformation analysis, landscape, degradation, desertification

В современных условиях на территории Сарпинской низменности явно выражены процессы деградации растительного покрова, засоления и истощения почв, а также опустынивания. Основными причинами деградации агроландшафтов на этой территории являются климатическая напряженность, связанная с недостаточным количеством осадков, высокие летние температуры

и антропогенная напряженность, связанная с неконтролируемым выпасом скота, нерациональным использованием орошения и отсутствием нормативной лесомелиоративной защиты полей от дефляции [1–3]. Несмотря на то, что в первом десятилетии XXI в. доля опустыненных земель (открытых песков) была минимальной за последние 40–50 лет, в регионе начались процессы

деградации. Например, на Черных землях площадь разбитых песков в 2018 г. после 10–12 лет устойчивого функционирования пастбищных ландшафтов достигла значений начала 1990-х гг., что говорит о новом всплеске опустынивания в регионе [4, 5]. При этом реализуемых фитомелиоративных мероприятий явно недостаточно для сдерживания роста очагов развеваемых песков [6, 7]. Кроме того, регулярные ландшафтные пожары практически уничтожили созданный защитный каркас из кустарников и полукустарников на песках [8], поэтому все меньше существует препятствий для повторного опустынивания.

Имеющиеся исследования охватывают только отдельные районы Сарпинской низменности, либо касаются отдельных лет, либо выполнены по материалам очень низкого пространственного разрешения, следовательно, результаты не подходят для лесомелиоративной оценки территории [9–11].

В ландшафтном плане территория Сарпинской низменности представляет собой морскую равнину, которая не имеет развитого почвенного покрова; невысокая мощность почвенного горизонта (менее 40 см), мозаичность гранулометрического состава (от тяжелых суглинков до песков), естественная засоленность от близкого к поверхности залегания солей обуславливают разнообразие лесорастительных условий. В связи с этим необходимо учитывать эти особенности агроландшафтов при организации сельскохозяйственного производства.

В связи с тем, что данные авиационной и космической съемки содержат информацию о современном состоянии территории Сарпинской низменности, их применение для геоинформационной оценки, анализа и картографирования агроландшафтов обеспечивает актуализацию имеющейся информации. Использование результатов исследований для лесомелиоративной оценки даст полную информацию о площади, распространении и степени деградации агроландшафтов. По результатам лесомелиоративного картографирования определяется степень деградации ландшафтов, а также выделяются лесомелиоративные категории, по которым подбираются соответствующие мероприятия по борьбе с деградацией: создание защитных лесных, мелиоративно-кормовых насаждений, посев многолетних трав и др. [12, 13].

Цель исследования состоит в определении лесомелиоративных и лесорастительных условий Сарпинской низменности на основе геоинформационной обработки

и анализа данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

Материалы и методы исследования

Исследование охватывает Сарпинскую низменность в целом, которая расположена на территории трех субъектов РФ: Астраханской (Енотаевский, Икрянинский, Лиманский, Наримановский, Черноярский районы) и Волгоградской (Светлоярский район) областей и республики Калмыкия (Ики-Бурульский, Кетченеровский, Лаганский, Малодербетовский, Октябрьский, Сарпинский, Целинный, Черноземельский, Юстинский, Яшкульский районы).

Работа основана на морфометрическом анализе цифровой модели местности (ЦММ) SRTM разрешением 1 с. На первом этапе исходные растры были соединены в мозаику и обрезаны по маске границ исследуемого района. Границы Сарпинской низменности были определены на основе построенных ареалов водосборов и линий тальвегов и водоразделов. Далее по результатам геоморфологического анализа выделялись морфоструктуры, сопоставив которые с эдафическими условиями, можно получить сведения о лесопригодности, устойчивости против дефляции и т.п. Почвенная карта района исследований была любезно предоставлена лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН. Анализ уровней деградации проводился по мозаике весенних и раннелетних снимков (15 мая – 15 июня 2018 г.) спутника Sentinel 2 пространственным разрешением 10 м и покрытием облаками до 10%. Выбор даты снимков обусловлен сезонной динамикой спектрально-отражательных свойств растительности: на май приходится максимум отражения в ближней инфракрасной области спектра, что соответствует пику вегетации [14]. Дешифрирование спутниковых данных выполнено по методике анализа опустынивания, разработанной коллективом ФНЦ агроэкологии РАН (бывший ФГБНУ ВНИАЛМИ) и апробированной на территории Астраханской области [5]. Геоинформационная обработка выполнена в бесплатной программе QGIS.

Результаты исследования и их обсуждение

Рельеф Сарпинской низменности обусловлен нижнехвалынским повышением уровня Каспия и изменением положения русла Волги. Процесс руслообразования

на территории Сарпинской низменности связан с миграцией древних рукавов, что привело к возникновению множества разветвляющихся в юго-восточном направлении ложбин с чередой озёр. В результате миграции рукавов Волги сложилась своеобразная конфигурация береговой линии озёр. Лиманы занимают большие площади на территории низменности, вокруг них расположены плоские увалы и холмы. На территории низменности рельеф образован большим количеством блюдцеобразных впадин круглой и овальной формы, глубиной до 15 м и диаметром до 100 м. Перепады высот, как правило, не превышают 0,5–1,0 м [15]. Результатом первого этапа работ стала карта рельефа Сарпинской низменности (рис. 1).

Максимальная высота составила 26 м абс., минимальная – -30 м. По средним значениям преобладают поверхности с крутизной склона менее 1 градуса, восточной экспозиции. Наибольшую площадь (17,1%) занимают земли, расположенные на отметках -5–0 м, примерно поровну распределе-

ны территории с отметками от -10 м до -5 м и от 0 м до 5 м (13,6% и 13,8% соответственно). Выше 10 м лежит всего 5,5% площади района исследований. Территории площадью 933,3 тыс. га (1,4%) имеют крутизну склона от 1 до 1,5°, а максимальная крутизна 31°, стандартное отклонение по всей площади 0,78°. В результате можно сделать вывод о том, что рельеф представлен в основном равнинным, плакорным типом.

Для уточнения почвенных условий на основе региональных почвенных карт была разработана векторная почвенная карта Сарпинской низменности (рис. 2). На основе почвенной карты были уточнены пространственные характеристики почвенных контуров, их площади и положение в ландшафте. Было выявлено соотношение площадей, занимаемых различными почвенными контурами, и установлены преобладающие типы почв и почвенных комплексов. Исследованиями установлено, что на территории Сарпинской низменности преобладают бурые полупустынные почвы и комплексы, занимающие 54,6% всей площади.

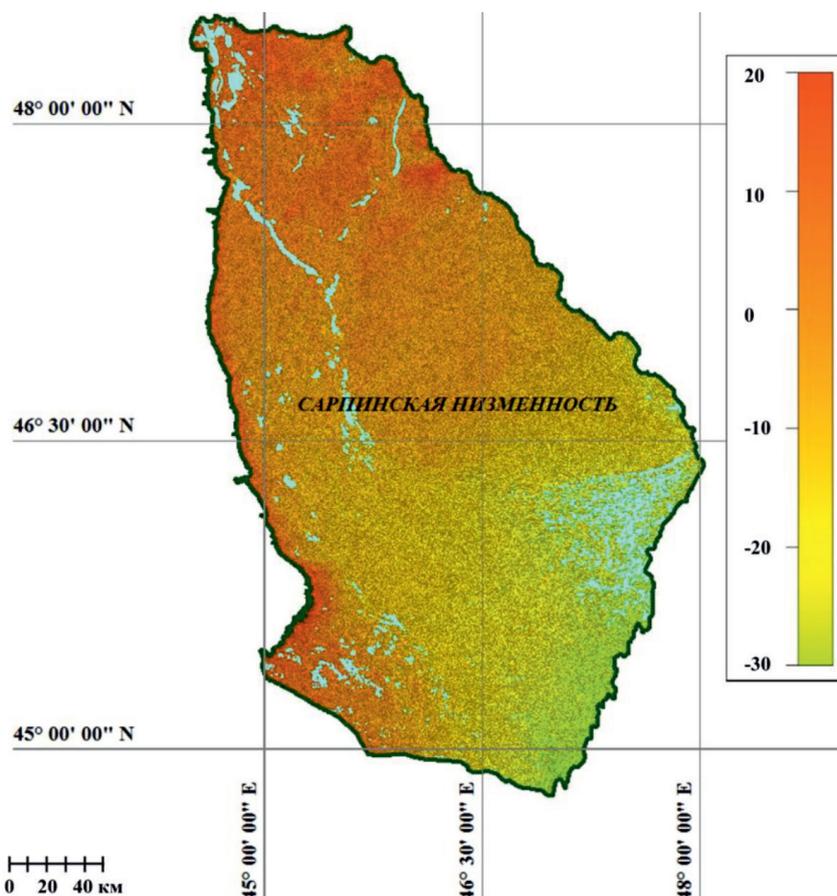


Рис. 1. Карта рельефа Сарпинской низменности

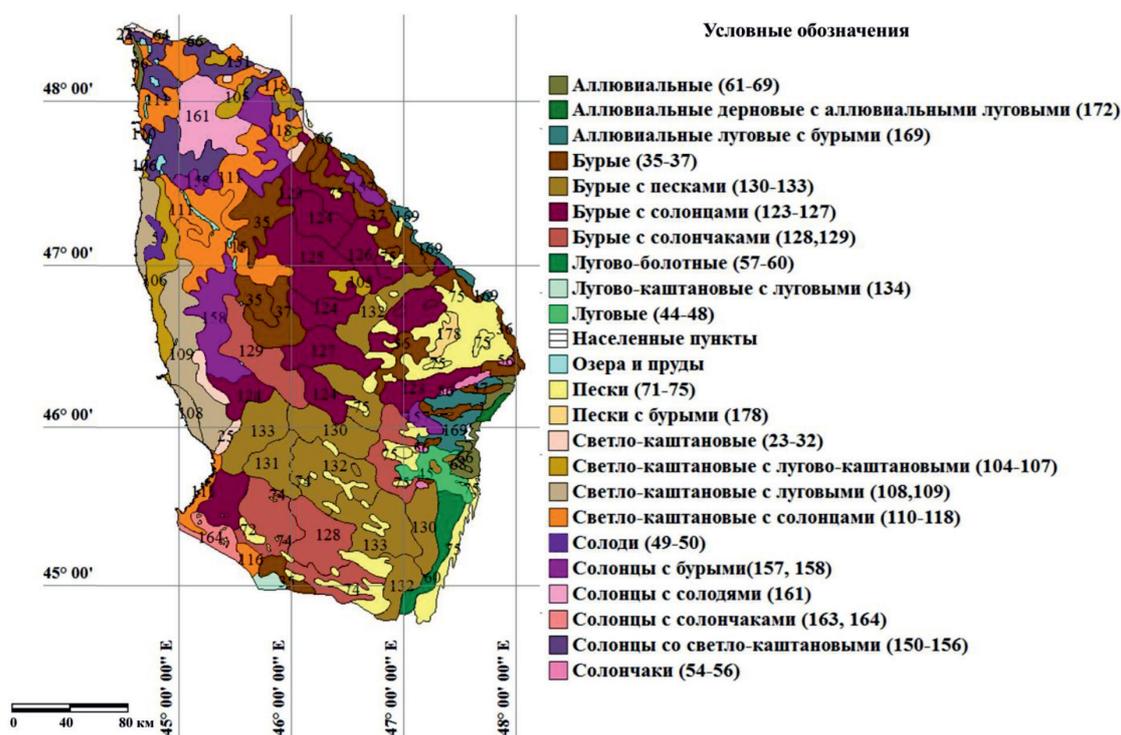


Рис. 2. Почвенная карта территории Сарпинской низменности

Светло-каштановые почвы и комплексы занимают 18,4% площади, а из них больше половины занимают светло-каштановые с солонцами – 9,3%. Пески и их комплексы с бурями почвами занимают 8,7% площади Сарпинской низменности. В северной части низменности (Сарпинско-Даванский ландшафт) распространены легкосуглинистые светло-каштановые почвы в комплексе с солонцами, а в северо-западной части (Приергенинский ландшафт) распространены светло-каштановые почвы в комплексе с луговыми (4,8%) и лугово-каштановыми (3,1%). В центральной части низменности преобладают легкосуглинистые бурые полупустынные почвы (9,9%) и бурые в комплексе с солонцами (16,8%). Значительные площади в южной части низменности заняты песками (8,3%) и немного бурых почв в комплексе с песками (0,4%).

В ландшафтном плане территория Сарпинской низменности расположена в двух природно-климатических зонах полупустынной и пустынной, представленных соответственно Сарпинской и Черноземельской провинциями. Обе эти провинции условно разделены линией водораздела Сарпинско-Даванской ложбины и Волж-

ского водосбора. Лесомелиорация аридных пастбищ проводится в соответствии с классификацией [4], в которой учитываются: состояние почвенно-растительного покрова, водно-солевые характеристики почвогрунтов, наличие и виды дополнительных источников увлажнения. По этой классификации аридные пастбища делятся на 4 лесомелиоративные категории (ЛМК), различающиеся между собой по состоянию почвенно-растительного покрова:

I – опустыненные пастбищные территории с мелко- и среднебарханскими песками и сильноразвееваемыми почвами, такыры;

II – пастбища на развееваемых почвах;

III – пастбища на почвах, податливых дефляции;

IV – пастбища на почвах, устойчивых к дефляции.

Анализ результатов геоинформационного картографирования деградации территории по спутниковым снимкам Sentinel показал, что к уровню экологического состояния «норма» можно отнести только 975,2 тыс. га, к уровню «риск» – 2568,6 тыс. га, на уровне «кризис» – 1723,9 тыс. га (25%), на уровне «бедствие» – 1609,7 тыс. га (24%). К категории «бедствие» относятся опустыненные

пастбища (ЛМК I), к категории «кризис» – пастбища на развеваемых песках (ЛМК II). Таким образом, к территориям, на которых необходимо срочное принятие мер против деградации, относится половина Сарпинской низменности.

В результате по полученным данным произведено уточнение и актуализация лесомелиоративной карты исследуемой территории (рис. 3). На пастбищах категорий «бедствие» и «кризис» необходимо незамедлительно проводить фитомелиоративные мероприятия по предотвращению роста очагов открытых песков. Например, закреплять пески насаждениями из *Calligonum aphyllum*, создавать мелиоративно-кормовые

насаждения с участием *Krascheninnikovia ceratoides*, *Bassia prostrata* и др. [16].

Наибольшая защитная лесистость отмечена в Астраханской части района исследований – 4%. При этом значение изменяется от 0,6% в Лиманском районе до 6,7% в Черноморском. Лесистость Калмыкии минимальна среди всех субъектов – 0,7%. Средняя лесистость Сарпинской низменности составляет всего 1,6%, при распаханности в 7%. При этом доля пашни в отдельных районах достигает 40% (Сарпинский район Калмыкии). Для повышения лесистости территории рекомендуется создавать полевые защитные и прифермские лесные насаждения, древесные зонты, куртины и кулисы.

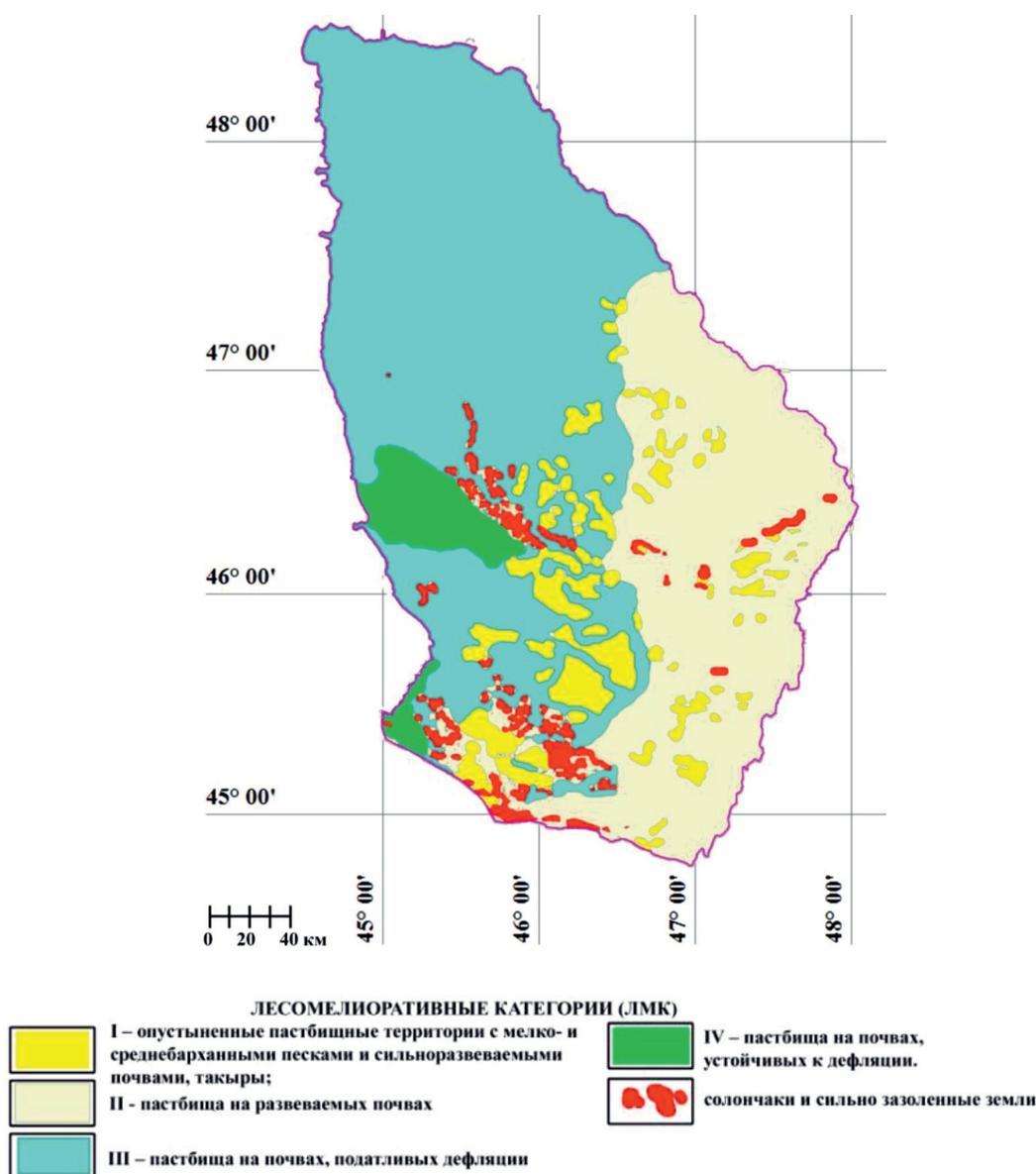


Рис. 3. Уточненная лесомелиоративная карта Сарпинской низменности

Заключение

Пространственное размещение зон деградации, в соответствии с проведённой оценкой и разработанной картой, свидетельствует о крайне неблагоприятной ситуации. Для зон бедствия, занимающих 24% территории, особенно в ее юго-восточной части, характерно наличие больших площадей открытых, подвижных песков, с крайне низким проективным покрытием, что негативно сказывается на функционировании ландшафтов в целом. Если учесть еще 25% территорий, деградированных до кризисного уровня, то около половины территории нуждается в срочных мерах, в первую очередь фитомелиоративного характера. Уточненная с учетом рельефа, почвенного покрова и современного экологического состояния агроландшафтов лесомелиоративная карта позволит эффективно планировать мероприятия по созданию защитных насаждений, фитомелиорации и другим мерам по борьбе с деградацией и опустыниванием агроландшафтов Сарпинской низменности.

Список литературы / References

1. Бананова В.А., Лазарева В.Г., Сератирова В.В. Природное районирование Северо-Западного Прикаспия при современном хозяйственном использовании // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 3 (42). С. 223–232.
2. Bananova V.A., Lazareva V.G., Seratirova V.V. Natural zoning of the North-Western Caspian with modern economic use // Geologiya, geografiya i global'naya energiya. 2011. № 3 (42). P. 223–232 (in Russian).
3. Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. Тенденция опустынивания Северо-Западного Прикаспия по MODIS-данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 2. С. 217–225.
4. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. Desertification tendency in North-West Caspian region according to MODIS data // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2011. Vol. 8. № 2. P. 217–225 (in Russian).
5. Vlasenko M.V., Kulik A.K., Salugin A.N. Evaluation of the Ecological Status and Loss of Productivity of Arid Pasture Ecosystems of the Sarpa Lowland. Arid ecosystems. 2019. Vol. 9. No. 4. P. 273–281. DOI: 10.1134/S2079096119040097.
6. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Shinkarenko S.S. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian. Arid ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 98–105. DOI: 10.1134/S2079096120020080.
7. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast. Arid Ecosystems. 2015. Vol. 5. No. 3. P. 134–141. DOI: 10.1134/S2079096115030087.
8. Шинкаренко С.С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Черных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155–168. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-6-155-168.
9. Shinkarenko S.S. Spatial-temporal dynamics of desertification in Black Lands // Sovremennye problem distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2019. Vol. 16. № 6. P. 155–168 (in Russian).
10. Kulik K.N., Petrov V.I., Rulev A.S., Kosheleva O.Y., Shinkarenko S.S. On the 30th Anniversary of the «General Plan to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures». Arid ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 1. P. 3–10. DOI: 10.1134/S2079096118010067.
11. Шинкаренко С.С. Пожарный режим ландшафтов Северного Прикаспия по данным очагов активного горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 121–133. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-121-133.
12. Shinkarenko S.S. Fire regime of North Caspian landscapes according to the data of active burning centers // Sovremennye problem distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. Vol. 16. № 1. P. 121–133 (in Russian).
13. Горяев И.А. Галофитные полинины на Прикаспийской низменности (в пределах Калмыкии) // Ботанический журнал. 2019. Т. 104. № 1. С. 93–106. DOI: 10.1134/S0006813619010058.
14. Goryaev I.A. Halophytic wormwoods on the Caspian lowland (in Kalmykia) // Botanicheskii zhurnal. 2019. Vol. 104. № 1. P. 93–106 (in Russian).
15. Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Уланова С.С., Федорова Н.Л. Ground-based and satellite investigation of production of pastures in Kalmykia that vary in degree of vegetation degradation. Arid ecosystems. 2013. Vol. 3. No. 4. P. 212–119. DOI: 10.1134/S2079096113040136.
16. Лазарева В.Г., Бананова В.А., Нгуен Ван Зунг. Картирование растительности Сарпинской низменности в пределах Республики Калмыкия методами дистанционного зондирования и ГИС // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 178–183.
17. Lazareva V.G., Bananova V.A., Nguen Van Zung. Mapping the vegetation of the plain of the Sarpinsky lowland (Kalmykia) using remote sensing and GIS // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. № 12. P. 178–183 (in Russian).
18. Новочадов В.В., Рулев А.С., Юферев В.Г., Иванцова Е.А. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 151–158. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-19.
19. Novochadov V.V., Rulev A.S., Yuferev V.G., Ivantsova E.A. Remote research and mapping the state of anthropogenic-transformed territories of the South of Russia // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1 (53). P. 151–158 (in Russian).
20. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 102 с.
21. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P., Berezovikova O.Yu. Geographic information technologies for protective afforestation. Volgograd: VNIALMI, 2010. 102 p. (in Russian).
22. Рулев А.С., Канишев С.Н., Шинкаренко С.С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заповольжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 113–123. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-113-123.
23. Rulev A.S., Kanishev S.N., Shinkarenko S.S. Analysis of NDVI seasonal dynamics of natural vegetation of Low Trans-Volga in Volgograd Region // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2016. Vol. 13. № 4. P. 113–123 (in Russian).
24. Цыганков А.В. Основные черты морфоструктуры Нижнего Поволжья // Труды ВНИИИГ. 1962. № 1. С. 141–180.
25. Tsygankov A.V. The main features of the morphological structure of the Lower Volga // Trudy VNIING. 1962. № 1. P. 141–180 (in Russian).
26. Рыбашлыкova Л.П., Беляев А.И., Пугачёва А.М. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 4. С. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85.
27. Rybashlykova L.P., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. Monitoring Successional Changes in Pasture Phytocenoses in 'Exhausted' Areas of Deflation in the North-West Caspian Region // Yug Rossii: ekologiya, razvitiye. 2019. Vol. 14. № 4. P. 78–85 (in Russian).

УДК 630*31

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАЧАЛО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТНИХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Мохирев А.П., Зырянов М.А., Медведев С.О., Брагина Н.А.

*Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева – филиал,
Лесосибирск, e-mail: ale-mokhirev@yandex.ru*

Лесовозные автодороги могут быть круглогодичного или временного пользования. На данных дорогах основными транспортными средствами являются лесовозные автопоезда. Лесовозные дороги предназначены для эффективной вывозки по ним запланированного объема заготовленной древесины. В большинстве исследований по эффективному освоению лесных ресурсов и транспортировке их до потребителя выделяется ряд ключевых проблем. Основные из них: проблема повышения транспортной доступности лесных ресурсов; необходимость учета и нейтрализация негативного воздействия факторов, оказывающих влияние на вывозку заготовленной древесины; минимизация расходов на всей цепи поставок. На все эти проблемы влияют природно-климатические факторы. Анализ практического опыта лесозаготовительных предприятий показал, что большое влияние на начало эксплуатации летних дорог оказывает количество влаги в грунтах. Выявлено, что в начале сезона эксплуатации летних лесовозных дорог на количество влаги в грунтах влияют не только факторы водно-теплового режима (осадки и количество осадков), но и влага талых вод. Задержка талых вод в грунтах зависит от промерзания почв в осенне-зимний период, в результате чего наибольшее промерзание почв происходит при избыточном количестве воды в почве. В силу того что количество осадков перед постоянно выпавшим снегом в осенний период имеет воздействие на процесс задержки талых вод в грунтах и оказывает значительное влияние на начало вывозки древесины в летний период, исследования в данной области являются актуальными. Итогом работы стали анализ влияния осадков в весенний период, положительной температуры воздуха и количества воды в почве в осенний период на начало вывозки леса по дорогам летнего действия и составление соответствующей регрессионной модели. Объектом настоящих исследований выступили данные о датах начала вывозки леса в летний период с лесозаготовительных территорий предприятий Красноярского края.

Ключевые слова: лесовозная дорога, переувлажнение грунта, вывозка, моделирование, лесозаготовка, осадки

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CLIMATE CONDITIONS ON THE START OF OPERATION OF SUMMER LOGGING ROADS

Mokhirev A.P., Zyryanov M.A., Medvedev S.O., Bragina N.A.

*Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Lesosibirsk, e-mail: ale-mokhirev@yandex.ru*

Logging roads can be used year-round or temporarily. On these roads, the main means of transport are logging road trains. Logging roads are designed for efficient transportation of the planned volume of harvested wood. Most studies on the effective development of forest resources and their transportation to consumers highlight a number of key problems. The main ones are: the problem of increasing transport accessibility of forest resources; the need to take into account and neutralize the negative impact of factors that affect the export of harvested wood; minimize costs throughout the supply chain. All these problems are influenced by natural and climatic factors. Analysis of the practical experience of logging companies has shown that the amount of moisture in the soil has a great influence on the start of operation of summer roads. It is revealed that at the beginning of the season of operation of summer logging roads, the amount of moisture in the soil is influenced not only by factors of water-thermal regime (precipitation and precipitation), but also by the moisture of meltwater. Delay of melt water in soils depends on the freezing of soils in autumn and winter, as a result, most soil freezing occurs when excess water in the soil. Due to the fact that the amount of precipitation before the constantly falling snow in the autumn period has an impact on the process of retention of meltwater in the ground and has a significant impact on the beginning of wood removal in the summer, research in this area is relevant. As a result, the aim of the work was to analyze the influence of precipitation in the spring, positive air temperature and the amount of water in the soil in the autumn at the beginning of forest haulage and drawing up an appropriate regression model. The object of this research was the data on the dates of the start of timber haulage in the summer period from the logging areas of enterprises of the Krasnoyarsk Territory.

Keywords: logging road, water logging, hauling, modeling, logging, precipitation

Транспортировка древесины – это важный этап лесозаготовительного процесса. Из-за отсутствия лесовозных дорог круглогодичного действия вывозка древесины с лесосек происходит по дорогам сезонного характера. По зимним лесовозным дорогам вывозится значительная часть всего объема. В летнее же время из-за воз-

действия неблагоприятных климатических условий вывозка затруднительна. Период эксплуатации зимних лесовозных дорог и их пропускную способность в различных природно-климатических условиях изучали многие ученые [1, 2]. Начало эксплуатации летних лесовозных дорог спрогнозировать сложнее, и исследования, по-

священные данному вопросу, практически не встречаются.

Вывозка древесины в летний период производится с июля по сентябрь. Данный период характеризуют следующие факторы [3, 4]: устойчивая жаркая погода; высыхание дорог; снижение уровня грунтовых вод; улучшение несущей способности грунтов.

Эксплуатация лесовозных дорог в бесснежный период сопряжена с негативными природными воздействиями, поэтому вывозка сильно затруднена [5, 6]. Пропускная способность лесовозных дорог определяется объемом осадков. Дороги во время выпадения больших объемов осадков непригодны для перевозки грузов. Весеннее таяние снега приводит к поднятию грунтовых вод, заотплению больших лесных территорий, особенно в низменных участках, разрушению временных сооружений и т.д. [7, 8].

Кроме этого, большое влияние на начало эксплуатации летних дорог оказывает количество влаги в грунтах. В начале сезона эксплуатации летних лесовозных дорог на количество влаги в грунтах влияют не только факторы водно-теплого режима (осадки и количество осадков), но и талые воды. Задержка талых вод в грунтах зависит от промерзания почв в осенне-зимний период. Наибольшее промерзание почв происходит при большом количестве воды в почве. В результате количество осадков перед постоянно выпавшим снегом в осенний период оказывает влияние на задержку талых вод в грунтах. Таким образом, на начало вывозки леса влияют количество осадков в весенний период, положительная температура воздуха, которая способствует высыханию дорог, и количество воды в почве в осенний период [9, 2].

Цели исследования: анализ влияния осадков в весенний период, положительной температуры воздуха и количества воды в почве в предыдущий осенний период на начало вывозки леса по дорогам летнего действия и составление соответствующей регрессионной модели.

Материалы и методы исследования

В рамках настоящего исследования проведен анализ влияния природно-климатических факторов на начало вывозки леса в летний период в Енисейском районе Красноярского края Российской Федерации. Объектом исследования выступили данные о датах начала вывозки леса в лет-

ний период из территорий различных лесозаготовительных районов (Орджоникидзе, Высокогорска, Кулаково, Первомайска, Назимово). Территории различаются природно-климатическими условиями. В качестве природно-климатических факторов анализировались статистические данные за 2014–2019 гг., сведения о погоде по соответствующим метеорологическим постам. Архивные сведения погоды брались с электронного ресурса gr5.ru.

Исследовалось влияние осадков и температуры на начало вывозки леса в летний период:

– среднее суточное количество осадков с момента последнего снежного покрова до начала вывозки (x_1);

– количество положительных температур с момента последнего снежного покрова до начала вывозки (x_2);

– количество осадков за три недели до постоянно выпавшего снега в предыдущем году (x_3).

Начало вывозки леса (на какой день летнего периода осуществлялась вывозка) будет являться результативным признаком, принимаемым за y . В табл. 1 показано, какие показатели имеют результативный признак y , и переменные x_1, x_2, x_3 .

Проведение многофакторного анализа осуществляли в среде Microsoft Office Excel.

В ходе работы проведено исследование по определению коэффициентов множественной регрессии, состоящей из нескольких переменных (независимых), являющихся компонентами следующего уравнения:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (1)$$

где y – зависимая переменная (итоговый результирующий результат или применительно к решаемой задаче – признак); x_1, x_2, \dots, x_m – независимые природно-климатические факторы (переменные для данной задачи).

Данный тип регрессионных зависимостей применяется в тех случаях, когда разнообразие воздействующих на результат факторов не позволяет выделить наиболее весомый и существует потребность в оценке влияния всех или нескольких из них [10].

Главная цель исследования – получение модели с рядом факторов, влияние которых на итоговый показатель также должно быть подвергнуто оценке.

На рис. 1 приведены статистические показатели результативного признака y и переменных x_1, x_2, x_3 . Видно значительное взаимное изменение y и независимых переменных.

Таблица 1

Данные о погодных условиях и начала вывозки древесины

Район	Дата начала вывозки леса	Значение y	x_1	x_2	x_3
Орджоникидзе	23.06.2014 г.	23	1,56	45	7,5
	07.06.2015 г.	7	1,29	33	11
	18.06.2016 г.	18	1,56	38	13,8
	29.06.2017 г.	29	1,78	51	9,6
	18.06.2018 г.	18	1,63	39	5
	08.06.2019 г.	8	0,63	29	10,5
Высокогорск	16.06.2014 г.	16	1,57	71	27,5
	30.06.2015 г.	30	1,29	73	31,4
	21.06.2016 г.	21	1,61	69	41,4
	29.06.2017 г.	29	1,3	69	7,4
	14.06.2018 г.	14	1,92	54	20,5
	28.06.2019 г.	28	2	67	17,1
Кулаково	13.07.2014 г.	43	2,5	98	27,5
	20.07.2015 г.	50	2,69	93	31,4
	16.07.2016 г.	46	2,27	94	41,4
	21.07.2017 г.	51	2,12	94	7,4
	19.07.2018 г.	49	2,8	91	20,5
	21.07.2019 г.	51	2,85	91	17,1
Первомайск	23.06.2014 г.	23	1,53	45	7,5
	16.06.2015 г.	16	1,2	42	11
	26.06.2016 г.	26	1,38	46	13,8
	21.06.2017 г.	21	1,13	43	9,6
	19.06.2018 г.	19	1	40	5
	23.06.2019 г.	23	0,77	44	10,5
Назимово	11.06.2014 г.	11	1,54	48	32,6
	14.06.2015 г.	14	1,44	39	51,5
	10.06.2016 г.	10	1,44	44	43,6
	13.06.2017 г.	13	0,68	48	7,3
	12.06.2018 г.	12	1,31	43	29,1
	15.06.2019 г.	15	1,5	39	12,5

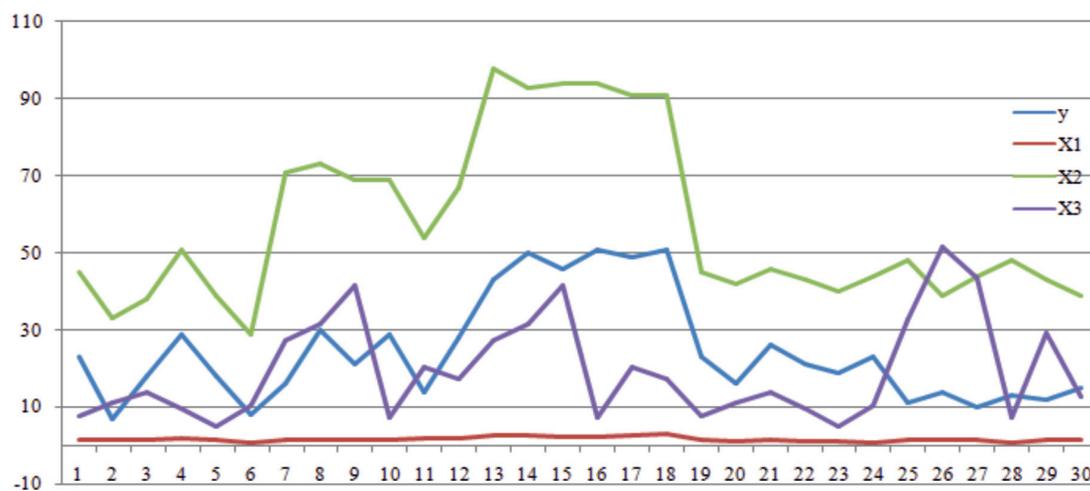


Рис. 1. Статистические данные природно-климатических условий и начала вывозки леса в летний период

Результаты исследования и их обсуждение

1. Проверка факторов на мультиколлинеарность. Выделяются следующие этапы:

– подбор факторов под сущность проблемы (исходя из опыта исследователей);

– использование формальных статистических критериев для оценки факторов. Так, для оценки корреляции необходимо определение линейного коэффициента корреляции r_{x_i, x_j} . В случае, если $r_{x_i, x_j} \geq 0,8$, то о переменных x_i, x_j говорят, что они находятся в линейной зависимости между собой. Тогда из этого следует, что переменные x_i, x_j будут являться коллинеарными.

В полученное регрессионное уравнение будет включен лишь тот коллинеарный фактор, который, обладая большой теснотой связи с результатом, будет в наименьшей степени связан с иными факторами.

В ходе работы была сформирована корреляционная матрица. Ее наполнение осу-

ществлялось на базе функции «Данные. Анализ данных. Корреляция» известного программного продукта MS Excel.

Из расчетов, представленных на рис. 2, следует, что $r_{x_1, x_2} = 0,79$, $r_{x_1, x_3} = 0,27$, $r_{x_2, x_3} = 0,29$. Таким образом, коллинеарность между исследуемыми факторами не наблюдается. Из рассмотрения факторы не исключаются, а регрессия будет строиться по всем трем факторам.

2. Получение уравнения линейной множественной регрессии.

Результаты приведены в табл. 2, 3, 4, при этом пропущены промежуточные этапы расчетов.

Таким образом, результаты, представленные в табл. 4, позволяют сформировать уравнение регрессии:

$$y = -7,93 + 6,1 \cdot x_1 + 0,48 \cdot x_2 - 0,26 \cdot x_3. \quad (2)$$

3. Расчет коэффициентов множественной корреляции R и детерминации R².

	Y	X ₁	X ₂	X ₃
Y	1			
X ₁	0,794346	1		
X ₂	0,890944	0,798247	1	
X ₃	0,04723	0,278973	0,29547	1

Рис. 2. Расчеты в корреляционной матрице

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа

Параметр	Значение	Наименование
Множественный R	0,932237149	Множественный коэффициент корреляции R Коэффициент детерминации R ² Модифицированный коэффициент детерминации R Стандартная ошибка определения R Число наблюдений
R-квадрат	0,869066103	
Нормированный R-квадрат	0,853958346	
Стандартная ошибка	5,217422059	
Наблюдения	30	

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа

Пояснения	Число степеней свободы df	Сумма квадратов отклонений SS	Дисперсия на 1 степень свободы MS	Статистика Фишера F	Уровень значимости F
Регрессия	3	4697,70785	1565,902617	57,52449434	1,30366E-11
Остаток	26	707,7588165	27,22149294		
Итого	29	5405,466667			

Таблица 4

Результаты регрессионного анализа

Пояснения	Коэффициенты уравнения регрессии	Стандартная ошибка определения коэффициентов	t-статистика	Вероятность ошибки	Нижние 95% – пределы	Верхние 95% – пределы
y	-7,92775651	3,010580617	-2,633298197	0,014047901	-14,1160936	-1,739419424
x ₁	6,102930031	2,786405952	2,190251577	0,03766983	0,375390568	11,83046949
x ₂	0,481081375	0,07538149	6,38195634	9,25953E-07	0,326132504	0,636030246
x ₃	-0,258312305	0,077305558	-3,341445464	0,002531563	-0,417216155	-0,099408455

Первый из них характеризует тесноту связи исследуемой подборки факторов с анализируемым признаком (результатом). Он определяется по формуле:

$$R = R_{y, x_1, x_2, \dots, x_m} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (3)$$

где n – количество экспериментов (наблюдений); x_i, y_i – значения переменных; \bar{y}, \bar{x} – их средние значения; \hat{y}_i – расчетные значения переменной y , вычисленные по уравнению множественной регрессии, т.е. $\hat{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_m)$.

Величина коэффициента детерминации применяется при характеристике качества получаемой регрессионной модели. Более высокое значение соответствует лучшей согласованности модели с данными эксперимента или наблюдений.

Значения R и R^2 также можно найти в табл. 2. $R = 0,93$; $R^2 = 0,87$.

Коэффициент множественной корреляции изменяется от 0 до 1. Чем ближе его значение к 1, тем теснее связь результативного признака со всем набором исследуемых факторов.

По шкале Чеддока можно определить, что при $R = 0,93$ связь весьма высокая и $R^2 = 0,87$ – высокая.

4. Проверка значимости регрессионного уравнения.

На данном этапе необходимо рассчитать фактическое значение F-критерия $F_{\text{факт}}$ (F Фишера) и сравнить его с критическим (табличным) значением F-критерия $F_{\text{табл}}$. Если выполняется условие $F_{\text{факт}} > F_{\text{табл}}$, то уравнение считается статистически значимым.

Вычислим фактическое значение критерия по формуле:

$$F_{\text{факт}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m}, \quad (4)$$

где R^2 – коэффициент детерминации; n – число наблюдений; m – количество факторов.

$$F_{\text{факт}} = \frac{0,87}{1 - 0,87} \cdot \frac{30 - 3 - 1}{3} = 57,52. \quad (5)$$

Это же значение можно было взять из табл. 3 «Статистика Фишера F».

$F_{\text{табл}}$ – это табличное значение F-критерия Фишера, соответствующее уровню значимости α и числу степеней свободы $k_1 = m, k_2 = n - m - 1$.

Расчеты в авторском исследовании показали: уровень значимости $\alpha = 0,05$; а число степеней свободы $k_1 = 3, k_2 = 30 - 3 - 1 = 26$;

$$- F_{\text{табл}} = \text{FRASPOBP}(0,05; 3; 26) = 2,98.$$

При полученных $F_{\text{факт}} = 57,52 > F_{\text{табл}} = 2,98$, можно говорить о высокой значимости регрессионного уравнения, полученного в ходе исследования.

Результаты табл. 3 указывают, что значимость уравнения регрессии $\alpha = 1,3 \cdot 10^{-11}$. Очевидно, что оно существенно ниже требуемого уровня $\alpha = 0,05$, т.е. уравнение значимо и при более низком уровне значимости.

5. Проведение проверки значимости коэффициентов регрессионного уравнения.

Для данного этапа исследования необходимо применение t-критерия Стьюдента. Из табл. 4 следует, что уровни значимости коэффициентов уравнения регрессии имеют значения: $\alpha_a = 0,014$; $\alpha_{b_1} = 0,038$; $\alpha_{b_2} = 9,26 \cdot 10^{-7}$; $\alpha_{b_3} = 0,002$.

Следовательно, оценки параметров $\alpha_a, \alpha_{b_1}, \alpha_{b_2}, \alpha_{b_3}$ значимы при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

В результате исследования определено, что дата начала вывозки леса зависит от среднего суточного количества осадков с момента последнего снежного покрова до начала вывозки. Из рис. 3 видно, что начало вывозки леса прямо пропорционально значению среднесуточного количества осадков. С увеличением количества осадков начало вывозки леса откладывается на более поздний срок. На рис. 4 представлена

зависимость начала вывозки леса от количества положительных температур.

Зависимость, представленная на рис. 4, указывает на то, что с увеличением количества положительных температур начало вывозки леса откладывается на более поздний срок.

На рис. 5 представлена графическая зависимость начала вывозки леса в текущем году от количества осадков за три недели до постоянно выпавшего снега в предыдущем году.

Результаты, показанные на рис. 5, демонстрируют, что вывозка круглого леса в основном начинается при количестве

осадков за три недели до постоянно выпавшего снега в предыдущем году от 8 до 37 мм.

Заключение

В ходе исследования установлена регрессионная зависимость влияния природно-климатических факторов на начало вывозки древесины с лесной территории. Выявлена закономерность изменения даты начала вывозки древесины в зависимости от природно-климатических факторов. Несмотря на то что исследования были реализованы на лесозаготовительных районах Красноярского края, полученная модель может быть использована и в других регионах страны.

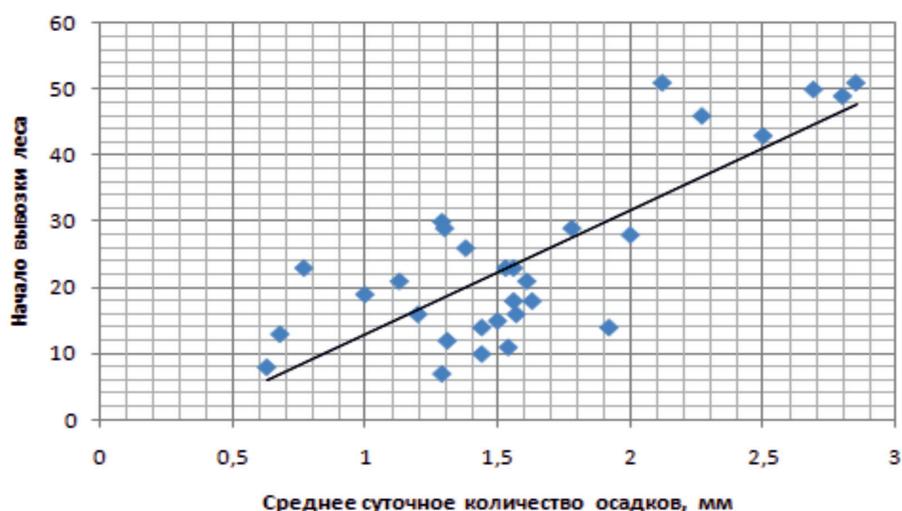


Рис. 3. Зависимость начала вывозки леса от среднего суточного количества осадков с момента последнего снежного покрова до начала вывозки

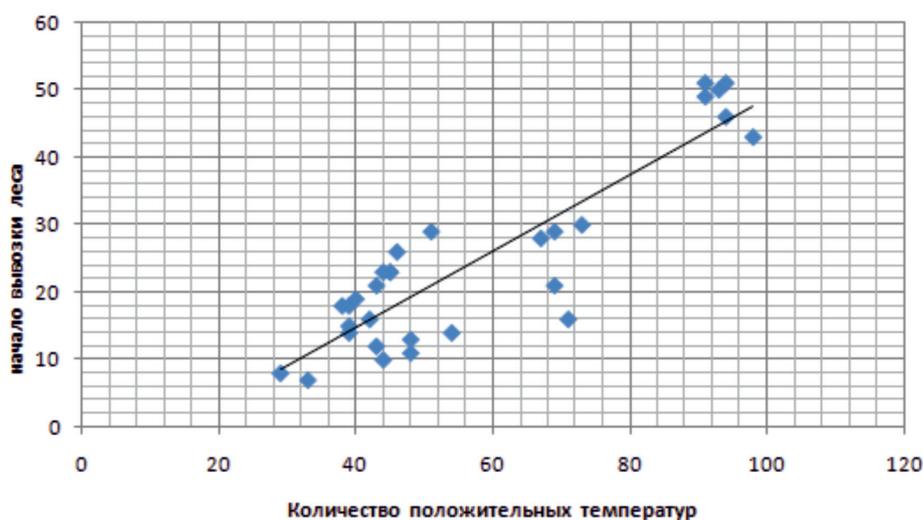


Рис. 4. Зависимость начала вывозки леса от количества положительных температур с момента последнего снежного покрова до начала вывозки

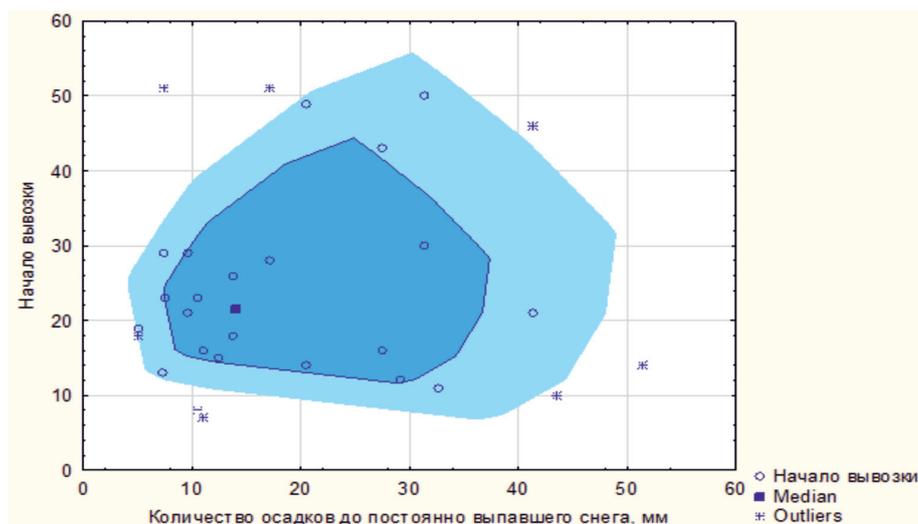


Рис. 5. Зависимость начала вывозки леса в текущем году от количества осадков за три недели до постоянно выпавшего снега в предыдущем году

Полученные результаты важны как с теоретической точки зрения, так и с практической – для планирования деятельности различных предприятий, вовлеченных в лесозаготовительный процесс.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края, Краевого фонда науки и ООО «Красресурс 24» в рамках научного проекта № 20-410-242901 и в рамках проекта «Разработка фундаментальных основ проектирования лесной инфраструктуры как динамически изменяемой системы в условиях деятельности лесозаготовительного производства», № 19-410-240005, поддержанного за счет средств целевого финансирования, предоставленного РФФИ, Правительством Красноярского края и Краевым фондом науки.

Список литературы / References

1. Мохирев А.П., Горяева Е.В., Мохирев М.П., Ившина А.В. Планирование сроков эксплуатации зимних лесовозных дорог на основе анализа статистики климатических данных // Лесотехнический журнал. 2018. № 2. С. 176–185. DOI: 10.12737/article_5b2406175e7765.44768086.

Mokhired A.P., Goryaeva E.V. Mokhired M.P., Ivshina A.V. Planning of operation periods of winter logging roads based on the analysis of climate data statistics // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2018. № 2. P. 176–185 (in Russian).

2. Шегельман И.Р., Щеголева Л.В., Лукашевич В.М. Обоснование периода эксплуатации зимних лесовозных дорог // Известия вузов. Лесной журнал. 2007. № 2. С. 54–57.

Shigelman I.R., SHCHegoleva L.V., Lukashevich V.M. Substantiation of forest roads operating period // Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal. 2007. № 2. P. 54–57 (in Russian).

3. Кабанов М.В., Лыкосов В.Н. Мониторинг и моделирование природно-климатических изменений в Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 9. С. 753–764.

Kabanov M.V., Lykosov V.N. Monitoring and modeling of natural and climate changes in Siberia // Optika atmosfery i okeana. 2006. V. 19. № 9. P. 753–764 (in Russian).

4. 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).

5. Мохирев А.П., Медведев С.О., Смолина О.Н. Факторы, влияющие на пропускную способность лесовозных дорог // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 3 (35). С. 103–113. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/10.

Mokhired A.P., Medvedev S.O., Smolina O.N. Factors affecting the capacity of logging roads // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2019. V. 9. № 3 (35). P. 103–113 (in Russian).

6. Мазуркин П.М. Прогнозирование совместного развития сельского и лесного хозяйства // Научное обозрение. 2017. № 5. С. 57–71.

Mazurkin P.M. Forecasting joint development of agriculture and forestry // Nauchnoye obozreniye. 2017. № 5. P. 57–71 (in Russian).

7. Mokhired 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.

8. 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. № 9. P. 67–71 (in Russian).

9. 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. V. 24. № 2. P. 229–237 (in Russian).

10. Mazurkin P.M. Method of identification. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 14. 2014. P. 427–434.

УДК 630*2:631.962.3:631.962.4:631.963.3(470.45)

ОЦЕНКА РОСТА И РАЗВИТИЯ ВИДОВ РОДА *JUNIPERUS* L. В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Цой М.В., Семенютина А.В.

ФНЦ агроэкологии РАН «Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»,
Волгоград, e-mail: tsoy-m@yrfanc.ru, doksemenutina@mail.ru

Зелёные насаждения находятся под постоянным воздействием комплексов стресс-факторов. Индикаторами их влияния являются отклонения в показателях сезонного роста и развития, а также отношение растений к высоким и низким температурам и способности к генеративному размножению. Объектами исследования являлись: *Juniperus virginiana* L., *Juniperus sabina* L., *Juniperus communis* L. и их формы, интродуцированные в дендрологических коллекциях Волгоградской области: ФНЦ агроэкологии РАН и Нижне-волжской станции по селекции древесных пород в условиях каштановых почв. Установлено, что *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L. в сухостепных и полупустынных районах Волгоградской области обладают достаточно высокими показателями засухоустойчивости, зимостойкости, скорости роста (при семенном размножении *J. virginiana*, сеянцы в 1-й год вегетации достигают 0,1–0,12 м, во 2-й год 0,2–0,25 м, 4-х летние растения имеют высоту 0,65–0,8 м, а 5–6-летние растения – 1,3–1,7 м и пригодны для посадки на постоянное место) и семенной продуктивности (показатель доброкачественности семян у *J. virginiana* составляет до 70%, *J. sabina* до 60%, *J. communis* – 25–45% (семеношение начинается с 6-7-летнего возраста); выход чистых семян в 10 граммах шишкоягод составляет *J. virginiana* – 16% от массы шишкоягод, у семян *J. sabina* – 20% от массы шишкоягод). Все исследуемые виды в условиях интродукции рекомендованы для посадки в групповых, одиночных, аллейных насаждениях, а также живых изгородях. *J. sabina* рекомендуется к посадке, как в группах, так и в одиночных насаждениях для создания акцента в зелёных композициях, а также в качестве живых изгородей. *J. communis* рекомендуется к посадке в группах и в одиночных насаждениях. *J. virginiana* по декоративным качествам универсальный вид, он гармонично сочетается в любых видах декоративных насаждений.

Ключевые слова: древесные растения, *Juniperus*, можжевельник, *sabina*, *virginiana*, *communis*, защитное лесоразведение, озеленение

EVALUATION OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPECIES OF THE GENUS *JUNIPERUS* L. IN THE CONDITIONS OF INTRODUCTION OF THE VOLGOGRAD REGION

Tsoi M.V., Semenyutina A.V.

Federal Research Center for Agroecology RAS «Federal Scientific Center for Agroecology,
Complex Reclamation and Protective Forestation of the Russian Academy of Sciences»,
Volgograd, e-mail: tsoy-m@yrfanc.ru, doksemenutina@mail.ru

Green spaces are constantly exposed to a combination of stress factors. The indicators of their influence are deviations in the indices of seasonal growth and development, as well as the attitude of plants to high and low temperatures and the ability to reproductively. The objects of the study were: *Juniperus virginiana* L., *Juniperus sabina* L., *Juniperus communis* L. and their forms introduced in the dendrological collections of the Volgograd region: the Federal Research Center of Agro-ecology of the Russian Academy of Sciences and the Lower Volga Station for the selection of tree species in chestnut soils. It was found that *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L. in dry-steppe and semi-desert areas of the Volgograd region have sufficiently high indicators of drought resistance, winter hardiness, growth rate (during seed reproduction of *J. virginiana*, seedlings in the 1st year of the growing season they reach 0.1–0.12 m, in the 2nd year 0.2–0.25 m, 4-year-old plants have a height of 0.65–0.8 m, and 5–6-year-old plants – 1.3–1.7 m and are suitable for planting in a permanent place) and seed productivity (the seed quality index for *J. virginiana* is up to 70%, *J. sabina* up to 60%, *J. communis* – 25–45% (seed-bearing begins from 6–7 years of age); the yield of pure seeds in 10 grams of pine berries is *J. virginiana* – 16% of the mass of pine berries, in *J. sabina* seeds – 20% of the mass of pine berries). All studied species under conditions of introduction are recommended for planting in group, single, alley plantings, as well as hedges. *J. sabina* is recommended for planting, both in groups and in single plantings to create an accent in green compositions, as well as hedges. *J. communis* is recommended for planting in groups and in single stands. *J. virginiana* is a versatile species for its decorative qualities; it is harmoniously combined in any type of ornamental plantings.

Keywords: woody plants, *Juniperus*, juniper, *sabina*, *virginiana*, *communis*, protective afforestation, landscaping

В современном мире существует тенденция плохой переносимости большинства аборигенных видов древесных растений к прогрессирующему загрязнению окружающей среды. Однако, многие представители хвойных пород растений, устой-

чивы к стресс-факторам среды (перепады температур, дефицит влаги, антропогенное воздействие), при этом долговечны и весьма декоративны в течение длительного периода. К тому же, большинство из них отличаются значительно большим уровнем

продуктивности, чем аборигенные виды. Существует мнение многих исследователей, что повышение биоразнообразия естественных и искусственных фитоценозов, можно достичь только через интродукцию древесных растений. При этом необходимость интродукции хвойных растений, нужно доказать путём оценки их перспективности, которая в свою очередь может быть установлена только на основе всестороннего изучения адаптаций, происходящих у интродуцентов в новых условиях. Важнейшими индикаторами состояния интродуцентов, являются особенности их роста и развития (которые также определяют динамикой экологических факторов) [1–3].

Проведя анализ литературных данных, выяснили что особенности роста и адаптации видов рода *Juniperus* L. в условиях интродукции последние пять лет изучены далеко не полно и нуждаются в уточнении и дальнейшем изучении. Так согласно тематическому поиску на сайте научной электронной библиотеке найдено свыше 1100 работ, связанных с интродукцией данного рода. Среди их числа около 90% работ обзорного характера, где род *Juniperus* рассматривается в комплексе с другими родами или косвенно, около 5-7% работ обозревают отдельные виды рода, 3–5% работ посвящены изучению специфике роста и адаптации нескольких видов рода *Juniperus* в условиях интродукции. Из их числа, наиболее актуальной работой является «Интродукция некоторых древесных пород родов *Thuja* и *Juniperus* в дендрофлоре г. Костаная и его окрестностей» Л.А. Брагинец (2016), в которой дана оценка перспективности *Juniperus sabina*, *Juniperus scopulorum*, *Juniperus communis*, *Thuja occidentalis* в условиях г. Костаная. Изучая иностранные источники на базе «Web of Science» (около 1200 публикаций) и «Scopus» вектор исследований видов рода *Juniperus* был направлен в области физиологии, биохимии и фармакологии. Малый процент публикаций был посвящён изучению адаптации можжевельником к условиям урбанизированных территорий, среди их числа особый интерес вызвала работа турецких коллег «Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of Central Anatolia» Gülzade Kahveci (2018). В своём исследовании они проанализировали распределение и современное состояние *Juniperus* spp. (*Juniperus excelsa* M. Bieb., *Juniperus oxycedrus* L. и *Juniperus foetidissima* Willd.), ис-

пользовали дендрохронологические данные для изучения взаимосвязи между ростом и параметрами окружающей среды, также предположили, что могут быть различия в радиальном росте можжевельника в зонах с различным уровнем засухи [3, 4].

В Волгоградской области отсутствуют актуальные данные характера и степени влияния экологических факторов на рост и развитие многих интродуцированных растений.

Результаты настоящих исследований позволили установить закономерности роста интродуцированных видов рода *Juniperus*, факторы, влияющие на эти процессы, а также перспективность видов как объектов декоративных насаждений в условиях Волгоградской области.

Цель исследования: провести оценку роста и развития видов рода *Juniperus*, выявить характер адаптации к стресс-факторам и обосновать перспективность использования в условиях интродукции Волгоградской области.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлись виды рода *Juniperus*: *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L. и их формы, интродуцированные в дендрологических коллекциях Волгоградской области: ФНИЦ агроэкологии РАН, кадастр № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10 и Нижневолжской станции по селекции древесных пород, № 34:36:0000:14:0178.

Можжевельник виргинский (лат. *Juniperus virginiana*) – двудомное вечнозелёное древесное растение. Естественный ареал – восточная часть Северной Америки (приатлантические районы Соединённых Штатов Америки) [5, 6]. В городских условиях Волгоградской области хорошо переносит: вытапывание почвы, загазованность и задымлённость, засушливый летний сезон, однако, при этом необходим дополнительный постоянный полив. Вид морозостоек и легко поддается формовке.

Можжевельник казацкий (*Juniperus sabina*) – невысокое кустовидное растение с распростертыми стелющимися или поднимающимися побегами. Хвоя ярко-зеленая, сизоватая, заострённая. Шишкоягоды мелкие округлые, от голубовато-чёрного до буро-чёрного цвета покрыты сизым налетом [7]. Ареал произрастания достаточно обширен, он простирается от горных районов южной и средней Европы, Кавказа на западе, и южной части Сибири и Малой Азии на востоке [6].

Можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*). Морозостойкое, засухоустойчивое и светолюбивое вечнозелёное растение. Переносит притенение и постоянное переувлажнение, но лучше развивается в условиях хорошей освещённости и умеренного увлажнения почвы. Ареал – Европа, кроме Средиземноморских районов. Растет как правило на известковых, меловых, песчаных и каменистых почвах [6, 8]. В естественных условиях наиболее явно выраженные формы приурочены к определенным условиям местопроизрастания. Пирамидальные на открытых площадях, главным образом, на склонах, чаще на суглинистых почвах с недостаточным увлажнением. Кустарниковые и древовидные – под пологом леса, на почвах бедных, особенно сухих или слишком влажных [9]. Можжевельник обыкновенный не страдает от заморозков и светолюбив, но, попав под полог леса, переносит и затенение.

В коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоград, Камышин), помимо местного вида можжевельника казацкого – *J. sabina* L., также успешно интродуцированы можжевельник виргинский – *J. virginiana* L. и можжевельник обыкновенный – *J. communis* L.

Обследование проводилось маршрутным методом в два этапа: построение рабочего маршрута исследования при помощи карт и прохождение по маршруту с фиксацией данных погодных условий и объектов исследования. Данный метод позволяет получить результат влияния на объекты исследования определенного комплекса факторов, выяснить общую картину развития и жизнедеятельности вида в определённых условиях. Исследование сезонных ритмов развития объектов проводилось фенологическим методом наблюдения. Данный метод помогает определить сезонное состояние растений, а также позволяет спрогнозировать характер текущего вегетационного периода.

Характеристика декоративности, роста и развития трех видов *Juniperus* L. (*J. sabina* L., *J. virginiana* L., *J. communis* L.) в условиях каштановых почв Волгоградской области, оценка репродуктивной способности, особенности размножения различных видов в культуре выявлялись по методикам ФНЦ агроэкологии РАН, с учётом основных показателей биологического потенциала (засухоустойчивость, зимостойкость, способность к генеративному развитию и размножению), а также качественных показателей [2].

Для определения характера семеношения объектов исследования использовался метод определения массы 1000 семян, взвешивание проводили на весах марки «MASSA-K». Для обработки массива данных использовали основные статистические функции таблицы «Excel» (средняя арифметическая с абсолютной и относительной ошибками; коэффициент вариации; достоверность).

Результаты исследования и их обсуждение

Средняя годовая температура в период исследований составила – 8,3 °С и 380 мм – среднегодовое количество осадков. Данные температурного режима в период цветения (1–30 апреля) показали колебания минимума температур от -1 °С до +10 °С, максимальные значения достигали от +9 °С до +27 °С, при этом средние значения температур составили от +5 °С до +19 °С. Сравнивая с данными со средними многолетними температурами, мы можем наблюдать похолодание с 18 апреля по 23 апреля, но при этом относительно теплыми начало и конец месяца (рис. 1).

Полученные данные фенологических наблюдений *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L. в условиях Волгоградской области позволили установить, что сроки начала набухания почек в целом совпадают, с небольшими отклонениями в 1–2 дня, однако, распускание почек у *J. sabina* начинается раньше на 6 дней, также рост побегов продолжается до начала июля это наиболее длительный период среди других исследуемых видов. Период цветения у *J. virginiana* L. и *J. sabina* L. и продолжается от 7–11 дней и заканчивается 19–21 апреля, также стоит отметить, что период цветения совпал на относительно холодный период месяца (с 10–23 апреля), однако низкие температуры не повлияли на цветение растений. У *J. communis* период цветения наступает в более тёплый период месяца 22–30 апреля (табл. 1, рис. 1). Продолжительность роста побегов у *J. virginiana* L. составила 76 дней, у *J. communis* L. 60 дней и у *J. sabina* 92 дня.

Исследуя семенной материал можжевельника виргинского и казацкого урожая осени 2019 г., нами получены следующие данные, согласно которым метрические показатели семенного материала *J. sabina* выше, чем у *J. virginiana* (рис. 2, табл. 2, 3). Основными критериями количественной оценки семенного материала являлись длина, ширина, высота, ошибка среднего, коэффициент вариации и точность опыта.

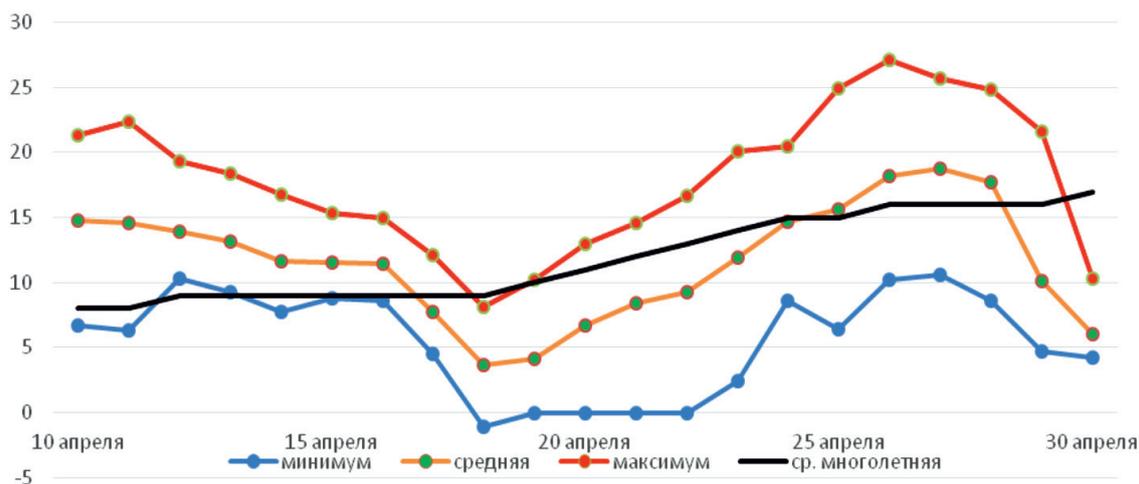


Рис. 1. Температурный режим в период цветения (2019)

Таблица 1

Данные фенологических наблюдений *J. virginiana* L., *J. sabina* L., *J. communis* L.

Показатель	Средние периоды (месяцы, декады) фенологических показателей		
	<i>J. virginiana</i> L.	<i>J. sabina</i> L.	<i>J. communis</i> L.
Набухание почек	11. IV	11. IV	13. IV
Распускание почек	24. IV	18. IV	24. IV
Зеленение	26. IV	7. V	4. V
Цветение	Начало	13. IV	10. IV
	Массовое	14. IV	15. IV
	Конец	19. IV	21. IV
Окончание роста побегов	26. VI	3. VII	12. VI

Таблица 2

Метрические параметры семенного материала можжевельника виргинского (*J. virginiana*) (урожай ноябрь 2019 г.)

Показатель	Ед. изм.	Значения		
		среднее, М	ошибка среднего, m	коэфф. вариации, С, %
длина	мм	4	0,3	7,5
ширина	мм	2,8	0,48	17,4
высота	мм	2,1	0,39	18,6

Таблица 3

Метрические параметры семенного материала можжевельника казацкого (*J. sabina*) (урожай ноябрь 2019 г.)

Показатель	Ед. изм.	Значения		
		среднее, М	ошибка среднего, m	коэфф. вариации, С, %
длина	мм	4,6	0,43	9,5
ширина	мм	3,2	0,46	14,4
высота	мм	2,2	0,31	14,3

Установлено, что в 10 г шишкочод *J. virginiana* в среднем 156 шишкочод и 270 шт семян, выход чистых семян – 16% от массы шишкочод. В 10 г шишкочод *J. sabina* в среднем 86 шишкочод и 170 шт семян, выход чистых семян – 20% от массы шишкочод. Согласно литературным данным по *J. communis* (масса 1000 шт. которых составила 16 г) выяснили, что семена *J. virginiana* (10 г) меньше по массе семян *J. communis* практически в 1,5 раза; масса семян *J. sabina* (24 г) больше по массе семян *J. communis* в 1,5 раза и почти в 2,5 раза больше *J. virginiana* (рис. 2, табл. 4) [10–12].

Также стоит отметить, что распределение качественных показателей выявило закономерность, при которой отклонение в длине и ширине шишкочод между *J. virginiana* и *J. sabina* составило до 20%, но разница в массе шишкочод могла достигать до 40%. Это обусловлено выходом чистых семян от массы шишкочод, так у *J. virginiana* этот показатель составляет 16%, когда у *J. sabina* 20%. Количество семян одинаковое у обоих представителей рода, однако частота встречаемости 2–3 семени выше у *J. sabina*, что и обуславливает высокий процент выхода чистых семян по сравнению с другим видом (рис. 2, табл. 4).

Многолетняя практика интродукции показывает, положительные оценки отношения растений жаркому и засушливому климату Волгоградской области (табл. 5). Наиболее перспективным видом по генеративным качествам является *J. virginiana*, т.к. имеет высокие оценки характера цветения и семеношения, однако существует практика черенкования *J. sabina* и *J. communis* тем самым компенсируется относительно низкий уровень семеношения (табл. 5).

Показатели доброкачественности семян у *J. virginiana* до 70% в условиях каштановых почв Волгоградской области на достаточно высоком уровне по сравнению с показателями семян *J. communis*, где показатели

доброкачественности колеблются в районе 25–45%. При этом семеношение начинается с 6–7-летнего возраста [13, 14].

На базе Нижневолжской станции по селекции древесных пород провели исследование определения всхожести, скорости роста и развития семян можжевельников, используя методики семенного размножения, черенкования, выращивание отводками (стелющиеся формы), а также прививания. Так при семенном размножении *J. virginiana* имеет лучшие показатели скорости роста по сравнению с *J. communis*, *J. sabina*. Сеянцы в 1-й год вегетации – 0,1–0,12 м, во 2-й год – 0,2–0,25 м, 4-летние растения имеют высоту 0,65–0,8 м, а 5–6-летние растения – 1,30–1,7 м, 5–6-летние растения пригодны к высадке на постоянное место.

J. virginiana не востребован в городских посадках засушливого климата. Однако высокие показатели засухоустойчивости, уровня зимостойкости, гибкости вида по отношению к типам почв (также может расти на слабозасоленных почвах) позволили рекомендовать для озеленения городов западных районов. *J. virginiana* ценится многочисленными формами крон (узкая, широкая пирамидальная, округлая), которые нашли широкое применение в садоводстве (табл. 6).

Многолетние посадки видов рода *Juniperus* в г. Камышин продемонстрировали на практике относительную устойчивость к запыленности и загазованности воздуха урбанизированных территорий, притенению. *J. virginiana* универсальный вид в качестве объекта озеленительных посадок, растение хорошо сочетается как в групповых посадках так и в одиночных, прекрасно подходит в качестве зонирования пространства. *J. communis* и *J. sabina* схожи по применению в озеленительных посадках, однако жизненные формы вносят свою специфику. *J. communis* лучше смотрится в группах и одиночных посадках, *J. sabina* в группах нижнего яруса (табл. 7).

Таблица 4

Количественные показатели семян можжевельника виргинского (*J. virginiana*) и можжевельника казацкого (*J. sabina*)

	Можжевельник виргинский (<i>J. virginiana</i>)	Можжевельник казацкий (<i>J. sabina</i>)
Масса 1000 шт., гр.	80	122
Количество шишкочод в 10 гр., шт.	156	86
Количество семян в 10 гр. шишкочод, шт.	270	170
Выход чистых семян от массы шишкочод, %	15,84	20,1
Количество семян в шишкочоде, шт.	1–3	2–3

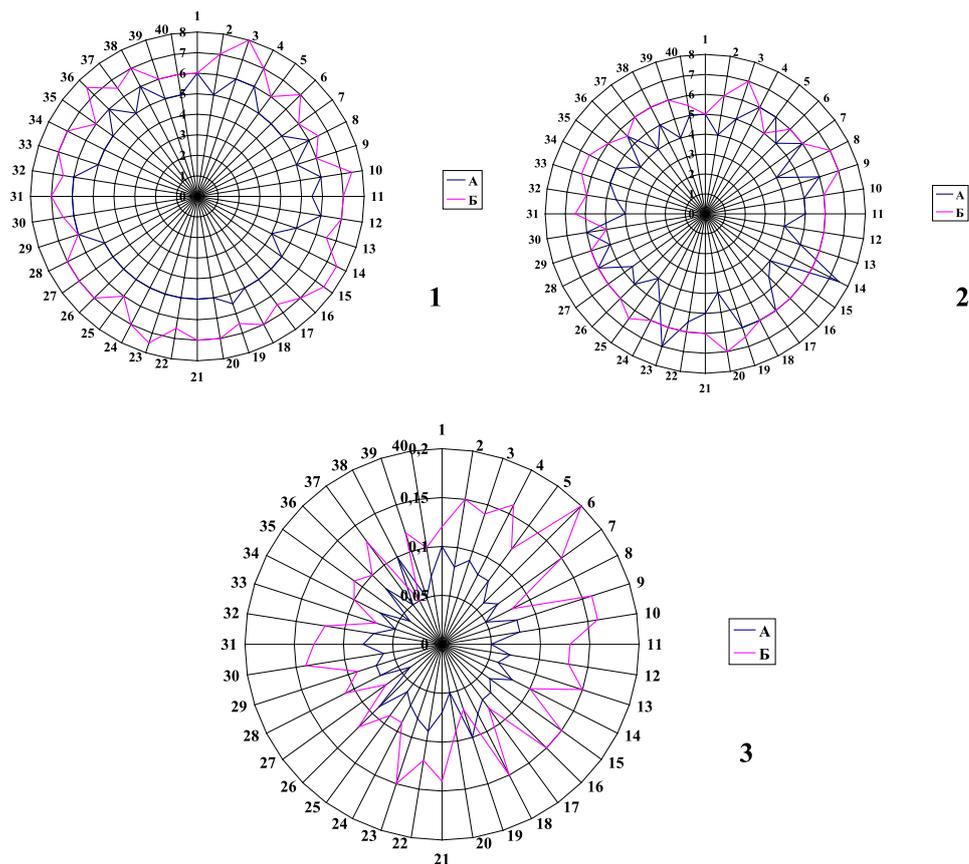


Рис. 2. Распределение значений шишкочегод видов *Juniperus* по длине, см (1); ширине, см (2); массе, г (3); (А – *J. virginiana* L., Б – *J. sabina* L.)

Таблица 5

Эколого-биологическая оценка видов *Juniperus* L. в условиях Волгоградской области

Виды <i>Juniperus</i> L.	Высота, м	Зимостойкость ¹	Засухоустойчивость	Цветение	Семеношение
<i>virginiana</i> L.	5,3–6,0	5	5	5	4
<i>sabina</i> L.	0,4–0,5	5	5	2	2
<i>communis</i> L.	2,8–3,5	5	5	3	3

Примечание. ¹ в баллах, 5 – отличное, 4 – хорошее, 3 – удовлетворительное, 2 – редкое.

Таблица 6

Декоративные показатели *J. virginiana* в сравнении с другими видами, используемыми в озеленении

Виды	Декоративные признаки (баллы) и длительность их проявления (месяц)						Рейтинг видов
	цветки	плоды, шишкочегоды	листья (хвоя) форма	окраска листьев (хвои)	ствол	крона	
<i>Juniperus virginiana</i>	2x1	4x3	6x12	6x3	3x12	6x12	212(1)
<i>Betula pendula</i>	3x1	3x1	4x4	5x1	6x12	6x12	171(2)
<i>Acer platanoides</i>	3x1	5x3	5x4	6x1	4x12	4x12	140(3)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	6x1	2x3	4x4	2x1	3x12	3x12	102(4)

Таблица 7

Распределение видов *Juniperus* L. по типам озеленительных посадок

Виды	Аллеиные насаждения	Массивы	Группы	Солитеры	Живые изгороди	
					неформованные, опушки и бордюры	формованные
<i>J. virginiana</i> L.	+	+	+	+	+	+
<i>J. sabina</i> L.	–	–	+	+	+	–
<i>J. communis</i> L.	–	–	+	+	+	+

Заключение

Проведя исследования в рамках комплексного изучения роста и развития, а также адаптации видов рода *Juniperus* в Волгоградской области, было установлено, что у можжевельника виргинского (*J. virginiana*), в 10 г шишкочагод содержится в среднем 156 шишкочагод и 270 шт семян, выход чистых семян – 15,84% от массы шишкочагод. В 10 г шишкочагодах можжевельника казацкого (*J. sabina*) содержится в среднем 86 шишкочагод и 170 шт семян, выход чистых семян – 20,09% от массы шишкочагод. По комплексу изученных количественных показателей семенного материала установили, что семена *J. virginiana* (10 г) меньше по массе семян *J. communis* (масса 1000 шт. которых составила 16 г) практически в 1,5 раза; масса семян *J. sabina* (24 г) больше по массе семян *J. communis* в 1,5 и почти в 2,5 раза больше *J. virginiana* [8]. Сравнительная характеристика показала высокие показатели засухоустойчивости и зимостойкости у всех исследуемых видов, по вегетативным качествам *J. sabina* имеет наиболее длительный период роста побегов (92 дня) у *J. virginiana* L. составило 76 дней, у *J. communis* L. 60 дней, по генеративным качествам *J. virginiana* имеет лучшие показатели, однако, выход чистых семян у *J. sabina* выше на 4%. *J. sabina*, обладает высокими показателями зимостойкости и засухоустойчивости, семеношения и декоративными качествами. Рекомендуются к посадке в группах, так и в одиночных насаждениях для создания акцента в зелёных композициях, также в качестве живых изгородей. *J. virginiana* по декоративным качествам универсальный вид, он гармонично сочетается в любых видах декоративных насаждений. Имеет высокие показатели семеношения, зимостойкости, засухоустойчивости, растёт на различных типах почв (в том числе на слабосолёных).

Эколого-биологическая оценка *J. communis* выявила низкие показатели семе-

ношения сравнению другими объектами исследования. Однако древесная форма, которая может придать особый рисунок композиции позволяет рекомендовать к посадке в группах и в одиночных насаждениях.

Список литературы / References

- Кузина Л.В., Жавкина Т.М. Биоморфологические особенности видов и сортов рода можжевельник в коллекции Ботанического сада Самарского университета и возможности их использования на урбанизированных территориях // Экологический сборник 7: Труды молодых ученых. Всероссийская (с международным участием) молодежная научная конференция. Самара, 2019. С. 273–277.
- Kuzina L.V., Zhavkina T.M. Biomorphological features of species and varieties of the juniper genus in the collection of the Botanical Garden of Samara University and the possibility of their use in urban areas // Ecological collection 7: Works of young scientists. All-Russian (with international participation) youth scientific conference. Samara, 2019. P. 273–277 (in Russian).
- Коренькова О.О. Биолого-экологические особенности роста и развития *Juniperus foetidissima* Willd. в Горном Крыму: дис. ... канд. биол. наук. Симферополь, 2017. 169 с.
- Korenkova O.O. Biological and ecological features of the growth and development of *Juniperus foetidissima* Willd. in Mountain Crimea: dis. ... kand. biol. nauk. Simferopol', 2017. 169 p. (in Russian).
- Кищенко И.Т. Рост и развитие интродуцированных хвойных видов деревьев в условиях Карелии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2015. С. 6–20.
- Kishchenko I.T. Growth and development of introduced coniferous tree species in the conditions of Karelia. Petrozavodsk: Izd. PetrGU, 2015. P. 6–20 (in Russian).
- Kahveci Gülzade, Alan Murat, Köse Nesibe. Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of Central Anatolia. Dendrobiology. 2018. Vol. 80. P. 61–69. DOI: 10.12657/DENBIO.080.006.
- Семенютина А.В., Свинцов И.П., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А., Жукова О.И. Адаптация древесных видов в экстремальных условиях и критерии отбора генофонда хозяйственно ценных растений // Международные научные исследования. 2017. № 1. С. 77–85.
- Semenyutina A.V., Svintsov I.P., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A., Zhukova O.I. Adaptation of tree species under extreme conditions and selection criteria for the gene pool of economically valuable plants // Mezhdunarodnyye nauchnyye issledovaniya. 2017. № 1. P. 77–85 (in Russian).
- Деревья и кустарники СССР. Т. 1 / ред. Белосельская З.Г. Л., М., 1949. 374 с.
- Trees and shrubs of the USSR. V. 1 / red. Belosel'skaya Z.G. L., M., 1949. 374 p. (in Russian).
- Hoff D.L., Will R.E., Zou C.B., Lillie N.D. Encroachment Dynamics of *Juniperus virginiana* L. and Mesic Hardwood Species into Cross Timbers Forests of North-Central Oklahoma, USA. Forests. 2018. Vol. 9. Iss. 2. No. 75. P. 1–2. DOI: 10.3390/F9020075.
- Еременко А.В., Таран С.С. Можжевельники в озеленении г. Ростова-на-Дону // Успехи современного естествознания. 2014. № 8. С. 119–120.

- Eremenko A.V., Taran S.S. Junipers in the landscaping of Rostov-on-Don // *Advances in current natural sciences*. 2014. № 8. P. 119–120 (in Russian).
9. Ganguli A.C., Engle D.M., Mayer P.M., Salo L.F. Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. *Ecosphere*. 2016. Vol. 7. Iss. 8. DOI: 10.1002/ECS2.1433.
10. Riddle J., Pederson N., Stella J.C., Leopold D.J. Shifting climate sensitivity and contrasting growth trends in *Juniperus* species growing together at opposite range margins. *Tree Ring Research*. 2014. Vol. 70. Iss. 2. P. 101–111. DOI: 10.3959/1536-1098-70.2.101 Copyright 2014.
11. Tylkowski T. Dormancy breaking in Savin juniper (*Juniperus sabina* L.) seeds. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2010. Vol. 79. Iss. 1. P. 27–29. DOI: 10.5586/asbp.2010.004.
12. Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология: 2-е изд. М.: МГУЛ, 2003. 528 с.
- Bulygin N.E., Yarmishko V.T. *Dendrology*: 2nd ed. M.: MGUL, 2003. 528 p. (in Russian).
13. Колесников А.И. Декоративная дендрология. М.: Лесная промышленность, 1974. 249 с.
- Kolesnikov A.I. *Decorative dendrology*. M.: Lesnaya promyshlennost', 1974. 249 p. (in Russian).
14. Vanden-Broeck A., Gruwez R., Cox K., Adriaenssens S., Michalczyk I.M., Verheyen K. Genetic structure and seed-mediated dispersal rates of an endangered shrub in a fragmented landscape: a case study for *Juniperus communis* in north-western Europe. *BMC Genetics*. 2011. Vol. 12. Iss. 73. P. 1–2. DOI: 10.1186/1471-2156-12-73.

СТАТЬИ

УДК 911.37(470.58)

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГОРОДА КУРГАНА**Абросимова И.В.***ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Курган, e-mail: abrosimova45@mail.ru*

Город, как тип территориальной общности населения, давно привлекает к себе внимание исследователей. Различные аспекты города изучаются многими социальными, естественными и другими науками. Важнейшей характеристикой города является его демографический потенциал. Указанный потенциал выступает как модальная характеристика населения в т.ч. конкретного населенного пункта, отражает своеобразный «запас» населения конкретной территории, его способность к воспроизводству. В то же время, указанный потенциал сам является индикатором социально-экономического развития территорий разного уровня и типа, возможности его устойчивого развития. Статья посвящена анализу, интерпретации количественных и качественных показателей демопотенциала, на примере города Кургана как областного центра дотационного региона РФ. Количественные индикаторы отражают численные характеристики совокупности населения урбанизированной территории, в первую очередь это численность населения, показатели общих коэффициентов рождаемости и смертности, естественного и механического движений. Качественные показатели прямо или опосредовано информируют о структуре населения, его демографическом поведении, социальном благополучии или неблагополучии территории – это специальный коэффициент рождаемости, возрастная модель рождаемости, младенческая смертность, половозрастная структура, данные о здоровье населения, продолжительность жизни, демографическая нагрузка. На основе выявленных трендов изменения количественных и качественных характеристик, расчета коэффициента результативности демографической ситуации делается вывод о нарастании кризисных явлений, сокращении демографического потенциала населенного пункта и возможности отнесения г. Кургана к категории демографически депрессивных городов. В совокупности это требует дополнительного регулирования демоситуации через воздействие на те демографические процессы, которые сопровождаются наиболее отрицательными тенденциями.

Ключевые слова: демографический потенциал города, город Курган, качественные и количественные показатели, коэффициент результативности демографической ситуации

DEMOGRAPHIC POTENTIAL OF KURGAN**Abrosimova I.V.***Kurgan State University, Kurgan, e-mail: abrosimova45@mail.ru*

The city, as a type of territorial community of the population, has long attracted the attention of researchers. Various aspects of the city are studied by many social, natural and other sciences. The most important characteristic of a city is its demographic potential. This potential acts as a modal characteristic of the population, incl. of a particular settlement, reflects a kind of «stock» of the population of a particular territory, its ability to reproduce. At the same time, this potential itself is an indicator of the socio-economic development of territories of different levels and types, the possibility of its sustainable development. The article is devoted to the analysis, interpretation of quantitative and qualitative indicators of demopotential, using the example of the city of Kurgan as the regional center of the subsidized region of the Russian Federation. Quantitative indicators reflect the numerical characteristics of the population of an urbanized territory, primarily the population size, indicators of the general birth and death rates, natural and mechanical movements. Qualitative indicators directly or indirectly inform about the structure of the population, its demographic behavior, social well-being or distress of the territory – this is a special fertility rate, age-specific fertility model, infant mortality, sex and age structure, data on the health of the population, life expectancy, demographic load. Based on the identified trends in the change in quantitative and qualitative characteristics, calculation of the coefficient of performance of the demographic situation, it is concluded that the crisis is growing, the demographic potential of the settlement is decreasing, and the city of Kurgan can be classified as demographically depressed cities. Taken together, this requires additional regulation of the demosituation by influencing those demographic processes that are accompanied by the most negative trends.

Keywords: demographic potential of the city, the city of Kurgan, qualitative and quantitative indicators, the coefficient of performance of the demographic situation

В 2019 г. в России насчитывалось 1115 городов, для которых характерна концентрация экономического и социального потенциала. Первостановой данного процесса является сосредоточение населения, и связанного с ним демографического потенциала, именно в городах, в т.ч. – региональных столицах. Эту мысль подтверждает факт, что указанная группа городов, в большинстве случаев, наиболее крупные по числу жителей населенные пункты субъекта РФ, в них формируется до 70% ВРП и сосредото-

чивается до 80% всех инвестиций, входящих на регион [1].

Цель исследования: определение демографического потенциала г. Кургана на современном этапе.

Материалы и методы исследования

Демографический потенциал (ДП) или потенциал воспроизводства населения оценивается современными авторами через использование системы количественных и качественных показателей демографической

обстановки конкретной территории [2]. Разделение на количественные и качественные показатели является в определенной степени условным и зависит от их понимания, трактовки значений конкретным исследователем. Ряд компонентов ДП имеют численные и легко измеряемые характеристики поэтому их относят к количественным индикаторам, тогда как качественные, прямо или опосредовано, информируют о той или иной структуре населения. В целом, все показатели взаимно детерминанты, образуя прямые и обратные связи.

В рамках статьи автором рассматривается набор показателей, источником данных для которых являются официальные доступные результаты текущего учета населения из базы Федеральной службы государственной статистики и сети Интернет [3]. Исследование предполагало формирование совокупности статпоказателей с последующей их систематизацией, анализом и интерпретацией.

Результаты исследования и их обсуждение

Курганская область относится к Уральскому ФО. Область – дотационный регион России, занявший по качеству жизни в 2019 г. 81 место.

Численность городского населения в регионе – 518507 человек. Крупнейшим городским поселением субъекта является областной центр – г. Курган, в котором проживает 315311 чел. на 2019 г. [4]. В рейтинге городов России населенный пункт занимает 64 место и относится к категории крупных. В ретроспективном аспекте максимальная численность населения в городе наблюдалась в 1999 г. – чуть более 367 тыс. чел., с 2000-х гг. происходит снижение числа жителей. Для анализа изменения численности применяется коэффициент прироста/убыли населения (англ. аббревиатура – GR, GR больше единицы – рост характеристики), рассчитанный не только для г. Кургана, но и для области и городского населения региона в целом. Были получены следующие выводы:

– GR г. Кургана за период с 1999 г. по 2019 г. составил – 0,86. Однако внутри временного отрезка наблюдались различия в темпах сокращения численности, направленные на их замедление (с 1999 г. по 2009 г. – 0,87, а с 2009 по 2019 г. – 0,97);

– среднеобластной показатель GR с 1999 г. по 2019 г. составил 0,72, а внутри временные GR равны 0,89, и 0,86, что свидетельствует о более глубоких

(в 1,2 раза) отрицательных трендах изменения числа жителей региона направленные на их нарастание;

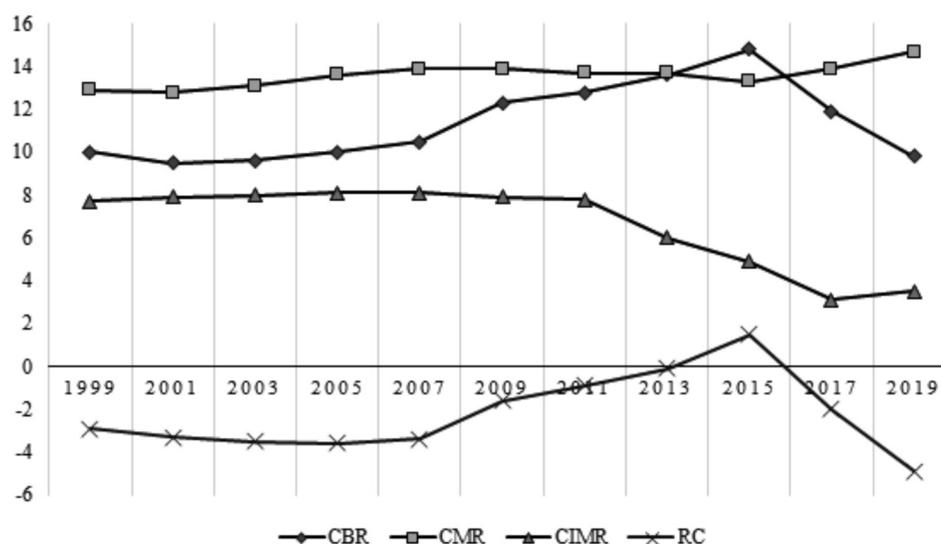
– GR городского населения региона в целом за 1999–2019 г. составляют 0,85 и 0,87, т.е. темпы сокращения населения в областном центре ниже чем в городах областного подчинения.

Рассмотренные тенденции свидетельствуют о возрастании роли областного центра субъекта как места сосредоточения демографического потенциала региона. Данный факт находит подтверждение и данными о доли жителей г. Кургана в численности областного и городского населения – 34,3% и 61,1% соответственно в 1999 г., 37,7% и 61,8% в 2019 г.

Важнейшими факторами роста/сокращения численности населения как индикатора ДП территории является потенциал естественного и миграционного приростов/убыли.

Потенциал естественного движения населения складывается из потенциалов рождаемости и смертности.

Характеристика рождаемости начинается с рассмотрения величин родившихся или коэффициентов рождаемости. Коэффициенты рождаемости относятся как к количественным индикаторам демографического потенциала (общий коэффициент или CBR), так и к качественным (специальный коэффициент рождаемости или CFR), возрастные коэффициенты рождаемости [2]. В абсолютных показателях за период с 1999 г. по 2019 г. число рождений в г. Кургане снизилось с 4117 чел., до 3153 чел. [4], что составляет 34% от числа рождений в области. Максимум данная величина достигала в 2012–2015 гг. – в среднем 4600 чел. При рождении число девочек на 4–5% меньше мальчиков, что соотносится с рамками соотношения полов в демографии. За двадцатилетний период общий коэффициент рождаемости (CBR) неоднозначен. В период с 2001–2015 гг. происходил рост CBR (в 1,4 раза), но уже с 2016 г. – спад. Одной из причин роста коэффициента является развитие мер господдержки и открытие в 2012 г. Перинатального центра в городе. Максимальных величин CBR достигал в 2015 г. – 14,8‰, минимальное – в 2019 г., 9,8‰ (рисунок). В целом, поколение детей не замещает поколение родителей, так как CBR города меньше нижнего предела простого воспроизводства населения (критическое значение показателя, согласно демографическим исследованиям, 15–16‰).



Изменения коэффициентов демопотенциала г. Кургана, %

Родившихся живыми на 1000 женщин в возрасте, лет

Годы	Возрастные группы						
	15–19	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49
1999	34,1	96,2	82,1	45,8	17,6	2,9	0,1
2001	34,0	92,5	91,2	47,0	18,7	2,9	0,1
2003	36,2	93,6	80,8	44,1	15,4	3,1	0,1
2005	35,4	87,9	77,8	44,6	15,5	2,4	0,1
2007	36,2	89,0	91,4	51,2	20,2	3,8	0,1
2009	38,4	94,4	102,9	67,7	27,6	4,0	0,2
2011	34,1	90,9	110,4	71,3	32,0	4,6	0,1
2013	32,2	93,1	129,2	80,4	37,3	5,0	0,2
2015	33,0	95,6	133,7	87,7	39,9	5,2	0,2
2017	27,0	87,6	132,6	93,7	40,8	5,8	0,4
2019	24,3	80,9	120,0	84,8	41,0	5,9	0,4

Общий коэффициент рождаемости не отражает качественное состояние населения в вопросах деторождения. Для показа зависимости числа рождений от качественной структуры населения (в данном случае от соотношения полов, числа женщин фертильного возраста [5]) применим специальный коэффициент рождаемости (CFR). В г. Кургане CFR в 2019 г. равнялся 42,8% – минимальные значения за изучаемый временной интервал. Максимальные значения зарегистрированы в 2016 г. – 57,1%. Увеличение коэффициента в 2016 г. можно связать с довольно необычным случаем: в этом году в Курганской области был зафиксирован всплеск рождения двоен. Большая часть двоен появилась благодаря процедуре ЭКО, которую начали осуществлять

в Курганском областном перинатальном центре с 2015 г. Только за первые пять месяцев 2016 г. родилось 55 двоен – это самый большой показатель за последние 20 лет. В целом же CFR уменьшился более «мягко» чем CBR – на 9%. Интерпретируя значения CFR по шкале специального коэффициента рождаемости, для города он оценивается как низкий или критический (порог критичности 64%).

На специальный коэффициент рождаемости, как на качественный индикатор демографического потенциала, большое влияние оказывает численность и репродуктивное поведение когорты женского населения фертильного возраста – коэффициент корреляции Пирсона – 0,69 (заметная сила связи). В связи с этим, представляют

интересные данные о возрастной модели рождаемости (ACFR) указанной группы женщин (таблица).

Изменения возрастной модели рождаемости в г. Кургане прослеживаются по ряду направлений:

- уменьшение ACFR в группе женского населения 15–19 лет – возраст ранней репродуктивной активности и в группе 20–24 года – возраст наибольшей репродуктивной активности в 1,4 и 1,1 раза соответственно;

- увеличение рождений у матерей более старших возрастов, так в категории 25–29 лет ACFR вырос в 1,5 раза, 30–34 года – в 1,8 раза, 35–39 лет – в 2,2 и 40–44 года – в 2.

Выявленные тренды связаны как с началом реализации natalистских мер господдержки рождаемости, семьи и материнства с 2007 г. с одной стороны, так и с изменением календаря рождений и отложенных рождений. В целом, на одну женщину фертильного возраста в Кургане приходится 1,3 (2019 г.) ребенка в возрасте до 14 лет.

Вторым показателем отражающим ресурс естественного движения населения, как индикатора демопотенциала, является смертность. Коэффициент смертности (CMR) в г. Кургане равнялся 14,7‰ (2019 г.) – минимальное значение среди административных субъектов региона, но максимальное за изучаемый временной период. Наименьшее значение CMR за двадцатилетний промежуток наблюдалось в 2010 г. – 12,8‰ (рисунок). В целом динамика показателя неустойчивая, направленная на увеличение (за период 1999–2019 гг. – на 8%). Интерпретируя значения CMR по шкале смертности Ц. Урланиса и В.А. Борисова, он относится к категории средних величин, с возможным переходом в более высокую группу значений.

Более информативным показателем при анализе смертности является коэффициент младенческой смертности (CIMR). CIMR отражает число умерших в младенческом возрасте при этом свидетельствуя о социально-экономической обустроенности территории определяющей качество и уровень жизни. При среднеобластном значении CIMR равном 4,7‰ (2019 г.), в г. Кургане он составил 3,5‰. Основной тренд CIMR за рассматриваемый период – снижение в 2,1 раза. В целом, значения CIMR интерпретируются как очень низкие.

Также следует отметить, что по обоим коэффициентам смертность мужского населения превышает женскую: от 1,2 в воз-

растной группе до 1 года, до 3,2 в трудоспособном возрасте.

Среди причин смертности населения города на первом месте стоят болезни системы кровообращения (416,3 чел. на 100000 населения), на втором месте (и это один из самых высоких показателей в России) – от онкологических заболеваний (232 случая на 100000 чел.). 9,1 % всех смертей приходится на внешние причины – это третье место [4].

Соотношение показателей рождаемости и смертности определяют потенциал естественного движения населения (RC). Тенденции RC г. Кургана внутри рассматриваемого временного отрезка характеризуются рядом черт (рисунок):

- большую часть двадцатилетнего периода показатель имеет отрицательные значения, достигая минимума в 2019 г. – минус 2,53‰, однако в 2014–2016 гг. он имел положительный характер;

- коэффициент прироста значений RC – 0,23, меняясь от 1 до 0,4, а его сопоставление с коэффициентом прироста GR по годам свидетельствует о его сужении, несмотря на наличие краткосрочного позитивного сдвига.

Вторым фактором, влияющим на сокращение численности населения, его структуру являются миграции. За 1999–2019 гг. в г. Кургане в миграционной динамике выделяются две разнонаправленные тенденции. Первая, вплоть до 2009 г. наблюдался минимальный, но положительный миграционный прирост населения (коэффициент миграции V колебался от 2,12 до 0,27). Вторая, с 2010 г. происходит миграционная убыль населения (V изменялся от минус 0,5 до минус 11), что отрицательно сказывается на демографическом потенциале населенного пункта.

Для оценки изменений демографического ДП в г. Кургане, на основе естественного и миграционного приростов/убыли использовался коэффициент результативности демографической ситуации (КРДС) Ю.В. Фароновой [6]. КРДС в 1999 г. составлял 0,9, а в 2019 г. – 0,7, что подтверждает негативные тенденции в изменении демопотенциала города.

Рассмотренные количественные показатели демопотенциала влияют на его качественные структуры (индикаторы), основной из которых является половозрастная структура населения. За 1999–2019 гг. усредненные данные по возрастным группам, выделенным по А.Г. Сундбергу со-

ставили: детская группа (0–14 лет) – 20,3% от всех жителей населенного пункта, родительская группа (15–49 лет) – 41,4%, группа прародителей (50 лет и старше) – 38,3%. Приведенные данные свидетельствуют о наличии возрастной пирамиды регрессионного типа, причем регрессия нарастает, т.к. каждое последующее поколение детей меньше предыдущего.

Важнейшим качественным индикатором ДП является здоровье населения. Для оценки состояния здоровья населения, как популяционной характеристики, использовались данные о постановке на диспансерный учет, инвалидности и количестве больных социально значимыми заболеваниями, распространённости аборт (т.к. они оказывают определённое неблагоприятное воздействие как на здоровье самой женщины так и ее будущих детей) за период с 1999–2019 гг. были отмечены следующие тенденции:

- происходит увеличение числа жителей, поставленных на диспансерный учет в медучреждениях города, коэффициент прироста составил 0,9;

- около 9% населения города – инвалиды, особенно тревожным является рост показателя детской инвалидности – на 1,02%. Среднемноголетний показатель детской инвалидности составляет 1497,5 случаев на 100 тыс. населения. Главными причинами инавалидации взрослого населения являются болезни системы кровообращения, а детского – психические и неврологические расстройства;

- отмечается тенденция увеличения числа больных по ряду социально значимых заболеваний, в том числе ВИЧ с 32,9 до 107,7 случаев на 100 тыс. населения, онкозаболевания – 463,3 до 512 случаев. В то же время происходит снижение числа больных туберкулезом – с 122,1 до 97,6 случая на 100 тыс., гепатитами В и С – 14,8 до 9,3 случаев. Однако в целом, уровень заболеваемости в регионе и г. Кургане, в частности по указанным видам заболеваний, превышает общероссийский уровень, например по туберкулезу – более чем в 2 раза, по заболеваемости злокачественными новообразованиями – в 1,2 раза;

- по данным статистики, у 75% женщин беременность сопровождается различными видами осложнений. В структуре осложнений лидирующие позиции занимают болезни системы кровообращения в т.ч. анемии, болезни мочеполовой системы. Одной из причин высокого уровня патологий

являются аборты. Число абортов в перерасчете на 1000 женщин фертильного возраста по г. Кургану за двадцатилетний период возросло с 43,8 до 44,3, при этом на каждые 100 родов приходилось в разные года от 85,4 до 80,9 прерываний беременности.

Таким образом, уровень здоровья жителей г. Курсана оценивается как низкий, что в условиях суженного воспроизводства, миграционного оттока может существенно сказаться на показателях рождаемости и смертности ухудшив демографический потенциал.

Рассмотренные показатели демографического потенциала взаимосвязаны между собой и определяют иные его характеристики, среди которых средний возраст населения, продолжительность жизни, демографическая нагрузка.

Средний возраст населения г. Курсана в 2019 г. по сравнению с 1999 г. вырос на 1,2 года составляет 41,1 года. Среди положительных моментов – рост ожидаемой продолжительности жизни с 68,75 лет – все население, в т.ч. 62,54 у мужчин и 75,2 у женщин до 70,81, 65,07 и 76,57 соответственно. Естественная убыль населения, его механический отток и т.д. сказываются на таком качественном индикаторе ДП как демографическая нагрузка. Согласно официальным данным в 2019 г. демографическая нагрузка определялась пропорцией 32:100:51, а на начало рассматриваемого периода – 35:100:47. Таким образом демографическая нагрузка в г. Кургане достигает критических величин – на 10 чел. трудоспособного возраста приходится 8,4 чел., относящихся к категории детей и старших возрастов (последние составляют большую часть).

Выводы

Демографический потенциал г. Курсана, как регионального центра Курганской области определяется совокупностью тенденций, большая часть которых имеет отрицательный характер. Среди положительных моментов – уменьшение младенческой смертности, увеличение продолжительности жизни. К наиболее негативным изменениям индикаторов демопотенциала относятся падение, ниже критических величин, общего и специального коэффициентов рождаемости, изменение возрастных моделей рождаемости при наличии среднего (по верхней планке) уровня общей смертности, миграционный отток населения, ухудшение здоровья. Среди положительных моментов – уменьшение мла-

денческой смертности, увеличение продолжительности жизни. Указанные как отрицательные так и позитивные тренды (с перевесом первых) определяют структуры демопотенциала, а именно регрессивный характер возрастной структуры, увеличение за счет старших возрастов демонагрузки на трудоспособное население

Таким образом, наблюдается ухудшение демографического потенциала, что позволяет отнести г. Курган к категории дедепрессивных городов.

Список литературы / References

1. Суковатова О.П., Терехин В.И. Демографическая ситуация как фактор развития города // Вестник ТГУ. 2008. № 2 (58). С. 171–176.
2. Смиреникова Е.В., Уханова А.В., Воронина Л.В. Обзор современных методических подходов к оценке демографического потенциала // Фундаментальные исследования. 2018. № 11–2. С. 307–313. DOI: 10.17513/fr.42342.
3. Smirennikova E.V., Ukhanova A.V., Voronina L.V. Review of modern methodological approaches to assessing the demographic potential // Fundamental research. 2018. № 11–2. P. 307–313 (in Russian).
4. Абросимова И.В. Тенденции развития современно геодемографической ситуации Каргапольского района Курганской области // Вестник УдГУ. Серия Биология. Науки о Земле. 2019. № 3. С. 394–400. DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-3-394-400.
5. Абросимова И.В. Trends in the development of the modern geodemographic situation in the Kargapolsky district of the Kurgan region // Vestnik UdGU. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2019. № 3. P. 394–400 (in Russian).
6. Управление Федеральной службы государственной статистики по Свердловской и Курганской области. Официальный сайт. База данных показателей муниципальных образований. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/munr.aspx?base=munst37 (дата обращения: 02.09.2020).
7. Office of the Federal State Statistics Service for the Sverdlovsk and Kurgan regions. Official site. Database of indicators of municipalities. [Electronic resource]. URL: http://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/munr.aspx?base=munst37 (date of access: 02.09.2020) (in Russian).
8. Чаленко А. О понятии демографического потенциала в научных исследованиях. [Электронный ресурс]. URL: https://kapital-rus.ru/articles/article/o_ponyatii_demograficheskogo_potenciala_v_nauchnyh_issledovaniyah/ (дата обращения 02.09.2020).
9. Chalenko A. On the concept of demographic potential in scientific research. [Electronic resource]. URL: https://kapital-rus.ru/articles/article/o_ponyatii_demograficheskogo_potenciala_v_nauchnyh_issledovaniyah/ (date of access: 02.09.2020) (in Russian).
10. Фаронова Ю.В. Города Республики Башкортостан: интегральная оценка демографической ситуации // Апробация. 2017. № 2 (53). С. 140–142.
11. Faronova Yu.V. Cities of the Republic of Bashkortostan: an integral assessment of the demographic situation // Aprobatsiya. 2017. № 2 (53). P. 140–142 (in Russian).

УДК 911.2:504.53

ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ НАЗАРОВСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Воробьева И.Б.

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

Сельскохозяйственное производство является одним из факторов, воздействующих на окружающую среду. Назаровская лесостепь относится к «островной», образуя разделенные массивы на территории Средней Сибири. Это наиболее сельскохозяйственно освоенная территория Красноярского края. При сельскохозяйственном использовании в систему круговорота элементов искусственно вводятся существенные количества азота, калия, фосфора. При распашке целинных земель естественная растительность замещается монодоминантной и значительная часть фитомассы изымается вместе с урожаем. Согласно сведениям государственного мониторинга земель и мониторинга состояния окружающей среды Красноярского края установлено, что почвенный покров подвержен деградации, загрязнению, засорению, разрушению. Выявлено, что изменения происходят в физико-химических и водно-физических свойствах пашни. Обнаружено, что содержание влаги в почвенном профиле отражает процессы увлажнения атмосферы. На южных склонах расположены почвы с меньшим увлажнением и более высокой температурой почвы, на северных – создаются условия для более холодных и влажных почв. На горизонтальной поверхности (т. «Родники») обнаружено максимальное содержание влаги, что подтверждается ранее полученными данными. В почвах, находящихся в постоянном сельскохозяйственном обороте (пашня), наблюдается аналогичная динамика природных процессов, что и в естественных. Только водорастворимые формы углерода в пашне имеют меньшую амплитуду колебаний, чем в естественных условиях. Установлено, что природные почвы, в отличие от их антропогенных модификаций, располагают большими запасами влаги, гумуса и водорастворимых форм углерода. Почвы, расположенные в лесостепной зоне, характеризуются повышенным содержанием гумуса в пахотном горизонте и резким снижением в подпахотном. В почвенном поглощающем комплексе доля магния увеличивается с глубиной. Определена нейтральная и слабощелочная реакция почвенной среды. Выявлены изменения в физико-химических и водно-физических свойствах природных и антропогенно измененных почвах, обусловленные экспозицией склона. Пашни на склонах, обращенных на юго-восток, наиболее благоприятны для сельскохозяйственного использования.

Ключевые слова: островная лесостепь, естественные, антропогенно измененные почвы, температура, влажность, мобильные формы углерода

HYDROTHERMAL CONDITIONS OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC CHANGED SOILS OF THE NAZAROV FOREST-STEPPE

Vorobeva I.B.

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

Agricultural production is one of the effects on the environment. The Nazarovskaya forest-steppe belongs to the «island», forming divided massifs on the territory of Middle Siberia. This is the most agriculturally developed territory of the Krasnoyarsk Territory. During agricultural use, significant amounts of nitrogen, potassium, and phosphorus are artificially introduced into the system of element circulation. When plowing virgin lands, natural vegetation is replaced by monodominant and a significant part of phytomass is removed together with the crop. According to the data of state monitoring of lands and monitoring of the state of the environment of the Krasnoyarsk Territory, it has been established that the soil cover is subject to degradation, pollution, clogging, and destruction. It is revealed that changes occur in the physicochemical and water-physical properties of arable land. It was found that the moisture content in the soil profile reflects the processes of humidification of the atmosphere. Soils with less moisture and higher soil temperature are located on the southern slopes, and conditions for colder and wetter soils are created on the northern slopes. The maximum moisture content was found on the horizontal surface (so-called «Springs»), which is confirmed by the previously obtained data. In the soils which are in a constant agricultural turn (arable land), similar dynamics of natural processes, as well as in natural, is observed. Only water-soluble forms of carbon in arable land have a smaller amplitude of oscillations than in natural conditions. It is established that natural soils, in contrast to their anthropogenic modifications, have large reserves of moisture, humus and water-soluble forms of carbon. Soils located in the forest-steppe zone are characterized by an increased content of humus in the arable horizon and a sharp decrease in arable. In the soil absorbing complex, the magnesium fraction increases with depth. The neutral and weakly alkaline reaction of the soil medium is determined. Changes in the physicochemical and water-physical properties of natural and anthropogenically altered soils due to inclination exposures have been revealed. Arable land on the slopes facing southeast is most favorable for agricultural use.

Keywords: island forest-steppe, natural, anthropogenically altered soils, temperature, humidity, mobile forms of carbon

История развития человечества – это, с одной стороны, экономический прогресс, а с другой – уничтожение природной среды. Общеизвестно, что сельскохозяйственное производство является одним из факторов,

воздействующих на окружающую среду. Большие количества азота, калия и фосфора искусственно вводятся в биологический круговорот химических элементов. Высокое содержание их в почве приводит к по-

вышению концентраций в сельскохозяйственных продуктах и питьевой воде.

В Средней Сибири лесостепи не образуют сплошной полосы, а представляют собой разделенные островные массивы. Назаровская лесостепь относится к «островной» лесостепи, а уровень сельскохозяйственного использования оказывается одним из самых высоких в Красноярском крае. Этому способствовало то, что на этой территории люди жили с древних времен и осваивали эти земли в относительно благоприятных природно-климатических условиях.

При разработке природных почв естественная растительность заменяется монодоминантной. М.А. Глазовская, Н.Д. Давыдова указывали, что на пахотных угодьях культурная растительность произрастает сезонно, а осенью значительная часть выращенной фитомассы убирается. С фитомассой изымаются элементы питания за пределы корнеобитаемого слоя. В последующем происходит вымывание их с поля с латеральным поверхностно-склоновым и почвенно-грунтовым стоком [1, 2]. М.И. Герасимова и др. пришли к выводу, что перемена растительности нарушает нормальный ход биотических процессов в почве, ослабляет биологическую активность, уменьшает количество и состав перегноя [3].

В Государственном докладе о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 г. указано, что качество почвы во всех районах края ухудшается. Почвенный покров подвержен деградации, загрязнению, засорению и разрушению. В результате неконтролируемого использования земель происходит истощение почвы, исчезает устойчивость к разрушению и способность восстанавливать плодородие [4]. Деградация почвы активизируется за счет использования упрощенных сельскохозяйственных технологий в большинстве районов региона. В материалах Красноярского государственного аграрного университета утверждается: «Сельскохозяйственное использование почвы приводит к ежегодной потере перегноя – 0,23 т/га, а 34 % пахотных земель имеют низкое и очень низкое содержание подвижного фосфора» [4].

Высокоплодородные естественные (природные) почвы – черноземы и серые лесные почвы преобладают в сельхозугодьях региона.

Цель исследования: представить трансформирование гидротермических показателей (температура и влажность) почв и мобильного органического вещества при-

родных и антропогенно измененных почв в разных местоположениях.

Материалы и методы исследования

Многие авторы указывают, что уклон поверхности в сочетании с экспозицией склона имеют большое значение для процессов, протекающих в почве, поскольку они влияют на поступление солнечного тепла, стока и накопление влаги атмосферных осадков. Н.С. Кухарук и др. указывают, что время солнечного освещения меньше на склонах, чем на горизонтальной поверхности и именно летом наиболее выражены различия между склонами [5].

Выявлено, что лимит теплоснабжения и увлажнения определяют высокую чувствительность почв к антропогенным воздействиям. В лесостепной зоне, по мнению многих авторов, потенциальное плодородие почв довольно высокое. Реакция среды варьируется от нейтральной до слабощелочной. В почвенном поглощающем комплексе доля магния увеличивается с глубиной. Гумус сосредотачивается в пахотном горизонте, существенно уменьшаясь в подпахотном.

Исследовались почвы, которые расположены на наклонной поверхности юго-восточной и юго-западной экспозиции (рис. 1).

Объекты изучения – чернозем слабовыщелоченный среднемощный с бобово-подорожниково-овсецовой растительностью с хвощом (т. 5). Подробные физико-химические свойства почв представлены в работе [6]. Пашня – т. 6 характеризуется неровной поверхностью с небольшими струйчатыми размывами. Систематическая обработка пахотного горизонта существенно меняет морфологическую структуру почвы. Предшествующие исследования (D.T. Mihailovich etc., V. Civic etc.) ранее отмечали повышенную чувствительность лесостепных черноземов к изменениям температуры воздуха и количеству осадков [7, 8].

Настоящее исследование опиралось на месячные данные наблюдений о температуре воздуха и осадках с метеостанции «Шарыпово».

Применялись методы: ландшафтно-геохимические, сравнительно-географические, сравнительно-аналитические, профилно-генетические, картографические и статистические.

В середине лета, в июле, на заданных постоянных точках были взяты образцы почв на химический анализ. Почвенные пробы отбирались и анализировались

по общепринятым методикам химического анализа и согласно ГОСТам [9]. В течение всего периода наблюдений пашни находились под посевами (не считая времени, когда находились под «паром»). Многолетние режимные исследования дали возможность получить данные по исследованию динамики температуры и влажности природных и антропогенно трансформированных почв Назаровской лесостепи.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ годовых сумм осадков по метеостанции «Шарыпово» за 1986–2018 гг. показал их соответствие норме (444 мм). Отдельные положительные и отрицательные колебания осадков приводили к тому, что размах амплитуды осадков превышал двукратный размер.

За исследуемый 33-летний период выявилось значительное превышение нормы в течение семи лет, а значения ниже нормы были в течение четырех лет. В 1996, 2009 и 2010 гг. фиксировались отрицательные среднегодовые значения температуры воздуха.

Наибольшие среднегодовые температуры воздуха были отмечены в 1995, 2002, 2007, 2015 и 2017 гг. – более 3,0 °С при норме 0,9 °С (рис. 2).

По данным метеостанции «Шарыпово» в июле средняя температура воздуха колебалась от 15,8 до 20,3 °С, а количество осадков изменялось более чем в 8 раз (регистрировались значения от 21 до 169 мм).

Установлено, что осадки, выпадающие в летний период, увлажняют только верх-

ний 10–20 см слой почвы, глубже, до 50–80 см, промачивание наблюдается относительно редко. В почве пополнение запасов влаги (влажозарядка) происходит только в осенний период, поскольку затраты на транспирацию и физическое испарение незначительны. Исследования, проведенные в Центральной Канаде, обнаруживают отклик почвенного органического вещества на климатическую динамику [10].

Агротехнические мероприятия оказывают сильное воздействие на почвы, находящиеся в сельскохозяйственном использовании. Это приводит к изменениям их свойств. Многими авторами выявлено, что после распашки снижения запасов гумуса максимальны в первые годы, затем его содержание становится стабильным, но на более низком уровне. Существенные изменения происходят в физико-химических и водно-физических свойствах почвы. В летнее время усиливается прогревание пахотного горизонта, вследствие чего растут температура почвы и амплитуда колебаний влажности. Вследствие повышенного физического испарения и потребления влаги корнями культурных растений в верхней части почвенного профиля происходит самый интенсивный расход влаги.

Количественные измерения позволили утверждать, что пахотные почвы, расположенные на склоне юго-восточной (т. 6) и юго-западной экспозиции (т. «Родники»), имеют похожую величину гумусового горизонта – 34–38 см, количество гумуса отличается незначительно. Содержание гумуса в разы уменьшается в подпахотном горизонте: т. 6 – в 2,5 и т. «Родники» – в 2 раза.

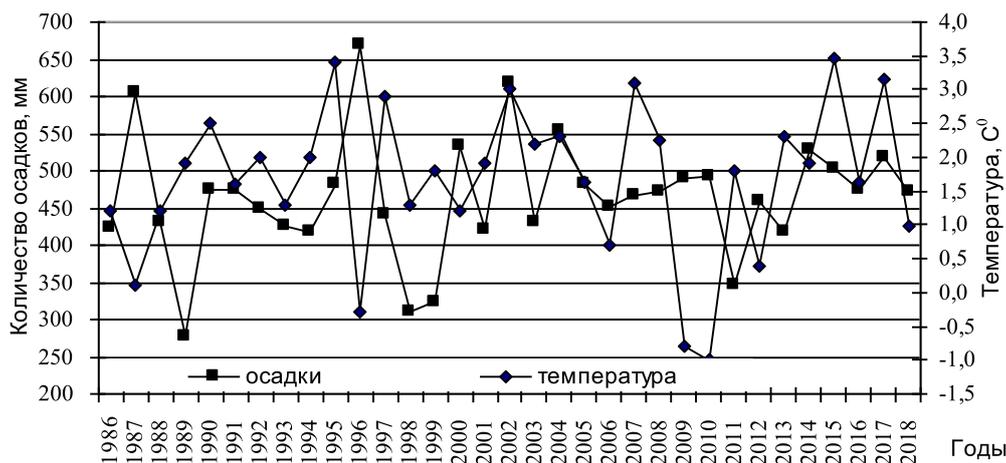


а)

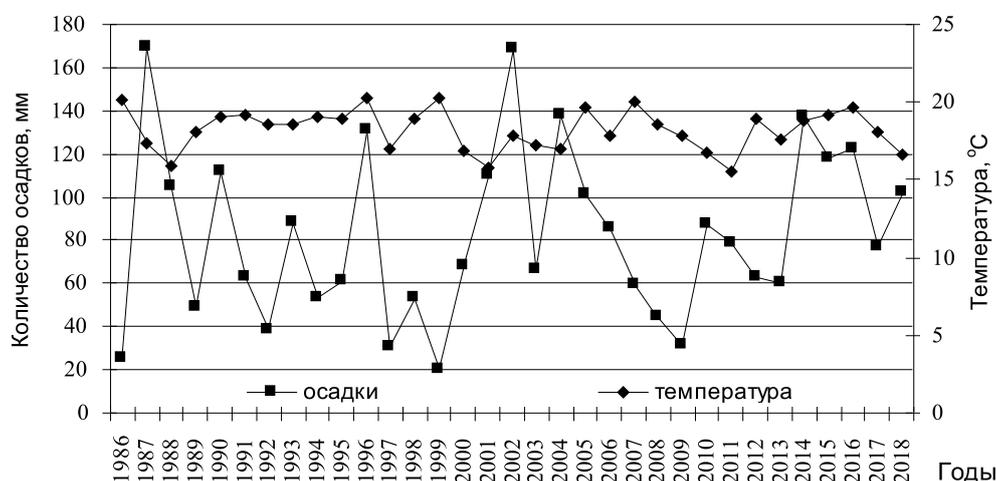


б)

Рис. 1. Территория исследования. Склон юго-восточной экспозиции: чернозем слабовыщелоченный среднемогучный (а); склон юго-западной экспозиции, березовый высокотравный лес с темно-серой лесной почвой (антропогенная модификация – пашня) (б) (фото И.Б. Воробьевой)



а)



б)

Рис. 2. Среднегодовая (а) и среднеиюльская (б) температура воздуха и сумма осадков по данным метеостанции «Шарыпово»

В природных почвах и их антропогенных модификациях зафиксированы незначительные изменения показателей рН, в диапазоне слабокислой реакции среды (колебания в пределах 0,55 значений рН) в средней части профиля.

Общеизвестно, что содержание влаги в почве отражает процессы увлажнения атмосферы (рис. 3).

Южные склоны хорошо прогреваются, и на них отмечены почвы с повышенной температурой и пониженным увлажнением, а на северных склонах – почвы с пониженной температурой и повышенным увлажнением. В почве, расположенной на склоне юго-западной экспозиции (т. «Родники»),

обнаружено максимальное содержание влаги, что подтверждается ранее полученными данными.

Исходя из имеющихся метеонаблюдений установлено, что восемь лет из изучаемого периода 1986–2018 гг. по гидротермическим показателям (пониженным температурам, высокому содержанию влаги в почве, малому количеству водорастворимых форм углерода) можно признать чрезвычайными. Ранее проведенные исследования показали, что увеличение влажности почвы способствует образованию подвижных форм органического вещества и его вымыванию за пределы почвенного профиля [6]. Годы, последующие за холодными, как правило,

теплые, с минимальной суммой осадков. В эти теплые годы отмечается дефицит влаги, и подвижные органические соединения концентрируются в почве.

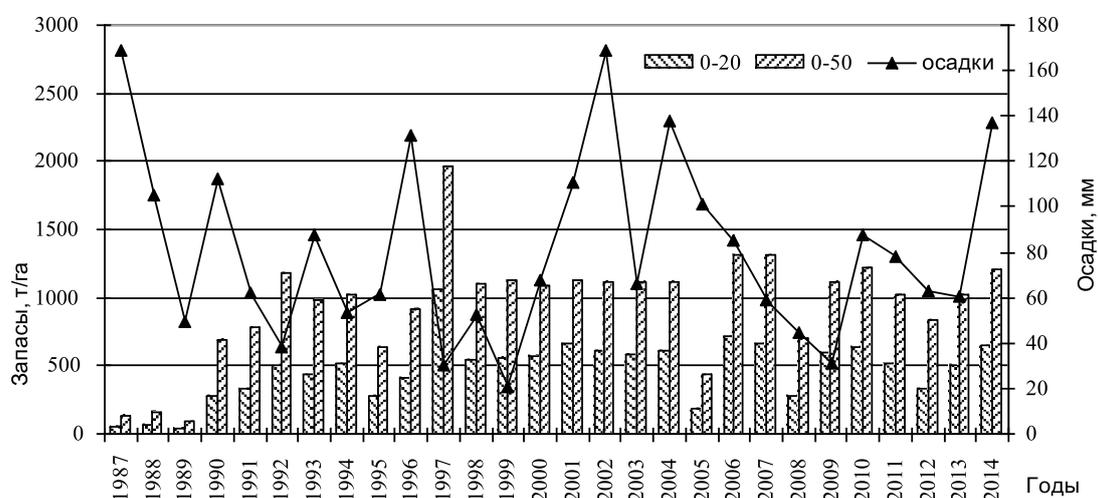
Рассмотрение данных запасов общего углерода, водорастворимых форм углерода (органического, минерального), элементов – кальция, магния и влажности – выявил существенные различия в характере их распределения в почвенном профиле (таблица).

Агротехнические мероприятия (система обработки почвы, севообороты, удобрения, борьба с сорняками и др.), используемые в сельском хозяйстве, приводят к значительным изменениям физико-химических и водно-физических свойств. Установлено,

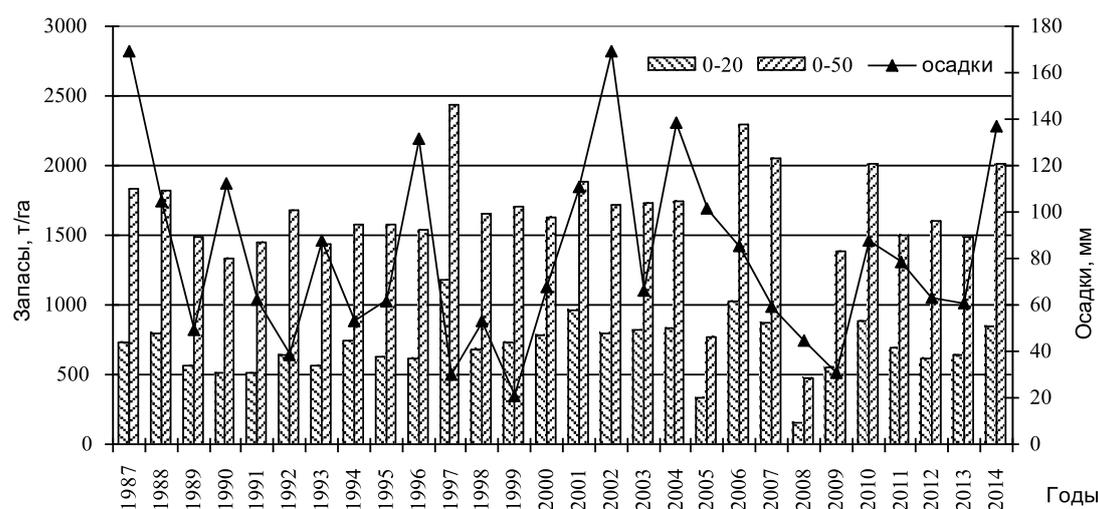
что природные и пахотные почвы имеют общие закономерности в изменении водорастворимых форм углерода, которое выражается в уменьшении амплитуды колебаний.

Заключение

Изучение динамики температуры, влажности и подвижного органического вещества в природных почвах и их антропогенно-измененных модификациях (пашне), расположенных в разных условиях (на склонах юго-восточной и юго-западной экспозиции) выявило некоторые закономерности в изменении температуры, влажности, содержании общего, органического и минерального углерода.



а)



б)

Рис. 3. Динамика запасов влаги в черноземе слабовыщелоченном среднемоющем – т. 5 (а) и антропогенно измененном – т. б – пашня (б) и количество осадков (июль)

Запасы водорастворимых форм элементов (кг/га) и влаги (мм)

Запасы, кг/га	Юго-восточная экспозиция, глубина, см				Юго-западная экспозиция «Родники», глубина, см			
	Т. 5		Т. 6 (пашня)		лес		пашня	
	0–20	0–50	0–20	0–50	0–20	0–50	0–20	0–50
$C_{\text{общ.}}$, т/га	140	270	107	194	517	617	72	149
$C_{\text{орг.}}$	731	1547	609	759	1159	1839	231	879
$C_{\text{мин.}}$	48	112	194	540	67	115	59	127
Ca	28	346	414	1116	277	495	141	337
Mg	33	41	54	167	31	116	54	115
w, мм	28	70	15	47	55	131	36	103

В результате длительной распашки антропогенные модификации природных почв – пашни приобрели существенные отличия по ряду физических и химических свойств, от своих природных аналогов. Наиболее глубокие изменения зафиксированы в почвенном поглощающем комплексе и водно-физических свойствах.

Выявлено, что природные почвы, в отличие от их антропогенных аналогов, обладают большими запасами влаги, гумуса и водорастворимых форм углерода.

Таким образом, четко прослеживается зависимость физико-химических и водно-физических свойств антропогенно измененных почв от экспозиции склона. Пашни на склоне, обращенном на юго-восток, обладают наиболее благоприятными физико-химическими и водно-физическими свойствами для сельскохозяйственного использования.

Список литературы / References

1. Глазовская М.А. Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости // Известия РАН. Серия географическая. 1992. № 5. С. 5–12.
 Glazovskaya M.A. Biogeochemical organization of ecological space in natural and anthropogenic landscapes as a criterion for their sustainability // Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya. 1992. № 5. P. 5–12 (in Russian).
 2. Давыдова Н.Д. Геосистемный подход в изучении природных и антропогенно-нарушенных комплексов // Вестник ТГУ. 2014. Т. 19. № 5. С. 1507–1511.
 Davydova N.D. Geosystem approach to the study of natural and anthropogenically disturbed complexes // Vestnik TGU. Vol. 19. № 5. 2014. P. 1507–1511 (in Russian).
 3. Герасимова М.И., Стrogанова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.

Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofieva T.V. Anthropogenic soils (genesis, geography, reclamation). Smolensk: Oikumena, 2003. 268 p. (in Russian).

4. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году. Красноярск, 2015. 297 с.

State report on the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk region in 2014. Krasnoyarsk, 2015. 297 p. (in Russian).

5. Кухарук Н.С., Смирнова Л.Г., Нарожная А.Г., Чендев Ю.Г., Глазунов Г.П. Динамика влажности почв заповедных участков лесостепи на фоне внутривековой климатической изменчивости // Научные ведомости Бел.ГУ. Серия: Естественные науки. 2017. № 25 (274). С. 79–90.

Kukharuk N.S., Smirnova L.G., Narozhnyaya A.G., ChendeV Yu.G., Glazunov G.P. Dynamics of soil moisture in protected areas of the forest-steppe against the background of intrasecular climatic variability // Nauchnyye vedomosti Bel. GU. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2017. № 25 (274). P. 79–90 (in Russian).

6. Воробьева И.Б. Динамика гидротермических показателей и особенности изменений естественных и антропогенных измененных почв Назаровской лесостепи Средней Сибири // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 39–44. DOI: 10.17513/use.37211.

Vorobeva I.B. Dynamics of hydrothermal parameters and peculiarities of changes in natural and anthropogenic altered soils of the Nazarovskaya forest-steppe of Central Siberia // Advances in current natural sciences. 2019. № 10. P. 39–44 (in Russian).

7. Mihailovich D.T., Dreskovic N., Arsenis I., Civic V., Durdevic V., Mimich G., Pap I.I., Balazh. Impact of climate change on soil thermal and moisture regimes in Serbia: An analysis with data from regional climate simulations under SRES-A1B. Science of The Total Environment. 2016. Vol. 571. P. 398–409.

8. Civic V., Dreskovic N., Mihailovich D. T., Mimich G., Arsenis I., Durdevic V. Which is the response of soil in the Vojvodina Region (Serbia) to climate change using regional climate simulations under SRES-A1B. Catena, 2017. Vol. 158. P. 171–183.

9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд. Московского ун-та, 1971. 487 с.

Arinushkina E.V. Manual for the chemical analysis of soils. M.: Izd. Moskovskogo un-ta, 1971. 487 p. (in Russian).

10. Purton K., Pennock D., Leinweber P., Walley F. Will changes in climate and land use affect soil organic matter composition Evidence from an ecotonal climosequence. Geoderma, 2015. Vol. 253–254. P. 398–409.

УДК 553.8:338.486:796.51(470.54)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ОЖИДАНИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ

Гордеева И.В.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
Екатеринбург, e-mail: ivgord@mail.ru*

Статья посвящена исследованию некоторых аспектов развития геологического туризма в Свердловской области, являющейся одним из наиболее индустриализированных регионов России с длительной историей добычи разнообразных видов полезных ископаемых, включая драгоценные металлы и самоцветные камни. Геологический туризм, несмотря на его успешное развитие в европейских и азиатских странах, является относительно новым для туристического бизнеса Российской Федерации направлением, однако достаточно перспективным для территорий с большими запасами разнообразных полезных ископаемых. На территории Свердловской области был разработан проект геопарка «Самоцветное кольцо Урала», который рассматривался как перспективный бренд для развития российского туризма, рассчитанный на различные категории населения. Однако анализ показывает, что несмотря на большое количество активных маршрутов, предлагаемых туристическими фирмами Екатеринбурга, геологический туризм за последние восемь лет остается в основном на региональном уровне, пользуясь спросом преимущественно у жителей областного центра, а разнообразные геологические экскурсии имеют статус туров выходного дня. Исследование причин такой ситуации позволяет заключить, что главными из них являются слабая информированность российского населения об ассортименте предлагаемых туристических услуг в регионе, недостаточное развитие инфраструктуры, необходимой для привлечения массового внешнего потребителя, а также неготовность туристических операторов Екатеринбурга к работе с таким потребителем. Очевидно, что без привлечения дополнительных финансовых ресурсов с учетом специфики конкретных проектов, а также разработки программ по активной пропаганде соответствующих маршрутов с использованием внешних источников информации, полноценной конкуренции на рынке туристических услуг, говорить о подлинной реализации разработанной программы не приходится.

Ключевые слова: геологический туризм, объекты геотуризма, туристические маршруты, развитие туризма, заинтересованность потребителей

GEOLOGICAL TOURISM IN SVERDLOVSK REGION: EXPECTATIONS, REALITY AND PROBLEMS

Gordeeva I.V.

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: ivgord@mail.ru

The article is devoted to the study of some aspects of the geological tourism development in the Sverdlovsk region, which is one of the most industrialized regions of Russia with a long history of mining various types of minerals, including precious metals and semi-precious stones. Geological tourism, despite its successful development in European and Asian countries, is a relatively new direction for the tourism business in the Russian Federation but quite promising for territories with large reserves of various minerals. On the territory of the Sverdlovsk region, a Geopark project «Gem Ring of the Urals» was developed, which was considered as a promising brand for the development of Russian tourism, designed for various categories of the population. However, the analysis shows that despite the large number of active routes offered by travel agencies in Ekaterinburg geological tourism over the past eight years has remained mainly at the regional level, being in demand mainly among residents of the regional center and various geological excursions have the status of weekend tours. The study of the reasons for this situation allows us to conclude that the main ones are the poor information of the Russian population about the range of offered tourist services in the region, insufficient development of the infrastructure necessary to attract a massive external consumer, as well as the unwillingness of Ekaterinburg tourist operators to work with such a consumer. Obviously, without attracting additional financial resources, taking into account the specifics of concrete projects as well as developing programs to actively promote the corresponding routes using external sources of information, full-fledged competition in the tourist services market, it is impossible to talk about the true implementation of the developed program.

Keywords: geological tourism, geotourism objects, tourist routes, tourism development, consumer interest

Геологический туризм рассматривается как относительно новое туристическое направление, по крайней мере, для России, где он до сих пор является экзотикой (в отличие от пляжного, делового или паломнического), хотя в ряде европейских государств предпосылки для его развития складываются еще в XIX в. [1]. Международный конгресс геотуризма определил

данное понятие как «туризм, который поддерживает и обеспечивает идентичность конкретной территории, принимая во внимание ее геологию, экологическое состояние, культуру, эстетику и благосостояние резидентов» [2]. Уже из самого определения следует, что объектами геотуризма могут являться не только памятники природы абиотического происхождения (скалы, вул-

канические кратеры), но и индустриальные объекты (металлургические заводы), добывающие шахты, месторождения полезных ископаемых и др. По утверждению J. Nita и U. Myga-Piatek [3] к числу категорий интересов современных геотуристов относятся: 1) геоморфологические структуры (скалы, пещеры, вулканы, озера); 2) разнообразие геологические и тектонические формы (полезные ископаемые разных типов, палеонтологические находки); 3) геологические процессы (землетрясения – их последствия, извержения гейзеров, морские приливы); 4) антропогенно трансформированные ландшафты (карьеры, шахты, речные дамбы); 5) результаты геолого-инженерной деятельности (сооружение туннелей, процесс добычи полезных ископаемых); 6) элементы и объекты культурного наследия (каменные города, орудия палеолитической, мезолитической и неолитической культуры) и 7) формы экспозиции представленных находок (геологические и палеонтологические музеи).

Исходя из перечисленного выше, можно заключить, что геотуризм в когнитивном плане находится на стыке геологии, географии, геохимии и экологии, включая в себя получение геологических знаний, особенно в области петрографии, минералогии и палеонтологии, в комбинации с широко трактуемой концепцией активного осмотра достопримечательностей с целью получения знаний прежде всего о природной среде. В этом смысле геологический туризм тесно сближается с природопользованием, особенно если учесть, что под «активным осмотром достопримечательностей» может пониматься и участие в добыче конкретных минералов, которые впоследствии возвращаются владельцу месторождения (золото, драгоценные камни первой категории) либо используются самими туристами в качестве памятных сувениров (поделочные и полудрагоценные камни, куски железной и медной руды и пр.).

В связи с этим можно определить главную функцию геотуризма как обеспечение понимания прошлых и настоящих геологических процессов и осознание необходимости защиты природной среды, связанной с этими процессами [4]. В то же время имеющийся на сегодняшний день зарубежный опыт свидетельствует, что несмотря на определенную популярность, геологический туризм не способен стать таким же массовым и прибыльным, как, например, пляжный, в силу своей специфики. Спец-

ифичность геотуризма подразумевает, в частности, сезонную доступность многих объектов, что делает проблематичным развитие туристической инфраструктуры [5]. Кроме того, геологический туризм может требовать определенного уровня физической подготовки и соответствующих навыков в области спелеологии, скалолазания, а также владения специальным оборудованием (геологические молотки, зубила, лопатки), что создает затруднения для людей с ограниченными возможностями [3]. Наконец, следует признать, что знания о земной коре не относятся к числу популярных среди учащихся и более взрослого населения, что создает уже проблему с использованием просветительских методов, обязательных для подобного направления туризма. В итоге: результат данной экскурсии напрямую зависит от интеллектуального потенциала и заинтересованности конкретной туристической группы.

Как уже отмечалось ранее, в России геологический туризм до сих пор рассматривается как относительно новое, но перспективное направление, что определяется большим разнообразием отечественного природно-ресурсного потенциала, составляющего свыше 40% национальных богатств страны, а также сохранившимся высоким уровнем индустриализации, многие объекты которой насчитывают более чем вековую историю. К настоящему времени разработаны концепции создания и развития геопарков в ряде российских регионов, включая Республику Карелию, Республику Алтай, Забайкальский край, Челябинскую и Свердловскую область [1]. В последнем регионе проект геологического парка «Самоцветная полоса Урала» начинает активно обсуждаться с 2012 г., и к настоящему времени определены основные привлекательные для потенциальных туристов места, связанные с периодом первичной индустриализации и добычи полезных ископаемых: завод-музей Демидовых в г. Нижний Тагил, наклонная башня в г. Невьянске, геологический музей и музей камнерезного искусства в г. Екатеринбурге, музей золота и платины и учебная шахта в г. Березовский, изумрудные копи в п. им. Малышева, месторождения самоцветов в Режевском районе, минералогический музей им. Ферсмана в с. Мурзинка и некоторые другие объекты регионального и всероссийского значения. Подразумевалось, что уже в 2016 г. туристический поток в данном направлении составит 120–140 тыс. человек

в год и в дальнейшем будет только нарастать. Однако следует признать, что первоначальные оптимистические ожидания оказались далеки от реальности, и уровень финансовых поступлений в бюджет Свердловской области фиксируется на уровне значительно ниже ожидаемого, несмотря на распространение рекламной информации за пределы региона.

Цель исследования заключалась в изучении реальной ситуации с развитием геологического туризма на территории Свердловской области, а также причин, влияющих на спрос населения на данный вид услуг.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования был проведен анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных проблемам и задачам геологического туризма, а также интервью с менеджерами туристических фирм г. Екатеринбурга и участниками геологических экскурсий. Кроме того, среди студентов колледжа Уральского государственного экономического университета, изучающих дисциплину «Экологические основы природопользования» проводился опрос, посвященный отношению последних к экологическому туризму.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2020 г., так же как и во все предыдущие годы, значительная часть экскурсий на геологические объекты представляла собой т.н. «туры выходного дня» для населения г. Екатеринбурга, по разнообразию которых Свердловская область по праву занимает одно из первых мест в РФ. Средняя стоимость подобного тура составляет 1500–2400 руб. (в зависимости от удаленности объекта и наличия или отсутствия дополнительных мероприятий в программе), количество участников в группе обычно не превышает 12–25, а в некоторых случаях и 8 человек. Таким образом, общее количество туристов, посещающих геологические объекты на территории Свердловской области, составляет, по самым оптимистичным подсчетам, 20–30 тыс. человек в год от всех туристических фирм и даже с учетом неорганизованных и полуправильных выездов на территории.

Между тем, как свидетельствует анализ, количество туристических агентств и операторов, предлагающих своим клиентам геологические туры в качестве маршрутов выходного дня, возросло

с 2012 до 2020 г. в несколько раз (рис. 1). Параллельно происходит и расширение ассортимента туристических объектов, включающих уже не только упомянутые ранее достопримечательности «Самоцветной полосы», но и другие маршруты: посещение искусственного озера Тальков камень, возникшего на месте добычи одноименного минерала, и фарфорового завода в г. Сысерть, поиск уральских самоцветов – гранатов, переливтов, цитринов, горного хрусталя, родонита в районе г. Полевского, с. Шайтанки и др. мест, визиты на глиняные карьеры в окрестностях г. Богдановича («Марсианские пейзажи»), на заброшенное к настоящему времени месторождение медной руды (пос. Медный) и малахита в районе с. Гумешки и пр. (рис. 2). Однако полностью специализируются на подобного рода услугах в основном два оператора Екатеринбурга – «Тур-Урал» и «Аркаим-трэвел», все остальные структуры выполняют только посреднические функции турагентов либо осуществляют разовые мероприятия по заявкам конкретных организаций. Таким образом, можно отметить, что основной потребительский спрос на геологический туризм в целом удовлетворяется за счет присутствующих на рынке в течение длительного срока туристических фирм, а постоянное обновление ассортимента во многом стимулируется стремлением вновь заинтересовать в поездках одну и ту же клиентуру. Принимая во внимание численность населения Екатеринбурга (1,5 млн человек) и таких крупных городов областного подчинения как Нижний Тагил и Каменск-Уральский, турпродукт «геологический туризм» продолжает пользоваться определенным спросом и обеспечивает существование вышеупомянутых операторов, хотя туристический поток по-прежнему ограничивается населением конкретного региона, не привлекая большого внимания даже жителей соседних территорий.

Следует признать, что к настоящему времени проект «Самоцветная полоса Урала» так и не превратился в подлинный туристический бренд, привлекательный для массового потребителя, такой как «Байкал – жемчужина Сибири» или «Горный Алтай». В чем тут дело? Очевидно, что причины заключаются не в отсутствии туристического потока как такового, так как Екатеринбург является крупным транспортным узлом и пунктом делового туризма на протяжении нескольких десятилетий.

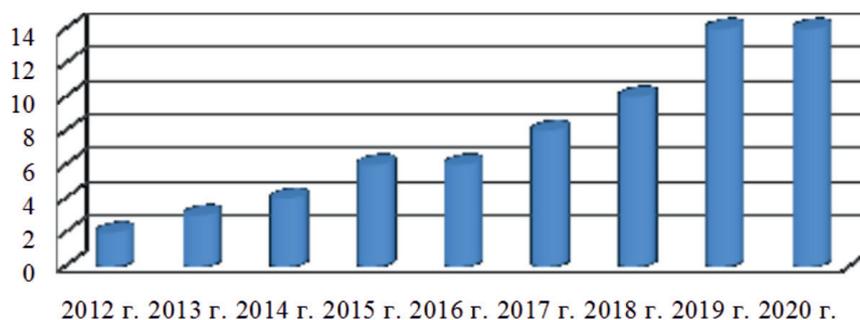


Рис. 1. Динамика изменения количества турфирм в г. Екатеринбурге, предлагающих маршруты геологического туризма

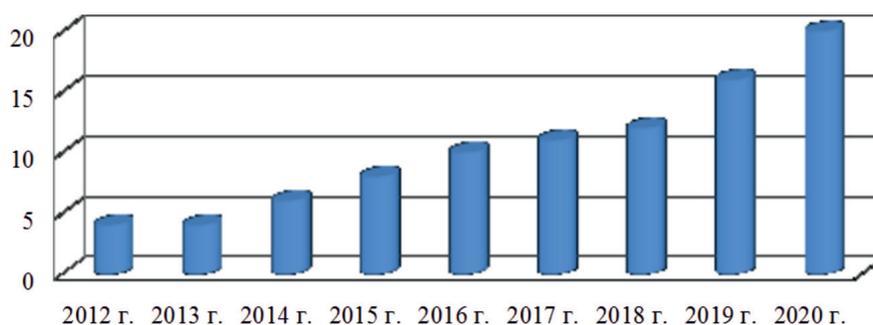


Рис. 2. Динамика изменения ассортимента маршрутов геологического туризма в г. Екатеринбурге

Первая причина – слабая информированность населения об имеющемся спектре услуг в сфере геологического туризма. К сожалению, Екатеринбург ассоциируется только и исключительно с расстрелом семьи последнего Российского императора Николая II, поэтому в качестве обязательного места посещения туристами рассматривается Ганина Яма – место, где были обнаружены останки захоронения, и все екатеринбургские предприятия и организации предлагают визитерам только этот маршрут, даже если он не вызывает у делегации интереса.

По мнению J.K. Nenonen и S.V. Stepanova [4] одним из критериев возможности создания геопарка является мифологизированность территории – наличие реальных или вымышленных историй, связанных с объектом наследия. В этом плане Свердловская область как нельзя лучше соответствует данному критерию, так как вся история уральских заводов, камнерезного промысла и золотодобычи получила отражение в сказах П.П. Бажова, известных вплоть до настоящего времени на территории большей части пост-советского пространства.

Проблема заключается в том, что при наличии когнитивной базы значительная часть потенциальных туристов слабо осведомлена о привязке описанных в литературе сюжетов к конкретным местам и событиям. Как свидетельствует опрос, проведенный среди студентов колледжа Уральского государственного экономического университета, изучающих дисциплину «Экологические основы природопользования», значительная часть обучающихся, даже будучи осведомленными о литературном творчестве Бажова, имеет поверхностное представление о реальной основе сюжетов, видах полезных ископаемых и самоцветов, добываемых на территории региона, и практически никто из 104 участников опроса не имел понятия о существовании целой серии маршрутов геологического туризма в пределах транспортной доступности (рис. 3).

S.M. Prendivoj в статье, посвященной изучению привлекательности мест геологического туризма для молодежи, отмечает, что основными компонентами последнего являются образование, просвещение и интерес, поскольку интерактивные формы приоритетны для привлечения внимания обучающихся [6].



Рис. 3. Результаты опроса студентов колледжа УрГЭУ об отношении к геологическому туризму

В этом плане следует предусмотреть возможность различных видов программ для потребителей в зависимости от возрастного состава потенциальных групп [7]. В настоящее время подобную дифференциацию можно отметить только для программы в г. Березовский, где посещение музея Золота и платины сопровождается экскурсией в учебную шахту, а для более молодой аудитории предусмотрен квест в данной шахте.

Следующая причина – слаборазвитая туристическая инфраструктура за пределами областного центра. Если речь идет о полноценной экскурсии для внешних туристов, то необходимо предусматривать не только посещение конкретного объекта, но и совмещение геотуризма с другими, не менее популярными направлениями – сельским, приключенческим, экологическим туризмом и даже отдыхом, что подразумевает транспортную доступность, наличие гостиниц, кафе, баз отдыха и пр. Все это присутствует в Свердловской области, но либо в недостаточном количестве, либо не включено в маршрут, либо находится за его пределами. В результате, как уже отмечалось ранее, большинство туристических программ сводится к турам выходного дня для жителей региона, которые, в силу понятных причин, гораздо менее требовательны к качеству инфраструктуры.

Поскольку любой геолого-минералогический тур подразумевает не только активную поисковую деятельность, но и познавательные аспекты, особые требования предъявляются к качеству экскурсионного обслуживания. К сожалению, претензии к экскурсоводам являются наиболее распространенными среди клиентов, пользующихся услугами туроператоров. Нередко отмечается непрофессионализм или просто небрежное отношение экскурсоводов к выполнению своих обязанностей, слабое вла-

дение фактическим материалом, когда путают имена, события и даты, субъективное отношение к конкретным темам, отсутствие учета специфики группы (когда в одной и той же форме материал излагается для школьников и людей с высшим образованием) и даже полное отклонение от темы, когда профессиональный рассказ подменяется беседой, не имеющей никакого отношения к экскурсии. В подобных случаях даже красота ландшафтов, дополнительные услуги (самостоятельная добыча минералов) и музейные коллекции не в состоянии полностью компенсировать складывающееся негативное впечатление о приобретенном туристическом продукте, особенно применительно к туристам из других регионов России и зарубежных государств, которые не имеют возможности еженедельного выбора туров.

Выводы

Все перечисленные выше аспекты – слабая информированность об имеющемся спектре услуг в области геологического туризма, недостаточное развитие инфраструктуры в пределах маршрутов, практически полное отсутствие заинтересованности туроператоров в привлечении клиентуры из внешнего турпотока, мешают активному развитию въездного туризма в пределах «Самоцветной полосы Урала». На сегодняшний день становится очевидным, что без привлечения дополнительных финансовых ресурсов с учетом специфики конкретных проектов, а также разработки программ по активной пропаганде соответствующих маршрутов с использованием внешних источников информации, полноценной конкуренции на рынке туристических услуг, говорить о подлинной реализации разработанной программы не приходится. Кроме того, для привлечения внимания к геологическому туризму молодежи, необходима работа

по просвещению обучающихся в области геологии, минералогии и смежных дисциплин в рамках школьных и университетских курсов таких дисциплин как «География», «Экология», «Природопользование», «Региональная экономика», что позволит сформировать определенную когнитивную основу и заинтересованность в практическом применении полученных знаний.

Список литературы / References

1. Светов С.А., Колесников Н.Г., Колесникова Н.В. Предпосылки организации геопарков в Республике Карелия // Современные проблемы сервиса и туризма. 2016. Т. 10. № 1. С. 111–119. DOI: 10.12737/17791.
1. Svetov S.A., Kolesnikov N.G., Kolesnikova N.V. Preconditions for geoparks establishment in the Republic of Karelia // *Sovremennyye problemy servisa i turizma*. 2016. V. 10. № 1. P. 111–119 (in Russian).
2. Allan M. Geotourism: why do children visit geological tourism sites? *Dirasat, Human and Social Sciences*. 2014. V. 41. S. 1. P. 653–661.
3. Nita J., Myga-Piatek U. Geotourist potential of post-mining regions in Poland. *Bulletin of Geography – Physical Geography Series*. 2014. № 7. P. 139–156. DOI: 10.2478/bgeo-2014-0007.
4. Nenonen J.K., Stepanova S.V. Geological tourism development in the Finnish-Russian borderland: the case of the cross-border geological route «Mining Road». *Acta Geoturistica*. 2018. V. 9 № 1. P. 23–29. DOI: 10.1515/agta-2018-0003.
5. Рубан Д.А. Геотуристический потенциал территорий и его основные составляющие // Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2012. № 1(15). С. 42–47.
5. Ruban D.A. Geotouristic potential of region and its basic components // *Vestnik Taganrogskogo instituta upravleniya i ekonomiki*. 2012. № 1(15). P. 42–47 (in Russian).
6. Prendivoj S.M. Tailoring signs to engage two distinct types of geotourists to geological sites. *Geosciences*. 2018. № 8. DOI: 10.3390/GEOSCIENCES8090329.
7. Дзгоева Е.А. Геологический туризм в дополнительном образовании школьников // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2015. № 1 (36). С. 43–47.
7. Dzagoeva C.A. Geological tourism at additional education students // *Izvestiya Altayskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. 2015. № 1 (36). P. 43–47 (in Russian).

УДК 504.453:504.4.054:504.064.2

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ РАСШИРЕНИЯ КУОРТОВ В СОЧИНСКОМ РЕГИОНЕ

Гудкова Н.К.

Филиал института природно-технических систем, Сочи, e-mail: n.k.gud@yandex.ru

Расширение курортов в Сочинском регионе связано с существенным увеличением нагрузки на уникальные водные экосистемы региона. Исследования в области идентификации факторов негативного влияния на водные экосистемы приобретают особую важность для устойчивого развития Сочинского региона. Исследуемый регион имеет сложное геологическое строение и подвержен негативному влиянию техногенных и природных процессов. Статья посвящена анализу этих опасных процессов на примере долины реки Мзымты, где за последнее десятилетие наблюдалось масштабное строительство олимпийских объектов для зимних олимпийских игр 2014 г. и трех новых горнолыжных курортов в горном кластере. В статье подробно рассмотрены экзогенные геологические процессы, локальные геохимические аномалии и основные виды техногенной нагрузки, которые выявлены в долине р. Мзымты в результате проведенного исследования. Проведена идентификация факторов негативного влияния на экосистему р. Мзымты в условиях расширения курортов, которые расположены на горных склонах. В результате проведенного исследования выявлены три основных группы факторов негативного влияния: активизация опасных геологических процессов, геохимическое загрязнение, высокая техногенная нагрузка. Для минимизации экологических рисков рекомендуется разработка алгоритма исследований водных экосистем с учетом трех основных групп факторов негативного влияния на водные экосистемы. В перспективе предложенный алгоритм действий может применяться для оперативного анализа и принятия обоснованных управленческих решений. На основе проведенного исследования сделаны выводы, которые могут быть использованы для обоснованной геоэкологической оценки долины р. Мзымты в условиях расширения курортов в Сочинском регионе.

Ключевые слова: водные экосистемы, экзогенные геологические процессы, геохимические аномалии, рекреационные территории, экологическая безопасность

IDENTIFICATION OF FACTORS OF NEGATIVE IMPACT ON WATER ECOSYSTEMS IN THE CONDITIONS OF EXPANSION OF RESORTS IN THE SOCHI REGION

Gudkova N.K.

Branch of the Institute of Natural and Technical Systems, Sochi, e-mail: n.k.gud@yandex.ru

The expansion of resorts in the Sochi region is associated with a significant increase in the load on the unique water ecosystems of the region. Research in the field of identification of negative factors affecting water ecosystems is of particular importance for the sustainable development of the Sochi region. The studied region has a complex geological structure and is subject to the negative influence of man-made and natural processes. The article is devoted to the analysis of these dangerous processes on the example of the Mzymta river valley, where over the past decade there has been a large-scale construction of Olympic facilities for the 2014 winter Olympics and three new ski resorts in the mountain cluster. The article describes in detail exogenous geological processes, local geochemical anomalies and the main types of technogenic load that were identified in the Mzymta river valley as a result of the study. Identification of factors of negative impact on the ecosystem of the Mzymta river in the conditions of expansion of resorts located on mountain slopes is carried out. As a result of the study, three main groups of negative impact factors were identified: activation of dangerous geological processes, geochemical pollution, and high technogenic load. To minimize environmental risks, it is recommended to develop an algorithm for studying water ecosystems, taking into account three main groups of factors that have a negative impact on water ecosystems. In the future, the proposed algorithm of actions can be used for operational analysis and making informed management decisions. Based on the study, conclusions are drawn that can be used for a well-founded geoecological assessment of the Mzymta river valley in the context of the expansion of resorts in the Sochi region.

Keywords: water ecosystems, exogenous geological processes, geochemical anomalies, recreational areas, environmental safety

Расширение курортов в Сочинском районе связано с увеличением нагрузки на уникальные водные экосистемы региона. Активное освоение территорий, расположенных в долинах горных рек, связано с деградацией водных экосистем. Исследования в области идентификации факторов негативного влияния на водные экосистемы, приобретают особую важность для устойчивого развития Сочинского региона в ус-

ловиях активного расширения новых горнолыжных курортов «Роза Хутор», «Красная поляна», «Газпром».

Цель исследования

Целью данной работы является идентификация факторов негативного влияния на водные экосистемы для совершенствования механизмов управления природопользованием в регионах рекреационно-

туристской специализации на примере р. Мзымты.

Материалы и методы исследования

Основным материалом, послужившим основой для исследования, являются результаты геоэкологических работ Северо-Кавказского геоэкологического центра (СК ГЭЦ) ГУП «Кубаньгеология», которые проводились под непосредственным руководством автора в 2000–2005 гг. Кроме того, в 2019 г. автором проведено рекогносцировочное обследование района долины р. Мзымты. В 2019–2020 гг. были обобщены и проанализированы все доступные материалы в сфере мониторинга окружающей среды Сочинского региона [1–3]. Изложенный в статье материал анализирует основные факторы негативного воздействия на водные экосистемы на примере долины р. Мзымты за 17-летний период, с 2002 по 2019 г.

Результаты исследования и их обсуждение

За последнее десятилетие в Сочинском регионе наблюдалось масштабное строительство объектов инфраструктуры для проведения зимней олимпиады 2014 г. и трех новых горнолыжных курортов. Наиболее интенсивному техногенному воздействию подверглась территория Адлерского района г. Сочи. Все новые объекты располагались в долине р. Мзымты и ее притоков. Река Мзымта – самая крупная река Сочинского региона, длиной 89,7 км и площадью водосбора 885 км² [4]. Основными притоками являются р. Ачипсе и ее приток Лаура; Пслух, Чвижепсе и Кепша. Изменение в рельефе от пологого к более крутому наблюдается на границе сланцевых пород и вулканогенных образований. Даечные тела диабазовых порфиритов, диабазов и порфиритов в толще глинистых сланцев образуют крутые ступенчатые склоны речных долин. Особенно хорошо эти элементы рельефа наблюдаются по бортам р. Мзымты. Крутизна склонов колеблется от 25 до 60–65°. Там, где уклон доходит до 25–30°, сохраняется сплошной слой делювия, достигающий местами 5–10 м мощности. Аккумулятивный рельеф развит по долинам рек Ачипсе, Бешенка, Пслух и Мзымта. Здесь широко развиты моренные, флювиогляциальные и современные аллювиальные отложения. На склонах повсеместно развиты пролювиально-делювиальные отложения, достигающие 16 м мощности. Широкомас-

штабное строительство в долине р. Мзымты может спровоцировать нарушение сложившегося динамического равновесия и привести к активизации опасных геологических процессов и загрязнению водных экосистем. Рассмотрим более подробно основные факторы, которые могут влиять на устойчивое развитие Сочинского региона в условиях активного расширения новых горнолыжных курортов «Роза Хутор», «Красная поляна» и «Газпром».

Геологические процессы. Современные геологические процессы носят дифференцированный характер, причем активность их зависит в основном от направленности неотектонических движений той или иной структуры. Наложение движений продольных и поперечных морфологических структур создает узлы повышенной тектонической активности, к которым приурочены основные очаги землетрясений в исследуемом регионе.

Большую активность и опасность в исследуемом регионе представляют экзогенные геологические процессы (*ЭГП*): абразия; эрозия, затопления, сели, оползни, карст, осыпи и обвалы.

Эрозионные процессы постоянных водотоков активизируют другие типы процессов (обвальных, осыпных, оползневых, боковой эрозии и пр.). Донная эрозия водотоков наиболее развита в горной части района. Геоэкологическое значение эрозии в районе весьма значительно. Анализ изменчивости пораженности береговой эрозией выявил незначительное развитие береговой эрозии в высокогорной зоне, где энергия водотоков преимущественно направлена на углубление дна. Река Мзымта характеризуется в целом невысоким меандрированием и подверженностью берегов эрозионным размывам. Лишь в низовьях р. Мзымты пораженность достигает 40–50%, боковой эрозии здесь подвержена высокая пойма и I надпойменная терраса. Последняя характеризуется интенсивным хозяйственным освоением, что наносит ущерб водной экосистеме, чему способствуют и другие техногенные процессы, особенно выборка рудового материала.

За счет эрозии временных водотоков на склонах, сложенных рыхлыми осадками, развиваются мелкие промоины и овраги. Пораженность эрозией временных водотоков возрастает в основном с высотой гор. Техногенная нагрузка стимулирует эрозию временных водотоков. Чаще всего это происходит при вырубках леса, прохождении

просек на горных склонах, перевыпасе скота, прокладке дорог и троп, складировании отходов и строительных грунтов, оставлении незасыпанных карьеров и т.д.

В долине р. Мзымты существуют периодически затапливаемые при паводках участки. Негативное воздействие заключается в том, что строительство объектов в береговой зоне, забор руслового материала и зарегулирование рек уменьшает сечение русла, что может привести к чрезвычайным ситуациям.

В горной части района за последние годы наблюдается увеличение оползневой и селевой активности, что вызвано вырубкой леса, уничтожением растительного покрова и активизацией эрозионных процессов на склоне [5]. Оползневые процессы способствуют не только образованию селей, но и приводят к образованию кратковременных запруд. Оползни и сели деформируют участки автомобильных и железных дорог, разрушают сооружения, а также участвуют в переносе и расширении загрязнения окружающей среды, в первую очередь водных экосистем.

Осыпи и обвалы характерны преимущественно для крутых склонов, сложенных легко выветриваемыми горными породами. Значительная активизация обвально-осыпных процессов, за исследуемый период, произошла в результате строительства тоннелей и совмещенной автомобильной и железной автодороги на Красную поляну, где располагаются новые горнолыжные курорты.

Геохимическое загрязнение. В исследуемом районе выделены участки повышенного содержания химических элементов в основных компонентах геологической среды (почво-грунтах, донных осадках, водах), обусловленные как особенностями геологического строения района, так и воздействием техногенных факторов. Эти участки интерпретируются как локальные геохимические аномалии (ЛГА) природного или техногенного характера. ЛГА по своему генезису условно разделяются на природные и техногенные. Природные ЛГА обусловлены особенностями геологического строения региона. Техногенные ЛГА обусловлены различными видами техногенеза. Основные виды техногенеза будут рассмотрены в статье далее.

Повышенные фоновые содержания химических элементов в почвах высоко- и среднегорных ландшафтов вызваны интенсивно протекающими здесь гео-

логическими процессами, приводящими к выветриванию коренных пород и накоплению тяжелых металлов и других химических элементов в почвах и донных осадках водотоков.

С геоэкологических позиций новые горнолыжные курорты, расположенные на левом борту долины р. Мзымты, приурочены к зоне распространения ЛГА токсичных элементов, включая радиоактивные – ртути, свинца, меди, цинка, марганца, хрома и др. Геологической средой здесь являются в основном верхнеплейстоценовые отложения, в верхних частях склонов, голоценовые – в средних и нижних частях склонов. Литологически это щебнистые коллювиальные, галечниково-глыбовые моренные, реже делювиальные отложения с суглинистым и глинистым наполнителем, перекрывающие коренные породы – преимущественно аргиллиты с прослоями алевролитов. Там, где мощность четвертичных отложений менее 3 м, при строительстве вскрываются коренные породы. В зависимости от уклонов рельефа, при строительстве автодорог склоны подрезаются на 3–5 м, что вызывает активизацию обвально-осыпных и оползневых процессов. В результате их развития происходит дальнейшее вскрытие геологического разреза вверх по склону с обнажением горных пород. Таким образом, источником воздействия на водные экосистемы служит та часть геологической среды, которая вовлекается в миграцию в процессе строительства.

Повышенные содержания ртути, связанные с наличием небольших месторождений и проявлений киновари в этом регионе, могут представлять потенциальную опасность при дальнейшем расширении горнолыжных курортов в долине р. Мзымты. Эколого-геохимическая специфика воздействия строительства новых объектов и расширения инфраструктуры горнолыжных курортов в исследуемом районе заключается в том, что в процесс активизации включаются не только опасные экзогенные геологические процессы (оползни, сели, осыпи, эрозия и др.), но и токсичные элементы (ртуть, кадмий, свинец и др.), сосредоточенные в коренных породах и продуктах выветривания горных пород.

Проведенный анализ показал, что поверхностные воды в р. Мзымты и ее притоках до 2008 г. отличались высоким качеством, прозрачностью и низким содержанием взвешенных веществ. В период наиболее интенсивного строительства

в 2009–2013 гг., по данным мониторинговых наблюдений, отмечено, что вода в р. Мзымте мутная, а в дождливый период на ее склонах происходит интенсификация оползневых, эрозионных и селевых процессов [6].

По данным ФГУ «Кубаньмониторинг-вод», весной 2010 г. в результате проведения интенсивных строительных работ в районе Краснополянского участка было обнаружено максимально большое за весь период наблюдения содержание взвешенных веществ – 1098 мг/дм³ (среднее содержание – 207 мг/дм³). После завершения активной фазы строительных работ, связанных с возведением олимпийских объектов, содержание взвешенных веществ в воде р. Мзымты снизилось [7].

В 2019 г., по данным мониторинга [8], во всех наблюдаемых реках было отмечено характерное загрязнение медью (до 8,3 ПДК) и марганцем (до 21,2 ПДК), железом общим (до 16,2 ПДК), цинком (до 4,8 ПДК) и алюминием (до 8,5 ПДК). Загрязненность рек обусловлена в первую очередь высоким содержанием тяжёлых металлов, что связано с наличием геохимических аномалий в горных породах района исследований и техногенной нагрузкой.

Следует отметить, что в целом данная территория характеризуется повышенным геохимическим фоном по ряду химических элементов, что было отмечено в ряде опубликованных ранее работ [9, 10]. В результате геоэкологических работ, проводимых Северо-Кавказским геоэкологическим центром в период с 2000 по 2005 г., и более поздних исследований [11] в районе выделено несколько локальных геохимических аномалий (ЛГА), представленных медью, хромом, цинком, свинцом, серебром, фосфором, марганцем и др.

Ниже приводится краткая характеристика нескольких, наиболее крупных ЛГА:

– Аномалия расположена вдоль федеральной трассы Адлер – Красная Поляна, обусловлена повышенным содержанием свинца, нефтепродуктов, хрома. По расположению вдоль автотрассы и составу загрязнителей аномалию следует отнести к техногенным ЛГА.

– Аномалия выявлена в районе расположения аэропорта «Сочи». Основным компонентом загрязнения являются нефтепродукты, повышено содержание хрома и свинца, что позволяет отнести эту аномалию к техногенным ЛГА.

– Аномалия, расположенная в районе реки Кепши, представлена медью, хромом,

цинком, свинцом, серебром, фосфором, марганцем. Имеет, предположительно, природное происхождение.

– Аномалия выявлена в районе расположения бывшего полигона твердых бытовых отходов, на правом склоне р. М. Херота. Основными компонентами загрязнения являются нефтепродукты и свинец. В ассоциации элементов-загрязнителей здесь присутствуют галлий, серебро, цинк, медь, хром, никель, фосфор. Эту ЛГА следует отнести к типично техногенным.

– Аномалия выявлена в районе расположения Адлерского вагонного депо, где основным компонентом загрязнения являются нефтепродукты, свинец, никель. Также в ассоциации элементов-загрязнителей присутствуют молибден, хром, медь, цинк, олово. Аномалию можно отнести к техногенным ЛГА.

Техногенез. Основными видами техногенеза в районе являются: строительный, транспортный, рекреационный, селитебный, гидротехнический и горно-промышленный. Техногенная нагрузка априори негативно влияет на водные экосистемы. Горно-промышленный комплекс в исследуемом регионе охватывает разработки стройматериалов в карьерах, выборки песчано-гравийного материала из пойм рек, складирование грунтов, изъятых при проведении строительных работ и отходов. Этот вид техногенеза активизирует опасные оползневые, селевые, эрозионные и осыпные процессы, что влечет за собой загрязнение и деградацию водных экосистем.

Таким образом, на основе проведенного анализа факторов негативного воздействия на водные экосистемы долины р. Мзымты за период с 2002 по 2019 г., идентифицированы три группы наиболее значимых факторов: геодинамические процессы; ЛГА и геохимическое загрязнение; техногенная нагрузка.

Для минимизации негативного воздействия на водные экосистемы рекомендуется разработка четкого алгоритма исследований [12]. При разработке такого алгоритма должны учитываться все три группы выявленных факторов.

Предлагается следующая последовательность работ:

– на первом этапе, на основе ранее проведенных исследований и выполненных полевых работ создается матрица в форме таблицы, содержащей инженерно-геологическую и экологическую информацию, включающая сведения о выявленных факторах негативного воздействия;

– на следующем этапе специальная программа, использующая современные цифровые методы обработки информации, подготавливает визуализацию информации в виде комплекта специальных карт;

– на следующем этапе для удобства различных групп пользователей рекомендуется обобщение полученной информации в виде схем, содержащих три цвета: красный – территории, где выявлено активное действие всех трех групп факторов, желтый – выявлено активное действие двух групп факторов, зеленый – выявлено активное действие только одной группы факторов.

Разработанный алгоритм может применяться для оперативного анализа геоэкологической информации и принятия обоснованных управленческих решений.

Выводы

1. Исследованный район долины р. Мзымты характеризуется сложной геоэкологической обстановкой, характеризующейся высокой сейсмичностью, широким развитием ЭГП, наличием геохимических аномалий.

2. В районах нового строительства горнолыжных курортов существует угроза расширения ореола химического загрязнения, связанного с миграцией загрязняющих веществ из геохимических аномалий природного или техногенного происхождения.

3. Идентифицированы 3 основные группы факторов негативного влияния на водные экосистемы при реализации новых проектов: активизация опасных геологических процессов; геохимическое загрязнение; высокая техногенная нагрузка.

4. Необходимо комплексное исследование системы управления рисками ЭГП и деградации водных экосистем для обеспечения экологической безопасности, перспективного планирования и устойчивого развития Сочинского региона в условиях расширения новых горнолыжных курортов и других регионов рекреационно-туристской специализации.

5. Для минимизации экологических рисков рекомендуется разработка алгоритма исследований водных экосистем с учетом трех основных групп факторов негативного влияния на водные экосистемы: геологические процессы; геохимическое загрязнение; техногенная нагрузка.

6. В перспективе разработанный алгоритм может применяться для оперативно-го анализа геоэкологической информации

и принятия обоснованных управленческих решений.

Список литературы / References

1. Государственный мониторинг состояния недр территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet_29.html (дата обращения: 12.08.2020).

State monitoring of the state of subsurface resources of the territory of the southern and North Caucasus Federal districts in 2014. [Electronic resource]. URL: http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet_29.html (date of access: 12.08.2020) (in Russian).

2. Государственный мониторинг состояния недр территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2015 гг. [Электронный ресурс]. URL: http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet_29.html (дата обращения: 12.08.2020).

State monitoring of the state of subsurface resources of the territory of the southern and North Caucasus Federal districts in 2015. [Electronic resource]. URL: http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet_29.html (date of access: 12.08.2020) (in Russian).

3. ФГУ «Кубаньмониторингвод» и НИИ прикладной, экспериментальной экологии Кубанского госагроуниверситета. Результаты гидрохимических и гидробиологических наблюдений за состоянием поверхностных вод рек, расположенных в зоне строительства олимпийского комплекса г. Сочи за 2010 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://voda.mnr.gov.ru/activities/detail.php?ID=6021> (дата обращения: 12.08.2020).

FSU “Kubanmonitoringvod” and research Institute of applied and experimental ecology of Kuban state agrarian University. Results of hydrochemical and hydrobiological observations of the state of surface waters of rivers located in the construction zone of the Olympic complex of Sochi in 2010. [Electronic resource]. URL: <http://voda.mnr.gov.ru/activities/detail.php?ID=6021> (date of access: 12.08.2020) (in Russian).

4. Дрожжина К.В. Особенности природно-климатических условий бассейна реки Мзымты для целей рекреационной деятельности // Молодой ученый. 2013. № 5. С. 196–198.

Drozzhina K. V. Features of natural and climatic conditions of the Mzymta river basin for recreational activities // Young scientist. 2013. no. 5. P. 196–198 (in Russian).

5. Гудкова Н.К. Мониторинг геологической среды олимпийских объектов в Сочи // Системы контроля окружающей среды. 2016. № 3 (23). С. 130–133.

Gudkova N.K. Monitoring of the geological environment of Olympic facilities in Sochi // Environmental control Systems. 2016. No. 3 (23). P. 130–133 (in Russian).

6. Гудкова Н.К. Олимпийский проект в Сочи: экологические аспекты // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 2. С. 91–94.

Gudkova N.K. Olympic project in Sochi: environmental aspects // Academia. Architecture and construction. 2015. no. 2. P. 91–94 (in Russian).

7. ФГБУ «ГХИ». Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://gidrohim.com/node/80> (дата обращения: 12.08.2020).

FGBU “GHI”. Yearbook of surface water quality of the Russian Federation. 2016. [Electronic resource]. URL: <http://gidrohim.com/node/80> (date of access: 12.08.2020) (in Russian).

8. ФГБУ «СЦГМС ЧАМ». Обзоры об уровне загрязнения поверхностных вод суши. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pogodasochi.ru/info/85> (дата обращения: 12.08.2020).

FSBI “SCGMS CHAM”. Reviews of the level of land surface water pollution. 2019. [Electronic resource]. URL: <https://www.pogodasochi.ru/info/85> (date of access: 12.08.2020) (in Russian).

9. Лаврищев В.А., Пруцкий Н.И., Семенов В.М. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Кавказская. Лист К-37-V. Изд. 2-е. СПб., 2002. 1 с.

Lavrishchev V.A., Prutskiy N.I., Semenov V.M. State geological map of the Russian Federation scale 1:200 000. Caucasian Series. List K-37-V. 2nd Ed. SPb., 2002. 1 p. (in Russian).

10. Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Любимцев А.Л. Идентификация экологических рисков, связанных с развитием рекреационно-туристских регионов Черноморского побережья Кавказа на примере комплексной оценки экосистемы горной реки Лаура // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 1 (35). С. 23–34.

Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Lyubimtsev A.L. Identification of environmental risks associated with the development of recreational and tourist regions of the black sea coast of the Caucasus on the example of a comprehensive assessment of the ecosystem of the mountain river Laura // Sustainable development of mountain territories. 2018. Vol. 10. No. 1 (35). P. 23–34 (in Russian).

11. Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. Радиоэкологические особенности почвенно-растительного покрова долины реки Мзымта Сочинского Черноморского побережья // АгроЭкоИнфо. 2019. № 4. С. 25–30.

Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. Radioecological features of the soil and vegetation cover of the Mzymta river valley of the Sochi black sea coast // Agroecoinfo. 2019. no. 4. P. 25–30 (in Russian).

12. Гудкова Н.К., Ренева М.И. Алгоритм исследования территорий с опасными геологическими процессами в Сочинском регионе // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2019. Т. 4. № 3 (17). С. 34–40.

Gudkova N.K., Reneva M.I. Algorithm of research of territories with dangerous geological processes in the Sochi region // Grozny natural science Bulletin. 2019. Vol. 4. No. 3 (17). P. 34–40 (in Russian).

УДК 911.2 (571.51)

ПРОДУКТИВНОСТЬ НАДЗЕМНОЙ МАССЫ ГЕОСИСТЕМ НАЗАРОВСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗА ГОДЫ НАСТОЯЩЕГО СТОЛЕТИЯ (2000–2018 ГГ.)

Дубынина С.С.

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

Даны количественные характеристики биологической продуктивности надземной массы геосистем Назаровской лесостепи Березовского участка. Наиболее распространенными геосистемами растительного покрова, как прошлого, так и настоящего столетия, являются лесные луга – лесные поляны, подвергающиеся выпасу и сенокосению, настоящие луга с мезофитной растительностью, а также низинные болота с луговым вейниково-осоковым, тростниково-лабазниковым травяным покровом. Встречающиеся на неудобьях участки травяных геосистем – залежи, которые используются в основном как заброшенные участки под сенокосы. Выбор Березовского участка исследования обусловлен особенностями ландшафтной структуры и позволяет изучить запасы фитомассы. Для достижения поставленной цели проведен сбор и анализ данных материалов о составе и состоянии растительного покрова. Выявлены закономерности природных режимов, характеризующих сезонную динамику запасов надземной массы (живой части и мортмассы), обусловленную метеорологическими показателями (тепла и влаги). Запасы фитомассы под влиянием погодных условий накладывают существенный отпечаток на ход изменений луговых сообществ не только в течение вегетационного сезона, но существенно различаются и по величинам фитомассы, что прослеживается по средним и максимальным ее показателям 19-летнего периода (2000–2018 гг.) исследования. Каждая фация характеризуется вполне определенной динамикой растительного вещества, и максимальное накопление фитомассы достигается в конкретный, только для нее характерный срок. В результате исследования наиболее продуктивными фациями данного региона по средним показателям зеленой массы выстроились в следующий ряд: травяное болото > мезофитный луг > залежь > лесной луг, по запасам мортмассы в следующий ряд: травяное болото > залежь > лесной луг > мезофитный луг.

Ключевые слова: Назаровская лесостепь, Березовский участок, травяные геосистемы, фации, растительный покров, надземная масса (зеленая масса и мортмасса), микроклимат

PRODUCTIVITY OF ABOVEGROUND MASS OF GEOSYSTEMS OF THE NAZAROVSKY FOREST-STEPPE OF THE YEARS OF THE PRESENT CENTURY (2000–2018)

Dubynina S.S.

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

Quantitative characteristics of the biological productivity of the aboveground mass of geosystems of the Nazarovsky forest-steppe of the Berезovsky section are given. The most common geosystems of vegetation cover, both in the past and present centuries, are forest meadows-forest clearings that are subjected to grazing and haymaking, real meadows with mesophytic vegetation, as well as lowland swamps with meadow weinikovo-sedge, reed – labaznikovym grass cover. Areas of grass geosystems found on trees are deposits that are used mainly as abandoned areas for haymaking. The choice of the Berезovsky research site is due to the features of the landscape structure and allows you to study the reserves of phytomass. To achieve this goal, we collected and analyzed data on the composition and state of vegetation cover. The regularities of natural regimes that characterize the seasonal dynamics of aboveground mass reserves (live parts and mortmass) due to meteorological indicators (heat and moisture) are revealed. Phytomass reserves under the influence of weather conditions have a significant impact on the course of changes in meadow communities not only during the growing season, but also differ significantly in the values of phytomass, which can be traced by the average and maximum indicators of its 19-year period (2000–2018). Each facies is characterized by a well-defined dynamics of plant matter and the maximum accumulation of phytomass is achieved in a specific, only for it characteristic period. As a result of the study, the most productive facies of this region in terms of average green mass were lined up in the following row: grass swamp > mesophytic meadow > fallow > forest meadow, in terms of mortmass reserves in the following row: grass swamp > fallow > forest meadow > mesophytic meadow.

Keywords: Nazarovskaya forest-steppe, Berезovsky area, grass geosystems, facies, vegetation cover, aboveground mass (green mass and mortmass), microclimate

Растительный покров Назаровской лесостепи характеризуется большой комплектностью. Биологическая продуктивность надземной массы – основной показатель функционирования геосистем. Разнообразие геосистем в зоне лесостепи Средней Сибири большое. Рельеф зоны лесостепи в основном представлен западинами и гривами. Растительные сообще-

ства выстраиваются по принципу геохимической сопряженности элементарных ландшафтов (фаций) от лугов до низинных болот. Для познания природных режимов в ходе исследования динамики биологической продуктивности надземной массы применялся метод, который позволяет выявить пространственно-временные связи фаций [1].

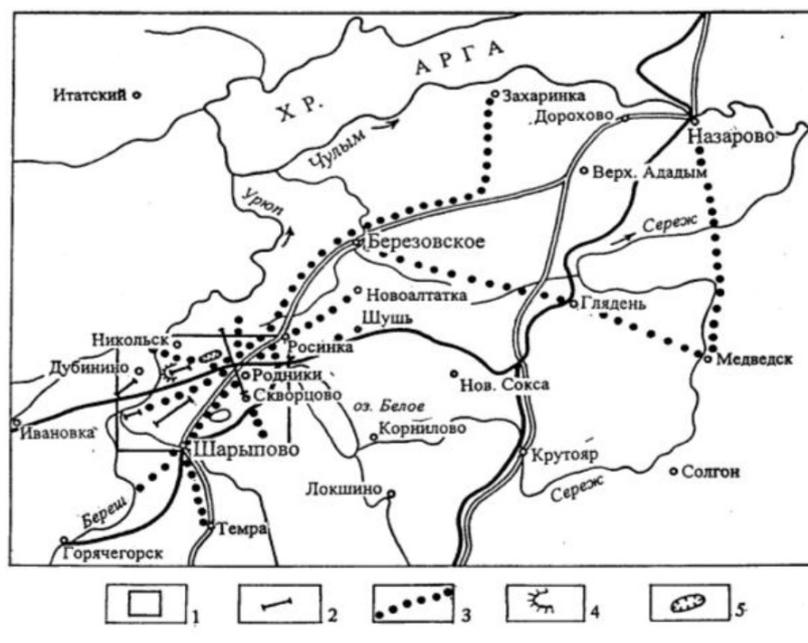


Рис. 1. Обзорная схема объектов исследований: 1 – Березовский участок, 2 – природные и техногенные профили, 3 – маршруты исследований, 4 – пойменный отвал Березовского карьера, 5 – Березовский угольный разрез № 1

Цель исследования: показать особенности изменений надземной фитомассы естественных травяных геосистем, определяемых, прежде всего, своеобразием гидро-термических условий за вегетационный период, а также различие фаций по величинам надземной фитомассы по средним и максимальным показателям в многолетнем ряду нового столетия (2000–2018 гг.) Назаровской лесостепи Березовского участка.

Материалы и методы исследования

Назаровский природный округ принадлежит к лесостепному поясу со слабоувалисто-равнинной поверхностью. Значительную часть площади занимают лесные, настоящие луга, на втором месте встречающиеся на неудобьях участки – залежи, а также настоящие целинные геосистемы лесостепной зоны и низинные болота с луговым вейниково-осоковым, тростниково-лабазниковым травяным покровом (рис. 1).

Объектами изучения явились 4 фации Березовского участка в направлении с севера на юг Родники – Скворцово – урочище руч. Отножка. Протяженность профиля 2250 м, с абсолютными высотами от 300–310 м. Основу травостоя лесного луга на профиле – Родники (ф. 2) составляет злаково-разнотравная растительность с темно-серой лесной контактно-луговой

глубоковскипающей тяжелосуглинистой почвой. Доминантами разнотравья являются: кровохлебка лекарственная, тысячелистник обыкновенный, герань ложносибирская, подорожник большой, погребок малый. Основу злаков составляют: тимофеевка луговая, мятлик луговой и осоки – осока приземистая. На продолжении профиля Скворцово в урочище руч. Отножка проводились исследования на (ф. 6). Растительный покров настоящего луга – злаково-бобово-разнотравный с лугово-черноземной мощной среднесуглинистой почвой на покровных суглинках, где представителями разнотравья являются мезофитные виды: борщевик рассеченный, реброплодник уральский. Из бобовых видов доминируют – чина Гмелина и горошки. Доминант злаков – это вейник тростникововидный. Следующая фация (ф. 4) – болото высокотравно-осоковое закустаренное заочкаренное с лугово-болотистой иловатой карбонатной слоистой почвой. Растущие на болоте виды: лабазник вязолистный, крапива двудомная, чемерица Лобеля, вейник наземный, осока болотолюбивая, хвощ луговой. Заканчивается профиль – антропогенная короткопроизводная модификация фации (ф. 3а) – залежью, которая используется в основном под сенокос. Растительный покров представляют в основном злаки: тимофеевка степная,

пырей ползучий, типчак ложноовечий, мятлик луговой, из разнотравья: хвощ полевой, подорожник большой, звездчатка. Многие авторы отмечали, что растительность лугов лесостепей Южного Урала и Новосибирской области опирается на всех перечисленных выше типах экосистем. Формирование видов растительности данных лесостепей имеет большое эколого-фитоценозное разнообразие с богатым флористическим составом, который сопоставим с видовым составом Назаровской лесостепи [2–4].

Известно, что в формировании лесостепных типов ландшафтов ведущая роль принадлежит климатическому фактору (рис. 2).

Наиболее выраженным и последовательным параметром изменения климата является температура воздуха. Вегетационный период начинается в первой половине апреля, когда наступает устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C . Максимальная температура воздуха отмечается с июня по август. За время наблюдений с 2000 г. среднего-

довая температура воздуха имела отрицательные значения в 2009 и 2010 гг. Максимальные значения были выявлены в 2002, 2007, 2015 и 2017 гг. (свыше $3,0^{\circ}\text{C}$ при норме $0,9^{\circ}\text{C}$).

Значимым показателем состояния атмосферы, оказывающим наряду с температурой воздуха влияние на трансформацию растительного покрова, являются осадки. Большая часть осадков приходится на летний период. В течение вегетационного периода наблюдается цикличность сухих и влажных лет. Количество атмосферных осадков в основном близко к норме (444 мм) с отклонениями как в сторону увеличения (до 618 мм в 2002 г.), так и в сторону уменьшения (до 347 мм в 2011 г.). Таким образом, количество осадков различалось более чем в два раза. За время наблюдений осадков выше нормы было в 2000, 2004, 2014, 2015 и 2017 гг. Минимальное количество осадков установлено в 2011 г. Выявлено, что количество осадков за год имеет устойчивый положительный тренд [5].

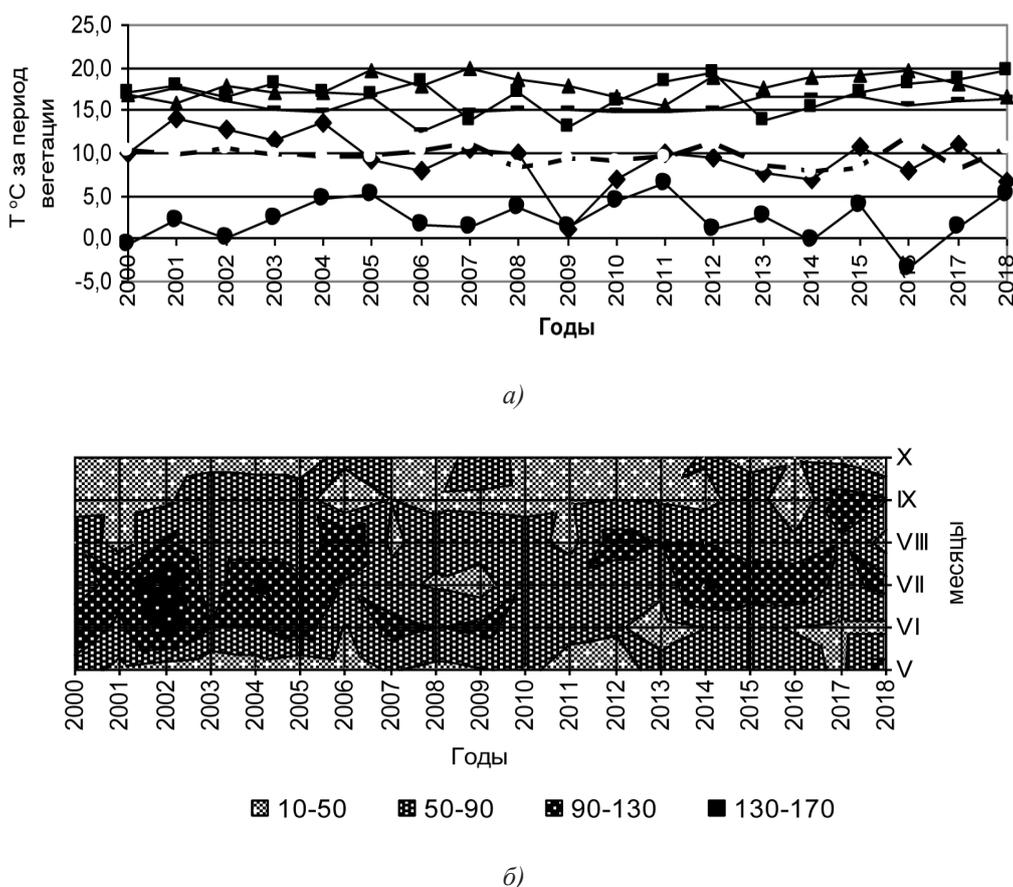


Рис. 2. Характеристика метеорологических условий Шарьповского района за вегетационный период с мая по октябрь (2000–2018 гг.): а – среднемесячные показатели температуры ($T^{\circ}\text{C}$); б – месячная сумма осадков (по данным метеостанции г. Шарьпово)

Для оценки биологической продуктивности используются данные по запасам надземной массы на единицу площади ($\text{г}/\text{м}^2$). Основным методом учета надземной фитомассы является метод укосов, который проводился по общепринятым методикам [6]. Размер учетных площадок для укосов составлял $0,25 \text{ м}^2$. Укосы брались в трех- и пятикратной повторности с подбором однородного растительного покрова. Сбор фитомассы проводился в динамике от 4 до 5 раз за сезон в зависимости от длительности вегетационного периода. Зеленую массу (G) и ветошь (D) срезали на уровне почвы, затем с площадки собирали подстилку (L). Ветошь и подстилка образуют мортмассу (D + L). Образцы фитомассы высушивались 8–12 ч в сушильном шкафу при температуре $+105^\circ\text{C}$ до абсолютно сухого веса, затем взвешивались (ошибка подсчета средней не превышает $\pm 15\%$).

Результаты исследования и их обсуждение

На Березовском участке Назаровской лесостепи каждая геосистема характеризуется вполне определенной динамикой надземной массы [7]. Построенные графические пространственно-временные модели запасов зеленой массы (G) обнаруживают существенную динамику изучаемых показателей луговых фаций за вегетационный период в 2000–2018 гг., которые разбиты на группы лет с колебанием годовых осадков. Показатели фитомассы геосистем по годам меняются в сравнительно тесной зависимости от погодной обстановки и внутренних ритмов развития конкретной фации. Сезонная изменчивость проявляет свои ежегодные особенности в каждой фации в зависимости от гидротермических условий конкретного года, а еще для всех фаций очень важны осень и зима предшествующего года. Умеренно теплыми и влажными являются 2002, 2004 гг. Особенно 2002 г. отличался большим количеством осадков, что больше средней многолетней нормы почти в 2 раза. Осадки 2002 г. дали положительный результат по запасам зеленой массы в июле и в августе на (ф. 6) и в июле – на (ф. 4) до $800 \text{ г}/\text{м}^2$ (рис. 3, а).

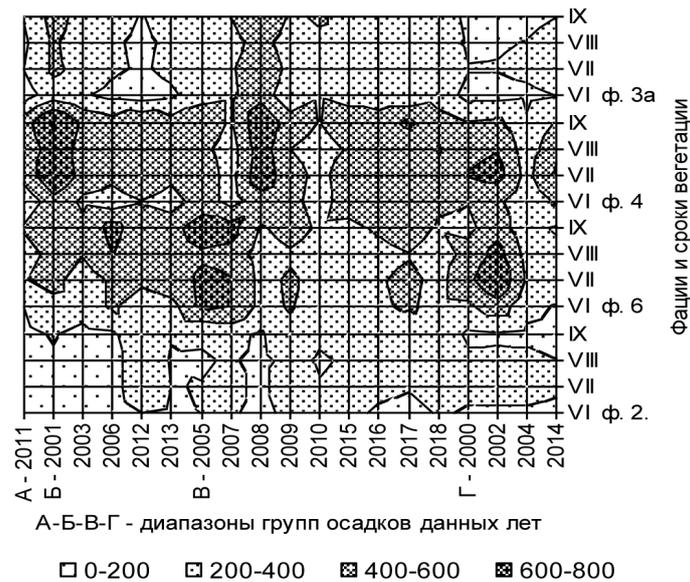
Экстремально низкие запасы пришлись на 2006, 2012, 2013 гг. на залежи (ф. 3а) из-за осадков весны текущего года и сенокосной нагрузки. Хотя сенокосная нагрузка полностью не разрушает растительный покров, при рациональном использовании

видовой состав сохраняется и сохраняется продуктивность фитомассы. На лесном лугу (ф. 2) в течение всего вегетационного периода низкие запасы зеленой массы отмечены в 2011, 2001, 2003, 2006 гг. до $200 \text{ г}/\text{м}^2$.

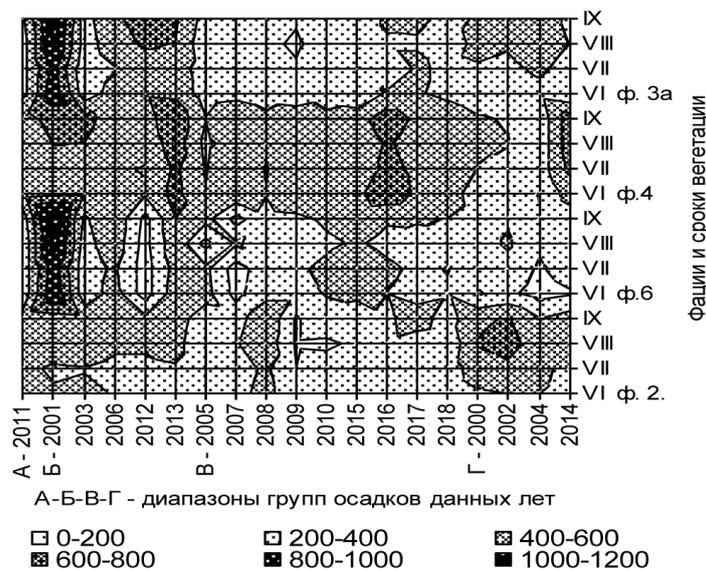
Изменение количества мортмассы (D + L) – наиболее динамичная характеристика при сравнении разных типов травяных геосистем Назаровской лесостепи (рис. 3, б).

Процесс отмирания зеленой массы растений и образования мортмассы прямо противоположный, но зависит также от погодных условий года. Исследование внутригодовой динамики количества мортмассы в фациях изучаемого профиля показывает высокую варьированность. Более высокие запасы (D + L) отмечены в 2001 г. на мезофитном лугу (ф. 6) и залежи (ф. 3а) в течение всего вегетационного периода с максимумом до $1200 \text{ г}/\text{м}^2$. Минимальные запасы мортмассы до $200 \text{ г}/\text{м}^2$ отмечены в 2012, 2007, 2009 и 2004 гг. При близких показателях эти годы имеют свои особенности. Например, низкие запасы мортмассы в 2012 г., начиная с июня до конца вегетационного периода, можно рассматривать как следствие перестройки растительного сообщества от недостатка влаги и высокой температуры. Большое влияние на 2012 г. оказал предыдущий 2011 г., который также прошел в условиях недостаточного увлажнения и повышенной температуры. Подверженный палу 2004 г. отразился на весенних запасах мортмассы на мезофитном лугу (ф. 6) с минимальным значением – $128 \text{ г}/\text{м}^2$. В следующем после пала году в фациях присутствует лишь одногодичная ветошь, имеющая другую интенсивность деструкции. В течение исследуемых лет (2000–2018 гг.) сезонная динамика запасов мортмассы характеризуется отношением $(D + L)_{\text{max}} / (D + L)_{\text{min}}$ – это отношение составляло в мезофитном лугу и на залежи – 6, на травяном болоте – 4, на лесном лугу – 2. Значения больших величин свидетельствуют о существенной динамике запасов (D + L) в течение теплого сезона, небольшие – указывают на плавные и равномерные изменения мортмассы.

Существенно различаются фации и по величинам зеленой массы, что прослеживается по средним и максимальным ее показателям. За годы исследования наиболее благоприятными для развития зеленой массы по максимальным показателям являются следующие луговые фации: лесной луг (ф. 2) – 2009 г., мезофитный (ф. 6) – 2002 г., болото (ф. 4) и залежь (ф. 3а) – 2001 г. (табл. 1).



а)



б)

Рис. 3. а. Топохроноизоплетами показаны запасы зеленой массы; $г/м^2$ в фациях: лесного луга (ф. 2); мезофитного луга (ф. 6); и ф. 4 – болото, ф. 3а – залежь. Показаны диапазоны групп годовых осадков: А – 338–401; Б – 401–463; В – 463–525; Г – 525–713 мм. б. Топохроноизоплетами показаны запасы мортмассы; $г/м^2$ в фациях: лесного луга (ф. 2); мезофитного луга (ф. 6); и ф. 4 – болото, ф. 3а – залежи. Показаны диапазоны групп годовых осадков: А – 338–401; Б – 401–463; В – 463–525; Г – 525–713 мм

Минимальные запасы зеленой массы: лесной луг – 2011 г., мезофитный – 2014 г., болото – 2004 г. и залежь – 2000 г. Принимая во внимание средние и максимальные пока-

затели зеленой массы за 19 лет исследования, изученные фации можно расположить в такой ряд: травяное болото > мезофитный луг > залежь > лесной луг.

Таблица 1

Запасы зеленой массы луговых фаций на участке Назаровской лесостепи
в 2000–2018 гг., г/м²

Год	Величина	Запасы зеленой массы по фациям			
		Лесной луг, ф. 2	Мезофитный луг, ф. 6	Болото, ф.4	Залежь, ф. 3а
2000	Средняя	209	430	490	165
	Максимальная	261	537	612	206
2001	Средняя	182	433	723	410
	Максимальная	209	496	829	470
2002	Средняя	211	627	539	168
	Максимальная	263	783	673	210
2003	Средняя	128	390	485	293
	Максимальная	147	447	556	335
2004	Средняя	207	294	268	190
	Максимальная	259	367	335	238
2005	Средняя	204	636	516	330
	Максимальная	225	704	571	366
2006	Средняя	154	582	420	206
	Максимальная	167	667	481	236
2007	Средняя	239	607	322	361
	Максимальная	258	673	358	400
2008	Средняя	150	343	680	544
	Максимальная	172	380	779	603
2009	Средняя	300	420	449	309
	Максимальная	352	465	498	367
2010	Средняя	207	335	354	387
	Максимальная	232	371	392	429
2011	Средняя	131	334	397	168
	Максимальная	163	416	495	210
2012	Средняя	270	405	542	170
	Максимальная	309	464	600	194
2013	Средняя	194	460	419	218
	Максимальная	208	527	480	250
2014	Средняя	185	222	509	235
	Максимальная	231	278	638	294
2015	Средняя	254	329	473	334
	Максимальная	292	364	524	370
2016	Средняя	236	383	484	254
	Максимальная	263	424	536	281
2017	Средняя	198	436	571	254
	Максимальная	260	484	633	325
2018	Средняя	268	345	430	329
	Максимальная	308	382	477	357
За 19 лет	Средняя	207	422	480	280
	Максимальная	241	486	551	323

Существенно различаются фации по средним и максимальным показателям мортмассы. В зависимости от погодной обстановки и внутренних ритмов развития в больших пределах от года к году изменяется величина (D + L) во всех изучаемых

фациях. С минимальными запасами отмечается в лесном лугу 2009 г., мезофитном лугу – 2007, 2012 гг., в травяном болоте – 2004 г. и залежи – 2009 г., с максимальными запасами в той же последовательности фаций – в 2002, 2001, 2014, 2001 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Запасы мортмассы луговых фаций на участке Назаровской лесостепи в 2000–2018 гг., г/м²

Год	Величина	Запасы мортмассы по фациям			
		Лесной луг, ф. 2	Мезофитный луг, ф. 6	Болото, ф. 4	Залежь, ф. 3а
2000	Средняя	512	264	383	386
	Максимальная	609	317	436	460
2001	Средняя	439	1039	597	987
	Максимальная	500	1189	667	1122
2002	Средняя	558	340	346	358
	Максимальная	666	429	408	423
2003	Средняя	453	316	582	286
	Максимальная	516	358	651	327
2004	Средняя	396	182	254	451
	Максимальная	489	221	279	538
2005	Средняя	273	461	387	281
	Максимальная	281	483	408	291
2006	Средняя	414	501	471	488
	Максимальная	471	567	524	564
2007	Средняя	301	116	565	316
	Максимальная	373	136	583	329
2008	Средняя	512	323	424	237
	Максимальная	585	342	471	259
2009	Средняя	191	349	547	203
	Максимальная	205	375	565	210
2010	Средняя	269	412	454	278
	Максимальная	307	435	467	286
2011	Средняя	433	272	500	328
	Максимальная	450	283	527	340
2012	Средняя	408	119	439	600
	Максимальная	462	136	495	681
2013	Средняя	418	530	700	573
	Максимальная	499	600	783	648
2014	Средняя	425	270	632	327
	Максимальная	517	334	697	391
2015	Средняя	243	455	499	293
	Максимальная	267	482	539	329
2016	Средняя	370	401	541	362
	Максимальная	380	427	562	432
2017	Средняя	340	362	541	419
	Максимальная	476	419	562	441
2018	Средняя	294	384	500	338
	Максимальная	326	406	516	347
За 19 лет	Средняя	382	374	493	395
	Максимальная	441	418	534	443

По средним и максимальным показателям мортмассы за 19 лет исследования, изученные фации можно расположить в такой ряд: болото > залежь > лесной луг > мезофитный луг. В то же время с продолжением лет исследования показатели этих рядов фаций могут меняться местами в связи с гидротермической характеристикой тепла и влаги, а также в зависимости от биологической особенности величины фитомассы доминирующих видов.

Заключение

Продуктивность фитомассы исследуемых фаций определяется условиями тепла и влаги. За весь период наблюдений с 2000 г. среднегодовая температура воздуха в Назаровской лесостепи имела отрицательные значения только в 2009–2010 гг. Максимальные показатели температуры воздуха в котловине установлены в 2002, 2007, 2015 и 2017 гг. (свыше 3,0°C при норме 0,9°C). Количе-

ство осадков сверх нормы за период наблюдений зафиксировано в 2000, 2004, 2014, 2015 и 2017 гг. Минимальное количество осадков выявлено в 2011 г.

Полученные результаты показали, что 2002 г. отличался большим количеством осадков, что больше средней многолетней нормы почти в 2 раза. Эти осадки дали положительный результат по запасам зеленой массы в июле и в августе на (ф. 6) и в июле – на (ф. 4) до 800 г/м². Более высокие запасы мортмассы отмечены в 2001 г. на мезофитном лугу (ф. 6) и залежи (ф. 3а) с максимумом до 1200 г/м².

В результате исследований (2000–2018 гг.) фации Березовского участка по средним запасам надземной фитомассы выстроились в следующие ряды: для зеленой массы – болото > мезофитный луг > залежь > лесной луг, для мортмассы – болото > залежь > лесной луг > мезофитный луг.

Список литературы / References

1. Сочава В.Б. Геотопология как раздел учения о геосистемах – современный этап развития комплексной физической географии // Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1971. С. 3–87.

Sochava V.B. Geotopology as a section of the theory of geosystems – a modern stage of development of complex physical geography // Topologicheskiye aspekty ucheniya o geosistemakh. Novosibirsk: Nauka, 1971. P. 3–87 (in Russian).

2. Косых Н.П. Продуктивность экосистем лесостепи Западной Сибири // Степи Северной Евразии: материалы седьмого международного симпозиума. Оренбург, 2015. С. 420–424.

Kosykh N.P. Productivity of forest-steppe ecosystems in Western Siberia // Stepi Severnoy Yevrazii: materialy sed'mogo mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg, 2015. P. 420–424 (in Russian).

3. Миронычева-Токарева Н.П., Шибарева С.В. Эволюция растительного покрова лугов лесостепной зоны // По-

чвы в биосфере: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Томск, 10–14 сентября 2018 г.) / Отв. ред. А.И. Сысо. Томск, 2018. С. 329–332.

Mironycheva-Tokareva N.P., Shibareva S.V. Evolution of vegetation cover of meadows in the forest-steppe zone // Pochvy v biosfere: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 50-letiyu Instituta pochvovedeniya i agrokhimii SO RAN (Tomsk, 10–14 sentyabrya 2018 g.) / Otv. red. A.I. Syso. Tomsk, 2018. P. 329–332 (in Russian).

4. Миронычева-Токарева Н.П. Эволюция растительного покрова лугов Южного Урала // Гео-Сибирь. 2009. Т. 4. № 2. С. 78–83.

Mironycheva-Tokareva N.P. Evolution of vegetation cover of meadows of the southern Urals // Geo-Sibir'. 2009. T. 4. № 2. P. 78–83 (in Russian).

5. Воробьева И.Б. Динамика гидротермических показателей и особенности изменений естественных и антропогенно измененных почв Назаровской лесостепи Средней Сибири // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 39–44.

Vorob'yeva I.B. Dynamics of hydrothermal indicators and features of changes in natural and anthropogenic soils of the Nazar forest-steppe of Central Siberia // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2019. № 10. P. 39–44 (in Russian).

6. 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, испр. 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 // Biologicheskaya produktivnost' travyanykh ekosistem. Geograficheskiye zakonomernosti i ekologicheskiye osobennosti. Izd. 2-e, ispr. i dop. Novosibirsk: IPA SO RAN, 2018. P. 6–14. DOI: 10.31251/978-5-600-02350-5 (in Russian).

7. Дубынина С.С. Биологическая продуктивность травяных геосистем лесостепной зоны Назаровской котловины // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9–1. С. 113–118.

Dubynina S.S. Biological productivity of grass geosystems of the forest-steppe zone of the Nazar basin // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2014. № 9–1. P. 113–118 (in Russian).

УДК 911.3:502(282.256.341)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ^{1,2}Ипполитова Н.А.¹*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: nina-ip@list.ru;*²*Иркутский государственный университет, Иркутск*

В статье представлены результаты эколого-географических исследований Байкальского региона и бассейна озера Байкал (включая территорию Монголии) по выявлению негативного влияния промышленного производства на окружающую среду. Исследование проведено с учетом особенностей промышленного развития рассматриваемых территорий, а также сложившейся экологической ситуации и основывается на теоретико-методологических подходах социально-экономической географии, зонирования и картографирования. В результате проведенных эколого-географических исследований выделены отрасли промышленности, а также промышленные объекты, оказывающие максимально негативное воздействие на окружающую среду и жизнедеятельность населения. Концентрация объектов в городах и крупных населенных пунктах не только оказывает значительное негативное влияние на окружающую среду, но и формирует дискомфортную среду проживания населения. Дана комплексная оценка воздействия промышленности на окружающую среду, а также на отдельные природные среды с учетом демографической нагрузки. Среди определяющих особенностей хозяйственной деятельности изучаемой территории определены: неравномерность хозяйственного освоения, особенности циркуляции атмосферы (особенно в зимний период) и наличие объекта Всемирного природного наследия (жесткие ограничения хозяйственной деятельности). Использование картографического метода позволило показать наиболее полную картину с выделением зон локализации промышленности и характеристикой ее воздействия на окружающую среду. Отдельно выделены земли, нарушенные в результате функционирования объектов горнодобывающей промышленности, как на территории Байкальского региона, так и Монголии. Особое внимание уделено промышленным предприятиям, прекратившим свою деятельность, но не прошедшим процесс утилизации отходов производства и рекультивации промышленного объекта (предприятия химической и целлюлозно-бумажной промышленности).

Ключевые слова: Байкальский регион, бассейн озера Байкал, отрасли промышленной специализации, промышленные узлы и центры, природные среды, антропогенное воздействие

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF INDUSTRY ON THE ENVIRONMENT OF THE BAIKAL REGION AND THE BASIN OF LAKE BAIKAL^{1,2}Ippolitova N.A.¹*V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: nina-ip@list.ru;*²*Irkutsk State University, Irkutsk*

The article presents the results of ecological and geographical studies of the Baikal region and the Baikal basin (including the territory of Mongolia) to identify the negative impact of industrial production on the environment. The study was carried out taking into account the peculiarities of the industrial development of the territories under consideration, as well as the current ecological situation and is based on theoretical and methodological approaches of socio-economic geography, zoning and mapping. As a result of the conducted environmental and geographical studies, the branches of industry, as well as industrial facilities, which have the most negative impact on the environment and the life of the population, were identified. The concentration of objects in cities and large settlements has a significant negative impact not only on the environment, but also forms an uncomfortable living environment for the population. A comprehensive assessment of the impact of industry on the environment, as well as on individual natural environments, taking into account the demographic load, is given. Among the defining features of the economic activity of the study area, the following are identified: uneven economic development, features of atmospheric circulation (especially in winter) and the presence of a World Natural Heritage site (severe restrictions on economic activity). The use of the cartographic method made it possible to show the most complete picture, highlighting the zones of localization of industry and its impact on the environment. Lands disturbed as a result of the functioning of mining facilities, both on the territory of the Baikal region and Mongolia, have been separately identified. Special attention is paid to industrial enterprises that have ceased their activities, but have not gone through the process of recycling production waste and reclamation of an industrial facility (chemical and pulp and paper industry enterprises).

Keywords: Baikal region, Lake Baikal basin, industries of industrial specialization, industrial centers and centers, natural environments, anthropogenic impact

На протяжении многих десятилетий промышленность занимает ведущее место в структуре хозяйства многих стран, в том числе и России. Для отдельных регионов она определяет профиль и их место в территориальном разделении труда. Промышлен-

ное производство остается базовым сектором экономики многих территорий страны, что может трактоваться как элемент устойчивости, задающий вектор дальнейшего развития [1]. В последующем промышленная функция дополняется сервисными, управ-

ленческими и научно-образовательными специализациями. Деятельность человека, особенно его хозяйственная составляющая, оказывают прямое и самое негативное воздействие на окружающую среду.

Несмотря на то, что в большинстве стран мира активно идет процесс развития и становления постиндустриальной экономики, роль и значение промышленности для становления и поддержания конкурентоспособности, для рациональной организации пространств российского масштаба остается актуальной [2], особенно для обширных восточных территорий России.

Обратной стороной высокой концентрации промышленного производства является увеличение зоны трансформации природной среды. При оценке характера и степени воздействия промышленности на окружающую среду стоит помнить о том, что этот показатель является интегральным, так как все природные среды связаны между собой. Антропогенное воздействие бывает различным по своей природе, глубине и площади распространения, а также по времени воздействия. При антропогенном воздействии сложно установить четкие границы влияния на природные среды, поэтому границы ареалов носят условный характер.

Исследование оценки влияния промышленности на окружающую среду проведено на территории Байкальского региона и бассейна озера Байкал, уникальность данного озера и региона общеизвестна.

Материалы и методы исследования

В основу исследования положены теоретико-методологические подходы социально-экономической географии, научные представления о территориальных особенностях системы размещения промышленных объектов и их функционирования, с учетом экологической составляющей. Особое место занимает метод эколого-географического картографирования, позволяющий системно рассмотреть антропогенные факторы формирования экологической обстановки на территории.

Оценкой антропогенного воздействия на природную среду в разное время занимались не только экологи, но и экономико-географы [1, 3], которые положили в основу эколого-экономического районирования оценку экологических факторов [4]. Изучение разнородной экологической информации и проведение комплексных эколого-географических оценок базируется на статистических данных изучаемой терри-

тории, однако полное изучение невозможно без картографического «подкрепления», так как именно оно позволяет осмыслить территориальные аспекты проблем качества окружающей среды. Карта выступает наглядным и доступным результатом проводимых территориальных исследований.

В основу данного исследования положены методы, предложенные И.Л. Савельевой [5]. В последующем данная методика была взята за основу и с определенными изменениями использована при составлении карты «Промышленность и ее воздействие на окружающую среду» для «Экологического атласа бассейна озера Байкал» (2015) и карты «Воздействие промышленности на окружающую среду» для «Экологического атласа Байкальского региона» (2017) [6, 7]. Проведенное с использованием картографического метода, исследование позволило выделить ареалы концентрации экологически опасных объектов промышленности на территории Байкальского региона и бассейна озера Байкал (включая МНР).

Результаты исследования и их обсуждение

В состав Байкальского региона входят три субъекта Российской Федерации: Иркутская область, Забайкальский край и Республика Бурятия. Современная структура хозяйства субъектов Байкальского региона имеет ряд общих черт, среди которых можно выделить высокую обеспеченность минеральными ресурсами, которые оказали прямое влияние на характер территориального размещения производств, неравномерность размещения по территории промышленного производства и населения, концентрацию основных объектов в наиболее освоенной и транспортно доступной южной части.

В 2018 г. на Байкальский регион приходилось 2,3% ВРП страны, из которых 1,6% дает Иркутская область, 0,4% – Забайкальский край и 0,3% – Республика Бурятия. Экономическим лидером региона является Иркутская область, которая также опережает Забайкальский край и Республику Бурятию по площади территории (в 1,8 и 2,1 раза соответственно) и численности населения (Иркутская область – 2,3 млн чел., Забайкальский край – 1,05 млн чел. и Республика Бурятия – 0,98 млн чел.). Иркутская область имеет наиболее развитый промышленный комплекс, который представлен практически всеми отраслями. Среди общих черт субъектов в структуре производства весомая доля приходится на добывающие от-

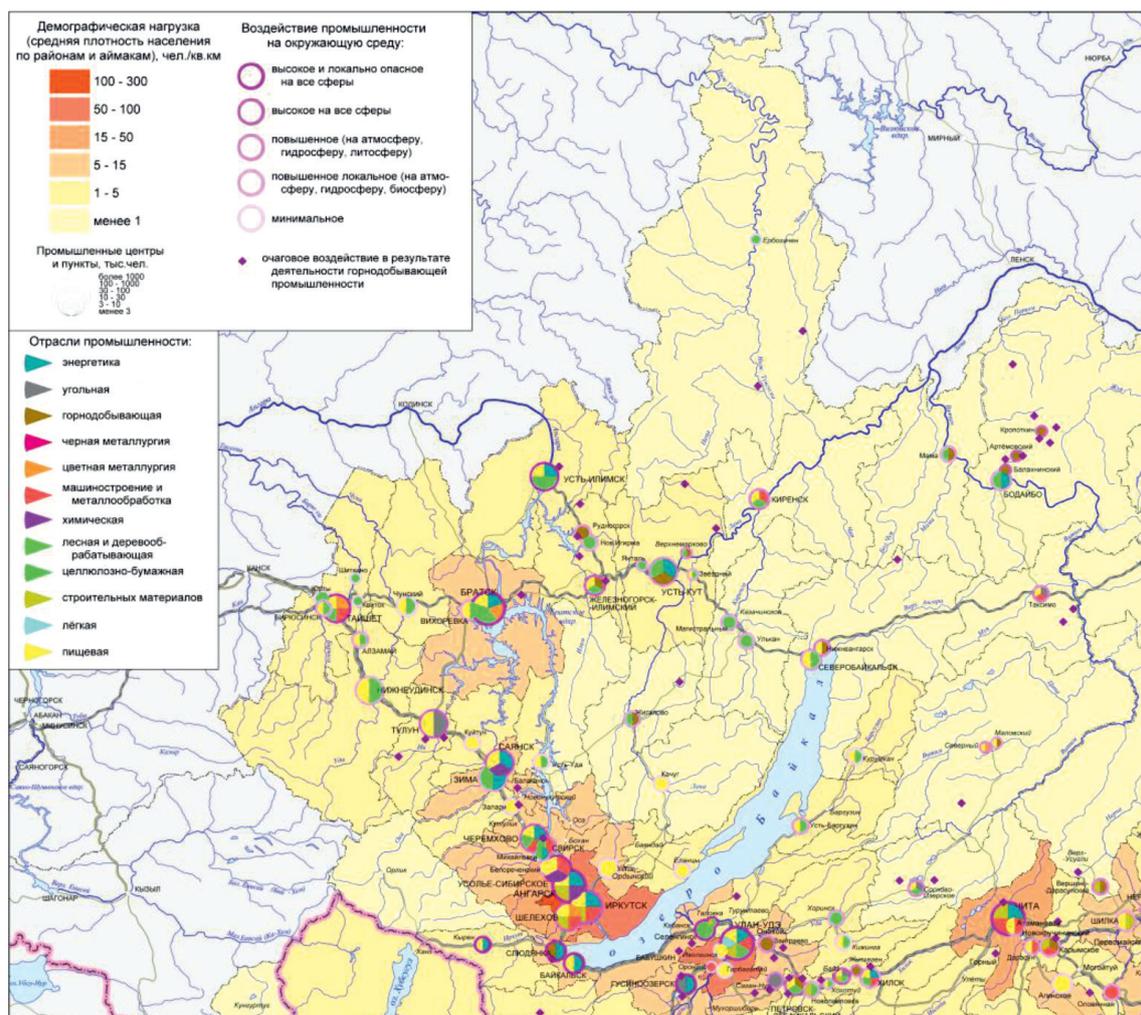
расли, что характерно и для соседней Монголии. При проведении анализа влияния промышленности на окружающую среду можно отметить, что основные территории, подверженные антропогенному воздействию, это промышленные центры и территории, где осуществляется добыча минерального сырья.

На территории Республики Бурятия основными ареалами экологической напряженности являются: Улан-Удэнский, Гусиноозерский, Закаменский, Нижне-Селенгинский (Каменский), Северо-Байкальский и Кяхтинский (рисунок). Основными стационарными источниками загрязнения являются объекты различных отраслей обрабатывающей промышленности, среди которых основными источниками загрязне-

ния являются предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭЦ), работающие преимущественно на угле, целлюлозно-бумажного комплекса, а также машиностроения и пищевой промышленности.

В Республике Бурятия в 2018 г. общий объем загрязняющих веществ составил 214,7 тыс. т, из которых 56,7% приходится на автомобильный транспорт (рост на 48% по отношению к прошлому году), а 43,3% – на стационарные источники. Из них большая доля, 76,2%, приходится на газообразные и жидкие вещества и 24,8% на твердые загрязняющие вещества [8].

Отдельное место занимают предприятия и разрезы добывающей промышленности (добыча золота, полудрагоценных камней, угля и т.д.).



Промышленность и ее воздействие на окружающую среду Байкальского региона (фрагмент карты, масштаб 1:6000000; картограф-составитель: Д.А. Галес) [7]

Современная структура хозяйственного комплекса Забайкальского края определяется наличием значимых запасов минерального сырья, которые активно эксплуатируются и готовятся к разработке (месторождения урана, каменного и бурого угля, меди, олова, золота и др.). В местах функционирования горно-промышленных предприятий отмечается очаговое воздействие, практически на все природные сферы (максимальное на литосферу). В городах края основными источниками загрязнения являются объекты ТЭК, добывающей и пищевой промышленности. К сожалению, большинство предприятий были построены в период индустриализации, большинство работающих предприятий и особенно их очистные сооружения.

Кроме этого, такое состояние промышленных объектов осложняется неблагоприятными метеорологическими условиями. Для зимних месяцев характерны глубокие температурные инверсии и большое количество безветренных дней, что усиливает застой воздуха. Именно в этот период отмечается наивысшее загрязнение атмосферы продуктами сгорания при максимальном потреблении топлива [9]. Основным ареалом антропогенного воздействия на окружающую среду является Читинский промышленный узел, где основными источниками загрязнения являются предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2), машиностроения (Читинский станкостроительный завод и др.) и металлообработки, а также транспорт.

В отличие от Забайкальского края, Иркутская область имеет более диверсифицированную структуру промышленности, предприятия которой сконцентрированы в трех территориально-производственных комплексах (ТПК): Иркутско-Черемховском, Братско-Усть-Илимском и формирующемся Верхнеленском. Кроме объектов промышленности в городах и поселках области, большой вклад в загрязнение атмосферы вносят небольшие котельные, а также жилой сектор (печное отопление), а также автотранспорт.

Предприятия горнодобывающей промышленности формируют локальные ареалы с высоким и очень высоким воздействием на литосферу и гидросферу (Бодайбинский – добыча золота, Тулунский и Черемховский – добыча бурого и каменного угля, Слюдянский – мрамора, Нижнеилимский – железной руды и кварцевого песка, Катангский и Усть-Кутский – угле-

водородного сырья). В двух сформировавшихся ТПК размещены наиболее крупные города с развитой обрабатывающей промышленностью, восемь из которых относятся к группе городов области с высоким (Ангарск) и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха (Иркутск, Братск, Усолье-Сибирское, Зима, Шелехов, Черемхово, Свирск) [10].

Основной вклад в загрязнение вод также вносят главные промышленные центры (таблица). Подавляющий объем загрязненных сточных вод области приходится на бассейн р. Ангара, большая часть которых выпускается непосредственно в реку и ее водохранилища [11]. Особое место занимают предприятия, осуществляющие добычу золота дражным и гидравлическим способами, расположенные в Бодайбинском районе, загрязняя местные реки (Витим, Маракан, Большой Патон и др.).

Во всех субъектах Байкальского региона в последние годы увеличивается негативное воздействие добывающей промышленности, предприятия которой размещены как на освоенных, так и на труднодоступных территориях.

Отдельной группой стоят предприятия, которые не функционируют и, казалось бы, не оказывают воздействия на окружающую среду. Однако с закрытием они прекратили свою производственную, а также и природоохранную деятельность, но не осуществили рекультивацию промышленной площадки и утилизацию оставшихся производственных отходов. На территории Иркутской области особую опасность представляют предприятия расположенные в Байкальске («Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» (БЦБК)), Усолье-Сибирском («УсольеХимпром», постоянно возникает угроза утечки опасных отходов), Свирске (Ангарский металлургический комбинат) [9, 12, 13].

Отдельного внимания заслуживает территория побережья озера Байкал, где ежегодно увеличивающийся поток туристов наносит непоправимый экологический урон озеру (скопление бытовых отходов и загрязнение акватории).

Большая часть территории Монголии относится к водосборной части озера Байкал, естественно, опосредованно оказывая влияние и на само озеро. Центральная часть Северной Монголии, со столичным центром (Улан-Батор) и крупными городами (Алтан-Булак и Сухэ-Батор) являются основными ареалами антропогенного воздействия

на окружающую среду. Улан-Батор – самый большой густонаселенный и индустриальный город, в котором проживает чуть менее половины населения страны (1,477 тыс. чел. (на 2018 г.)), большая часть которого живет в домах и юртах, а в зимний период использует печное отопление. Из других промышленных центров можно отметить район Наушки – Улан-Батор и Кяхта – Алтанбулаг. Достаточно напряженная экологическая ситуация отмечается на территории центральной части Монголии, что связано с функционированием предприятий добывающей и легкой промышленности.

На территории МНР особенно остро стоит вопрос воздействия промышленных объектов на водные ресурсы, что связано с открытой разработкой золота, что приводит к высыханию рек и озер [14], в городах вода также подвержена загрязнению (3–4 класс загрязнения). Таким образом, в Монголии основными причинами экологических проблем является индустриализация страны и развитие добывающего сектора промышленности, в сочетании с увеличением численности населения, как в стране, так

и в городах. За 15 лет (2003–2018 гг.) увеличилась в 1,3 раза, а в Улан-Баторе за аналогичный период выросла в 1,7 раза.

Заключение

Проведенное исследование по оценке влияния промышленных объектов территории Байкальского региона и водосборной части озера Байкал позволило выделить степень воздействия промышленности на природные среды (ареалы и локальные центры). Территориальная особенность выделенных ареалов и локальных зон связана с неравномерностью хозяйственного освоения территории и размещения населения. В результате наибольшее антропогенное воздействие отмечается в промышленных центрах (Иркутск, Улан-Удэ, Чита, Братск, Улан-Батор, Эрдэнэт и др.), где отмечается высокая концентрация промышленных предприятий разных отраслей промышленности, для которых характерны значительные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и сбросы сточных вод в больших объемах, а также локализованные – представленные предприятиями добывающих отраслей.

Объемы сбросов сточных вод от различных отраслей промышленности (на 2018 г.)

Предприятия	Отрасль промышленности	Объем промышленных сточных вод (млн м ³)	Загрязняющие вещества
Иркутскэнерго, Байкалэнерго	Электроэнергетика	335,23	сульфаты, фтор, марганец, медь, цинк
Группа Илим	Лесная и деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	250,36	лигнин сульфатный, хлороформ, органические сернистые соединения, сероводород; метанол, формальдегид, фенолы
«Ангарская нефтехимическая компания»	Химическая	58,66	хлориды, сульфаты
«Ангарский электролизный химический комбинат»	Атомная промышленность	20,20	фтор, взвешенные вещества и другие соединения (наличие урана ниже предела обнаружения)
«Саянскхимпласт», ООО «Ангара-Реактив»	Химическая	7,89	взвешенные вещества, ртуть, сульфаты, хлориды, нитраты, азот аммонийный, фосфор общий, железо, медь, цинк, кальций, нефтепродукты, СПАВ, фенолы, дихлорэтан, фтор, ацетон, толуол и др.
«Коршуновский горно-обогатительный комбинат»	Добывающая	Нет данных	марганец, цинк, натрий, никель, кальций, магний, калий (в карьерных (дренажных) водоемах)
МУП «Водоканал» г. Иркутска; МУП «Водоканал» г. Шелехов; МП «ДГИ» МО г. Братска; «АкваСервис», г. Усолье-Сибирское	Жилищно-коммунальное хозяйство	160,43	сульфаты, хлориды, фосфор, нитраты, азот аммонийный, нитриты, железо, медь; цинк, хром, СПАВ, жиры и масла, нефтепродукты

Именно последние представляют наибольшую опасность загрязнения земель, поверхностных и подземных вод токсичными веществами, как в процессе обогащения, так и из отвалов. Отдельное внимание уделено промышленным предприятиям, прекратившим свою деятельность, но не прошедшим процесс утилизации отходов производства и рекультивации объекта.

Работа выполнена в соответствии с планами НИР ИГ СО РАН (№ проекта АААА-А19-11912249007-4), при финансовой поддержке РФФИ и Министерства культуры, образования, науки и спорта Монголии в рамках научного проекта № 20-55-44023 Монг_а.

Список литературы / References

1. Приваловская Г.А., Рунова Г.Г. Региональный подход к решению экологических проблем // Известия РАН. Серия географическая. 1997. № 5. С. 79–87.
1. Privalovskaya G.A., Runova G.G. Regional approach to solving environmental problems // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 1997. № 5. P. 79–87 (in Russian).
2. Гонтарь Н.В. Факторы и современные особенности размещения промышленного комплекса России. М.: Изд. РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2013. 124 с.
2. Gontar N.V. Factors and modern features of the location of the industrial complex of Russia. M.: Izd. REU im. G.V. Plekhanova, 2013. 124 p. (in Russian).
3. Битюкова В.Р., Сафронов С.Г. Методы оценки территориальной дифференциации экологической ситуации в городах и регионах России // Экология и промышленность России. 2014. № 3. С. 48–53. DOI: 10.18412/1816-0395-2014-3-48-53.
3. Bityukova V.R., Safronov S.G. Methods for assessing the territorial differentiation of the ecological situation in cities and regions of Russia // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2014. № 3. P. 48–53 (in Russian).
4. Эколого-экономические районы (теоретико-методологические аспекты развития) / Под ред. докт. геогр. наук М.Д. Шарыгина. Пермь: Изд. Перм. ун-та, 1995. 192 с.
4. Ecological and economic regions (theoretical and methodological aspects of development) / Ed. Dr. Geogr. M.D. Sharygin. Perm': Izd. Perm. un-ta, 1995. 192 p. (in Russian).
5. Савельева И.Л. Промышленное воздействие на природную среду // Иркутская область: экологические условия развития. М. – Иркутск: Изд. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2004. С. 94.
5. Saveleva I.L. Industrial impact on the natural environment // Irkutsk region: environmental conditions of development. M. – Irkutsk: Izd. Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2004. P. 94 (in Russian).
6. Экологический атлас бассейна озера Байкал. Иркутск: Изд. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 145 с.
6. Ecological Atlas of the Lake Baikal Basin. Irkutsk: Izd. Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015. 145 p. (in Russian).
7. Воздействие промышленности на ОС (масштаб 1:6000000) // Экологический атлас Байкальского региона. Иркутск: Изд. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения: 02.09.2020).
7. The impact of industry on the environment (scale 1:6,000,000) // Ecological atlas of the Baikal region. Irkutsk: Izd. Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2017. [Electronic resource]. URL: <http://atlas.isc.irk.ru> (date of access: 02.09.2020) (in Russian).
8. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2018 г.». [Электронный ресурс]. URL: <https://egov-buryatia.ru/mpr/files/2018.docx> (дата обращения: 02.09.2020).
8. State report «On the state and protection of the environment of the Republic of Buryatia in 2018». [Electronic resource]. URL: <https://egov-buryatia.ru/mpr/files/2018.docx> (date of access: 02.09.2020) (in Russian).
9. Ипполитова Н.А. Влияние промышленности на окружающую среду // Экологический атлас озера Байкал. Иркутск: Изд. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 74–75.
9. Ippolitova N.A. The impact of industry on the environment // Ecological atlas of Lake Baikal. Irkutsk: Izd. Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015. P. 74–75 (in Russian).
10. Ипполитова Н.А. Антропогенное воздействие промышленности на окружающую среду (на примере Сибири) // Географические основы ИОП. Серия: Земельная и Экологическая Наука 381 (2019) 012035. DOI: 10.1088/1755-1315/381/1/012035.
10. Ippolitova N.A. Anthropogenic impact of industrial production on the environment (on the example of the Siberian region) // Geographical Foundations IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 381 (2019) 012035. DOI: 10.1088/1755-1315/381/1/012035.
11. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2018 году». [Электронный ресурс]. URL: https://irkobl.ru/region/ecology/Gosdoklad_2018.pdf (дата обращения: 02.09.2020).
11. State report «On the state and protection of the environment of the Irkutsk region in 2018». [Electronic resource]. URL: https://irkobl.ru/region/ecology/Gosdoklad_2018.pdf (date of access: 02.09.2020) (in Russian).
12. Ипполитова Н.А. Принципы и методы составления карт промышленности (для социально-экономических атласов) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). № 3. С. 153–161.
12. Ippolitova N.A. Principles and methods of compiling maps of industry (for socio-economic atlases) // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2019. V. 5 (15). № 3. P. 153–161 (in Russian).
13. Богданов А.В., Качор О.Л., Федотов К.В., Чайка Н.В. Ликвидация последствий деятельности мышьякового производства горно-перерабатывающей промышленности // Экология и промышленность. 2014. № 5. С. 31–35.
13. Bogdanov A.V., Kachor O.L., Fedotov K.V., Chayka N.V. Elimination of the consequences of arsenic production in the mining and processing industry // Ekologiya i promyshlennost'. 2014. № 5. P. 31–35 (in Russian).
14. Басаев С. Золотая лихорадка в Монголии ударила по Байкалу. [Электронный ресурс]. URL: <http://buryatia.asia/zolotodobyvayushhaya-promyshlennost-mongolii-udarila-po-ekologii-ozera-bajkal> (дата обращения: 02.09.2020).
14. Basayev S. Gold rush in Mongolia hit Baikal. [Electronic resource]. URL: <http://buryatia.asia/zolotodobyvayushhaya-promyshlennost-mongolii-udarila-po-ekologii-ozera-bajkal> (date of access: 02.09.2020) (in Russian).

УДК 550.422:631.41(571.12)

УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}CS И ^{90}SR В ПОЧВАХ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**Кайгородов Р.В.***Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск,
e-mail: r-kaigorodov@yandex.ru*

Исследована удельная активность техногенных изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах пойм и прибрежных зон водоемов разного типа (реки, старицы, озера), расположенных в Тюменской области. Образцы почв (слой почвы глубиной 0–15 см) отбирались в поймах р. Тобол, в прибрежной зоне стариц р. Тобол, а также оз. Имбиряй и Чигиркуль. Исследуемая территория входит в Восточно-Уральский радиоактивный след, связанный с деятельностью предприятия ПО «Маяк», радиационными авариями на данном объекте и неоднократными испытаниями ядерного оружия на прилегающих участках. Удельную активность радионуклидов анализировали на гамма-бета спектрометре «Гамма Плюс» с использованием программного обеспечения «Прогресс-5». Установлены разные уровни удельной активности радионуклидов в поверхностном слое почв, прилегающих к водным объектам разного типа. Максимальная удельная активность обнаружена в почвах, прилегающих к поймам р. Тобол, минимальная – в почвах прибрежной зоны оз. Имбиряй и Чигиркуль. Проведен анализ химических и физико-химических свойств почвы, для выявления факторов иммобилизации радионуклидов в почвенном покрове. Проведен корреляционный анализ между удельной активностью радионуклидов в исследованных почвах и агрохимическими свойствами почв (содержание гумуса, pH, емкость катионного обмена, содержание калия, кальция, магния, фосфатов). Отдельные агрохимические свойства почвы проявляли разную степень корреляции с удельной активностью радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Таким образом, изотопы ^{137}Cs и ^{90}Sr наиболее активно мигрируют и накапливаются в пойменных участках. Основными факторами иммобилизации ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве выступают содержание гумуса, фосфатов, а также поглощательная способность. Фактором снижения активности радионуклидов является антагонизм с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} в случае ^{90}Sr и с ионами K^{+} в случае ^{137}Cs .

Ключевые слова: техногенные радионуклиды, удельная активность, пойменные почвы, прибрежные зоны водоемов, агрохимические свойства

THE SPECIFIC ACTIVITY OF RADIONUCLIDES ^{137}CS AND ^{90}SR IN THE SOILS OF THE COASTAL ZONES OF WATER OBJECTS OF THE TYUMEN REGION**Kaygorodov R.V.***Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the RAS, Tobolsk,
e-mail: r-kaigorodov@yandex.ru*

In this study was analyzed the specific activity of technogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in soils of alluvial and floodplain areas rivers, oxbows and lakes in Tyumen Region. Soil samples (a layer of soil 0-15 cm deep) were collected in the floodplains of the Tobol river, in the coastal zone of the oxbows of river Tobol, as well as lakes Imbiryai and Chigirkul. The territory under study is part of the East Ural radioactive trace associated with the activities of enterprise «PO Mayak», radiation accidents at this facility, and repeated tests of nuclear weapons in the surrounding areas. Specific activity of technogenic radionuclides was determined on the gamma-beta spectrometer «Gamma Plus» with the software «Progress-5». Different levels of specific activity of radionuclides in the surface layer of soils adjacent to water objects of different types were established. The maximum specific activity was found in the soils adjacent to the floodplains of the Tobol river, the minimum specific activity was determined in the soils of the coastal zone of lakes Imbiryai and Chigirkul. The analysis of chemical and physical-chemical properties of the soil was carried out to identify the factors of immobilization of radionuclides in the soils. A correlation analysis was performed between the specific activity of radionuclides in the studied soils and the agrochemical properties of soils (content of humus, acidity, cation exchange capacity, content of potassium, calcium, magnesium and phosphates). Different agrochemical properties of the soil showed different degrees of correlation with the specific activity of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr . The ^{137}Cs and ^{90}Sr isotopes are most actively migrating and accumulating in floodplain areas of river Tobol. The main factors of immobilization of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the soil are the content of humus, phosphates, and cation exchange capacity. Factors that reduce the activity of radionuclides are antagonism with Ca^{2+} and Mg^{2+} ions in the case of ^{90}Sr and with K^{+} ions in the case of ^{137}Cs .

Keywords: technogenic radionuclides, specific activity, floodplain soils, coastal zones of reservoirs, agrochemical properties

Стабильность химического состава и радиационного фона, наряду с ландшафтно-климатическими условиями среды обитания живых организмов, является основным условием устойчивости и нормального функционирования экосистем и биосферы в целом [1]. Под влиянием антропогенной

деятельности происходит нарушение геохимической миграции веществ, что приводит к накоплению в верхних частях литосферы тяжелых металлов и радиоактивных элементов и к нарушению устойчивости и ухудшению санитарно-гигиенического состояния почв и водных объектов. Одними из наи-

более опасных загрязнителей выступают радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr . Естественными источниками ^{137}Cs и ^{90}Sr являются магматические горные породы. При выветривании пород элементы Cs и Sr осаждаются в глинистых почвах и органическом веществе. В результате антропогенной деятельности, в качестве побочных продуктов атомной энергетики, техногенные ^{137}Cs и ^{90}Sr активно внедряются в среду обитания, представляя собой экологическую опасность. Помимо атомной энергетики ^{90}Sr широко используется в разных отраслях промышленности: стабилизация медных сплавов, производство фотоэлементов, пиротехнических изделий, красок, в цементном производстве. В результате увеличиваются масштабы его рассеивания в окружающей среде [2]. Крупные радиационные катастрофы на ПО «Маяк» в 1957 и 1967 гг., многократные испытания ядерного оружия оказали негативное воздействие на радиационную обстановку в Восточно-Уральском регионе. По речным системам, включая исследуемую в настоящей работе водосборную территорию р. Теча, Исеть, Тобол, Миасс и др., техногенные радионуклиды мигрируют на большие расстояния, депонируются в донных отложениях, гидробионтах и пойменных почвах [3].

Длительный период полураспада (^{137}Cs – 30 лет, ^{90}Sr – 29 лет) – способствует аккумуляции в компонентах окружающей среды. Изотопы ^{137}Cs и ^{90}Sr входят в группу радионуклидов со средней радиотоксичностью для животных и человека [4]. Поступая на земную поверхность, ^{137}Cs и ^{90}Sr активно накапливаются растениями, а в водоемах гидробионтами. Вторичным источником ^{137}Cs и ^{90}Sr в наземных экосистемах служит отмирающая биомасса растений, с которой радионуклиды поступают в подстилку и почву. В почвенном покрове ^{137}Cs и ^{90}Sr депонируются главным образом в органической части и во фракциях гранулометрического состава физической глины и ила [5].

Наиболее уязвимыми к загрязнению радионуклидами являются экосистемы, расположенные в пониженных элементах рельефа: аквальные, супераквальные, аккумулятивные ландшафты, где происходит накопление загрязняющих, в том числе радионуклидов, веществ [6].

Настоящие исследования направлены на оценку характера миграции радионуклидов в зависимости от типа водного объекта, химического состава и физико-химических свойств почв в прибрежной зоне.

В настоящей работе исследована удельная активность радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в верхних слоях почв прибрежных экосистем водоемов Тюменской области. Стандартными методами изучена удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах участков, прилегающих к водным объектам разного типа: реки, старицы рек и озера. Выполнен анализ физико-химических свойств и химического состава почв прибрежных территорий и проведен корреляционный анализ между удельной активностью ^{137}Cs и ^{90}Sr и свойствами почв.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов использованы образцы почв из прибрежных зон водных объектов разного типа: река, старица и озеро, отобранные в июле 2019 г. вблизи некоторых населенных пунктов в юго-западной части Тюменской области (табл. 1). В пределах каждого участка отбирали по 5 почвенных образцов с глубины 0–15 см, анализ удельной активности радиоактивных изотопов и агрохимических свойств почвы проводили в пятикратной повторности для каждого из участков. Для определения типа почвы в пределах каждого участка закладывали почвенный разрез и проводили его морфологическое описание.

Радиологический анализ проб – удельную активность радиоактивных изотопов ^{90}Sr и ^{137}Cs – проводили на гамма-бета спектрометре «Гамма Плюс» с использованием программного обеспечения «Прогресс-5».

Исследование химических и физико-химических свойств почв проводили стандартными методами. Содержание кальция и магния анализировали комплексонометрическим методом, содержание подвижных фосфатов и калия – методом Кирсанова, содержание гумуса – по методу И.В. Тюрина. Актуальную и обменную кислотность определяли методом рН-метрии на приборе «Экотест-120». Гидролитическую кислотность определяли по методу Каппена. Емкость катионного обмена (ЕКО) вычисляли расчетным способом (сумма содержания ионов кальция, магния и гидролитической кислотности). Гранулометрический состав определяли ситовым и седиментационными методами.

Математическую обработку результатов проводили в программе Past 3.16 с использованием методов описательной статистики, дисперсионного (наименьшая существенная разность) и корреляционного (коэффициент корреляции Пирсона) анализа.

Таблица 1

Географическое расположение исследуемых водных объектов и участков отбора почвенных образцов

№ объекта	Тип и название водного объекта	Расстояние участка отбора проб от уреза воды (тип почвы)	Ближайшие населенные пункты	Географические координаты
№ 1	р. Тобол	10 м (аллювиальная дерновая слоистая)	д. Шашова	N 56.2218, E 66.1744
№ 2	р. Тобол	5 м (аллювиальная дерновая слоистая)	с. Упорово	N 56.1824, E 66.1244
№ 3	старица р. Тобол	4 м (аллювиальная дерновая слоистая)	с. Новолыбаево	N 56,2923, E 66,2118
№ 4	старица р. Тобол	4 м (аллювиальная дерновая слоистая)	с. Ярково	N 57,2359, E 67,0256
№ 5	оз. Имбиряй	10 м (дерново-глеявая)	г. Ялуторовск	N 56,3915, E 66,2150
№ 6	оз. Чигиркуль	10 м (дерново-глеявая)	с. Новотьялово	N57,0050, E66,3344

Таблица 2

Удельная активность радионуклидов в почвах прибрежных участков исследованных водоемов, Бк/кг

Исследуемый объект	⁹⁰ Sr (мин.-макс.)	¹³⁷ Cs (мин.-макс.)
р. Тобол, участок № 1	41,6 ± 7,7 (24,5–70,2)	14,2 ± 2,0 (9,7–20,5)
р. Тобол, участок № 2	36,0 ± 7,0 (20,5–60,1)	10,6 ± 1,6 (6,9–15,6)
старица р. Тобол, участок № 3	12,3 ± 1,2 (9,4–15,6)	6,0 ± 0,5 (4,1–7,0)
старица р. Тобол, участок № 4	13,4 ± 1,5 (7,8–16,1)	7,7 ± 1,1 (4,0–10,4)
оз. Имбиряй, участок № 5	4,0 ± 1,2 (1,7–7,4)	2,0 ± 0,7 (0,5–7,1)
оз. Чигиркуль, участок № 6	5,2 ± 1,1 (2,8–9,1)	1,8 ± 0,4 (0,9–3,2)
Глобальный фон	5–20 [4]	
НСР	17,4	4,5

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 представлены средние значения, стандартные ошибки и диапазон от минимального до максимального значения удельной активности радионуклидов в пяти точечных образцах в пределах каждого исследованного участка почвенного покрова, прилегающего к водным объектам. В настоящее время в России не разработаны нормативы содержания и удельной активности радионуклидов в почвах [7]. В связи с этим для оценки уровней удельной активности радионуклидов нами использовались данные по их глобальному фону.

Удельную активность техногенных изотопов анализировали в верхнем слое почв глубиной 0–15 см, поскольку по данным разных авторов отмечается повышенная аккумуляция данных радионуклидов в верхних почвенных горизонтах и ее резкое снижение с глубиной [3].

Как показали результаты, удельная активность ⁹⁰Sr в почвах пойменных участков р. Тобол была максимальной, по сравнению с прибрежными зонами исследованных во-

доёмов других типов (стариц и озер), при этом превышала естественный глобальный фон, установленный для изотопа. Аналогичная ситуация была характерна для удельной активности ¹³⁷Cs (табл. 2). Достоверность различий удельной активности изотопов в почвах, прилегающих к разным типам водных объектах, подтверждена показателем НСР. Река Тобол, наряду с р. Теча, Исеть, Миасс и др., является частью речной системы, подверженной воздействию ядерного предприятия «Маяк», и входит в так называемый Восточно-Уральский радиоактивный след [3]. Наименьшая активность исследуемых изотопов установлена в почвах, прилегающих к оз. Имбиряй и Чигиркуль. Вероятно, характер рельефа и интенсивность паводковых явлений водных объектов разного типа также обуславливают неодинаковую интенсивность накопления техногенных изотопов на исследуемых участках.

Существенную роль в аккумуляции радионуклидов в почвах, прилегающих к водоемам, играют агрохимические свойства почв. Состав и свойства почв исследованных участков представлены в табл. 3.

Таблица 3

Агрохимические показатели исследованных почв

Показатель (n = 5)	Тип водного объекта и почвы		
	р. Тобол (аллювиальная дерновая слоистая)	старицы р. Тобол (аллювиальная дерновая слоистая)	оз. Имбиряй и оз. Чигиркуль (дерново-глеевая)
Гумус, %	4,9 ± 0,15	4,6 ± 0,10	3,5 ± 0,09
pH вод.	6,6 ± 0,25	5,6 ± 0,18	4,8 ± 0,14
pH сол.	5,3 ± 0,12	4,8 ± 0,17	4,5 ± 0,16
ЕКО, мг-экв/100 г	27,5 ± 1,02	18,8 ± 0,58	15,2 ± 0,79
Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	15,9 ± 0,93	13,4 ± 0,85	9,3 ± 0,28
Mg ²⁺ , мг-экв/100 г	5,0 ± 0,58	3,8 ± 0,47	3,6 ± 0,39
K ₂ O, мг/100 г	27,0 ± 1,12	25,4 ± 1,09	22,6 ± 1,25
P ₂ O ₅ , мг/100 г	84,6 ± 2,14	33,5 ± 1,15	16,4 ± 0,98
Гранулометрический состав	Легкий суглинок	Легкий суглинок	Средний суглинок

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между удельной активностью радионуклидов и агрохимическими свойствами почв

Агрохимический показатель	Удельная активность радионуклида	
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Содержание гумуса	+0,47	+0,97
pH вод	-0,39	+0,65
pH сол	-0,63	+0,70
Гидролитическая кислотность	+0,57	-0,42
Емкость катионного обмена	+0,55	+0,25
Содержание Ca ²⁺	-0,56	-0,14
Содержание Mg ²⁺	-0,42	-0,06
Содержание K ₂ O	-0,19	-0,58
Содержание P ₂ O ₅	+0,69	+0,43

Как показали результаты, исследуемые почвы существенно отличались друг от друга по агрохимическим свойствам. Так, содержание гумуса в поймах и старицах р. Тобол соответствовало среднему уровню, в поймах озер – низкому. Уровень кислотности менялся от нейтрального в поймах р. Тобол до резко кислого в почвах, прилегающих к озерам. ЕКО почв всех участков была умеренно низкой. Содержание кальция изменялось от повышенного в поймах и старицах до среднего у озер. Содержание магния, соответственно, было очень высоким и высоким. Обеспеченность калием на всех участках была очень низкой, содержание фосфатов колебалось от среднего до очень низкого. Согласно данным из литературы, основными свойствами почв, обуславливающими фиксацию радионуклидов, выступают содержание гумуса, уровень кислотности, обеспеченность кальцием, магнием

и фосфатами [8]. По гранулометрическому составу исследуемые почвы относились к типам легких и средних суглинков.

Корреляционный анализ удельной активности изотопов и агрохимических свойств в исследованных образцах почвы выявил определенные закономерности в факторах иммобилизации нуклидов в почве (табл. 4).

Оба изотопа проявляли повышенную удельную активность при увеличении в почве доли гумуса, особенно в случае изотопов ¹³⁷Cs, при росте емкости катионного обмена, особенно в случае изотопов ⁹⁰Sr. Изменение уровня кислотности почвы в зависимости от катиона по-разному влияло на их удельную активность. С повышением кислотности почвы или снижением щелочности удельная активность изотопа ¹³⁷Cs падала, активность изотопа ⁹⁰Sr увеличивалась. Отрицательную корреляцию изотопы

^{90}Sr проявляли с содержанием в почве ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , изотопы ^{137}Cs – с содержанием ионов K^+ , что подтверждается данными исследований других авторов [7]. Сильную положительную корреляцию удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr проявляла с содержанием фосфатов в почве. Гранулометрический состав почв исследуемых участков существенным образом не отличался, в связи с чем корреляцию этого показателя с удельной активностью изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr не определяли.

Заключение

Таким образом, техногенные радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr наиболее активно накапливаются в пойменных почвах речных систем, являющихся одним из основных механизмов миграции изотопов от антропогенных источников в депонирующие компоненты ландшафтов. Факторами иммобилизации радиоактивных изотопов в почвах выступают гумус, поглотительная способность почвы, содержание фосфатов.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы «Антропогенная трансформация пойменных экосистем Обь-Иртышского бассейна» (№ НИОКТР АААА-А19-119012190088-0).

Список литературы / References

1. Добровольский В.В. Основы биогеохимии: учеб. пособие для геогр., биол., геолог., с.-х. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1998. 413 с.
2. Dobrovolskiy V.V. Basics of biogeochemistry. M: Vysshaya shkola, 1998. 413 p. (in Russian).
3. Ашинов Ю.Н., Схашок Ф.Ю. Радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr пахотных почвах Адыгеи // Новые технологии. 2013. № 1. С. 56–59.
4. Ashinov Yu.N., Skhashok F.Yu. Radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in arable soils in Adygea // Novye tehnologii. 2013. № 1. P. 56–59 (in Russian).
5. Трапезников А.В., Трапезникова В.Н., Коржавин А.В., Николкин В.Н. Радиоэкологический мониторинг пресноводных экосистем. Том I. Екатеринбург: Изд-во «АкадемНаука», 2014. 496 с.
6. Trapeznikov A.V., Trapeznikova V.N., Korzhavin A.V., Nikolkin V.N. Radio-ecological monitoring of freshwater ecosystems. Volume I. Ekaterinburg: AkademNauka. 2014. 496 p. (in Russian).
7. Бахур А.Е. Новые методические рекомендации по подготовке проб и измерениям суммарной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов в пробах пресных и минерализованных природных вод // АНРИ. 2009. № 1 (56). С. 47–48.
8. Bakhur A.E. New guidelines for sample preparation and measurement of total activity of alpha-and beta-emitting radionuclides in samples of fresh and mineralized natural waters // ANRI. 2009. № 1 (56). P. 47–48 (in Russian).
9. Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д., Шуктомова И.И. Искусственные и естественные радионуклиды в почвах южно- и среднетаежных подзон республики Коми // Почвоведение. 2017. № 7. С. 824–829.
10. Beznosikov V.A., Lodygin E.D., Shuktomova I.I. Artificial and natural radionuclides in the soils of the southern and middle taiga subzones in republic Komi // Pochvovedenie. 2017. № 7. P. 824–829 (in Russian).
11. Бахвалов А.В., Лаврентьева Г.В., Сынзыныс Б.И. Биогеохимическое поведение ^{90}Sr в наземных и водных экосистемах // Биосфера. 2012. Т. 4. № 2. С. 206–216.
12. Bakhvalov A.V., Lavrenteva G.V., Synsynys B.I. Biogeochemical behavior of ^{90}Sr in terrestrial and aquatic ecosystems // Biosfera. 2012. Vol. 4. № 2. P. 206–216 (in Russian).
13. Болдырев В.В., Водолазко А.Н. Радионуклиды стронций-90 и цезий-137 в пахотном слое почв сухостепной зоны Волгоградской области // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России. 2017. С. 475–478.
14. Boldyrev V.V., Vodolazko A.N. Strontium-90 and caesium-137 radionuclides in the arable soil layer of the dry-steppe zone of the Volgograd region // Nauchno-prakticheskie puti povysheniya ekologicheskoy ustojchivosti i socialno-ekonomicheskoe obespechenie selkhozaystvennogo proizvodstva: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj godu ekologii v Rossii. 2017. P. 475–478 (in Russian).
15. Кайзер М.И. Цезий-137 в почвах Северо-Восточного Алтая // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной столетию заповедной системы России. Отв. ред. Т.В. Яшина. 2017. С. 77–81.
16. Kajzer M.I. Caesium-137 in the soils of the North-Eastern Altai // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj stoletiyu zapovednoj sistemy Rossii. Отв. ред. Т.В. Yashina. 2017. P. 77–81 (in Russian).

УДК 624.131.37:624.131.43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОРОДНЫХ ГРУНТОВ С НИЗКОЙ СТРУКТУРНОЙ ПРОЧНОСТЬЮ**Кузьмин Г.П., Вахрин И.С., Лобанов А.Л.***ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск,
e-mail: kuzmin@mpi.ysn.ru, VakhLIG2010@yandex.ru, art2356-1991@yandex.ru*

При проведении инженерно-геологических изысканий на строительной площадке предусматривается определение основных физических характеристик грунтов. Для этого из зоны возможного влияния фундаментов сооружений на напряженно-деформированное состояние основания отбирают образцы с сохранением состава и строения грунтов. В настоящее время основным способом выемки образцов из массива является бурение с выдачей керна ненарушенного сложения. При таком способе отбора проб из отложений грунтов с низкой структурной прочностью образцы разрушаются. Такие образцы пригодны для определения только плотности твердых частиц и влажности грунта, так как в формулах для их расчёта не содержится объём образца. Для однородных по составу и строению отложений грунтов с низкой структурной прочностью предлагается новый способ определения физических характеристик грунтов, основанный на закономерностях компрессионного сжатия образцов, отобранных на поверхности массива, и распределения влажности грунта по глубине внутри массива. Изложена методика отбора образцов с поверхности массива с сохранением строения грунта. Приведены расчётные зависимости плотности твёрдых частиц, начальных значений и при давлениях компрессионного сжатия плотности сухого грунта и пористости. Показано определение плотности грунта в массиве, которая зависит от плотности сухого грунта, влажности и давления на расчётной глубине от действия вышележащей толщи. Изложено определение из условия равенства давлений в компрессионном приборе и массиве глубины, на которой формируются найденные значения физических характеристик грунта. Приведены результаты определения физических характеристик талых намывных грунтов в пойме р. Лены в г. Якутске.

Ключевые слова: образец, физические характеристики, деформации, компрессионное сжатие, давление, массив, плотность, влажность, пористость, глубина

DETERMINING THE PHYSICAL PARAMETERS OF HOMOGENEOUS NON-COHESIVE SOILS**Kuzmin G.P., Vakhnin I.S., Lobanov A.L.***Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, e-mail: kuzmin@mpi.ysn.ru,
VakhLIG2010@yandex.ru, art2356-1991@yandex.ru*

Geotechnical site investigation programs involve determination of the main physical properties of soils and rocks. For this purpose, undisturbed samples are taken from the zone of influence of a foundation without altering the soil composition or structure. At present, drilling with undisturbed core retrieval is the primary technique used to obtain samples from the ground. However, samples taken from non-cohesive sediments with this technique are easily destroyed and can only be used for the determination of solids density and soil moisture content because the respective constitutive equations require no sample volume. We propose a new method for determining the physical parameters applicable to non-cohesive soils of homogeneous composition and structure. The method is based on consolidation behavior of samples obtained from the ground surface and on water content distribution with depth. In this paper, a sampling procedure is described to retrieve undisturbed soil samples from the ground mass surface. Equations relating solids density, dry density and porosity at initial and consolidation pressures are given. Determination of in-situ soil density is demonstrated, which depends on dry density, moisture content and overburden pressure. From the condition of equal pressures in the consolidometer and ground mass, it is shown how to find a depth at which the derived values of soil physical parameters are formed. Physical characteristics are presented which were obtained for unfrozen fill soils in the Lena River floodplain at Yakutsk.

Keywords: sample, physical properties, deformations, consolidation, pressure, ground mass, density, water content, porosity, depth

При проектировании зданий и сооружений необходимы данные о физических характеристиках грунтов основания, которые определяют в процессе выполнения инженерно-геологических изысканий на строительной площадке [1]. Физические свойства грунтов изучают по образцам (пробам), отбираемым из массива с сохранением естественного состава и строения их [2]. Отбор образцов в настоящее время осуществляют в основном из буровых кер-

нов. Однако такой способ отбора образцов грунта с низкой структурной прочностью не пригоден. Образцы в процессе бурения скважины и выемки керна из буровых труб разрушаются и могут быть использованы для определения только влажности и плотности твёрдых частиц грунта, расчётные зависимости которых не содержат объёма образца. При бурении теряют связность большая часть талых грунтов, талые и мёрзлые пески в дюнных отложе-

ниях и намывных толщах. В криолитозоне грунты с низкой структурной прочностью имеют место и в природных условиях, и на искусственно созданных строительных площадках. Дюнные песчаные отложения (тукуланы) широко распространены в междуречье р. Лены и её притока р. Вилюй. Мощные отложения под действием ветра перемещаются, частично или полностью засыпая деревья песком. В г. Якутске на пойме р. Лены гидравлическим способом созданы две намывные территории для строительства жилых домов мощностью в понижениях до 15 м. Из таких отложений отбор образцов ненарушенного сложения распространенным в криолитозоне буровым способом невозможен. Поэтому ограничиваются получением тех характеристик грунта, для определения которых нет необходимости сохранять целостность образца. В связи с этим поставлена цель разработать способ определения в массиве физических характеристик однородных грунтов с низкой структурной прочностью.

Физические характеристики однородных талых и сыпучемёрзлых грунтов предлагается определять новым способом, основанным на закономерностях деформации образцов при компрессионном сжатии, отбираемых на поверхности массива с сохранением сложения, и зависимости влажности грунта в массиве в пределах изучаемого слоя. Отбор образцов с поверхности массива позволяет определить их объём и тем самым найти плотность сухого грунта и его пористость, которые являются начальными значениями характеристик образца, испытываемого на компрессионное сжатие. Давление в компрессионном приборе, плотность сухого грунта и пористость при этом давлении соответствуют значениям их в массиве на определенной глубине. Влажность грунта в массиве определяется по образцам нарушенного сложения, отбираемым из буровых кернов.

Плотность сухого грунта в зависимости от деформации образца при компрессионном сжатии и влажность грунта по глубине позволяют найти выражения плотности грунта и давления в массиве. Затем из условия равенства давлений в компрессионном приборе и массиве рассчитывается глубина, на которой формируются найденные значения физических характеристик грунта. При одинаковых давлениях в компрессионном приборе и массиве плотность сухого грунта и пористость образца в приборе и грунта в массиве равны. Эти физи-

ческие характеристики грунта на ступенях давления компрессионного сжатия определяются по деформациям образца [3]. Плотность грунта в массиве, от которой зависит давление, в однородных грунтах определяется по значениям плотности сухого грунта и влажности.

Материалы и методы исследования

Образцы однородного грунта для определения начальных значений физических характеристик и испытания на компрессионное сжатие отбирают на поверхности массива с сохранением их сложения. Показатели физических свойств грунта определяют по известным зависимостям [4]: плотность твердых частиц

$$\rho_s = \frac{m_d}{V_d}, \quad (1)$$

начальная плотность сухого грунта

$$\rho_{d0} = \frac{m_d}{V_0}, \quad (2)$$

начальная пористость грунта

$$n_0 = \frac{\rho_s - \rho_{d0}}{\rho_s}, \quad (3)$$

где m_d – масса сухого образца; V_d – объём твердых частиц образца; V_0 – начальный объём образца.

В процессе компрессионного сжатия образца объём его уменьшается и в условиях невозможности бокового расширения выражается зависимостью

$$V_i = S(h - \Delta h_i), \quad (4)$$

где S – площадь поперечного сечения образца; h – начальная высота образца; Δh_i – продольная деформация образца на i -й ступени давления.

На ступенях давления компрессионного сжатия образца грунта на основании (4) найдены выражения [5]: плотности сухого грунта

$$\rho_{di} = \frac{\rho_{d0}}{\left(1 - \frac{\Delta h_i}{h}\right)}, \quad (5)$$

и пористости

$$n_i = 1 - \frac{\rho_{d0}}{\rho_s \left(1 - \frac{\Delta h_i}{h}\right)}. \quad (6)$$

Плотность грунта в массиве, от которой зависит давление, с учетом (5) выражается зависимостью

$$\rho_i = \rho_{di} (1 + w) = \frac{\rho_{do}}{\left(1 - \frac{\Delta h_i}{h}\right)} (1 + w), \quad (7)$$

где w – влажность грунта.

Влажность грунта в исследуемом слое определяется по образцам, извлекаемым из массива буровым способом, и должна быть выражена зависимостью от глубины. Табличное представление влажности грунта по глубине не даёт возможности найти глубины, на которых значения плотности сухого грунта и пористости в компрессионном приборе и массиве равны. В грунтах с высокой фильтрующей способностью в условиях свободного оттока воды влажность грунта небольшая и вследствие этого она существенного влияния на величину плотности грунта и давление в массиве не оказывает. Для оценки изменения физических характеристик однородных грунтов в массиве предлагаемым методом рассмотрим случай постоянной влажности по глубине, как в намывных песчаных грунтах в пойме р. Лены в г. Якутске.

При постоянной влажности грунта по глубине давление в основании i -го слоя можно представить в виде

$$p_i = p_{i-1} + \frac{\rho_{i-1} + \rho_i}{2} (1 + w) (z_i - z_{i-1}), \quad (8)$$

где z – глубина.

Из (8) находим глубину в массиве, на которой формируются плотность сухого грунта и пористость, равные по величине плотности сухого грунта и пористости в компрессионном приборе на i -й ступени давления:

$$z_i = z_{i-1} + \frac{2(p_i - p_{i-1})}{(\rho_i + \rho_{i-1})(1 + w)}. \quad (9)$$

Таким образом, способ определения физических характеристик однородных грунтов со слабой структурной прочностью включает следующее:

- отбор образцов с поверхности массива, определение плотности твердых частиц, начальных значений плотности сухого грунта и пористости по формулам (1), (2) и (3) соответственно;

- компрессионные испытания образца и определение на ступенях давления плот-

ности сухого грунта и пористости по формулам (5) и (6);

- бурение скважины, отбор образцов из кернов, определение их влажности и установление зависимости влажности от глубины в пределах исследуемого слоя;

- определение плотности грунта по формуле (7) в пределах исследуемого слоя;

- определение по формуле (9) глубины в массиве, на которой формируются найденные значения физических характеристик грунта.

Как видно из изложенного все физические характеристики однородных грунтов в массиве определяются по данным инженерно-геологических изысканий, выполняемых на строительных площадках. Способ может применяться как в области распространения многолетнемерзлых грунтов, так и в области сезонного промерзания грунтов.

Результаты исследования и их обсуждение

В пойме р. Лены в г. Якутске возведены строительные площадки способом намыва руслового песка – кварталы 202 и 203. Первая из них полностью застроена жилыми домами, вторая освоена не полностью (рис. 1).



Рис. 1. Начальный вид намывной территории квартала 203 в г. Якутске

Влажность намывных грунтов на разных участках 203 квартала и по глубине по данным инженерно-геологических изысканий одинакова и составляет 0,05 д.е. (табл. 1).

Результаты определения предложенным способом давления и физических характеристик намывных грунтов в 203 квартале г. Якутска, которые согласно [6] относятся к пескам, представлены в табл. 2 и на рис. 2, 3.

Таблица 1

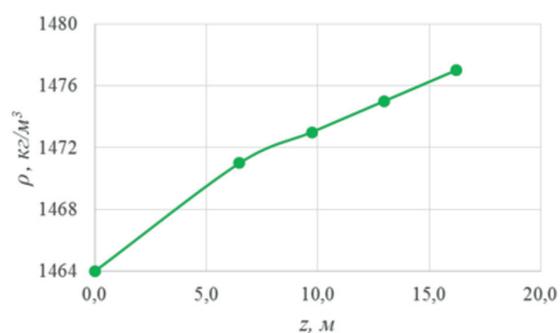
Влажность намывных грунтов на территории квартала 203 г. Якутска

№ п/п	Наименование	Номера домов		
		2-1	2-5	3-4
1	Количество скважин, шт.	15	7	3
2	Мощность слоя, м	7,4	5,7	6,7
3	Средняя влажность, д.е.	0,05	0,05	0,04

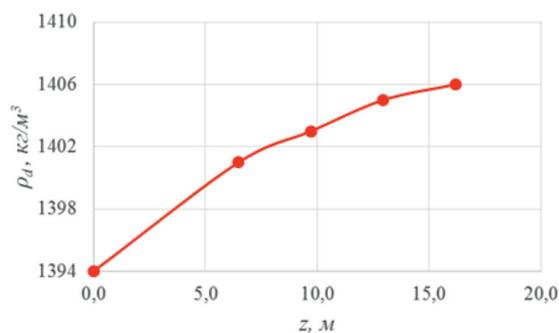
Таблица 2

Физические характеристики намывных грунтов на территории квартала 203 г. Якутска

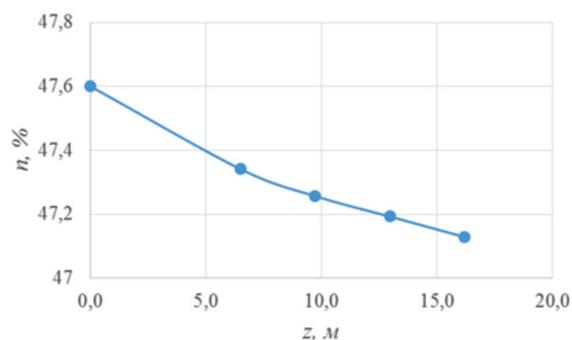
№ п/п	p , МПа	Δh , мм	$\Delta h/h$	ρ , кг/м ³	ρ_d , кг/м ³	n , %	z , м
1	0	0	0	1464	1394	47,4	0
2	0,1	0,12	0,0048	1471	1401	47,34	6,49
3	0,15	0,16	0,0064	1473	1403	47,26	9,73
4	0,2	0,19	0,0076	1475	1405	47,19	12,96
5	0,25	0,22	0,0088	1477	1407	47,13	16,18



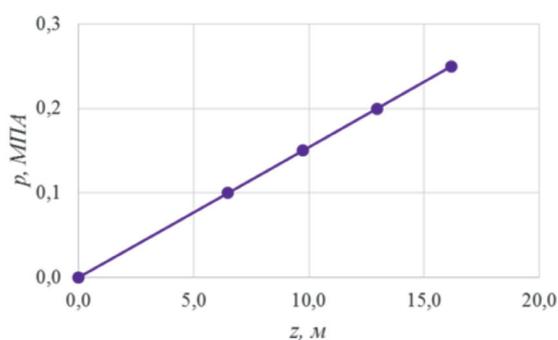
а)



б)

Рис. 2. Графики изменения по глубине ρ (а) и ρ_d (б) намывных песчаных грунтов в квартале 203 г. Якутска

а)



б)

Рис. 3. Графики изменения по глубине n (а) и p (б) намывных песчаных грунтов в квартале 203 г. Якутска

Как видно из рис. 2, физические характеристики намывных песчаных грунтов изменяются по глубине незначительно, причем с затухающей скоростью. Небольшое уменьшение пористости грунта по глубине обусловлено малой сжимаемостью грунта под нагрузкой и небольшим ростом давления вследствие незначительного повышения плотности грунта, изменение которой, в свою очередь, зависит от мало изменяющейся плотности сухого грунта и его низкой влажности.

Заключение

Разработан новый способ определения физических характеристик однородных грунтов с низкой структурной прочностью, основанный на данных определения физических характеристик и закономерностях компрессионного сжатия образцов, отбираемых на поверхности массива с сохранением их сложения, а также функции влажности грунта по глубине. Параметры для расчёта физических характеристик грунта можно получить в процессе выполнения инженерно-геологических изысканий. Физические характеристики намывных песча-

ных грунтов небольшой влажности изменяются по глубине незначительно.

Список литературы / References

1. Хрусталёв Л.Н. Основы геотехники в криолитозоне: учебник. М.: ИНФРА-М, 2019. 543 с.
Khrustalev L.N. Fundamentals of Geotechnics in Permafrost: textbook. M.: INFRA-M, 2019. 543 p. (in Russian).
2. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2016. 23 с.
3. Вахрин И.С., Кузьмин Г.П. Деформационные характеристики искусственно приготовленных образцов мерзлых грунтов при оттаивании // Успехи современного естествознания. 2020. № 7. С. 70–76. DOI: 10.17513/use.37434.
Vakhrin I.S., Kuzmin G.P. Thaw deformation characteristics of artificially prepared frozen soil samples // Advances in current natural sciences. 2020. № 7. P. 70–76 (in Russian).
4. Трофимов В.Т., Вознесенский Е.А., Королёв В.А. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России. М.: КДУ, 2011. 672 с.
Trofimov V.T., Voznesenskiy E.A., Korolev V.A. Engineering Geology of Russia. Vol. 1. Soils of Russia. M.: KDU, 2011. 672 p. (in Russian).
5. Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010: монография. 2-е изд., доп. и испр. М.: ООО «Прондо», 2014. 812 с.
Boldyrev G.G. Methods for Determining the Mechanical Properties of Soils with Comments to GOST 12248-2010. 2nd ed., updated. M.: ООО «Prondo», 2014. 812 p. (in Russian).
6. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Межгосударственный стандарт, 2013. 63 с.

УДК 631.95:633.36/37

**ФОРМАЦИЯ *GLYCYRRHIZA GLABRA* L.
В ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЕ. СОСТОЯНИЕ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИМИТЫ ДОБЫЧИ ЛАКРИЧНОГО КОРНЯ**

Мамин В.Ф., Зинченко Е.В., Кошкарова Т.С., Вронская Л.В., Круглякова Н.Г.

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
Волгоград, e-mail: vniioz@yandex.ru*

В статье отражены результаты многолетних исследований по экологии солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L.), формация которой занимает значительную площадь в Волго-Ахтубинской пойме и представляет собой основной значимый ресурс лакричного корня в России. Работа выполнена с целью детализации экологической характеристики солодки голой в отношении её отклика на нерегулярные попуски полых вод в нижний бьеф реки Волги с нарушением природного режима половодья по объёмам попусков, их календарных сроков и продолжительности. Данные по динамике состояния, по процессам дигрессии и демутации ценозов растения используются для типизации солодовников по хозяйственным признакам и определения ресурсного барьера при промышленной добыче лакрицы. Исследования базировались на системно-методологическом подходе. Поэтапными исследованиями на лугах Южного округа поймы и округа Дельты изучалась география солодовников, их флористический состав в различных сообществах типовых местообитаний. Изложены результаты исследований по отношению изучаемого вида к водному режиму почвогрунтов, к динамике водной нагрузки на луг при прохождении полых вод. Выяснена реакция этого растения на длительность затопления при попусках воды в нижний бьеф реки Волги и на динамику уровня грунтовых вод в послепаводковый период. Впервые в Волго-Ахтубинской пойме установлены экологические принципы организации локальных популяций солодки, их биометрические параметры в местах обитания, различаемых по рельефу, сложенности почвогрунтов и их водному режиму. Определены площади солодовников, пригодных для рентабельной добычи лакричного корня, и его валовой ресурс.

Ключевые слова: Волго-Ахтубинская пойма, солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.), география, экология, фитоценозы, водный режим, лакричный корень, валовой ресурс

**FORMATION OF *GLYCYRRHIZA GLABRA* L.
IN THE VOLGO-ACHTUBA FLOODPLAIN. CONDITION
AND ECOLOGICAL LIMITS OF LICORICE ROOT EXTRACTION**

Mamin V.F., Zinchenko E.V., Koshkarova T.S., Vronskaya L.V., Kruglyakova N.G.

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, e-mail: vniioz@yandex.ru

The article reflects the results of long-term research on the ecology of naked licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.), the formation of which occupies a significant area in the Volga-Akhtuba floodplain and is the main significant resource of licorice root in Russia. The work was performed in order to detail the ecological characteristics of licorice in relation to its response to irregular releases of hollow water into the lower reaches of the Volga river with violation of the natural flood regime in terms of the volume of releases, their calendar terms and duration. Data on the dynamics of the state, on the processes of digression and demutation of plant cenoses are used to type maltster by economic characteristics and determine the resource barrier for industrial licorice extraction. The research was based on a systematic and methodological approach. Step-by-step studies in the meadows of the southern district of the floodplain and Delta district studied the geography of maltster, their floral composition in various communities of typical habitats. The results of research on the relation of the studied species to the water regime of soils, to the dynamics of water load on the meadow during the passage of hollow waters are presented. The reaction of this plant to the duration of flooding during water releases into the lower reaches of the Volga river and to the dynamics of the ground water level in the post-flood period was found out. For the first time in the Volga-Akhtuba floodplain, ecological principles of organizing local populations of licorice, their biometric parameters in habitats distinguished by terrain, soil composition and their water regime were established. The areas of maltster suitable for profitable extraction of licorice root and its gross resource are determined.

Keywords: Volga-Achtuba floodplain, licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.), geography, ecology, phytocenoses, water regime, licorice root, gross resource

В настоящее время исследования по большинству представителей настоящих солодок (*Euglyryzzhiza* Boiss) ведутся во многих регионах Российской Федерации. Изучается ареал распространения формаций, экологические особенности растений, биопотенциал. Особое внимание уделяется солодке голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) как наиболее распространенному и ценному виду [1–3]. В опубликованных материалах

прослеживается реальность сокращения или исчезновения площадей, пригодных для экономически выгодной добычи лакричного корня.

В Волго-Ахтубинской пойме, территория которой (без акватории внутренних водоемов) занимает 633,3 тыс. га, в составе формаций представителей семейства мятликовых (Poaceae) солодка голая занимает видное место. Её ассоциации размещаются

по всей территории поймы, встречаясь как в виде локальных популяций площадью 1–5 га, так и на крупных массивах площадью в сотни гектаров [4, 5]. В последние годы отмечается снижение площадей высокопродуктивных зарослей солодки голой, несмотря на достаточно высокую экологическую пластичность её как эвримезофита. Среди причин, ограничивающих расселение солодовников, вызывающих вырождение и гибель ценозов, главными являются плотность почв и почвообразующих пород, содержание в них водорастворимых солей [6, 7], а также режим поверхностных вод в период паводка, качество и режим почвенных вод в меженный период [8–10].

Касаясь научных работ по луговедению в долине Нижней Волги, следует отметить, что в исследованиях, проводимых по экологии трав, закономерности преобразования формаций ценных видов растений в изменяющихся условиях среды достаточно не установлены. Такие исследования крайне необходимы, так как в ближайшие годы может произойти очередная перестройка в гидрологической ситуации поймы. В 2020 г. начал разрабатываться уникальный экологический проект водного преобразования Волго-Ахтубинской поймы с созданием необходимого гидрологического режима для дополнительного обводнения северной части поймы. Это мероприятие, которое изменит режим поверхностных и почвенных грунтовых вод, опять приведет к трансформации всех природно-территориальных комплексов и в первую очередь к изменению структуры лугов по экологическим ярусам, изменению солодковых площадей.

На текущий период времени и в дальнейшем Волго-Ахтубинская пойма есть и останется важнейшим плацдармом для организации лакричной индустрии. На этой площади солодовников накоплено не менее 0,5 млн т корня. При минимальной стоимости на международном рынке 1 т лакричного корня 600 \$, консервация такого ресурса является нерентабельной для хозяйства Нижней Волги.

Интерес к хозяйственному сектору биоресурса пойменной формации солодки голой вызывает надобность уточнения географии локальных популяций с определением характеристик экотопа в местообитаниях типичных ценозов этого растения, а также выяснения реакции вида (экотипа) на антропогенные факторы, которые отражаются на генерации солодовников, на ресурсах лакричного корня.

Цель исследований заключалась в изучении экологии солодки голой в Волго-Ахтубинской пойме для типолого-хозяйственной характеристики солодковых лугов с дальнейшим обоснованием системы маневрирования ресурсами корня при экологически допустимом лимите добычи сырья (ресурсный барьер).

Материалы и методы исследования

Работы велись по этапам на солодковых лугах (локальные популяции) в различных геоморфологических регионах Волго-Ахтубинской поймы. На первом этапе (1999–2003 гг.) исследования проводились на заливных лугах Наримановского и Красноярского административных районов Астраханской области. Вторым этапом работы – на солодовниках Черноярского района Астраханской области на лугах центральной и притеррасной поймы (землевладения ФГУП «Ленинское» ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия»). В настоящее время с 2015 г. исследования осуществляются на лугах Среднеахтубинского и Ленинского районов Волгоградской области.

Исследования базировались на системном методологическом подходе как совокупности методов экологии и фитоценологии. При изучении географии популяций солодки голой с описанием их видового состава структуры травостоя, определением массы надземных и подземных органов использовались: метод пунктирной трансекты и метод переменной площади, метод горизонтальной проекции и биометрических измерений [11].

При оценке влияния факторов среды на динамику пространственного смещения локальных популяций солодки, на трансформацию фитоценозов с изменением морфологии надземных и подземных органов приняты закономерности преобразований в биоценозах. При таком подходе за признаки равновесного, устойчивого фитоценоза принимались: господство эдификаторного (доминантного) вида, степень замкнутости покрова.

Корневая система изучалась методом траншейного откапывания. По стенкам траншеи велись метрические замеры фактуры корней и корневищ. Определение запаса корневой массы в основных корнеобитаемых слоях верхнего яруса проводилось путем выемки корней из вскопанного 0,20–0,30 м слоя почвы на учётных площадках 2 м².

Результаты исследования и их обсуждение

География локальных популяций солодки голой. Рельеф почвы

По данным РосНИИ земпроекта площадь поймы и дельты Волго-Ахтубинского бассейна составляет 854,9 тыс. га, из которых на сельхозугодья приходится 633,2 тыс. га (74%). В этом числе сельскохозяйственные угодья в Северном округе Волго-Ахтубинской поймы составляют 116,1, в Южном округе – 153,9 и в округе Дельты – 363,2 тыс. га.

Образно говоря, география солодки голой являет собой лабиринт зарослей на различных высотных ступенях островов между реками, озёрами, протоками и каналами. При детализации размещения локальных популяций солодки голой по всей территории поймы вырисовываются вполне определенные закономерности.

Во-первых, размеры площадей этих популяций и мощность увеличиваются в южном направлении, достигая максимальных значений в придельтовой части поймы. В северной и центральной её частях солодка в основном представлена в составе различных ассоциаций с другими видами трав, разреженным стеблестоем и слабо развитой корневой системой. Площади плотных чистых зарослей солодки голой здесь не превышают 0,3–0,5 га. В створе Грачи – Болхуны на островах вдоль рек Матвеевка, Грачёвка, Ахтуба сформированы мощные популяции этого растения в чистом виде, которые при высоте надземных побегов 1,5–1,6 м формируют до 30 т/га зелёной массы и до 20 т/га корневой. Популяции солодки голой на этих участках представлены обособленными укрупнёнными куртинами площадью до 5 га.

Крупные массивы зарослей начинают проявляться ниже створа Енотаевка – Харабали, где поверхность поймы приобретает пологоволнистый и мелкогравистый характер. Здесь под смешанными травостоями, в которых доминирует солодка, в почве накапливается до 12–15 т/га корней, под чистыми плотными её зарослями – до 22 т/га. Эти местообитания характеризуются лугово-дерновыми зернистыми почвами, с содержанием гумуса до 4%. В период паводка заросли затопляются сроком до 15 суток слоем воды не более 0,10 м.

С продвижением далее на юг площади под зарослями солодки расширяются и в придельтовой части поймы её отдельные

популяции занимают несколько десятков и даже сотен гектаров. Сплошные плотные заросли при высоте побегов 1,6–1,8 м к середине сентября формируют до 40–45 т/га зелёной массы. Запасы корня могут достигать 26 т/га.

Во-вторых, достаточно чётко прослеживается разница в распределении популяций солодки по основным геоморфологическим областям поймы – притеррасной, прирусловой и центральной (внутренней). На притеррасных участках, как правобережья реки Волги, так и левобережья реки Ахтубы, на которых распространены влажнолуговые темноцветные глееватые солончакватые почвы в комплексе с луговыми солончаками, популяции солодки представлены в основном мелкими куртинами или парцеллами, входя в состав сообществ с такими видами как лебеда татарская (*Atriplex tataricum* L.), лебеда бородавчатая (*Atriplex verruciferum* L.), дербенник лозный (*Lyttrum virgatum* L.), тростник обыкновенный (*Phragmites communis* Trin). Запасы корня на этих площадях составляют до 4 т/га.

На приречных (прирусловых) поймах заросли солодки сформированы на наиболее высоких незатопляемых частях осередков и грив вдоль уреза воды пиковых значений паводка. Популяции представлены в сообществах с рудеральными видами – дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.), конопля сорная (*Cannabis rubralis* Jan). Запасы корня здесь колеблются в пределах 2–6 т/га в зависимости от возраста популяции.

В-третьих, наиболее мощные и жизнеспособные её ценозы в чистом виде или в сообществах с видами из семейства мятликовых (Poaceae) приурочены к незатопляемым и краткзатопляемым участкам внутренней поймы с развитыми луговыми темноцветными почвами, подпитываемыми грунтовыми водами. К таким местообитаниям относятся:

– межгравные понижения, отшнурованные от водотоков современными аллювиальными наносами. Почвы представлены многими разностями пойменного аллювиально-лугового типа с преобладанием аллювиально-луговых слоистых с общей мощностью до 0,6–1,0 м. Грунтовые воды в пик паводка поднимаются до уровня 0,6...0,8 м от поверхности, в межливный период устанавливаются на глубине 2,0–2,5 м;

– глубокие понижения внутри широких пологих грив характеризуются слоистозернистыми почвами пойменно-лугового типа.

Их общая мощность достигает 1,0–1,2 м. В межливневый период их уровень устанавливается на глубине 1,8–2,0 м;

– подножия грав и пьедесталы террасовых останцев, мелкие гравы с относительно высокими, не превышающими 1,5–2,0 м, временно или постоянно подтопляемые под влиянием гидростатического подпора воды из наполняемых во время паводка межгравных понижений, лагун или водотоков (русел рек, ериков, протоков).

В таких местообитаниях местный пойменный экотип солодки голой представляет собой плотные заросли из высокорослых (до 2,0 м), хорошо облиственных по всем вертикальным ярусам побегов (до 60 шт. на 1 м²), накопление зелёной массы достигает 40–45 т/га и корневой – до 26 т/га в слое почвы 0,4 м.

Эти закономерности должны приниматься во внимание при планировании комплексных мероприятий по добыче корня, при картировании производственных площадей и установления технологических нормативов выборки корней из почвы.

Отношение к водному режиму

Солодка голая как эвримезофит относится к водолюбивым видам и не переносит длительного переувлажнения почвы. В условиях речных пойм юга жизнеспособность солодки голой определяется поёмностью.

Заселяя луга со средней поёмностью, она не выдерживает длительного затопления при стоянии слоя воды более 50–55 суток (май – июнь). При поздних попусках полых вод в нижний бьеф Волги (в конце апреля) отросшие побеги при полном затоплении с глубоким слоем воды погибают полностью.

В 2020 г. при ранней весне попуск вод в нижний бьеф реки Волги начался 9 апреля и с 13 апреля начался выход воды на луга. К этому времени высота молодых побегов солодки голой достигла 0,13–0,18 м и большинство из них оказалось полностью под слоем воды, что при длительном затоплении негативно отразилось на дальнейшем развитии растений.

Влияние затопления на сроки отрастания и темпы развития молодых растений солодки голой проиллюстрировано на рисунке по факторам паводка 2020 г.

Исследования показывают, что на краткопоёмных лугах при ранних сроках освобождения поверхности луга от слоя воды (10–15 мая) на месте вымокших, новые побеги появляются в начале третьей декады мая. На среднепоёмных полосах лугов при сходе воды в период 20 мая – 10 июня побеги появляются в первой декаде июня, при более длительном затоплении со сходом воды в первой декаде – во второй декаде июня.



а)



б)

*Отросшие побеги молодых парцелл G. Glabra на экологических уровнях луга с различной затопляемостью полыми водами, по состоянию на 17 мая 2020 г.
а – без затопления; б – после затопления на 15–18 суток*

В солодковых сообществах кратко-поёмных лугов количество побегов (облиственных стеблей) в большинстве точек учета составляло 36–44 шт. на 1 м², на среднепоёмных – 21–30. При длительности затопления 40 суток плотность побегов солодки голой в сообществах с ситнягом болотным (*Heleocharis palustris* Lindb.) составляет 12–17 шт. на 1 м², обеспечивая удельное проективное покрытие солодки голой в пределах 30%.

В 2001 г. на лугах Садковский и Запрудный в 2000–2003 гг. (Наримановский район Астраханской области) граница солодовников сместилась вверх по катенам на 25–30 м. В 2001 г. режим полых вод был аналогичным предшествующему году. Выход воды на затопляемые участки лугов отмечался 25–27 апреля. Слой воды в нижней части луга Садковский в 2000 г. достигал 0,6 м, к 10 июня снизился до 0,4 м. Обследования, проведенные в августе, показали, что нижняя граница побегов солодки по отношению к 2000 г. дополнительно сдвинулась вверх по катене на 15–20 м. Это свидетельствует о том, что намечается тенденция к снижению жизнеспособности солодки, гибели и сокращению её площадей на затопляемых лугах.

Аналогичные данные были получены в исследованиях на лугу Ашмарин (Черноярский р-н Астраханской области) в 2006–2007 гг. Здесь при описаниях травостоев 14–15 июня 2007 г. было отмечено, что на суходолах лугов верхнего яруса, которые не заливались, высота побегов солодки голой была равна 0,6–0,7 м, а в низинах, где капиллярная кайма грунтовых вод поднимается до уровня 0,8 м от поверхности почвы, побеги достигали 0,8–10 м. При этом на затопляемых лугах при сходе воды 23–26 мая высота побегов солодки не превышала 0,20–0,25 м.

После половодья, при высокой степени адаптации к ксеротермальному климату полупустыни, солодка голая интенсивно развивается, наращивая массу надземных и подземных органов во вторую половину лета. Однако на участках, где солодка была элиминирована водной нагрузкой при затяжных поздних попусках, расширение её ценозов по площади происходит медленно и не всегда.

Математическая обработка получаемых данных подтверждает определяющее влияние режима затопления, в частности длительности затопления, на жизнеспособность и продуктивность солодки голой.

Эта зависимость выражается следующими уравнениями регрессии:

При длительности затопления D сутки:

1. $D 30 \pm 5 y = -8,83x + 164 \pm 4,82 r = -0,90$,
 2. $D 40 \pm 5 y = -19,38x + 192 \pm 18,3 r = -93$,
 3. $D 50 \pm 5 y = -33,52x + 205 \pm 12,8 r = -0,98$,
 4. $D 60 \pm 5 y = -39,01x + 264,8 \pm 11,1 r = -0,98$,
- где y = длительность процесса элиминации солодки голой, годы.

За абсолютный контроль выбираются популяции солодки голой на сухих гривах, где основной корнеобитаемый слой почвы насыщается в весенне-летний период только капиллярным поднятием близко подступающих грунтовых вод (гидростатический подпор).

Снижение насыщенности почвогрунтов водой и падение уровня грунтовых вод происходит в следующей закономерной зависимости:

$$U = 136,68 - 0,180x_1 + 0,007x_2 \quad (r = 0,61),$$

где U – скорость сработки грунтовых вод (снижение уровня залегания, м);

x_1 – сумма осадков за апрель-август, мм;

x_2 – сумма дефицитов влажности воздуха за апрель – август, мб.

По всем наблюдениям установлено, что переувлажнение почвы в слое 1 м (больше 100% НВ) в течение 30–40 суток в мае и в июне не является фактором пессимальным для солодки голой.

Выводы

В исследованиях установлено, что, обладая высокой потенциальной адаптацией к различным экотопам, перенося стрессовые ситуации в условиях различных водных режимов почвогрунтов, солодка голая не обладает стабильностью жизнеспособности при длительном затоплении (весенние или летние попуски воды из водохранилищ). Реакция этого растения на фактор «долгая вода» расценивается как экзодинамическая дигрессия. При этом на низких уровнях среднепоёмных лугов погибают как нормальные ценоцические популяции с прогрессирующим развитием, так и регрессивные.

В целом по луговым фитоценозам: при неуправляемых сменах режимов попуска вод и затопления поймы изменяется соотношение ксерофитных, мезофитных и мезогигофитных лугов.

В научном аспекте перспективный интерес представляют исследования по программе мониторинга генофонда пойменного экотипа солодки голой, соотношение клонов вегетативного и генеративного про-

исхождения, чтобы выявить потенцию репродуктивности в условиях повышающейся экологической напряжённости.

Список литературы / References

1. Дорохина О.А. Солодка голая – ценное лекарственное растение Оренбуржья // Пространственно-временная динамика биоты и экосистем Арало-Каспийского бассейна: сборник трудов конференции. Оренбург, 2017. С. 166–169.
2. Dorohina O.A. Glycyrrhiza glabra – a valuable medicinal plant in the Orenburg region // Prostranstvenno-vremennaya dinamika bioty i ekosistem Aralo-Kaspiyskogo basseyna: sbornik trudov konferentsii. Orenburg, 2017. P. 166–169 (in Russian).
3. Gasimova A. A. Reserves of licorice in kur-araz lowland, its location, conditions and ways of rational use. Theoretical & Applied Science. 2016. No. 10 (42). P. 66–69.
4. Крайнюк Е.С. Солодка голая // Красная Книга Республики Крым. Растения, Водоросли и Грибы. Симферополь: ООО «Издательство Типографии «Ариал», 2015. С. 241.
5. Krajnyuk E.S. Licorice // Red book of the republic of Crimea. Plants, Algae, and Fungi. Simferopol': LLC «Publ. Printing house «Ariall» ООО «Izdatel'stvo Tipografii «Ariall», 2015. P. 241 (in Russian).
6. Алексеева Т.Б. Продуктивность и биохимический состав солодки голой из популяций Волго-Ахтубинской поймы // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Астраханского государственного университета (Астрахань, 20-25 августа 2007 г.). Астрахань: Изд. Издательский дом «Астраханский университет», 2007. С. 3–5.
7. Alekseeva T.B. Productivity and biochemical composition of licorice from populations of the Volga-Akhtuba floodplain // Ekologiya biosistem: problemy izucheniya, indikacii i prognozirovaniya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 75-letiyu Astrahanskogo gosudarstvennogo universiteta (Astrakhan, 20-25 august, 2007). Astrakhan': Izd. Izdatel'skiy dom «Astrakhanskiy universitet», 2007. P. 3–5 (in Russian).
8. Дедова Э.Б., Нохашкиева С.Н. Формирование пырейно-солодковых агроценозов на деградированных землях Калмыкии // Плодородие. 2011. № 4 (61). С. 54–56.
9. Dedova E.B., Nohashkieva S.N. Formation of wheatgrass-licorice agrocenoses on degraded lands of Kalmykia // Plodorodie. 2011. № 4 (61). P. 54–56 (in Russian).
10. Беляев А.Ю., Васфилова Е.С. Экологические основы сохранения биоразнообразия солодки на Южном Урале // Вестник ОГУ. 2011. № 12 (131). С. 170–172.
11. Belyaev A.Yu., Vasfilova E.S. Ecological bases of licorice biodiversity conservation in the southern Urals // Vestnik OGU. 2011. № 12 (131). P. 170–172 (in Russian).
12. Behdad Assieh; Mohsenzadeh, Sasan; Azizi, Majid. Salinity effects on physiological and phytochemical characteristics and gene expression of two Glycyrrhiza glabra L. populations. Phytochemistry. 2020. No. 112236. P. 171.
13. Кузьмин Э.В., Гемеджиева Н.Г., Грудзинская Л.М. Солодки Казахстана: Современное состояние природных зарослей и культура видов // Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: материалы I международной научной конференции (г. Новосибирск, 21–22 мая 2013 г.). Новосибирск: Изд. Новосибирский государственный аграрный университет, 2013. С. 296–299.
14. Kuz'min E.V., Gemedzhieva N.G., Grudzinskaya L.M. Licorice of Kazakhstan: the Current state of natural thickets and culture of species // Lekarstvennye rasteniya: fundamental'nye i prikladnye problemy: materialy I mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (g. Novosibirsk, 21–22 maya 2013 g.). Novosibirsk: Izd. Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2013. P. 296–299 (in Russian).
15. Kim Y.I., Lee J.H., An T.J., Lee E.S., Park W.T., Kim Y.G., Chang J.K. Study on the Characteristics of growth, yield, and pharmacological composition of a new Glycyrrhiza Variety Licorice Wongam (Glycyrrhiza glabra x Glycyrrhiza uralensis) in temperature gradient tunnel and suitable cultivation area of Korean. Horticultural science & Technology. 2020. Vol. 38. No. 1. P. 44–55.
16. Кружилин И.П., Мелихов В.В., Мамин В.Ф. Научно обоснованная норма нагрузки при ведении сельскохозяйственного производства, обеспечивающая сохранение биоразнообразия водно-болотных угодий Нижней Волги. Волгоград: ВНИИОЗ, 2010. 159 с.
17. Kruzhilin I.P., Melihov V.V., Mamin V.F. Science-based load rate for agricultural production that ensures the conservation of the biodiversity of the Lower Volga wetlands. Volgograd: VNIIOZ, 2010. 159 p. (in Russian).
18. Быков Б.А. Геоботаника. Алма-Ата: Наука КазССР, 1978. 282 с.
19. Bykov B.A. Geobotanika. Alma-Ata: Nauka KazSSR, 1978. 282 p. (in Russian).

УДК 913:556(470)

**ДИНАМИКА ЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
В РЕГИОНАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ****Падалко Ю.А.**

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, e-mail: yapadalko@gmail.com

В статье рассматривается динамика целевого водопользования в степных регионах Российской Федерации за период с 2008 по 2018 г. Целью исследования является анализ динамики целевого использования водных ресурсов в регионах степной зоны за период реализации Водной стратегии Российской Федерации. Состав исследуемых регионов охватывает территории субъектов, расположенных в степной и лесостепной природных зонах. Всего включены 17 субъектов Российской Федерации в 6 федеральных округах. В рамках работы составлена геоинформационная база данных с атрибутивной статистической информацией по выбранным субъектам. Динамика целевого использования анализировалась по данным материалов водохозяйственной и социально-экономической статистики за период с 2008 по 2018 г. На основе проведённого геоинформационного анализа структуры водопользования выявлены общие черты и закономерности в природных границах и социально-экономическом пространстве. Раскрыто наличие изменений в динамике использования водных ресурсов по регионам. Установлено снижение общего водопотребления на 10%. Определены сектора экономики степных регионов с наибольшим и наименьшим объемами использования водных ресурсов. Вследствие сокращения хозяйственной деятельности в ряде отраслей, наблюдается изменение структуры водопользования в регионах. Выявлены тенденции сокращения использования водных ресурсов на производственные нужды – 16% и хозяйственно-питьевое водоснабжение – 28% в связи с социально-экономическими переменами в регионах. Рост водопотребления отмечен в части регионов на орошение и прочие нужды, в том числе на животноводство обусловлен реализацией федеральных программ поддержки развития данных отраслей сельского хозяйства.

Ключевые слова: целевое водопользование, степная зона, структура водопользования, водная стратегия

**DYNAMICS OF TARGETED USE OF WATER RESOURCES
IN THE REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF RUSSIA****Padalko Yu.A.**

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, e-mail: yapadalko@gmail.com

The article examines the dynamics of target water use in the steppe regions of the Russian Federation for the period from 2008 to 2018. The purpose of the study is to analyze the dynamics of the targeted use of water resources in the regions of the steppe zone during the implementation of the Water Strategy of the Russian Federation. The composition of the studied regions covers the territories of the subjects located in the steppe and forest-steppe natural zones. In total, 17 constituent entities of the Russian Federation are included in 6 federal districts. The dynamics of targeted use was analyzed using data from water management and socio-economic statistics for the period from 2008 to 2018. Based on the conducted geoinformation analysis of the structure of water use, common features and patterns in natural boundaries and socio-economic space have been identified. The presence of changes in the dynamics of water resources use by regions is revealed. The total water consumption has been reduced by 10%. As a result of the decline in economic activity in a number of industries, there is a change in the structure of water use in the regions everywhere. The tendencies of reduction in the use of water resources for production needs – 16% and household and drinking water supply – 28% were revealed in connection with socio-economic changes in the regions. An increase in water consumption was noted in some regions for irrigation and other needs, including for animal husbandry, due to the implementation of federal programs to support the development of these agricultural sectors.

Keywords: target water use, steppe zone, water use structure, water strategy

Целевое использование водных ресурсов и их динамика показывают структуру хозяйства и развитие экономики каждого региона. Существенные различия по регионам водоёмкости секторов экономики определяются местной хозяйственной конъюнктурой в использовании этого ресурса и тем, что субъекты самостоятельно плани-

руют программы социально-экономического развития своих территорий.

Для устойчивого водоресурсного обеспечения социально-экономического развития России до 2020 г. в 2009 г. Правительством РФ была утверждена Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г. [1]. Субъектам РФ было рекомендовано предус-

мотреть в программах регионального развития регионов разработку мероприятий по рациональному использованию, восстановлению и охране водных объектов и их водных ресурсов.

В Водной стратегии отмечаются территории и отдельные регионы, где в маловодные периоды в бассейнах рек возникает дефицит водных ресурсов. В основном эти регионы и районы связаны общими природно-климатическими условиями, они расположены в степной зоне России. Появление дефицита обусловлено неравномерностью распределения водных ресурсов в бассейнах рек в пространстве и речного стока по сезонам года и водоёмкими производственными технологиями.

В настоящее время завершается период действия Водной стратегии, и поэтому важно рассмотреть, какие изменения произошли за время её реализации и количественно оценить объёмы и структуру водопользования. Особенно это необходимо для регионов степной зоны, в которых отмечен периодический дефицит водных ресурсов и их сосредоточенность в транзитных реках.

В работе целью исследования является анализ динамики целевого использования водных ресурсов в регионах степной зоны за период реализации Водной стратегии.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования составлена геоинформационная база данных с атрибутивной информацией по выбранным субъектам России. В состав исследуемых регионов были включены регионы с территорией, расположенной в степной, лесостепной и пустынно-степной природных зонах. Всего включены 17 субъектов Российской Федерации. В атрибутивной информации по регионам содержатся следующие категории данных: пространственные, текстовые и статистические.

Статистические данные включали ряды показателей по водному хозяйству и социально-экономическому положению и их динамике в субъектах Российской Федерации за 2008–2018 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2018 г. в степных регионах общий водозабор свежей воды равен 15538,8 млн м³, что составляет 29% от общероссийского водопотребления (рисунок). Объём использованных водных ресурсов составляет: на производственные нужды – 6793 млн м³, хозяйственно-питьевое – 2166 млн м³,

на орошение – 3707,8 млн м³, прочие нужды – 2871,6 млн м³ [2, 3]. За 2008–2018 гг. общее водопотребление свежей воды сократилось на 9,7%, при этом доля степных регионов в общероссийском водопотреблении возросла на 2%.

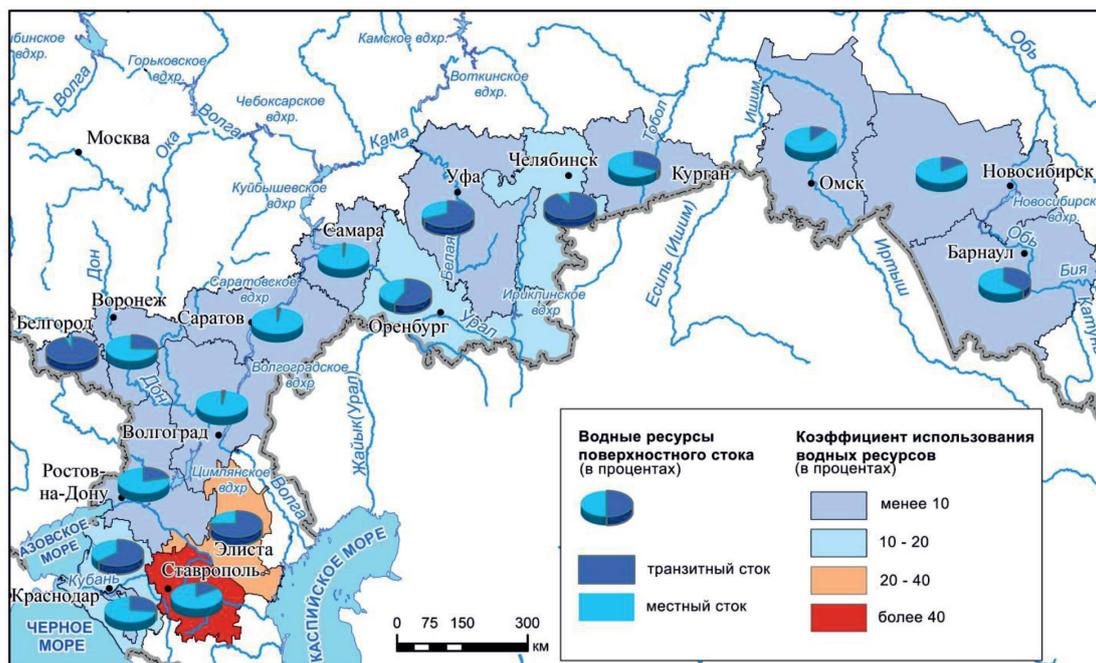
На поверхностные водные источники в степной зоне России приходится 88% от всего объёма забранной воды, а на подземные – 12% пресной воды [3]. По регионам преобладают поверхностные источники водоснабжения, за исключением Белгородской области, где 85% объёма используемой воды забирается из подземных источников. За прошедшее десятилетие в структуре источников наблюдается увеличение доли поверхностных источников с уменьшением подземных, кроме Краснодарского края и Республики Башкортостан со значительным увеличением объёма забора подземных вод.

Среди регионов лидером по объёму используемых водных ресурсов в 2018 г. являлся Ставропольский край, на долю которого приходилось около 23% (табл. 1), а в 2008 г. на первом месте находился Краснодарский край. Минимальную долю на протяжении всего периода использует Курганская область – менее 1% [3, 4].

В общероссийском целевом использовании водных ресурсов на орошение доля степных регионов составляет 56% от суммарного объёма потребления на эти нужды, а на долю хозяйственно-питьевого и производственного водопотребления приходится 28 и 23% соответственно.

Следует отметить, что более 40% используемой пресной воды в регионах степной зоны расходуется на производственные нужды, они преобладают в 11 из 17 регионов. В 2018 г. на эти цели использовано 6793 млн м³, что на 16% меньше по сравнению с 2008 г. Наибольшие объёмы данного вида использования вод регистрируются в Ставропольском крае – 1984,5 млн м³ [3, 4]. Более 80% водных ресурсов расходуется для нужд электроэнергетики на охлаждения технологического оборудования теплоэлектростанций. Водопотребление для нужд электроэнергетики преобладает в том числе в Ростовской и Оренбургской областях [5, 6].

За 2008–2018 гг. максимальное сокращение зафиксировано в Оренбургской области (-45%), что связано со снижением выработки электроэнергии на ТЭЦ (-41%) [6, 7]. Снижение производственного водоснабжения наблюдается в большинстве регионов, кроме Челябинской и Ростовской областей, Республики Адыгея.



Структура водных ресурсов поверхностного стока и коэффициент использования водных ресурсов в 2018 г.

Таблица 1

Изменения целевого использования водных ресурсов в регионах степной зоны за период с 2008 по 2018 г. (в процентах)

Регионы	Производственное	Хозяйственно-питьевое	Орошение	Прочие
Белгородская область	99	91	233	77
Алтайский край	81	70	40	99
Волгоградская область	70	67	50	109
Воронежская область	79	69	470	104
Краснодарский край	63	97	91	358
Курганская область	88	69	67	271
Новосибирская область	81	63	28	55
Омская область	72	68	34	68
Оренбургская область	55	60	195	67
Республика Адыгея	135	68	290	254
Республика Башкортостан	91	67	42	245
Республика Калмыкия	63	85	55	122
Ростовская область	101	86	92	173
Самарская область	71	69	107	58
Саратовская область	88	63	93	58
Ставропольский край	90	89	34	568
Челябинская область	171	62	22	44
По регионам степной зоны	84	72	80	199

Примечание. Рассчитано автором на основе данных [3, 4].

Наибольшее увеличение производственного водопотребления в Челябинской области (70%), обусловлено комплексным

ростом электрогенерации и производства продукции в металлургическом и обрабатывающем секторе региона.

На втором месте в степных регионах по объёмам использования водных ресурсов находятся нужды орошения – 24 %. Суммарно более 78 % приходится на Краснодарский край (2186,9 млн м³ и Ростовскую область 704,3 млн м³). Главной орошаемой культурой в этих регионах является рис, доля забора воды на подачу в рисовые чеки составляет около 90 %. В 12 субъектах за 2008–2018 гг. наблюдается снижение водопотребления воды на данные нужды, а в остальных регионах – многократное увеличение. На снижение объёма забора воды на орошение повлияло внедрение капельного орошения для полива овощных культур и вывод из эксплуатации земель и инфраструктуры оросительных систем из-за износа, а также периодические факторы, такие как влажность года в вегетационный сезон и площади орошаемых культур в исследуемый период. В то же время увеличение орошения в некоторых регионах вызвано реализацией федеральных программ поддержки развития орошаемого земледелия и импортозамещения сельскохозяйственной продукции.

В целях хозяйственно-питьевого водоснабжения использовано 2166 млн м³ (14 %) в 2018 г. Наибольшее хозяйственно-питьевое водопотребление отмечается в Краснодарском крае (272,87 млн м³), Самарской (235,96 млн м³) и Челябинской (206 млн м³) областях. В этих регионах преобладает городское население, в которых домохозяйства охвачены почти полностью централизованным водоснабжением, учитывая их водопотребление.

Динамика использования питьевых вод за 2008–2018 гг. показывает его снижение во всех регионах, максимальное сокращение этого вида целевого водопотребления в Оренбургской (40 %), Челябинской (38 %), Саратовской (37 %) областях. Сокращения связаны с вступлением в силу ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в 2009 г. Согласно закону, обязательна установка приборов учёта и контроля расходов воды, что способствовало экономическому стимулированию населения к водосбережению [7]. Наименьшее снижение хозяйственно-питьевого водоснабжения отмечено в регионах с ростом численности городского населения: Краснодарский край (–2,7 %), Белгородская область (–9,2 %).

На третьем месте по объёмам использования – прочие нужды (23 %). В них включено сельскохозяйственное водо-

снабжение, в том числе для нужд животноводства, технологический забор воды на поддержание уровня в каналах и других искусственных водоёмах. В части регионов возросли расходы на прочие нужды, что связано с развитием животноводства, водного транспорта и др.

Потери воды при транспортировке в 17 степных регионах составляют 3438 млн м³ или почти половину суммарного объёма потерь всех субъектов РФ. За прошедший период потери воды сократились на 15 % в 9 субъектах (табл. 2). В остальных субъектах регистрируется увеличение потерь при транспортировке воды. Изношенность инфраструктуры водохозяйственного комплекса, особенно в коммунальном хозяйстве, а также наличие протяженной сети оросительных каналов способствует большому объёму потерь.

Экономия водных ресурсов в регионах за счет оборотного и последовательного использования воды возросла на 4 %. Рост произошел за счет трех субъектов РФ: Ростовской и Белгородской областей, Краснодарского края. Максимальный прирост расхода воды в системах оборотного водоснабжения в Ростовской области объясняется вводом в эксплуатацию на полную мощность Ростовской АЭС и увеличением выработки электроэнергии в 2 раза за период с 2008 по 2018 г. В Краснодарском крае повышение также связано с электроэнергетикой. Ввод в эксплуатацию новых ТЭС для инфраструктуры проведения зимних олимпийских игр в Сочи увеличил суммарную мощность электростанций и производства электроэнергии в крае. В настоящее время строительство ТЭС с прямоточными системами водопользования запрещено Водным кодексом, поэтому новые ТЭС вводятся в эксплуатацию с оборотными системами охлаждения. В Белгородской области экономия использования свежей воды за счет оборотных систем водоснабжения увеличилась в добывающей и обрабатывающей промышленности.

Сброс сточных вод в 2018 г. в исследуемых регионах уменьшился на 16 % к 2008 г. В большинстве данных субъектов произошло их снижение, за исключением Республики Адыгея, Ставропольского края и Челябинской области. В сточные воды включают сбросы незагрязнённой воды после охлаждения технологического оборудования теплостанций. Поэтому субъекты РФ с большими электрогенерирующими мощностями на прямоточных ТЭС имеют высокие показатели сброса сточных вод.

Таблица 2

Динамика показателей рационального использования водных ресурсов в регионах степной зоны за период с 2008 по 2018 г. (в процентах)

Регион	Потери воды при транспортировке	Оборотное и последовательное использование воды	Сброс сточных вод
Белгородская область	97	121	96
Алтайский край	45	80	89
Волгоградская область	137	79	56
Воронежская область	234	100	74
Краснодарский край	97	122	80
Курганская область	109	69	61
Новосибирская область	103	81	81
Омская область	84	95	68
Оренбургская область	139	99	54
Республика Адыгея	135	96	153
Республика Башкортостан	111	97	80
Республика Калмыкия	38	10	40
Ростовская область	74	270	90
Самарская область	66	95	64
Саратовская область	86	96	73
Ставропольский край	94	89	109
Челябинская область	56	87	122
По регионам степной зоны	85	104	84

Примечание. Рассчитано автором на основе данных [3, 4].

Заключение

В степных регионах наблюдается повсеместное сокращение водопотребления во всех секторах экономики, за исключением сельскохозяйственного. Наибольшее снижение отмечается в использовании водных ресурсов на хозяйственно-питьевые нужды, а также для орошения. Внедрение экономического стимулирования в использовании водных ресурсов за счет перехода платы за количество потребленного ресурса позволило снизить водопотребление в домашних хозяйствах. В то же время реализация федеральных программ по развитию мелиорации и импортозамещения привела к росту потребления водных ресурсов на орошение в некоторых регионах. Изменения в производственном водопотреблении в основном связаны с падением выработки электроэнергии на теплоэлектростанциях и снижением производства в некоторых секторах. За время реализации стратегии произошли значительные изменения в водном хозяйстве регионов, но в основном это обусловлено социально-экономическими переменами.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (АААА-А17-117012610022-5).

шафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (АААА-А17-117012610022-5).

Список литературы / References

1. Водная стратегия РФ на период до 2020 года. Официальный текст от 27 августа 2009 года № 1235-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/10049/> (дата обращения: 14.09.2020).

Water strategy of the Russian Federation for the period up to 2020. Official text dated August 27, 2009 No. 1235-r. [Electronic resource]. URL: <http://government.ru/docs/10049/> (date of access: 14.09.2020) (in Russian).

2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.

State report «On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2018». M.: Ministry of Natural Resources of Russia; NPP «Cadastre», 2019. 844 p. (in Russian).

3. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. 2018 год. Водный кадастр Российской Федерации. Справочное издание. СПб.: Росгидромет, ООО «Победа», 2019. 153 с.

Resources of surface and ground waters, their use and quality. 2018 year. Water cadastre of the Russian Federation. Reference edition. SPb.: Roshydromet, LLC Pobeda, 2019. 153 p. (in Russian).

4. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2008 году». М.: НИИ-Природа, 2009. 457 с.

State report «On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2008». M.: NIA-Priroda, 2009. 457 p. (in Russian).

5. Соколов А.А., Чибилёв А.А., Руднева О.С., Барбазюк Е.В., Дубровская С.А., Кин Н.О., Климентьев А.И., Левыкин С.В., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А., Петрищев В.П., Поляков Д.Г., Рябуха А.Г., Сивохи́п Ж.Т., Чибилёв А.А. (мл.). Географический атлас Оренбургской области. Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2020. 160 с.

Sokolov A.A., Chibilev A.A., Rudneva O.S., Barba-
zyuk E.V., Dubrovskaya S.A., Keene N.O., Kliment'ev A.I.,
Levykin S.V., Pavleichik V.M., Padalko Yu.A., Petrishev V.P.,
Polyakov D.G., Ryabukha A.G., Sivokhip J.T., Chibilev A.A.
(Jr.). Geographical atlas of the Orenburg region. Orenburg:
Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Acad-

emy of Sciences; Russian Geographical Society, 2020. 160 p. (in Russian).

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

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

7. Рыбкина И.Д., Сивохи́п Ж.Т. Водные ресурсы российско-казахстанского трансграничного региона и их использование // Юг России: экология, развитие. 2019. № 2. С. 70–86. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-70-86.

Rybkina I.D., Sivokhip Zh.T. Water resources of the russian-kazakhstan transboundary region and their use // South of Russia: ecology, development. 2019. № 2. P. 70–86. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-70-86 (in Russian).

УДК 910.3

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЦИОДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УФИМСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**Сафиуллин М.Р.***Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, Уфа,
e-mail: Marek1987@yandex.ru*

На современном этапе городские агломерации приобретают все большее значение в обеспечении эффективного территориального развития регионов России. В статье проанализированы ключевые проблемы и территориальные особенности социодемографического развития Уфимской агломерации в разрезе муниципальных образований. Уфимская агломерация является ведущей территориальной социально-экономической системой Республики Башкортостан. Охарактеризована динамика абсолютной численности населения, рождаемости, смертности и миграции населения в разрезе муниципальных образований Уфимской агломерации за период с 2012 по 2018 г. Динамика социоэкономического развития Уфимской агломерации рассмотрена на основе показателей сферы здравоохранения (обеспеченность врачами и средним медицинским персоналом), занятости населения и безработицы, численности пенсионеров, среднемесячной начисленной заработной платы, инвестиций в основной капитал в расчете на душу населения по муниципальным образованиям. По расходам бюджета на душу населения г. Уфа уступает г. Москве в 7,8 раза, г. С.-Петербургу – в 4,5 раза. Определены территориальные особенности изменения демографических процессов Уфимской агломерации. Выявлены тренды социального и демографического развития Уфимской агломерации, сформировавшиеся за период с 2012 по 2018 г. Результаты исследования свидетельствуют о нарастании территориальной дифференциации в социодемографическом развитии Уфимской агломерации. Автором исследования доказывается необходимость корректировки социально-экономического развития Уфимской агломерации с учетом сложившихся социодемографических трендов в муниципальных образованиях. Обоснована ведущая роль геодемографического фактора в стратегическом социально-экономическом развитии Уфимской агломерации. Актуализированы проблема территориально-структурной трансформации Уфимской агломерации исходя из формирующихся социодемографических тенденций и необходимость учета геодемографического фактора в территориальной политике развития агломерации на муниципальном уровне. Результаты исследования важны при разработке стратегий территориального социально-экономического развития Республики Башкортостан.

Ключевые слова: социодемографическое развитие, агломерация, численность населения, естественное движение населения, миграция населения, тренды

TERRITORIAL FEATURES OF SOCIO-DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT OF THE UFA AGGLOMERATION**Safiullin M.R.***Institute of strategic studies Republic of Bashkortostan, Ufa, e-mail: Marek1987@yandex.ru*

At the present stage, urban agglomerations are becoming increasingly important in ensuring effective territorial development of Russian regions. The article analyzes the key problems and territorial features of the socio-demographic development of the Ufa agglomeration in the context of municipalities. The Ufa agglomeration is the leading territorial socio-economic system of the Republic of Bashkortostan. The dynamics of the absolute population, birth rate, mortality and migration in the context of municipalities of the Ufa agglomeration for the period from 2012 to 2018 are described. The dynamics of socio-economic development of the Ufa agglomeration is considered on the basis of indicators of the health sector (availability of doctors and average medical staff), employment and unemployment, the number of pensioners, average monthly accrued wages, investment in fixed assets per capita for municipalities. In terms of budget expenditures per capita, Ufa is 7.8 times lower than Moscow, and St. Petersburg is 4.5 times lower. Defined by the territorial peculiarities of the changes in demographic processes of the Ufa Metropolitan area. The trends of social and demographic development of the Ufa agglomeration that were formed during the period from 2012 to 2018 are revealed. The results of the study indicate an increase in territorial differentiation in the socio-demographic development of the Ufa agglomeration. The author of the study proves the need to adjust the socio-economic development of the Ufa agglomeration, taking into account the existing socio-demographic trends in municipalities. The leading role of geodemographic factor in the strategic socio-economic development of the Ufa agglomeration is proved. The problem of territorial and structural transformation of the Ufa agglomeration based on the emerging socio-demographic trends and the need to take into account the geodemographic factor in the territorial policy of agglomeration development at the municipal level are updated. The research results are important in developing strategies for territorial socio-economic development of the Republic of Bashkortostan.

Keywords: sociodemographic development, agglomeration, population size, natural population movement, population migration, 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. Причиной многих социально-экономических проблем российских городских агломераций явля-

ются недостаточный учет роли геодемографических процессов и несбалансированное развитие системы расселения страны. Анализ и оценка факторов эффективного территориального развития городских агломераций России в рыночных условиях является предметом современных научно-прикладных исследований [1–3].

Цель исследования: определение территориальных особенностей социодемографического развития Уфимской агломерации – имеет практическое значение при разработке стратегии территориального развития Республики Башкортостан. Обоснована ведущая роль геодемографического фактора в стратегическом социально-экономическом развитии Уфимской агломерации. Выделены приоритетные направления территориально-структурной трансформации Уфимской агломерации исходя из формирующихся тенденций в развитии российских агломераций. В статье проведен территориальный анализ и оценка социодемографического развития Уфимской агломерации и определены формирующиеся проблемные тренды.

Материалы и методы исследования

При выполнении исследования применены методы пространственной дифференциации, балансовый, территориального, сравнительного и статистического анализа и оценки социодемографического развития агломерации. Использованы данные официальной статистики за период с 2013 по 2018 г. в разрезе муниципальных образований, входящих в состав Уфимской агломерации, и научные публикации по анализируемой теме [4, 5].

Результаты исследования и их обсуждение

Уфимская агломерация – крупнейшая в республике, включающая города Уфа, Благовещенск; Уфимский, Благовещенский, Иглинский, Кармаскалинский, Кушнаренковский, Чишминский, Нуримановский, Благоварский и Архангельский административные районы. Общая площадь агломерации составляет 12,4 тыс. км² или 8,7% от общей площади республики. На 1 января 2019 г. на территории агломерации проживало 1 млн 473 тыс. чел. или 36,4% от всего населения Республики Башкортостан (РБ). Ядром агломерации является город-миллионер Уфа, который развивается и функционирует в тесном взаимодействии с пригородной зоной и более отдаленными

окружающими территориями. Периферийные участки пригородной зоны расположены от г. Уфы в среднем на 25–65 км, с наибольшей удаленностью от города в северном и восточном направлениях. Изучению научно-прикладных проблем развития Уфимской агломерации уделяется большое внимание [6, 7].

Центр агломерации г. Уфа обладает комплексом устойчивых конкурентных преимуществ по сравнению с другими городами республики. Для нее характерны наибольшая концентрация населения, базовых предприятий многих отраслей промышленности, материально-технического обеспечения, транспорта и связи, ведущих учреждений и организаций здравоохранения, просвещения, высшего образования, науки, культуры, торговли, бытового обслуживания, жилищно-коммунального хозяйства.

Среди 15 городов-миллионников России г. Уфа по объему бюджета занимает девятое место, по расходам бюджета на душу населения – 10 место (табл. 1). Объем бюджета и эффективность бюджетной политики определяют территориальные возможности социодемографического развития агломераций. По расходам бюджета на душу населения г. Уфа уступает г. Москве в 7,8 раза, г. С.-Петербургу – в 4,5 раза, остальным городам – от 1,1 до 1,4 раза (табл. 1).

По итогам 2018 г. на территории РБ насчитывается 1,2 млн пенсионеров. В Уфимской агломерации проживает 394 тыс. пенсионеров или 1/3 часть всех пенсионеров республики. В г. Уфе проживает до 83% всех пенсионеров Уфимской агломерации. Трендом является старение населения агломерации. Доля пенсионеров в общей численности населения агломерации увеличилась с 25,7% в 2013 г. до 26,9% в 2018 г. (табл. 2).

В целом для Уфимской агломерации характерны высокие объемы строительства индивидуального жилья в г. Уфе и в муниципальных районах, граничащих с ней: в Уфимском и Иглинском районах. Высокие объемы ввода жилых домов, а также индивидуальное строительство объясняется высокой плотностью населения вокруг города – миллионера, более высокими доходами и желанием жителей г. Уфы иметь индивидуальное жилье в пригороде г. Уфы, что характеризует развитие процесса субурбанизации в агломерации.

По уровню безработицы, наименьшие значения показателя в 2019 г. зафиксированы в Уфимском, Благовещенском и Иглин-

ском районах и в г. Уфе. Самый высокий уровень безработицы за весь период исследования наблюдался в Чишминском районе. Во всех МО, входящих в Уфимскую агломерацию, за исключением Чишминского и Кармаскалинского районов, отмечается

значительное снижение уровня безработицы в 2019 г. по сравнению с 2013 г. (табл. 3).

Численность безработных в Уфимской агломерации на 1 января 2019 г. составила 6974 чел.: по сравнению с 2013 г. она сократилась на 2438 чел. или на 25,9%.

Таблица 1

Бюджеты городов-миллионников России (2018)*

Города	Бюджет городского округа (млрд руб.)		Расходы бюджета на душу населения (тыс. руб.)
	доходы	расходы	
Волгоград	20,2	20,8	20,5
Воронеж	22,7	22,3	21,2
Екатеринбург	42,9	42,1	27,9
Казань	27,1	26,3	21,1
Красноярск	34,6	34,3	31,5
Москва	2103,6	2326,5	184,4
Нижний Новгород	31,8	32,0	25,3
Новосибирск	41,4	42,6	26,4
Омск	18,5	18,4	15,8
Пермь	27,4	26,6	25,3
Ростов-на-Дону	32,6	33,7	29,8
Самара	25,9	25,6	22,1
Санкт-Петербург	579,7	569,6	105,8
Уфа	27,6	26,8	23,7
Челябинск	38,8	38,9	32,4

Примечание. *Составлена автором по: [8, с. 6].

Таблица 2

Численность пенсионеров в Уфимской агломерации (чел.)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Уфа	283133	287109	294289	298174	301234	306016
Уфимский	15880	16595	17637	18547	19486	20489
Благовещенский	12669	12879	13338	13596	13672	14004
Иглинский	12356	12715	13283	13726	14283	14859
Кармаскалинский	12972	13182	13397	13769	14051	14283
Кушнаренковский	6641	6767	6871	6937	7016	8584
Чишминский	14340	14505	14799	15104	15378	15601
Итого	357991	363752	373614	379853	385120	393836

Примечание. *Составлена автором по: [9].

Таблица 3

Уровень безработицы в Уфимской агломерации (в %)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
г. Уфа	1,33	1,13	1,13	1,25	1,03	0,86	0,83
Уфимский район	0,98	1,15	1,04	1,11	0,75	0,70	0,63
Благовещенский район	0,99	0,96	0,81	0,99	0,85	0,80	0,75
Иглинский район	1,03	0,97	1,00	1,16	0,91	0,84	0,85
Кармаскалинский район	1,54	1,38	1,93	1,89	1,59	1,46	1,75
Кушнаренковский район	1,30	1,23	1,17	1,22	0,96	1,02	1,06
Чишминский район	2,04	2,27	1,99	1,98	2,10	2,02	2,22

Примечание. *Составлена автором по: [9].

В РБ насчитывается 17,1 тыс. врачей и 44,1 тыс. сотрудников среднего медицинского персонала (2017). На территории Уфимской агломерации работают 10,1 тыс. врачей и 18,1 тыс. сотрудников среднего медицинского персонала, что составляет соответственно 59% и 41%. В последние годы в республике сложилась проблемная ситуация, связанная с дефицитом кадров в медицинской сфере. Нехватка врачей и среднего медицинского персонала отмечается в сельских районах республики. Во всех районах, входящих в состав Уфимской агломерации, данный показатель имеет отрицательную динамику. Его значение ниже среднереспубликанского значения во всех муниципальных районах агломерации кроме г. Уфы. В столице расположены больницы республиканского значения и специализированные медицинские центры. За счет этих учреждений в столице республики отмечается наибольшее количество больничных коек. Низкая обеспеченность койко-местами по итогам 2018 г. в Уфимской агломерации отмечается в Кушнареновском и Иглинском районах. Отставание от среднереспубликанского значения достигает двукратного разрыва.

Обеспеченность населения врачами в Уфимской агломерации за период с 2013 по 2018 г. во всех МО уменьшилась. Меньше всего врачей на 10 тыс. человек населения в Иглинском, Благовещенском и Кармаскалинском районах: менее 20 врачей. Обеспеченность населения средним медицинским персоналом в РБ с 2015 г. также сокращается. В 2017 г. этот показатель в среднем по республике составлял 108,5 работника со средним медицинским образованием. В муниципальных районах Уфимской агломерации обеспеченность средним медицинским персоналом ниже, чем в среднем по республике, от 1,5 до 2,4 раза. Показатель выше среднереспубликанского значения имеет только г. Уфа (130,0).

В 2018 г. на территории Уфимской агломерации работало свыше 357 тыс. чел., что составляет 32,6% от всего работающего населения республики. За период с 2013 по 2018 г. численность работников организаций в Уфимской агломерации (без учета субъектов малого предпринимательства) сократилась на 5,4%. Среди МО Уфимской агломерации наблюдается высокая дифференциация по среднемесячной номинальной начисленной заработной плате. Самая высокая среднемесячная номинальная начисленная заработная плата в 2018 г. зафиксирована в г. Уфе (46,5 тыс.

руб.) и в Уфимском районе (48,5 тыс. руб.). В остальных МО среднемесячная номинальная начисленная заработная плата составляет от 27,1 тыс. руб. (Кушнареновский район) до 38,7 тыс. руб. (Благовещенский район).

Ключевым показателем, характеризующим экономическое развитие территории, является объем инвестиционных вложений. Инвестиции в основной капитал, использованные предприятиями и организациями, в расчете на душу населения МО, входящих в Уфимскую агломерацию, существенно различаются. Наибольший объем инвестиций в расчете на душу населения характерен для г. Уфы и Уфимского района. Наименьшее значение показателя – в Кушнареновском и Иглинском районах. Разница между наибольшим и наименьшим объемом инвестиций в расчете на душу населения в МО Уфимской агломерации достигает 15,7 раз. Динамика инвестиций в основной капитал нестабильная: в муниципальных образованиях в разные периоды наблюдается как резкий рост, так и падение объемов инвестиционных вложений. В основном это определяется реализацией ежегодных инвестиционных проектов на территории МО.

Территориальная концентрация населения республики в Уфимской агломерации возросла с 34,3% в 2012 г. до 36,4% в 2018 г. За 2012–2018 гг. численность населения Уфимской агломерации увеличилась на 5,9%. Прирост численности населения был характерен для г. Уфы (на 4,4%) и сопредельных районов: Уфимского (33,2%) и Иглинского (25,3%). В остальных МО Уфимской агломерации численность населения сокращалась (табл. 4).

В целом по Уфимской агломерации наблюдается естественный прирост населения. При этом с 2013 по 2016 г. происходил рост абсолютного показателя с 4781 чел. до 5409 чел., а к 2018 г. естественный прирост сократился до 1491 чел. В 2018 г. естественная убыль наблюдалась во всех МО, за исключением г. Уфы и Уфимского района (табл. 5).

Негативной тенденцией в муниципальных образованиях (МО) Уфимской агломерации является существенное снижение коэффициента рождаемости за 2013–2018 гг. (за исключением Уфимского района). При этом практически все МО демонстрируют разнонаправленную динамику показателя за весь период исследования. Абсолютная смертность населения в Уфимской агломерации ежегодно составляет свыше 16 тыс. чел. Основная доля умерших приходится

на г. Уфу (74,8%). Значение коэффициента смертности выше среднереспубликанского уровня (12,4%) в 2018 г. отмечалось в Кушнаренковском, Кармаскалинском, Благовещенском, Иглинском и Чишминском районах.

С 2013 г. на территорию Уфимской агломерации ежегодно прибывало более 50 тыс. человек. Лидером по числу прибывших мигрантов является столица республики г. Уфа, куда ежегодно приезжают жить и работать свыше 30 тыс. человек (66,3% в 2018 г. от всех прибывших в агломерацию). При этом более 65% прибывших являются жителями административных районов РБ, расположенных за пределами агломерации.

В 2018 г. по сравнению с 2013 г. наблюдается увеличение числа выехавших из МО Уфимской агломерации почти на 15 тыс. человек (рост на 47,0%). В целом для Уфимской агломерации за период 2013–2018 гг. характерен замедляющийся миграционный прирост населения (на 71,8%). Начиная с 2014 г. миграционный прирост населения характеризуется тенденцией к сокращению. В 2018 г. миграционный прирост составил всего 5650 чел. Положительный миграционный прирост отмечается в трех муниципальных образованиях: г. Уфе, Уфимском и Иглинском районах. Для остальных районов характерно отрицательное сальдо миграции (табл. 6).

Таблица 4

Численность населения Уфимской агломерации (на 01 января текущего года, чел.)*

	2013	2015	2017	2018	2019
г. Уфа	1087170	1115885	1126098	1131429	1135480
Уфимский район	71565	79785	87798	91403	95353
Благовещенский район	50057	49754	49380	49265	49020
Иглинский район	51920	55968	60777	62824	65063
Кармаскалинский район	50620	50190	50319	49792	49285
Кушнаренковский район	27087	26919	27074	26767	26274
Чишминский район	52538	53071	52607	54179	52325
Итого	1390957	1431572	1454053	1465659	1472800

Примечание. *Составлена автором по: [9].

Таблица 5

Абсолютный естественный прирост (убыль) в Уфимской агломерации (чел.)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
г. Уфа	4741	5178	5207	5480	2294	1527
Уфимский район	88	231	256	186	345	312
Благовещенский район	37	134	26	40	17	-63
Иглинский район	-7	18	-31	-49	17	-97
Кармаскалинский район	4	-16	-87	-110	-119	-56
Кушнаренковский район	-65	-33	-71	-96	-62	-60
Чишминский район	-17	-28	7	-42	-108	-72
Итого	4781	5484	5307	5409	2384	1491

Примечание. *Составлена автором по: [9].

Таблица 6

Абсолютное сальдо миграционного прироста (+) или убыли (-) в Уфимской агломерации (чел.)*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
г. Уфа	14724	4072	337	-811	3037	2524
Уфимский район	4163	3738	5107	2465	3260	3638
Благовещенский район	-204	-270	-176	-264	-132	-182
Иглинский район	1501	2536	2362	2527	2030	2336
Кармаскалинский район	-448	30	173	153	-408	-451
Кушнаренковский район	-4	-66	213	109	-245	-433
Чишминский район	313	265	-345	-106	1680	-1782
Итого	20045	10305	7671	4073	9222	5650

Примечание. *Составлена автором по: [9].

Выводы

Таким образом, ухудшение геодемографической ситуации в Уфимской агломерации усложняет решение проблем устойчивого территориального социально-экономического развития Башкирии. Увеличение численности пенсионеров в структуре населения Уфимской агломерации в перспективе может создать социальные проблемы в развитии. С одной стороны, старение населения, несомненно, приведет к сокращению численности трудоспособного населения. С другой стороны, оно неизбежно потребует роста социальных расходов в бюджетах муниципальных образований агломерации. Уфимская агломерация развивается по классическому сценарию: население переезжает из менее развитых населенных пунктов в более развитые в экономическом и социальном отношении населенные пункты и райцентры. В стратегии территориального социально-экономического развития Уфимской агломерации следует учитывать особенности и формирующиеся тренды в социодемографическом развитии.

Список литературы / References

1. Георгиева Т.П. Агломерации в России: когда практика опережает теорию // Бюджет. 2016. № 4. С. 94–96.
Georgieva T.J. Agglomerations in Russia: when practice is ahead of theory // Budget. 2016. № 4. P. 94–96 (in Russian).
2. Диков Я.А. Тенденции развития городских агломераций // Экономика и бизнес: теория и практика. 2017. № 7. С. 24–28.
Dikov Ya.A. Trends of urban agglomerations // Economics and business: theory and practice. 2017. № 7. P. 24–28 (in Russian).

3. Оганисян А.С. Развитие городских агломераций как центров инновационного, экономического, социального развития // Горизонты экономики. 2017. № 3 (36). С. 104–107.

- Oganisyan A.S. Development of urban agglomerations as centers of innovative, economic, social development // Horizons of economy. 2017. № 3 (36). P. 104–107 (in Russian).

4. Алексеева Е.Н. Социологический анализ современных тенденций развития городских агломераций // Вестник МГУ. Серия 18. Социология и политология. 2013. № 4. С. 135–150.

- Alexeeva E.N. Sociological analysis of modern trends in the development of urban agglomerations // Vestnik MGU. Seriya 18. Sotsiologiya i politologiya. 2013. № 4. P. 135–150 (in Russian).

5. Развитие городских агломераций: аналитич. обзор. Вып. 2. М.: МЭР РФ, 2017. 71 с.

- Development of urban agglomerations: analytical review. Issue 2. M.: M.: MER RF, 2017. 71 p. (in Russian).

6. Интегративное межтерриториальное взаимодействие в условиях экономических и политических вызовов / Под ред. Д.А. Гайнанова. Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2016. 170 с.

- Integrative inter-territorial interaction in conditions of economic and political challenges / Pod red. D.A. Gaynanova. Ufa: ISEI UNTS RAN, 2016. 170 p. (in Russian).

7. 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.

- Safullin R.G., Safullin R.M., Ibragimov Z.F. Territorial-structural transformation of millionaire city: theoretical approaches and methods // Regional studies. 2015. № 1 (47). P. 18–23 (in Russian).

8. Города-миллионники Российской Федерации, 2017–2018 гг.: статистический справочник. Уфа: Башкортостанстат, 2019. 39 с.

- Cities with millions of inhabitants of the Russian Federation, 2017–2018: statistical reference. Ufa: Bashkortostanstat, 2019. 39 p. (in Russian).

9. Социально-экономическое положение муниципальных районов и городских округов Республики Башкортостан: статистический сборник. Уфа: Башкортостанстат, 2018. 277 с.

- Social and economic situation of municipal districts and urban districts of the Republic of Bashkortostan: statistical collection. Ufa: Bashkortostanstat, 2018. 277 p. (in Russian).

УДК 910.3

ЭВОЛЮЦИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ РОССИИ: ТЕРРИТОРИАЛЬНО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ

Сафиуллин Р.Г.

*Институт социально-экономических исследований – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального
исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, e-mail: SafullinRG@yandex.ru*

Общей тенденцией развития научно-образовательной сферы в передовых странах мира (США, Япония, Германия, Франция и др.) и странах БРИКС (Китай, Индия, Бразилия) является наращивание объемов научных инвестиций и интеллектуального капитала. Период с 1970 по 2018 г. характеризуется усилением международной конкуренции в научно-образовательной сфере. В статье рассматриваются современные проблемы развития интеллектуального капитала России, важнейшей составляющей инновационной экономики. Дается анализ территориальных особенностей в распределении исследователей с учеными степенями и их подготовки по субъектам страны. Для научно-образовательной сферы России характерна высокая территориальная локализация. В научных исследовательских центрах г. Москвы и г. Санкт-Петербурга сконцентрировано свыше 50% исследователей с учеными степенями. В России после 1991 г. наметилась негативная тенденция сокращения численности исследователей с учеными степенями. В территориальном отношении формируется тенденция регионализации в развитии научно-образовательной сферы страны. За 2005–2018 гг. доля Приволжского, Уральского, Северо-Кавказского, Южного и Дальневосточного округов в территориальной концентрации исследователей с учеными степенями характеризовалась ростом. При этом происходит сокращение численности исследователей с учеными степенями в Центральном и Северо-Западном округах, в первую очередь за счет научных исследовательских центров Москвы и Санкт-Петербурга. Субъекты Северо-Кавказского федерального округа не относятся к числу регионов с развитой инновационной экономикой. Однако численность исследователей с учеными степенями в этом округе за 2005–2018 гг. увеличилась в 2 раза, в то время как в г. Москве сократилась почти на 17%, в г. Санкт-Петербурге – на 25%. В России формируются типы регионов по локализации интеллектуального капитала: а) «притяжения интеллектуального капитала»; б) «бегства ученых-исследователей»; в) «деградирующие по интеллектуальному капиталу»; г) «стагнирующие». На основании выявленных территориальных трендов сделаны выводы о перспективах научно-образовательной сферы России.

Ключевые слова: научно-образовательная сфера, интеллектуальный капитал, регионализация, территориальная концентрация, тенденции

EVOLUTION OF THE SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL SPHERE IN RUSSIA: TERRITORIAL AND STRUCTURAL FEATURES AND TRENDS

Safiullin R.G.

*Institute of socio-economic research – a separate structural division of the Federal
state budgetary scientific institution of the Ufa Federal research center
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, e-mail: SafullinRG@yandex.ru*

The General trend in the development of the scientific and educational sphere in the advanced countries of the world (USA, Japan, Germany, France, etc.) and the BRICS countries (China, India, Brazil) is to increase the volume of scientific investment and intellectual capital. The period from 1970 to 2018 is characterized by increased international competition in the scientific and educational sphere. The article deals with modern problems of the development of intellectual capital in Russia, the most important component of the innovative economy. The analysis of territorial features in the distribution of researchers with academic degrees and their training by subjects of the country is given. The scientific and educational sphere of Russia is characterized by high territorial localization. More than 50% of researchers with academic degrees are concentrated in the research centers of Moscow and St. Petersburg. In Russia, after 1991, there was a negative trend of reducing the number of researchers with academic degrees. Geographically, there is a trend of regionalization in the development of the scientific and educational sphere of the country. In 2005-2018, the share of the Volga, Ural, North Caucasus, southern and far Eastern districts in the territorial concentration of researchers with academic degrees was characterized by an increase. At the same time, there is a reduction in the number of researchers with academic degrees in the Central and North-Western districts, primarily at the expense of research centers in Moscow and St. Petersburg. The subjects of the North Caucasus Federal district are not among the regions with a developed innovative economy. However, the number of researchers with academic degrees in this district increased by 2 times in 2005-2018, while in Moscow it decreased by almost 17%, in St. Petersburg-by 25%. In Russia, the types of regions that localize intellectual capital are formed: a) «attraction of intellectual capital»; b) «flight of scientists and researchers»; c) «degraded by intellectual capital»; d) «stagnating». Based on the identified territorial trends, conclusions are made about the prospects of the scientific and educational sphere in Russia.

Keywords: scientific and educational sphere, intellectual capital, regionalization, territorial concentration, trends

Проблемы современного развития научно-образовательной сферы России вызывают споры в среде управленцев и ученых.

Имеются разные взгляды и мнения по особенностям организации и управления научно-образовательной сферой страны [1–3].

Научно-практическое значение имеет исследование происходящих изменений в территориально-структурной организации научно-образовательной сферы России в рыночных условиях [4].

В развитии научно-образовательной сферы России сформировались разнонаправленные общие и территориально-структурные тренды. Цель исследования заключалась в выявлении территориально-структурных проблем и тенденций развития научно-образовательной сферы России. Проведены территориальный анализ и оценка развития научно-образовательной сферы страны в сравнении с ведущими странами мира за период с 1970 по 2017 г., а также в разрезе субъектов и федеральных округов (ФО) России с 2005 по 2018 г.

Материалы и методы исследования

Применены методы территориального и динамического сравнительного анализа и оценки развития научно-образовательной сферы за период с 1970 по 2018 г. Используются данные официальной статистики и исследовательских центров по научно-образовательной сфере России и зарубежных стран [5–7].

Результаты исследования и их обсуждение

Развитие научно-образовательной сферы страны потенциально определяет конкурентоспособность экономики по технологической модернизации, производству инновационных товаров и услуг, качеству рабочей силы и росту инвестиций. Это определяет качество территориально-структурной организации экономики стран и регионов.

Ведущие страны мира (США, КНР, Япония, Германия, Великобритания, Франция, Италия и др.) стратегическое устойчивое развитие обеспечивают за счет формирования инновационной экономики, основой которой является постоянная технологическая модернизация в социальной, экологической, экономической и управленческой деятельности. В передовых странах мира интеллектуальный капитал в научно-образовательной сфере характеризуется постоянным ростом. В США с 1970 по 2017 г. произошел почти шестикратный рост персонала, занятого научными исследованиями и разработками, в Китае за 1995–2017 гг. численность исследователей увеличилась в 5,2 раза, в Японии за 1975–2017 гг. – в 1,8 раза. В России с 1970 по 1990 г. чис-

ленность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, увеличилась на 3,2 раза, а за 1990–2017 гг. уменьшилась в три раза. По численности персонала, занятого научными исследованиями и разработками, Россия сегодня отброшена на уровень 1970 г. (табл. 1).

Бурный этап индустриального развития России в 1970–1986 гг. сопровождался ускоренным развитием науки. К 1990 г. численность занятых научными исследованиями и разработками выросла с 600 тыс. человек до 1 млн. 943 тыс. человек. Ни одна страна мира не имела в то время таких темпов роста интеллектуального капитала в научно-образовательной сфере.

Период реформ в 1990–1998 гг., связанный с переходом России к созданию многоукладной рыночной экономики, сопровождался катастрофическим сокращением объемов валового внутреннего продукта (ВВП). В результате численность занятых научными исследованиями и разработками в России за 1990–2000 гг. сократилась на 48,2%, что коррелировало с сокращением объемов промышленного производства в стране почти на 50%. Восстановление экономики страны за 2000–2008 гг. не сопровождалось ростом численности персонала, занятого научными исследованиями и разработками. При росте ВВП страны за этот период почти на 100% численность занятых научными исследованиями и разработками уменьшилась на 137 тыс. чел. (или на 13,6%).

За период с 1991 по 2017 г. численность исследователей с учеными степенями в России сократилась на 30,9 тыс. чел. (23,0%). Позитивным фактом является то, что численность докторов наук возросла почти на 10 тыс. чел. Это привело к улучшению качества интеллектуального капитала, задействованного в научной сфере страны. Доля докторов наук в общей численности исследователей с учеными степенями увеличилась с 13,7% в 1991 г. до 25,3% в 2017 г. В целом по стране наметилась негативная тенденция по сокращению важнейшей составляющей интеллектуального капитала страны: за 2015–2017 гг. численность докторов наук уменьшилась на 2 тыс. чел. (на 9%), а численность кандидатов наук за 1991–2017 гг. – на 40,7 тыс. чел. или на 34,5% (!) (табл. 2).

В территориальном отношении к тренду сокращения численности исследователей с учеными степенями добавляется тенденция регионализации. Размещение интеллектуального капитала (исследователи

с учеными степенями) в 2005 г. характеризовалось высокой территориальной концентрацией в Центральном (56,7%) и Северо-Западном ФО (14,5%). Их суммарная доля в концентрации интеллектуального капитала достигала 71,2%. На Сибирский ФО приходилось 10,4% интеллектуального капитала страны. Таким образом, в этих трех регионах было сконцентрировано свыше 81% интеллектуального капитала. «Лидерами» в концентрации интеллектуального капитала страны были города Москва (44,2%), Санкт-Петербург (12,3%), Новосибирск (5,1%). На три ведущих научных центра приходилось 61,6% концентрации интеллектуального капитала страны (табл. 3).

В 2018 г. по-прежнему в Центральном (52,6%), Северо-Западном (11,5%) и Сибирском ФО (10,6%) была сконцентрирована основная часть интеллектуального капитала страны – 74,7%. Однако за 2005–2018 гг. наметилась тенденция постепенного перемещения интеллектуального капитала в другие регионы страны. Это определялось увеличением роли самих регионов в подготовке исследователей с учеными степенями через систему бюджетной подготовки аспирантов в государственных вузах и расширяющуюся систему коммерческой подготовки

аспирантов в государственных и негосударственных вузах, ростом спроса на научные исследования на местах в связи с вступлением экономики страны с 1999 до 2008 г. (после дефолта 1998 г.) в восстановительный производственный цикл, который завершился кризисом 2009 г. Это было особенно характерно для следующих регионов: Краснодарский, Ставропольский, Хабаровский края, Республики Татарстан и Дагестан, Кабардино-Балкарская Республика, Саратовская, Тюменская, Томская области. В результате доля Приволжского, Уральско-Северо-Кавказского, Южного и Дальневосточного ФО в территориальной концентрации интеллектуального капитала за 2005–2018 гг. возросла с 18,5% до 25,3%.

На основе анализа динамики численности исследователей с учеными степенями за 2005–2018 гг. можно выделить два наметившихся тренда:

– сокращение численности исследователей с учеными степенями в целом по Центральному и Северо-Западному федеральным округам (на 9,2%);

– увеличение численности исследователей с учеными степенями в целом по Южному, Северо-Кавказскому, Приволжскому, Уральскому, Сибирскому и Дальневосточному ФО.

Таблица 1

Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, в ведущих странах мира (тыс. чел.)*

Страны	1970	1990	1995	2000	2004	2006	2008	2010	2014	2017
США	1108	2180				5500		5000	6000	6500
Китай			752	922	1153	1503	1965	2520	3800	3878
Япония	491 (1975)		948	897	896	935	909	655	866	872
Россия	600	1943	1211	1007	952	917	870	737	732	683**
Германия			459	485	471	489	522		604	667
Франция			318	328	349	354	372			429
Великобритания			277	299	314	335	342		362	420
Бразилия				119			213			348
Италия			76	66						127

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 31; 8, с. 234].

**Данные за 2018 г.

Таблица 2

Численность исследователей с учеными степенями в России (тыс. чел.)*

	1991	2000	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Всего, в том числе:	134,2	105,9	105,1	109,3	108,3	109,6	111,5	108,4	103,3
Доктора наук	16,2	22,0	26,8	27,8	27,5	28,0	28,1	27,4	26,1
Кандидаты наук	118,0	84,0	78,3	81,6	80,8	81,6	83,5	81,0	77,3

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 27].

Таблица 3

Численность исследователей с учеными степенями по регионам России (тыс. чел.)*

	2005	2010	2014	2016	2018
Россия	99,4	105,1	109,6	108,4	100,3
Центральный ФО, в т.ч.	56,4	61,1	59,5	56,8	52,8
Г. Москва	43,9	47,4	45,6	43,2	39,6
Московская область	8,12	8,60	8,18	8,09	8,23
Воронежская область	0,90	0,92	1,02	0,95	0,96
Калужская область	1,00	0,94	0,86	0,80	0,65
Северо-Западный ФО, в т.ч.	14,4	13,5	14,0	12,8	11,5
Г. Санкт-Петербург	12,2	11,3	11,2	10,2	9,1
Ленинградская область	0,60	0,58	0,67	0,62	0,58
Южный ФО, в т.ч.	2,8	3,2	4,5	5,0	4,7
Ростовская область	1,16	1,34	1,47	1,38	1,33
Краснодарский край	0,87	1,04	1,70	2,23	1,96
Северо-Кавказский ФО, в т.ч.	1,36	1,88	2,64	3,51	2,77
Республика Дагестан	0,53	0,52	0,58	1,02	0,68
Кабардино-Балкарская Республика	0,23	0,28	0,31	0,49	0,37
Ставропольский край	0,26	0,49	1,01	1,20	1,16
Приволжский ФО, в т.ч.	7,6	7,9	8,8	9,3	9,0
Нижегородская область	2,22	2,13	2,31	2,39	2,20
Саратовская область	0,72	0,73	0,78	1,07	1,01
Республика Татарстан	1,40	1,40	1,59	1,64	1,81
Пермский край	0,59	0,62	0,77	0,78	0,76
Республика Башкортостан	1,00	1,02	1,25	1,17	1,11
Уральский ФО, в т.ч.	3,7	3,6	4,5	4,9	4,6
Свердловская область	2,30	2,23	2,66	2,75	2,64
Тюменская область	0,51	0,75	0,93	1,12	0,70
Челябинская область	0,76	0,50	0,83	0,84	1,14
Сибирский ФО, в т.ч.	10,3	10,7	11,8	12,0	10,6
Новосибирская область	5,1	5,1	5,3	5,2	5,0
Томская область	1,50	1,65	1,78	2,23	1,86
Иркутская область	1,33	1,38	1,37	1,28	1,23
Дальневосточный ФО, в т.ч.	2,92	3,29	3,85	4,15	4,32
Республика Саха (Якутия)	0,57	0,62	0,79	0,76	0,70
Приморский край	1,42	1,54	1,57	1,71	1,60
Хабаровский край	0,34	0,37	0,53	0,73	0,74

Примечание. *Составлена автором по: [7, с. 990–993].

В Центральном и Северо-Западном ФО численность исследователей с учеными степенями за 2005–2018 гг. сократилась на 6,5 тыс. чел., что равно суммарному накопленному интеллектуальному капиталу Южного и Северо-Кавказского ФО в 2018 г. «Лидерами» в сокращении численности исследователей с учеными степенями являются ведущий научный центр мирового значения г. Москва (на 4,3 тыс. чел., или 16,5%) и г. Санкт-Петербург (3,1 тыс. чел., или 25,4%).

Самыми привлекательными для исследователей с учеными степенями на совре-

менном этапе являются регионы Южного, Северо-Кавказского, Приволжского, Уральского, Сибирского и Дальневосточного ФО. Темп прироста численности ученых за период с 2005 по 2016 г. в целом по Северо-Кавказскому ФО составил 158% (абсолютный прирост 2151 чел.), Южному ФО составил 80% (абсолютный прирост 2220 чел.), Дальневосточному ФО – 44% (абсолютный прирост 1293 чел.), Уральскому ФО – 39% (абсолютный прирост 1445 чел.), Приволжскому ФО – 22% (абсолютный прирост 1667 чел.) и Сибирскому ФО – 16% (абсолютный прирост 1674 чел.).

В регионах указанных федеральных округов темп прироста численности ученых сильно различается, что во многом определяется уровнем социально-экономического развития, производственной специализаций, экономико- и транспортно-географическим положением. Так, рост численности ученых в Краснодарском крае составил 2,6 раза, в абсолютных цифрах прирост составил 1,3 тыс. чел. В Республике Дагестан прирост соответственно на 93% и 491 чел., в Ставропольском крае – на 439% и 1136 чел., в Республике Татарстан – на 29% и 411 чел., в Республике Башкортостан – на 18% и 175 чел., в Саратовской области – на 47% и 343 чел., в Свердловской области – на 31% и 710 чел., в Челябинской области – на 50% и 381 чел.

Территориально наибольшее абсолютное сокращение численности исследователей – докторов наук наблюдается в г. Москве и началось оно с 2010 г. – 1773 чел., в г. Санкт-Петербурге с 2005 г. – на 656 чел. Также и темпы сокращения численности исследователей – докторов наук в этих центрах научно-исследовательской деятельности оказались выше среднероссийских – соответственно 13,5% и 23,0%. Это свидетельствует о новом тренде в сфере территориальной организации науки в России: замедление инновационного развития страны ведет к снижению привлекательности научного вида деятельности в ведущих экономических центрах и ведет к территориальной деконцентрации численности исследователей докторов наук в Московской и Санкт-Петербургской агломерациях.

Исходя из тренда десятипроцентного сокращения численности докторов наук за 2014–2018 гг. можно составить экспертный прогноз на 2024 г. Численность докторов наук в России к этому сроку может сократиться с очень большей долей вероятности, ввиду суженного воспроизводства докторов наук через систему докторантуры и составит около 21,5 тыс. чел. В результате численность докторов наук к 2024 г. сократится на 23,2% по сравнению с 2014 г. В Республике Башкортостан темп сокращения численности докторов наук за 2014–2018 гг. составил 7,5%. В 2024 г. численность докторов наук в республике уменьшится до 242 чел., что «возвращает» республику на уровень 2010 г.

Выводы

Таким образом, для восточных ФО (Уральский, Сибирский, Дальневосточный)

характерна высокая территориальная концентрация ученых-исследователей в пределах одного региона. В Уральском ФО 56% численности ученых-исследователей приходится на Свердловскую область, в Сибирском ФО – 50% численности ученых-исследователей локализовано в Новосибирской области, в Дальневосточном – до 50% в Приморском крае, где сосредоточены научно-исследовательские институты Дальневосточного отделения РАН и вузы. Подготовка докторов наук в стране превратилась «в штучный товар». При сохранении сложившихся трендов и без принятия экстренных мер по возрождению подготовки докторов наук на правительственном уровне, к 2024 г. докторантура может самораспасться ввиду ее неэффективности. Территориально-структурную трансформацию научно-образовательной сферы России можно охарактеризовать как устойчивую деградацию за период 2005–2018 гг.

Это во многом определяется сформировавшейся за 1991–2009 гг. в большинстве субъектов страны моносырьевой экономикой. Исключение представляют территориальные социально-экономические системы, сложившиеся вокруг крупных агломераций, центрами которых являются города-миллионеры (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Самара, Екатеринбург, Новосибирск, Уфа, Пермь и др.), часть крупнейших городов (с численностью свыше 500 тыс. чел.) с несырьевой производственной специализацией, включая предприятия ВПК и научно-образовательную сферу (Набережные Челны, Нижний Тагил, Тольятти, Томск, Владивосток и др.), наукограды и ЗАТО.

Необходимым условием обеспечения эффективного развития экономики является увеличение численности исследователей с учеными степенями и объемом научных инвестиций в сопоставимых ценах (текущие и капитальные затраты на научные исследования и разработки). Если научно-образовательная сфера страны имеет негативный тренд – сокращение численности исследователей с учеными степенями и объемов научных инвестиций в сопоставимых ценах за *i*-й период времени, то в перспективе следует ожидать падения конкурентоспособности экономики страны по всем социально-экономическим составляющим факторам и условиям развития за исключением природных факторов.

Данное исследование выполнено в рамках государственного задания № 007-00256-18-01 ИСЭИ УФИЦ РАН на 2020 г.

Список литературы / References

1. Михалева О.М. Роль человеческого капитала в инновационном развитии территории // Вестник Брянского государственного университета. 2019. № 1. С. 183–188.
Mikhaleva O.M. The Role of Human Capital in the Innovative Development of the Territory // Vestnik Bryanskogo gosuniversiteta. 2019. № 1. P. 183–188 (in Russian).
2. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М., Фаронова Ю.В. РФ и мировое научно-образовательное пространство // В сборнике: Инновационные процессы в современной науке. Прага: Vydavatel «Osvícení», 2017. С. 627–636.
Safullin R.G., Safiullina R.M., Faronova Yu.V. RF and the world scientific and educational space // In the collection: Innovative processes in modern science. Prague: Vydavatel «Osvícení», 2017. P. 627–636 (in Russian).
3. Стенограмма совместного заседания президиума Госсовета и Совета по науке и образованию Российской Федерации. 6 февраля 2020 года. [Электронный ресурс]. URL: <http://prezident.org/tekst/stenogramma-sovmestnogo-zasedaniya-prezidiuma-gossoveta-i-soveta-po-nauke-i-obrazovaniyu-06-02-2020.html> (дата обращения: 09.09.2020).
Transcript of the joint meeting of the Presidium of the state Council and the Council for science and education of the Russian Federation. February 6, 2020. [Electronic resource]. URL: <http://prezident.org/tekst/stenogramma-sovmestnogo-zasedaniya-prezidiuma-gossoveta-i-soveta-po-nauke-i-obrazovaniyu-06-02-2020.html> (date of access: 09.09.2020) (in Russian).
4. Бабурин В.Л. Легенды и реалии устойчивого развития сквозь призму географии // Известия РАН. Серия географическая. 2011. № 3. С. 18–25.
Baburin V.L. Legends and realities of sustainable development through the prism of geography // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2011. № 3. P. 18–25 (in Russian).
5. Индикаторы науки: 2019: статистический сборник / Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский, Е.Л. Дьяченко, М.Н. Коцемир, И.А. Кузнецова, Е.И. Лукинова, С.В. Мартынова, А.И. Нефедова, Т.В. Ратай, Л.А. Росовецкая, Г.С. Сагиева, Е.А. Стрельцова, А.Б. Сулов, И.И. Тарасенко, С.Ю. Фридлянова, К.С. Фурсов. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2019. 328 с.
Indicators of science: 2019: statistical collection / L.M. Gokhberg, K.A. Ditkovsky, E.L. Dyachenko, M.N. Kotsemir, I.A. Kuznetsova, E.I. Lukinova, S.V. Martynova, A.I. Nefedova, T.V. Ratay, L.A. Rosovetskaya, G.S. Sagieva, E.A. Streltsova, A.B. Suslov, I.I. Tarasenko, S.Yu. Fridlyanova, K.S. Fursov. National research University «Higher school of Economics». M.: NIU VSHE, 2019. 328 p. (in Russian).
6. Наука. Технологии. Инновации: 2019: краткий статистический сборник / Н.В. Городникова, Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский, Е.Л. Дьяченко, М.Н. Коцемир, И.А. Кузнецова, Е.И. Лукинова, С.В. Мартынова, А.И. Нефедова, Т.В. Ратай, Л.А. Росовецкая, Г.С. Сагиева, Е.А. Стрельцова, А.Б. Сулов, И.И. Тарасенко, С.Ю. Фридлянова, К.С. Фурсов. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2019. 84 с.
The science. Technologies. Innovations: 2019: brief statistical collection / N.V. Gorodnikova, L.M. Gokhberg, K.A. Ditkovsky, E.L. Dyachenko, M.N. Kotsemir, I.A. Kuznetsova, E.I. Lukinova, S.V. Martynova, A.I. Nefedova, T.V. Ratay, L.A. Rosovetskaya, G.S. Sagieva, E.A. Streltsova, A.B. Suslov, I.I. Tarasenko, S.Yu. Fridlyanova, K.S. Fursov. National research University Higher school of Economics, M.: NIU VSHE, 2019. 84 p. (in Russian).
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: P32 Статистический сборник. М.: Росстат, 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b19_14p/Main.htm (дата обращения: 09.09.2020).
Region of Russia. Socio-economic indicators. 2019: P32 Statistical collection. M.: Rosstat, 2019. [Electronic resource]. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b19_14p/Main.htm (date of access: 09.09.2020) (in Russian).
8. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М. Региональная политика России: реалии, проблемы, ожидания // В сборнике: Мир и Россия: регионализм в условиях глобализации. М.: РУДН, 2010. С. 224–235.
Safullin R.G., Safiullina R.M. Regional policy of Russia: realities, problems, expectations // In collection: Peace and Russia: regionalism in the context of globalization. M.: RUDN, 2010. P. 224–235 (in Russian).

УДК 551.4.04

**РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ С УЧЕТОМ ПРИРОДНЫХ СТРУКТУР
УПРАВЛЕНИЯ ГИДРО- И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ****Соколова Н.В.***ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, e-mail: sona@ipng.ru*

В статье отражены особенности районирования территорий с учетом характера естественного управления реками. При этом реки рассматриваются как гидро- и литодинамические потоки разного ранга. Рассматриваемая проблема имеет большое практическое и теоретическое значение, поскольку способствует получению прогнозной информации о непрерывной динамике природных условий и ресурсов. Такая информация необходима при создании прогрессивных технологий недропользования, которые позволят минимизировать проявления негативных для человека природных процессов и в то же время получить дополнительную энергию. Показаны три уровня управления гидро- и литодинамическими потоками в природе (узел слияния рек, система из четырех узлов одного ранга, система из пяти областей денудации, одна из которых является центральной). В основу предлагаемого районирования заложены объективные системообразующие показатели, характеризующие механизм управления реками в природе. При районировании используются системы относительно независимых гидро- и литодинамических потоков и тальвегов. Результаты такого районирования отражены на примере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Сначала был выбран тестовый участок данной провинции в границах области денудации. В ходе районирования были определены его ранг и особенности. Показано, что каждый выделенный динамический участок (область денудации) имеет две ортогональные составляющие своего наклона в пространстве. Одну из них использует главная река, а ортогональную – ее активные притоки. Отражена практическая значимость проведенного исследования. Полученная новая информация важна для прогнозирования непрерывных изменений гидро- и литодинамических потоков, водосборных бассейнов, выявления слабых звеньев границ областей, где возможны активные перестройки рельефа земной поверхности.

Ключевые слова: тальвег, область денудации, узел слияния рек, относительно независимые гидро- и литодинамические потоки, уровень естественного управления реками

**ZONING OF TERRITORIES TAKING INTO ACCOUNT OF HYDRO
AND LITHODYNAMIC FLOWS MANAGEMENT NATURAL STRUCTURES****Sokolova N.V.***Oil and Gas Research Institute of RAS, Moscow, e-mail: sona@ipng.ru*

The article reflects the features of territories regionalization, taking into account the nature of natural river management. At the same time, rivers are considered as hydro- and lithodynamic flows of different ranks. The problem under consideration is of great practical and theoretical importance, since it contributes to obtaining predictive information about the continuous dynamics of natural conditions and resources. Such information is necessary when creating advanced technologies for subsoil use, which will minimize the manifestations of natural processes negative for humans and at the same time obtain additional energy. Three levels of hydro- and lithodynamic flows control in nature are shown (a river confluence node, a system of four nodes of the same rank, a system of five denudation areas, one which is central). The proposed regionalization is based on objective system-forming indicators characterizing the mechanism of river management in nature. When zoning, systems of relatively independent hydro- and lithodynamic flows and thalwegs are used. The results of such zoning are reflected on the example of the Timan-Pechora oil and gas province. First, a test site of this province was selected within the boundaries of the denudation area. In the course of regionalization, its rank and features were determined. It is shown that each selected dynamic area (denudation area) has two orthogonal components of its slope in space. One of them is used by the main river, and the orthogonal one is used by its active tributaries. The practical significance of the study is reflected. The new information obtained is important for predicting continuous changes in hydro- and lithodynamic flows, drainage basins, identifying weak links in the boundaries of areas where active restructuring of the earth's surface relief is possible.

Keywords: thalweg, denudation area, river confluence node, relatively independent hydro and lithodynamic flows, level of natural river management

В настоящее время как никогда требуется прогнозная информация о непрерывной динамике природных условий и ресурсов [1; 2], которая позволит определить риски землепользования и выявить в дальнейшем индикаторы развития земных недр. Такая информация будет востребована при создании прогрессивных технологий недропользования, способствующих минимизации проявлений негативных для

человека природных процессов и одновременно получению дополнительной энергии. В этом плане рассматриваемая проблема имеет важное практическое и теоретическое значение, так как в основу предлагаемого районирования закладываются объективные системообразующие показатели, характеризующие механизм управления гидро- и литодинамическими потоками в природе.

Цель исследования: районирование части территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, в основе которого лежит фактическая информация о тальвегах (линиях, соединяющих самые низкие (глубокие) точки дна долины или русла реки, оврага или балки, ледника, ложбины, лощины и других эрозионных форм рельефа [3]) и относительно независимых (параллельных с люфтом 45°) гидро- и литодинамических потоках. И те и другие управляемы в естественных условиях независимо от антропогенного фактора. Необходимо отметить непосредственную их связь с местными базисами денудации, развитием эрозионных процессов и с землетрясениями. Тальвеги в целом являются индикаторами зон разрядки геодинамических напряжений разного ранга. А индикаторами самих тальвегов выступают реки, которые рассматриваются как гидро- и литодинамические потоки (в том числе и относительно независимые) [4]. Имеется опыт подобного районирования частей Волго-Уральской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций. В предлагаемых исследованиях отражена также дополнительная информация о составляющих наклона динамических участков земной поверхности разного ранга в ортогональных плоскостях.

Материалы и методы исследований

Тальвеги изучаются в связи с конкретными водораздельными пространствами, что уменьшает значимость этих геодинамических показателей. В предлагаемых исследованиях эти объекты на земной поверхности используются в качестве самостоятельных с учетом элементов естественного управления потоками разного уровня.

В работе [5] выделены современные вертикальные и горизонтальные деформации русел рек России. На земной поверхности повсеместно функционируют узлы слияния рек (и узлы тальвегов). В каждом таком узле соединяется главная река с активным ее притоком, что является реализацией первого уровня управления потоками в природе [6]. Со временем функции потоков в узле могут меняться в определенных пределах. Второй уровень естественного управления фиксируется при объединении четырех подобных узлов. При этом две системы относительно независимых транзитных гидро- и литодинамических потоков в ортогональных плоскостях формируют на земной поверхности динамический участок определенного ранга, который

оконтуривают только транзитные потоки. Так как внутри него реализуются взаимосвязи противоположных по направлению активных притоков, то данный динамический участок является областью денудации. Такая область всегда определяется четырьмя характерными узлами сочленения транзитных потоков с активными их притоками, и в пределах области денудации (динамического участка) относительно крупного ранга функционируют пять динамических участков меньшего ранга, среди которых один – центральный. Центральный из них обязательно примыкает к главной реке, развивающейся в пределах области денудации [4; 6]. При этом реализуется третий уровень естественного управления гидро- и литодинамическими потоками. Такие области денудации отражают взаимодействие эндогенных и экзогенных процессов, развитие зон разрядки геодинамических напряжений в ходе непрерывного движения Земли. Подробнее об этом изложено в [6].

Каждый выделенный динамический участок имеет наклон в пространстве, характеризующийся двумя ортогональными (с люфтом 45°) составляющими, одна из них преобладающая (по площади). Преобладающую составляющую наклона использует главная река в данной области денудации, формирующая свой водосборный бассейн. Ортогональную составляющую наклона использует активный ее приток. Одновременно с этим одной из таких составляющих свойственна большая крутизна. Зачастую господствующий склон (когда преобладающая составляющая характеризуется и большей крутизной) захватывает главная река. Активные притоки к транзитным потокам, действующим в зоне границы области денудации, показывают пределы эрозионного вреза главного потока.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе районирования был выделен тестовый участок в пределах территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, включающий междуречье рр. Печоры и Колвы.

По своим показателям взаимосвязей гидро- и литодинамических потоков, действующих на земной поверхности, этот тестовый участок развивается в границах – тальвегах в рр. Усе, Печоре, Печорском море, замыкающих реках Адзьве и Хайпудыре (Море-Ю). В пределах данного участ-

ка главной рекой является Колва. Именно она определяет замыкающие участки рек, активные притоки которых взаимодействуют в одной плоскости с активными притоками главной реки. В таких границах тестовый участок является областью денудации определенного ранга. При выявлении границ областей денудации использовались картографические материалы [7; 8].

В свою очередь, выделенный тестовый участок развивается в области денудации первого (условно) ранга в границах – тальвегах, которые фиксируют рр. Обь, Иртыш, Тобол (меридионального простирания), Убаган, Тургай, Аму-Дарья, Узбой, Волга, Дон, Днепр, Западная Двина, потоки в Сарыкамышской впадине, в котловинах Аральского, Каспийского, Азовского, Черного, Балтийского, Северного, Гренландского, Норвежского, Баренцевого морей, в Обской губе и Надымской Оби (рис. 1). В этой области денудации первого ранга главным гидро- и литодинамическим потоком является река Волга, индицирующая преобладающую составляющую наклона данного динамического участка (на юг). Вторую составляющую наклона (на запад) с большей крутизной характеризуют Уральские горы. Главным узлом на этом участке является узел сочленения транзитного потока (Волги) с активным его притоком (Камой). Относительно эрозионного вреза наиболее уязвимые звенья границ данной области денудации первого ранга фиксируются в местах соединения рр. Днепра и Западной Двины, Волги и Дона, Узбоя и Аму-Дарьи, Убагана и Тургая. При определенном изменении местных базисов денудации в этих местах возможны активные перестройки рельефа.

По характеру естественного управления выделенный динамический участок первого ранга (рис. 1) делится на пять подобных динамических участков второго ранга. Центральный участок (5) второго ранга примыкает к главной реке (в данном случае – к Волге), оконтурен тальвегами, которые приурочены к рр. Волге (широтного простирания), Костроме, Сухоне, Северной Двине, Вычегде, Каме. На данном центральном участке (5) второго ранга главным потоком является р. Вятка, которая показывает здесь направление господствующего (и по крутизне, и по площади распространения) склона на земной поверхности (на юг). Наиболее слабые звенья границ данной области приурочены к соединениям рр. Костромы и Сухоны,

притоков Камы и Вычегды (которые замыкают этот динамический участок). Центральный участок второго ранга (5) связан с четырьмя тальвегами (границами первого ранга) посредством рр. Волги и Северной Двины (их участков меридионального простирания), связок рр. Чусовой и Исети, Волги и Днепра (широтного простирания). К двум последним связкам приурочены наиболее слабые звенья.

На рис. 1 стрелками показаны составляющие наклона участков второго ранга (1–5) в пространстве. Тестовый участок размещается в пределах области денудации (2) второго ранга (рис. 1). Здесь преобладающую составляющую его наклона (на север) индицирует главный поток (река Печора), она противоположна по направлению наклону (в этой же плоскости) динамического участка первого ранга. Это очень важное обстоятельство. Вторая ортогональная составляющая наклона рассматриваемых участков характеризуется большей крутизной, чем первая, ее определяет западный склон Уральских гор.

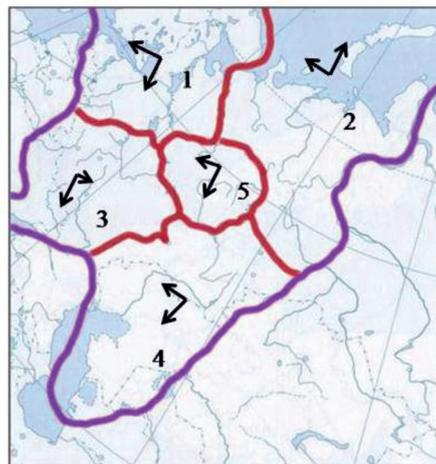


Рис. 1. Границы областей денудации первого (лиловые линии) и второго (красные линии) рангов, в которых развивается тестовый участок Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Цифры – номера динамических участков (областей денудации) второго ранга. Стрелками показаны составляющие их наклона в пространстве. В качестве основы использована контурная карта из [9]

Как показали исследования [10], транзитный поток всегда структурирован областями аккумуляции, и по ходу его усиливаются процессы денудации в на-

правлении, противоположном направлению транзитного потока, формируются своеобразные барьерные области относительного воздымания, благоприятные для развития залежей УВ. С учетом таких особенностей участок (2) второго ранга наиболее благоприятен для формирования нефтегазовых залежей. Здесь уже открыты и разрабатываются крупнейшие месторождения углеводородов.

На рис. 2 отображены динамические участки третьего ранга, развивающиеся в пределах области денудации (2) второго ранга (рис. 1). Выбранный нами тестовый участок оказался центральной областью денудации (2Д) третьего ранга, которая оконтурена рр. Печорой, Усой, Адзьвой, Хайпудырой и тальвегом в Печорском море. В свою очередь, этот динамический участок третьего ранга связан с четырьмя тальвегами второго ранга посредством Печоры (и ее продолжения в Баренцевом море вдоль о. Новая Земля), Усы и связки рек Сулы и Индиги (и ее продолжения в Баренцевом море). Относительно эрозионного вреза наиболее уязвимым звеном границ данной области денудации (2Д) третьего ранга является место соединения замыкающих противоположных потоков (рр. Адзьвы и Хайпудыры).

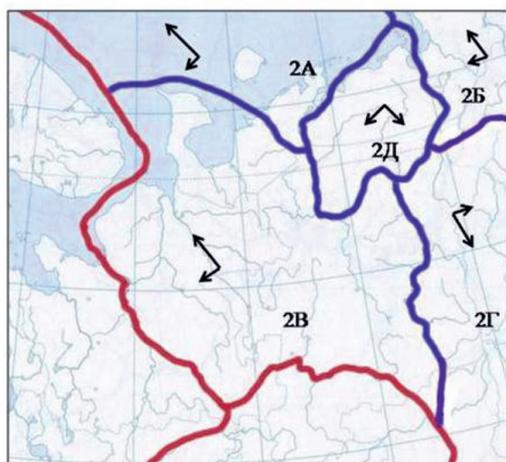


Рис. 2. Границы областей денудации второго (красные линии) и третьего (синие линии) рангов, в которых развивается тестовый участок Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Цифра и буквы обозначают динамические участки (области денудации) третьего ранга. Стрелками показаны составляющие их наклона в пространстве. См. также рис. 1. В качестве основы использована контурная карта из [9]

На рис. 2 одну из составляющих наклона тестового участка на юг, которая противоположна направлению наклона участка (2) второго ранга в этой же плоскости (рис. 1), индицирует река Колва. Вторая составляющая наклонов участков (2А, 2Б, 2В, 2Д) одинаковая по направлению (на запад), но разная по крутизне. Особенностью участка (2Д) третьего ранга является то, что составляющая его наклона, которую использует главная река Колва, характеризуется и большей крутизной.

С учетом [11] проекции центрального динамического участка (2Д) третьего ранга на поверхность фундамента (а также кровли разновозрастных ордовикско-силурийско-нижнедевонских отложений, подошвы доманикового горизонта верхнего девона, подошвы визейского яруса нижнего карбона) имеют одинаковое направление господствующего склона – на юг-юго-восток. Вторая составляющая наклона этого участка (точнее, его проекции) на данных уровнях одинаковая (на восток) и противоположна по направлению подобной на земной поверхности.

Большую часть тестового участка третьего ранга занимает Печоро-Колвинская нефтегазоносная область [12; 13], которая является одной из самых продуктивных и перспективных в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. На тестовом участке основной массив выявленных месторождений УВ находится в восточной ее части, в сфере действия главной реки Колвы и других потоков южного направления. Тестовый участок включает и относительно небольшую северную часть Ижма-Печорской нефтегазоносной области. Согласно [12], на севере Ижма-Печорской нефтегазоносной области промышленные скопления нефти и газа не установлены. На земной поверхности это касается области денудации четвертого ранга, оконтуренной рр. Печорой (широтного и меридионального простирания), Шапкина, Лаей. Составляющие наклона данной области – на запад и на север. В пределах этого динамического участка практически не просматривается главная река, а границы центральной области денудации пятого ранга имеют четыре слабых звена. Данное обстоятельство свидетельствует об относительно слабом управлении такого центрального динамического участка в естественных условиях. Этот участок пятого ранга проецируется на поверхность фундамента и на другие отмеченные выше промежуточные уров-

ни [11] локальными замкнутыми понижениями в рельефе. Наряду с этим, к примеру, по соседству развиваются крупные нефтяные месторождения Возейское и Усинское, которые проектируются на земную поверхность областями денудации пятого ранга (и ниже) с соответствующими составляющими наклона на юго-запад и юго-восток. Проекция их на кровлю разновозрастных ордовикско-силурийско-нижнедевонских отложений, на подошвы доманиковского горизонта верхнего девона и визейского яруса нижнего карбона – это также области денудации с разными границами своего распространения, а на поверхность фундамента – локальные замкнутые понижения.

Выводы

На основе фактических данных о тальвегах и об уровнях естественного управления гидро- и литодинамическими потоками, в том числе и реками, проведено районирование части территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. В ходе такого районирования в ней впервые выявлены области денудации. Четкими границами каждой из них являются тальвеги, которые приурочены к системам транзитных относительно независимых (в ортогональных плоскостях) гидро- и литодинамических потоков. При этом их активные притоки развиваются внутри такой области (динамического участка). На земной поверхности выделены динамические участки разного ранга, для которых характерны конкретные направления наклона в пространстве. Наклон имеет две составляющие. Одну из них использует главная река в пределах области денудации, а вторую – активные ее притоки. Главная река может индентифицировать господствующий склон (по площади распространения и максимальной его крутизне) или преобладающую составляющую наклона участка с меньшей крутизной склона. Примером первого варианта является тестовый участок (2Д) третьего ранга с главной рекой Колвой, а второго – область денудации № 2 второго ранга с главной рекой Печорой. Наиболее интересными для нефтегазовой практики являются динамические участки, наклон которых (в той же плоскости) противоположен наклону участка более высокого ранга (рис. 1–2).

В ходе сопряженного анализа результатов районирования и данных геологических структурных карт появляется возможность проследить изменения рельефа на разных уровнях и выявить зоны, где раз-

виваются процессы разуплотнения и создаются благоприятные условия для формирования залежей углеводородов.

Районирование с учетом структур естественного управления гидро- и литодинамическими потоками способствует выявлению слабых звеньев границ областей денудации разного ранга, где возможны перестройки рельефа, при которых в определенных узлах слияния рек меняются местные базисы денудации. Это приводит к углублению отдельных участков тальвегов, и в конечном итоге – к землетрясениям [14]. Ортогональные составляющие наклона выделенных динамических участков позволяют определить возможные будущие перестройки главных рек. Полученную новую информацию целесообразно также использовать при изучении динамики водосборных бассейнов, потенциальных возможностей трансформации систем естественного управления потоками земного вещества разного ранга.

Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)», № АААА- А19-119013190038-2).

Список литературы / References

1. Орлов В.И. Динамическая география. М.: Научный мир, 2006. 594 с.
- Orlov V.I. Dynamic geography. M.: Nauchnyj mir, 2006. 594 p. (in Russian).
2. Миртова И.А., Соколова Н.В. Выявление характера непрерывных естественных изменений природных объектов по аэро- и космическим снимкам // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. № 2. С. 40–46.
- Mirtova I., Sokolova N. Detecting patterns of continuous natural changes in environment by means of aerial and space imagery // Izvestia vuzov. Geodesy and aerophotosurveying. 2015. № 2. P. 40–46 (in Russian).
3. Географический словарь: все термины по алфавиту. [Электронный ресурс]. URL: <http://ecosystema.ru> (дата обращения: 04.09.2020).
- Geographical Dictionary: all terms alphabetically. [Electronic resource]. URL: <http://ecosystema.ru> (date of access: 04.09.2020) (in Russian).
4. Соколова Н.В. О роли единой системы непрерывных потоков вещества разного ранга в формировании внутренней структуры Земли // Актуальные проблемы нефти и газа. 2017. № 1(16). [Электронный ресурс]. URL: <https://oilgasjournal.ru> (дата обращения: 04.09.2020). DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2017-16.art12.
- Sokolova N.V. The entire System of the Continuous streams of matter of various ranks and its Role in the Formation of the Earth's inner Structure // Actual Problems of Oil and Gas. 2017. № 1(16). [Electronic resource]. URL: <https://oilgasjournal.ru> (date of access: 04.09.2020) (in Russian).
5. Алексеевский Н.И., Беркович К.М., Чалов П.С., Чалов С.Р. Пространственно-временная изменчивость русловых деформаций на реках России // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 13–21.

Alekseevskii N.I., Berkovich K.M., Chalov R.S., Chalov S.R. Spatiotemporal variability in channel Deformations on Rivers of Russia // *Geography and natural resources*. 2012. № 33. P. 192–199. DOI: 10.1134/S187537281203002X.

6. Соколова Н.В. О зоне разрядки геодинамических напряжений в Арктике // *Международный журнал социальных и естественных наук*. 2020. № 3–1. С. 73–79. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10208.

Sokolova N.V. About geodynamic voltage zone of large rank in the Arctic // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2020. № 3-1. P. 73–79 (in Russian).

7. Атлас мира / Отв. ред. А.Н. Баранов. М.: ГУГК при МВД СССР, 1954. 165 с.

Atlas of World / Otv. red. A.N. Baranov. M.: GUGK pri MVD SSSR, 1954. 165 p. (in Russian).

8. Карты генштаба СССР – архив топографических карт. [Электронный ресурс]. URL: <http://satmaps.info> (дата обращения: 01.09.2020).

USSR General Staff maps – archive of topographic maps. [Electronic resource]. URL: <http://satmaps.info> (date of access: 01.09.2020) (in Russian).

9. Контурная карта России. [Электронный ресурс]. URL: <http://GEO10.ru> (дата обращения: 04.09.2020).

Outline map of Russia. [Electronic resource]. URL: <http://GEO10.ru> (date of access: 04.09.2020) (in Russian).

10. Орлов В.И., Соколова Н.В. Значение динамических границ и зон максимальных напряжений для топографо-геодетических исследований // *Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. 1992. № 6. С. 114–127.

Orlov V.I., Sokolova N.V. The value of dynamic boundaries and zones of maximum stress for topographic and geodetic studies // *Izvestia vuzov. Geodesy and aerophotosurveying*. 1992. № 6. P. 114–127 (in Russian).

11. Богацкий В.И., Галкина Л.В., Довжикова Е.Г., Ермакова О.Л., Костыгова П.К., Куранова П.К., Ларионова З.В., Ласкин В.М., Мартынов А.В., Москаленко К.А., Никонов Н.И., Панкратов Ю.А., Петренко Е.Л., Попова Е.В.,

Сурина А.И., Шабанова Г.А. Тимано-Печорский седиментационный бассейн: Альбом литолого-фациальных, структурных и палеогеологических карт. Ухта: ТП НИЦ, 2000. 132 с.

Bogatitskiy V.I., Galkina L.V., Dovzhikova Ye.G., Yermakova O.L., Kostygova P.K., Kuranova P.K., Larionova Z.V., Laskin V.M., Martynov A.V., Moskalenko K.A., Nikonov N.I., Pankratov YU.A., Petrenko Ye.L., Popova Ye.V., Surina A.I., Shabanova G.A. Timan-Pechora sedimentary basin: Album of lithological-facies, structural and paleogeological maps. Uhta: TP NICz, 2000. 132 p. (in Russian).

12. Прищепа О.М., Богацкий В.И., Макаревич В.Н., Чумакова О.В., Никонов Н.И., Куранов А.В., Богданов М.М. Новые представления о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2011. Т. 6. № 4. [Электронный ресурс]. URL: https://ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf (дата обращения: 04.09.2020).

Prishchepa O.M., Bogatskiy V.I., Makarevich V.N., Chumakova O.V., Nikonov N.I., Kuranov A.V., Bogdanov M.M. The Timan-Pechora oil-bearing Province – new tectonical insight // *Neftegasovaâ geologiâ. Teoriâ i praktika*. 2011. V. 6. № 4. [Electronic resource]. URL: https://ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf (date of access: 04.09.2020) (in Russian).

13. Прищепа О.М., Баженова Т.К., Богацкий В.И. Нефтегазоносные системы Тимано-Печорского осадочного бассейна (включая акваториальную печороморскую часть) // *Геология и геофизика*. 2011. Т. 52. № 8. С. 1129–1150.

Prishchepa O.M., Bazhenova T.K., Bogatskiy V.I. Petroleum systems of the Timan-Pechora sedimentary Basin (including the offshore Pechora Sea) // *Russian Geology and Geophysics*. 2011. V. 52. № 8. P. 888–905. DOI: 10.1016/j.rgg.2011.07.011.

14. Smaglichenko T.A., Sokolova N.V., Smaglichenko A.V., Genkin A.L., Sayankina M.K. Gradient Models of Geological Medium to Safety of Large-Scale Fuel-Energy Systems. Proceedings of 2019 Eleventh International Conference «Management of large-scale system development» (MLSD). Moscow (October, 2019). IEEE Publisher, 2019. DOI: 10.1109/MLSD.2019.8911061.

УДК 550.837.82:556(517.3)

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ МОНГОЛИИ

Сурмаажав Д.

Корпорация «Монгол Ус», Улан-Батор, e-mail: surmaajavdamdin@yahoo.com

К перспективным районам, содержащим термальные воды, обычно относят территории с многочисленными локальными термоявлениями, как правило, связанными с тектоническими движениями кайнозойского возраста. Целью данной статьи является исследование возможности оценки теплоэнергетических ресурсов Центральной Монголии геотермическими, структурно-тектоническими, гидрогеологическими исследованиями. Для достижения поставленной цели использованы следующие методы: геотермические исследования и разведочные работы по изучению и выявлению ресурсов природных тепловых носителей, которые могут использоваться в теплоэнергетических целях. В результате проведенных в последние годы геолого-структурных, геотермических и гидрогеологических исследований на территории Хангайского сводового поднятия установлены особенности формирования гидротермальных систем Хангая. Глубинные интрузии и вулканизм представляет собой классические примеры проявления восходящего теплопереноса из верхней мантии. Геотермальные области Центральной Монголии характеризуются повышенными тепловыми потоками, выходами и месторождениями термальных вод. Приведены примеры использования теплоэнергетических ресурсов и оценена возможность расширения курортной базы страны. Наиболее перспективными для поисков гидротермальных вод являются регионы, испытавшие интенсивное воздействие новейших тектонических движений и вулканизма, преимущественно расположенные в складчатых областях. Термальные воды здесь имеют локальное развитие и относятся к трещинно-жильному типу. К наиболее продуктивным следует отнести районы Хангайского сводового поднятия, на территории которого оказались месторождения гидротерм Шивэрт, Шаргалжуут, Цэнхэр, Отгонтэнгэр, Хужирт и др. В настоящее время в Центральной Монголии теплоэнергетический потенциал Хангайского сводового поднятия в незначительных объемах используются для теплоснабжения промышленных, сельскохозяйственных, гражданских объектов и в дальнейшем рассматривается возможность комплексного широкомасштабного применения термальных вод региона, в том числе и для выработки электроэнергии.

Ключевые слова: термальные воды, месторождение термальных вод, Хангайское сводовое поднятие, теплоэнергетические ресурсы, гидротермальная система, разломы

THERMAL ENERGY RESOURCES OF THERMAL WATERS OF CENTRAL MONGOLIA

Surmaazhav D.

Mongol Us Corporation, Ulaanbaatar, e-mail: surmaajavdamdin@yahoo.com

To perspective areas containing thermal waters usually carry territories, with numerous local thermosplays, as a rule, connected with tectonic movements Cainozoic age. The purpose of given article is research of possibility of an estimation of heat power resources of the Central Mongolia by geothermal, structurally-tectonic, hydrogeological researches. For object in view achievement following methods are used: Geothermal researches and prospecting works on studying and revealing of resources of natural thermal carriers which can be used in the heat power purposes. As a result of carried out in recent years geological and structural, geothermal and hydrogeological research in the territory of the Hangaysky svodovy raising features of forming of hydrothermal systems of Hangaya are established, deep intrusions and volcanism represents classical examples of manifestation of the ascending heatmass transfer from upper mantle. Geothermal areas of the Central Mongolia are characterized by the raised heat fluxes, exits and fields of thermal waters. Examples of use of heat power resources are resulted and possibility of expansion of resort base of the country is estimated. The most perspective for search of thermal waters are the regions which experienced the intensive impact of the latest tectonic movements and volcanism which are mainly located in folded areas. Thermal waters have local development here and belong to treshchinno-wire type. It is necessary to carry regions of the Hangaysky svodovy raising in the territory of which there were fields a hydroterm of thermal Shivert waters, Shargalzhuut, Tsenkher, Otgontenger, Huzhirt, etc. to the most productive. Now in the Central Mongolia the heat power potential of the Hangaysky svodovy raising in insignificant volumes are used for heat supply of industrial, agricultural, civilian facilities and further the possibility of complex large-scale use of thermal waters of the region including for power production is considered.

Keywords: thermal waters, a deposit of thermal waters, the Khangai arch a raising, heat power resources, hydrothermal system, faults

Вопросы изучения и практического использования недр Земли обычно привлекают большое внимание исследователей, особенно в последнее десятилетие. Во многих странах осуществляются широкие геотермические исследования и разведочные работы по изучению и выявлению ресурсов

природных тепловых носителей, которые могут использоваться в теплоэнергетических целях. Большие работы, проведенные в этом направлении в Новой Зеландии, Италии, Японии и других зарубежных странах, а также разносторонние исследования и разведка термальных вод в Монголии

дали обширные новые материалы о возможных тепловых ресурсах и перспективах использования различных геотермальных месторождений. Накопленные данные о тепловом режиме различных регионов – областей современного и молодого вулканизма и многих складчатых областей – в сочетании с результатами разведки и использования многих месторождений термальных вод позволяют в настоящее время обоснованно и реально подойти к оценке их практической реализации. Основные очаги разгрузки гидротермальных систем в Монголии расположены в районах интенсивного четвертичного щелочного вулканизма Прихубсугуля и Центрального Хангая, а также в области позднепалеозойского вулканизма западного склона Хэнтэя [1].

Материалы и методы исследования

В публикации использовались результаты полевых, аналитических и теоретических исследований, проводимых разными монгольскими и международными организациями, а также лично автором и при его непосредственном участии. Эти материалы до сих пор не опубликованы и содержатся в нескольких геологических фондах на территории Монголии.

Известно, что тепло, генерируемое на глубине в несколько сотен километров за счет одной теплопроводности, не могло бы достигнуть земной поверхности за время большее, чем миллион лет. Поэтому представляется вероятным, что развитие повышенных геотермических градиентов и соответствующих тепловых потоков вблизи земной поверхности должно вызвать массоперенос со значительной глубины, а именно от 5 до 20 км или в более геологически короткие отрезки времени. Глубинные интрузии и вулканизм представляют собой классические примеры проявления восходящего массопереноса из верхней мантии и глубоких зон земной коры. Интрузии и вулканы в современную эпоху и в недавнем геологическом прошлом наиболее развиты в подвижных поясах земной коры. С этими поясами совпадают главные линии эпицентров землетрясений. Вдоль некоторых из них проявились деформации, связанные с растяжением земной коры, тогда как в других местах сжатие вызвало погружение коровых блоков в мантию и образование желобов.

Структурно-геологическими факторами повышенного теплового потока являются современные геосинклинали, которые хотя

и не совпадают с линиями эпицентров землетрясений, но относятся к местам крупных опусканий, приводящих к погружению на глубину 5–10 км огромных масс осадков в геологически короткое время. В бассейне нередко крупные разломы с амплитудой смещения более 1 км, и наиболее важные структурные особенности здесь четко определяются развитием нормальных сбросов. Такой характер опускания блоков обуславливает изменение физико-химического состояния как осадочного, так и нижележащих комплексов вплоть до верхней мантии. Слабоконсолидированные осадочные породы со значительным содержанием воды подвергаются интенсивному нагреванию и огромному давлению.

Геосинклинальные бассейны, простирающиеся у подножий горных хребтов, образуют смятия в виде складок и приподнятые пласты с внедрением в них во многих местах изверженных пород. Наиболее глубокие осадки бассейна подверглись термометаморфизму и из этой зоны к земной поверхности происходит движение геотермальных флюидов. В глубоких геосинклинальных бассейнах термальный флюид не связан непосредственно с метеорными водами, питающими приповерхностные горизонты, и высвобождается из порового пространства осадочных толщ под действием геостатического давления. В бассейнах осадконакопления в зоне геостатического давления формируется мощный водоносный горизонт, аккумулирующий огромное количество избыточного внутриземного тепла. Благодаря этому, геотермические градиенты здесь резко уменьшаются и данный горизонт определяет в целом общую разгрузку тепла на территории бассейна.

Геотермальные области обычно тесно связаны с повышенными тепловыми потоками, обусловленными локальными скоплениями термальной воды в земных недрах (конвекция), или с равномерным прогревом горных пород на больших площадях (кондукция) [2, 3]. Особенности формирования гидротермальных систем определяют совокупность упомянутых факторов, а именно – наличием пластов нагретых пород вблизи земной поверхности, отражающих относительно недавнюю вулканическую деятельность и наличие в этих пластах горизонтов трещинных и поровых вод, выступающих в качестве переносчика тепла. Горячие источники представляют собой поверхностные проявления гидротермальных систем региона.

Гидротермальные системы характерны для районов современной вулканической деятельности и постмагматических процессов, а также для бассейнов пористых осадочных пород с повышенным геотермическим режимом. Системы первого типа имеют большее значение, поскольку характеризуются высокой концентрацией энергии. Основные из них приурочены к глобальным континентальным и срединно-океаническим поясам альпийского орогенеза. Системы второго типа также размещаются вдоль альпийских орогенических поясов. Избыточное глубинное тепло, проявляющееся в его повышенном потоке, генерируется в подкоровой магме в условиях разрастания континентальной коры и воздымания континентов. Эти системы не связаны с вулканическими проявлениями и представляют собой тектонически опускающиеся бассейны, которые заполняются осадками за счет эрозии окружающих горных массивов. Повышенный тепловой поток является причиной быстрого возрастания температуры с глубиной.

Температура и давление вместе с существенным составом гидротермальной системы определяют ход развития любого глубинного процесса, в том числе и формирования термальных вод. Отметим, что температура подземных вод дает общее представление о физических условиях ее формирования, а с учетом температурного градиента, и о глубинах внутриземной циркуляции. По температуре формирования подземного флюида и геотермическому градиенту в регионе определялась глубина формирования водного раствора. Приближенная оценка температур пород земной коры выполнялась решением уравнений теплопроводности для разных моделей с учетом измеренных значений теплового потока в качестве граничных условий. Все эти перечисленные факторы учитывались при гидрогеологическом районировании территории Монголии.

Оценка тепловых потоков по изотопам гелия позволила уточнить его распределение на территории Центральной Монголии и установить вариации в неразбуренных скважинами ареалах (в частности, на Хангайском поднятии). Выявлена зависимость величины отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ и теплового потока с глубинным строением региона. Для оценки температур более глубоких интервалов земной коры применялась методика, использующая данные о химическом составе гидротерм. Оценка глубинных температур подземных вод, в основном, выпол-

нялась с использованием геохимических геотермометров.

*Геотермические условия
Центральной Монголии*

Величина геотермического градиента тесно связана с характером геологического строения территории, литологического состава пород и других параметров. В тектонически спокойных областях тепловой поток заметно не меняется. Тектонически активные области обычно отличаются аномально высокими или аномально низкими вариациями теплового потока. В Монголии найдены три типа регионального распределения теплового потока: узкая линейная положительная аномалия, связанная с Хубсугульской частью Байкальской рифтовой зоны; область закономерно изменяющегося теплового потока в зависимости от времени последней тектоно-магматической активизации; зона аномально низкого теплового потока в Южно-Монгольском герцинском поясе.

Распределение теплового потока в Центральной Монголии связано со структурно-вещественной перестройкой «первичной» континентальной коры, происходившей как за счет внедрения разогретого мантийного материала в земную кору и последующего его остывания ($PR-C_1$), так и за счет надвигания корово-мантийных блоков на одновозрастный автохтон (C_3-P). Тепловой поток в линейных палеозойских складчатых зонах имеет аномально низкие величины (20–350 мВт/м²), что в два раза ниже среднепланетарных значений для структур того же возраста. Такие аномалии, как правило, генетически связаны с процессами структурной реорганизации $PR-C_1$, литосферы в линейных зонах, как реакция на формирование мощных шарьяжно-надвиговых структур, экранирующих глубокий тепловой поток. Пониженная температура и теплопроводность литосферы являются причиной состояния нестационарности кондуктивного теплового потока от позднего палеозоя до настоящего времени.

В районах Хангая известны кайнозойские вулканы Хануй, Тариат и др., а также обширные поля базальтоидов. Значительный объем кайнозойских базальтов приурочен к широтной зоне Северо-Хангайских разломов, игравших важную роль в размещении магматических образований более ранних этапов. Кайнозойский рифтогенез вызвал активизацию этих зон на значи-

тельные расстояния в стороны от главной вулканической области. Северо-Хангайскую зону разломов тектонически можно сравнить с современными трансформными разломами Мирового океана, при этом отрезок этой зоны между 100° и 102° восточной долготы трассирует активную часть трансформы, лежащую между его осями [4–6].

Предполагается, что под центральными районами Монголии в верхней мантии располагается область низкоплотного и аномально нагретого материала. Разуплотненная область мантии пространственно и генетически связана с излияниями базальтов в неоген-четвертичное время. Наиболее молодые базальты приурочены к оси Хангайского сводового поднятия. В этой зоне сконцентрировано большое количество термальных источников с температурой $35\text{--}86^{\circ}\text{C}$ и с содержанием $\text{He} = 0,25\text{--}1,0\%$. В целом территория центральной части Монголии обладает значительным количеством источников термоминеральных вод. Многие из них расположены в неохваченных бурением районах, где прямых данных о распределении глубинных температур и тепловых потоков пока не получено.

Геотермальная активность Хангая реализуется не только в форме идущего из недр кондуктивного теплового потока, но и в виде гидротермальной и вулканической деятельности, отвечающей конвективному механизму теплопередачи. Глобальное изучение гидротермальных процессов показано, что определенные особенности состава подземных флюидов тесно связаны с геотермическими условиями их формирования. Поэтому изучение этих особенностей также дает информацию о тепловом режиме недр, которая дополняет результаты прямых геотермических наблюдений и служит основанием для прогноза глубинных геотермических условий в недостаточно изученных районах [7, 8]. На территории Монголии выявлено большое количество источников гидротерм, для которых вынос тепла с подземными водами по масштабу сопоставим с теплопереносом в тектонически активных районах земного шара.

М.Д. Хуторской и др. [8] рассмотрели некоторые геохимические характеристики подземных флюидов, связанные с тепловым режимом недр, и вытекающие из них представления о региональной специфике геотермальных условий Монголии. Ранее была теоретически и экспериментально обоснована зависимость содержания крем-

незема и соотношения ряда щелочных металлов от температуры термальных источников. Это позволяет по концентрации того или иного компонента оценивать температуру на глубине формирования гидротерм, исходя из предположения о равновесии в системе «вода – порода – газ». Отсутствие значительного осаждения или растворения этих компонентов по пути миграции гидротермы из зоны нагрева к выходу источника на дневную поверхность позволяет достаточно точно фиксировать этот процесс. При достижении определенного уровня концентрации кремнезема и щелочных металлов термальные воды относительно длительное время сохраняют эту концепцию при охлаждении гидротерм, что явилось основой для создания кремниевого и катионных геотермометров [1–3], которые сейчас широко используются для решения определенных задач.

Теплоэнергетические ресурсы Монголии

Месторождения термальных вод представляют собой естественные скопления в верхних частях земной коры различных теплоносителей (магмы, горячие газы, пар, термальные воды), обладающих высокими тепловыми параметрами, которые позволяют использовать их в теплоэнергетических целях. Они могут формироваться в разнообразных геоструктурных условиях и существенно различаться по составу теплоносителей и тепловой мощности. Выявление типов геотермальных месторождений, геологических закономерностей их образования и возможных тепловых ресурсов необходимо для правильной оценки их практического использования. Тип месторождения может быть определен четырьмя основными показателями: видом теплоносителя, геоструктурным положением, составом теплоносителя, тепловыми параметрами. Геотермальные месторождения подразделяются по виду теплоносителя: магматическим, газопаровым, гидротермальным и воздушным. Площадное распространение термальных вод в центральной части Монголии показано на рис. 1.

Термальные воды гранитных массивов региона характеризуются широким распространением, но ограниченными ресурсами, не превышающими $3\text{--}5$ л/с, в исключительных условиях до 10 л/с и температурами (на выходе) не более $90\text{--}96^{\circ}\text{C}$. Ограниченные ресурсы терм таких месторождений, аналогичных по масштабам месторождениям азотных слабоминерализованных гидро-

терм гранитных массивов, и слабая минерализация позволяют рассматривать их только как возможные источники теплофикации небольших предприятий, санаторных учреждений и парниково-тепличных хозяйств с обязательным применением теплообменников. Оценка теплового потока по извержениям лавы и менее явным проявлениям, как термальные источники, его вполне достаточно, чтобы обеспечить большую часть населения региона необходимой энергией.

Геотермальные ресурсы Монголии по использованию можно разделить на 4 типа: бальнеология и санаторные услуги, теплоснабжение, агрокультура, электроснабжение. Теплоснабжение в Монголии на базе термальных вод обеспечивалось главным образом путем строительства мелких объектов отопления, горячего водоснаб-

жения и бальнеологии. В 2016 г. японские специалисты впервые поставили на курорте «Цэнхэр» установку и получили электричество для гостиничного комплекса.

Под термином «теплоэнергетические воды» обычно подразумеваются природные горячие подземные воды, которые могут использоваться в народном хозяйстве в качестве источника для получения тепла или для выработки теплоэнергии. При этом главным критерием для отнесения гидротерм к категории теплоэнергетических является их температура. Они, так же как и другие виды подземных вод, используемых в народном хозяйстве, являются полезным ископаемым и относятся к комплексному сырью не только для лечебных целей, но и как источник добычи ценных элементов и их соединений для различных технологических нужд.

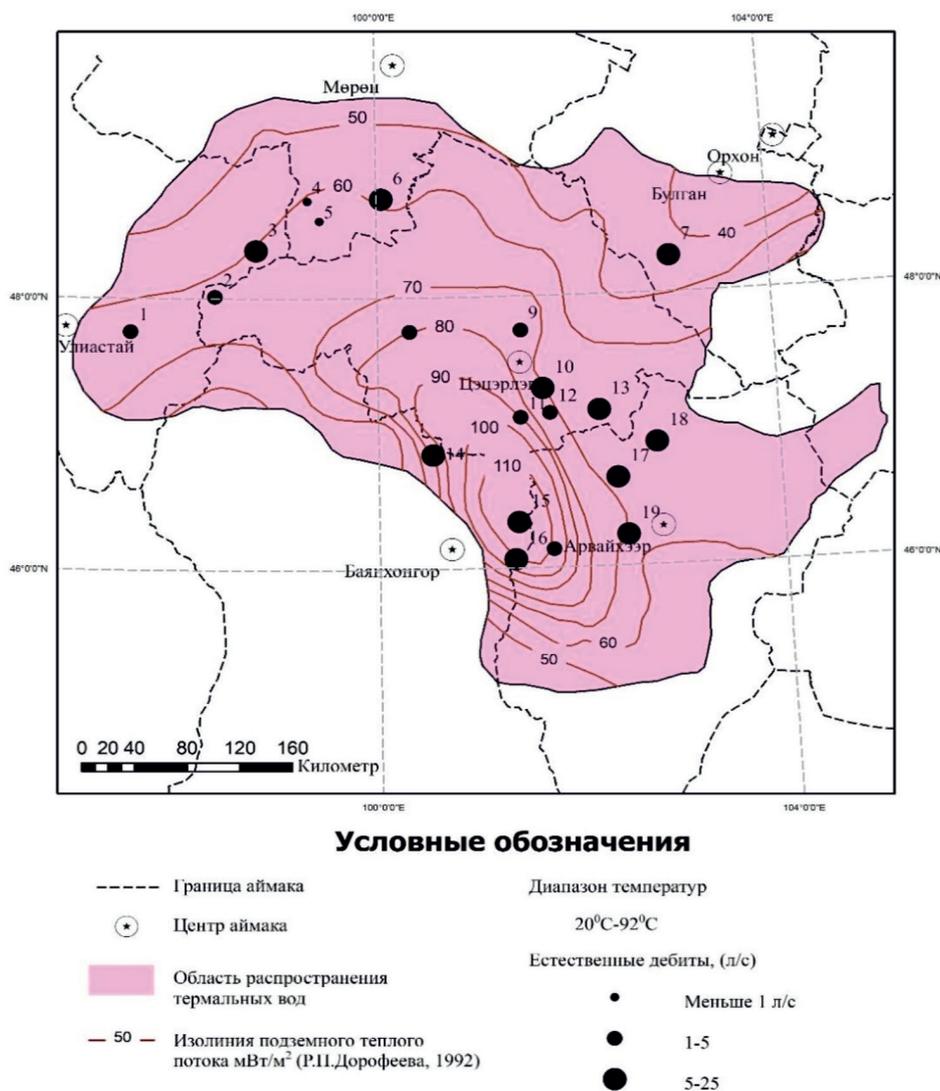


Рис. 1. Карта локализации геотермальных вод на территории Центральной Монголии

При региональном гидрогеологическом картировании региона (с учётом возможных направлений практического использования подземных вод, как полезное ископаемое), можно выделить по температуре следующие группы термоисточников (°С): слаботермальные (20–50), термальные (50–75), очень горячие (70–100).

Для тепловой энергии используют воды с температурой выше 35–40 °С. При этом нижнее значение температуры воды для обогрева защищенного грунта при бальнеологических процедурах составляет 35 °С, а нижний предел температуры воды для горячего водоснабжения – 40–45 °С [5, 6]. На основании опыта по использованию гидротерм, они делятся на низко- и среднепотенциальные. Воды низкопотенциальные (с температурой 35–70 °С) можно эффективно использовать для оттаивания мерзлых пород при промывке россыпей полезных ископаемых, рыбоводства, обогрева открытого грунта, для закачки в нефтеносные пласты и других технологических процессов, требующих низкопотенциальных теплоносителей. Для нужд теплоснабжения эти гидротермальные воды имеют ограниченное применение и используются обычно в районах с благоприятными климатическими условиями или в любых районах применением пикового подогрева.

Воды среднепотенциальные (с температурой 70–100 °С) можно эффективно использовать для теплоснабжения промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых объектов, для технологических нужд и заводнения нефтяных залежей. Эффективность теплотехнического использования таких вод может быть существенно повышена при оборудовании теплопотребителей специальными системами отопления и вентиляции, оптимизированными для условий низко- и среднепотенциальных теплоносителей, включая комбинирование этих систем с тепловыми насосами.

Для оценки потенциала тепловых ресурсов термальных вод Хангайского неотектонического поднятия произведен расчёт потенциально возможной выработки тепла по формуле [7], адаптированной для установки циркуляционных систем теплооборота:

$$G = 10^{-3} \times Q \times C \times (T_2 - T_1),$$

где G – тепловые ресурсы, ГДж/сут; Q – эксплуатационные запасы и ресурсы, м³/сут; T_2 – температура извлекаемой воды из скважины, °С; T_1 – к теплоэнергетическим относят, как правило, воды с температурой выше 35 °С; C – удельная теплоёмкость воды (4,186 кДж/кг×°С).

Природные ресурсы термальных вод на территории Хангайского свода в Монголии оцениваются величиной 17044 м³/сут. Гидротермы, выходящие из глубин на поверхность, обладают значением 1880,926 ГДж/сут энергетического потенциала. Величины глубинных температур, которые получены по данным геотермометрии, позволяют выделить наиболее перспективные участки, вне зависимости от генезиса тепловой аномалии [9, 10].

Заключение

Наиболее перспективные районы развития термальных вод расположены в областях с многочисленными локальными термопроявлениями, связанными с кайнозойской тектонической активизацией, а также в областях интенсивного воздействия новейших тектонических движений и связанного с ними вулканизма. Обычно такие воды развиты локально, и они относятся к трещинно-жилльному типу. К наиболее перспективным следует отнести районы Хангайского сводового поднятия, на территории которого выявлены месторождения гидротерм Шивэрт, Шаргалжуут, Цэнхэр, Отгонтэнгэр, Хужирт и др. [7, 8]. Их эксплуатационные запасы термальных вод утверждены в Государственной комиссии по запасам по самым высоким категориям (А, В, С).



Рис. 2. Схема комплексного использования термальных вод на курорте «Цэнхэр»

Месторождения в осадочных и вулканогенно-осадочных породах имеют более значительные ресурсы азотных гидротерм. Эти ресурсы будут широко применяться для теплофикации и горячего водоснабжения курортов, различных населенных пунктов, вплоть до крупных городов и для развития теплично-парниковых хозяйств. Сотрудниками Института систем энергетики им. Мелентьева разработаны технологические схемы, учитывая особенности применения геотермальной энергии для энергоснабжения потребителей города Цэцэрлэг. Наиболее перспективными оказались месторождения гидротерм Шивэртэ и Цэнхэр (рис. 2), расположенные в 10–12 км от города. При таком подходе проект использования геотермальной энергии для теплоснабжения г. Цэцэрлэг становится экономически оправданным и рентабельным.

В Центральной Монголии низко- и среднепотенциальные гидротермальные воды Хангайского свода пока используют в ограниченных объемах для теплоснабжения различного вида объектов. При перспективном планировании рассматривается возможность более широкого применения этих вод для целей выработки электроэнергии. Уже оцененный тепловой поток гидротерм в Хангайском регионе Монголии может обеспечить значительное расширение практического использования гидроминеральной базы страны.

Список литературы

1. Голубев В.А. Тепловой поток через дно озера Хубсугул и его горное обрамление (Монголия) // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1992. № 1. С. 48–60.
2. Golubev V.A. Heat flow through the bottom of Lake Khubsugul and its mountainous setting (Mongolia) // Izv. AN SSSR. Fizika Zemli. 1992. № 1. P. 48–60 (in Russian).
3. Голубев В.А. Кондуктивный и конвективный вынос тепла в Байкальской рифтовой зоне. Новосибирск: Гео, 2007. 222 с.
4. Golubev V.A. Conductive and convective heat transfer in the Baikal rift zone. Novosibirsk: Geo, 2007. 222 p. (in Russian).
5. Лысак С.В., Дорофеева Р.П. Термальное состояние литосферы в Монголии // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 9. С. 929–941.
6. Lysak S.V., Dorofeeva R.P. The thermal state of the lithosphere in Mongolia // Geologiya i geofizika. 2003. T. 44. № 9. P. 929–941 (in Russian).
7. Бадминов П.С., Ганчимэг Д., Оргильянов А.И. Оценка глубинных температур термальных источников Хангая и Восточного Саяна с помощью гидрохимических геотермометров // Вестник БГУ. Химия, физика. 2011. Вып. 3. С. 90–94.
8. Badminov P.S., Ganchimeg D., Orgilyanov A.I. Evaluation of the deep temperatures of the thermal springs of Hangay and East Sayan using hydrochemical geothermometers // Vestnik BGU. Khimiya, fizika. 2011. Issue. 3. P. 90–94 (in Russian).
9. Сурмаажав Д. Особенности распределения термальных вод в разломах Монголии // Материалы научной конференции межвузовской Керуленской геологической экспедиции. Улан-Батор, 2017. С. 198–200.
10. Surmaazhav D. Features of the distribution of thermal waters in the faults of Mongolia // Materialy nauchnoy konferentsii mezhvuzovskoy Kerulenskoj geologicheskoy ekspeditsii. Ulaanbaatar, 2017. P. 198–200 (in Russian).
11. Попов В.А., Маринов Н.А. Гидрогеология Монгольской Народной Республики. М.: Гостехиздат. 1963. 470 с.
12. Popov V.A., Marinov N.A. Hydrogeology of the Mongolian People's Republic. M.: Gostekhizdat. 1963. 470 p. (in Russian).
13. Хуторской М.Д., Голубев В.А., Козловцева С.В. и др. Тепловой режим недр МНР / Отв. ред. В.И. Кононов, Н.С. Зайцев. М.: Наука, 1991. 126 с.
14. Khutorskoy M.D., Golubev V.A., Kozlovtsava S.V. and others. The thermal regime of the mineral resources of the MPR / Otv. red. V.I. Kononov, N.S. Zaytsev. M.: Nauka, 1991. 126 p. (in Russian).
15. Сурмаажав Д., Вахромеев А.Г., Толкачев Г.М., Сверкунов С.А., Мартынов Н.Н., Заливин В.Г. Конструкция и технология бурения скважин в сложных горно-геологических условиях с целью добычи термальных вод // Вестник ПНИПУ. Геология, нефтегазовое и горное дело. 2019. № 4. С. 335–343.
16. Surmaajav D., Vakhromeev A.G., Tolkachev G.M., Sverkunov S.A., Martynov N.N., Zalivin V.G. Design and technology for drilling wells in difficult geological conditions with the aim of extracting thermal waters // Vestnik PNIPU. Geologiya, neftegazovoye i gornoye delo. 2019. № 4. P. 335–343 (in Russian).
17. Пиннекер Е.В., Писарский Б.И., Павлова С.Е., Лепин В.С. Изотопные исследования минеральных вод Монголии // Геология и геофизика. 1995. Т. 36 (1). С. 94–102.
18. Pinneker E.V., Pisarsky B.I., Pavlova S.E., Lepin V.S. Isotopic studies of mineral waters of Mongolia // Geologiya i geofizika. 1995. T. 36 (1). P. 94–102 (in Russian).

УДК 542.223(547.32)

АНАЛИЗ ИК-СПЕКТРОВ КРИСТАЛЛОВ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕТРАКООДИНИРОВАННОГО БОРА**Тютрина С.В., Мясникова Н.В., Григорьева О.Ю.***ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва, e-mail: lana-2001@yandex.ru*

Разработана методика синтеза комплексных соединений на основе тетракоординированного бора. Методика основывается на получении метастабильных систем с последующим кристаллообразованием при медленном охлаждении. Предложенный способ получения исследуемых комплексных соединений легко реализовать практически, благодаря простоте синтеза. Полученные соединения анализировали методом ИК-спектроскопии. На первом этапе были получены кристаллы комплексных органо-неорганических соединений – дилимонноборной и диглициноборной кислот. По сравнению с дилимонноборной кислотой у диглициноборной кислоты наблюдается сдвиг индивидуальных спектров поглощения в более высокочастотную область, что объясняется наличием боразотной координации во внутренней сфере тетракоординированного бора в диглициноборной кислоте. Выраженное смещение спектров по сравнению с борокислородным тетраэдром в дилимонноборной кислоте позволяет предположить влияние лигандов на прочность химических связей бора, как комплексообразователя. На втором этапе на основе полученных комплексных кислот синтезированы кристаллы соответствующих солей – дичитратоборат глицина и диглициноборат меди (II). Проведенный анализ ИК-спектров синтезированных солей и соответствующих им кислот выявил у солей смещение пиков поглощения в низкочастотную область по сравнению с аналогичными пиками у кислот. И в случае дичитратобората глицина, и в случае диглицинобората меди (II), анализ ИК-спектров дает возможность предположить, что атом бора в этих соединениях также находится в тетракоординированном состоянии. Кроме того, анализ данных ИК-спектроскопии позволил сделать предварительные выводы о влиянии внешней сферы соединения на прочность связей тетракоординированного бора. Для дичитратобората глицина показано, что наличие аминокислоты в качестве катиона во внешней сфере ослабляет прочность связи в борокислородном тетраэдре. Для диглицинобората меди (II) неорганический ион во внешней сфере ослабляет прочность связей, в боразотной координации внутренней сферы. В обоих случаях это выражается в смещении спектров поглощения в низкочастотную область.

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, борная кислота, лимонная кислота, аминокислота, координационные соединения, синтез

ANALYSIS OF IR SPECTRUM OF CRYSTALS OF COMPLEX COMPOUNDS BASED ON TETRACOORDINATED BORON**Tyutrina S.V., Myasnikova N.V., Grigoreva O.Yu.***National research University Moscow Power Engineering Institute, Moscow, e-mail: lana-2001@yandex.ru*

A method for the synthesis of complex compounds based on tetraordinated boron has been developed. The method is based on obtaining metastable systems with subsequent crystallization under slow cooling. The proposed method for obtaining the studied complex compounds is easy to implement practically, due to the simplicity of synthesis. The resulting compounds were analyzed by IR spectroscopy. In the first stage, crystals were obtained of complex organo-inorganic compounds – demimondaine and diglycolamine acids. Compared to demimondaines acid from diglycolamine acid shift individual absorption spectra in the higher frequency region, because by boron-nitrogen coordination in the internal sphere tetraordinated of boron in diglycolamine acid. The pronounced shift of the spectra in comparison with the boron-oxygen tetrahedron in dilimonoboric acid suggests the influence of ligands on the strength of chemical bonds of boron as a complexing agent. At the second stage, crystals of the corresponding salts – glycine dicitratoborate and copper (II) diglycinoborate-were synthesized on the basis of the obtained complex acids. The analysis of the IR spectra of synthesized salts and their corresponding acids revealed a shift of absorption peaks in the low-frequency region in comparison with similar peaks in acids. Both in the case of glycinium dicitratoborate and in the case of copper(II) diglycinoborate, the analysis of IR spectra makes it possible to assume that the boron atom in these compounds is also in a tetraordinated state. In addition, the analysis of IR spectroscopy data allowed us to draw preliminary conclusions about the influence of the outer sphere of the compound on the bond strength of tetraordinated boron. For glycinium dicitratoborate, it is shown that the presence of an amino acid as a cation in the outer sphere weakens the bond strength in the boroxxygen tetrahedron. For diglycinenitrate copper(II) inorganic ion in an external field reduces the strength of ties, by boron-nitrogen coordination of the inner sphere. In both cases, this is expressed in a shift of the absorption spectra to the low-frequency region.

Keywords: IR spectroscopy, boric acid, citric acid, aminoacetic acid, coordination compounds, synthesis

Получение органических комплексов, в основе которых атом бора, – актуальное направление в технологических процессах. Синтез и изучение комплексных со-

единений бора в системах «органический реагент – водный раствор» позволит расширить ассортимент органо-неорганических комплексов, применяемых в качестве соеди-

нений, обладающих биоцидными свойствами [1]. В данной работе анализируются органо-неорганические комплексы на основе борной, лимонной и аминокислот (димионноборная кислота и диглициноборная кислота), которые имеют в своем составе тетракоординированный бор, а также соли этих кислот (дицитратоборат глицина и диглициноборат меди (II)).

Комплексные соединения синтезировали из метастабильных систем с последующим медленным охлаждением, во время которого происходила кристаллизация конечного продукта. Рассматриваемые соединения являются кристаллическими формами, хорошо растворимыми в воде и плохо растворимыми в органических растворителях. Анализ полученных кристаллических комплексов методом ИК-спектроскопии позволил получить информацию об особенностях структурных единиц, самой структуре, составе, взаимодействии элементов, составляющих комплексное соединение.

Цель исследования: аналитическое изучение применения метода ИК-спектроскопии для идентификации разнолигандных соединений на основе тетракоординированного бора, а также изучение влияния внешней сферы на координационные связи в рассматриваемых комплексах.

Материалы и методы исследования

При синтезе комплексных соединений использовали реагенты: кислота борная «х.ч.», соотношение основного компонента составило 99%, L-α-глицин (аминокислотная кислота) марки «ч.», кислота лимонная безводная мелкодисперсная гранулированная «ч.д.а.» Е 330, оксид меди (II) порошкообразный (CuO), «ч.д.а.». Методика синтеза димионноборной кислоты основана на создании метастабильной системы из исходных компонентов. Данное условие базируется на создании пересыщенных растворов соответствующих кислот, которые берутся в соотношениях: 0,05 моль (3,09 г) кислоты борной и 0,1 моль (21,03 г) кислоты лимонной. Возможность получения индукционного периода кристаллизации

базируется на растворении борной кислоты и следом лимонной кислоты в минимальном объеме дистиллированной воды (не более 30 мл) при постоянном перемешивании и температуре 50–60 °С. Следующий этап – медленное охлаждение, которое привело к выпадению кристаллов димионноборной кислоты. Кристаллы тщательно промывали этиловым спиртом и сушили в эксикаторе. Для формирования кристаллов соли данной кислоты исходное соединение растворяли в 20 мл дистиллированной воды на водяной бане при 60 °С и порционно вносили в раствор при постоянном перемешивании системы 0,1 моль (7,5 г) L-α-глицина. Молярное соотношение должно быть 1:2:1 соответственно. Сформированный кристаллический осадок дицитратобората глицина должен находиться в маточном растворе несколько дней, затем с использованием воронки Бюхнера разделяется и промывается диэтиловым эфиром. Методика формирования кристаллов комплексных соединений – диглициноборной кислоты (получена с использованием борной и аминокислот) и соли диглицинобората меди (II) аналогична предыдущей и так же включает в себя использование метастабильных систем. Соотношение исходных компонентов при синтезе диглицинобората меди (II) составляло в мольных долях отношение 1:2:1 соответственно. ИК-спектры записаны с применением спектрометра Фурье Nicolet IR200 (Thermo Scientific), в котором использовался элемент НРВО – нарушенное полное внутреннее отражение (ATR) из ZnSe с углом падения 45°. Прибор имеет разрешение 4 см⁻¹, произведено не менее 20 сканирований, при этом использовался частотный интервал в области 420–4000 см⁻¹.

Результаты исследования и их обсуждение

Строение и свойства молекул димионноборной кислоты и ее соли дицитратобората глицина подробно описаны в работе [2].

Механизм синтеза исследуемых комплексных соединений представлен на рис. 1.

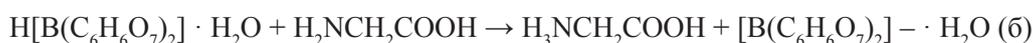


Рис. 1. Синтез комплексных соединений: а) образование димионноборной кислоты; б) получение дицитратобората глицина

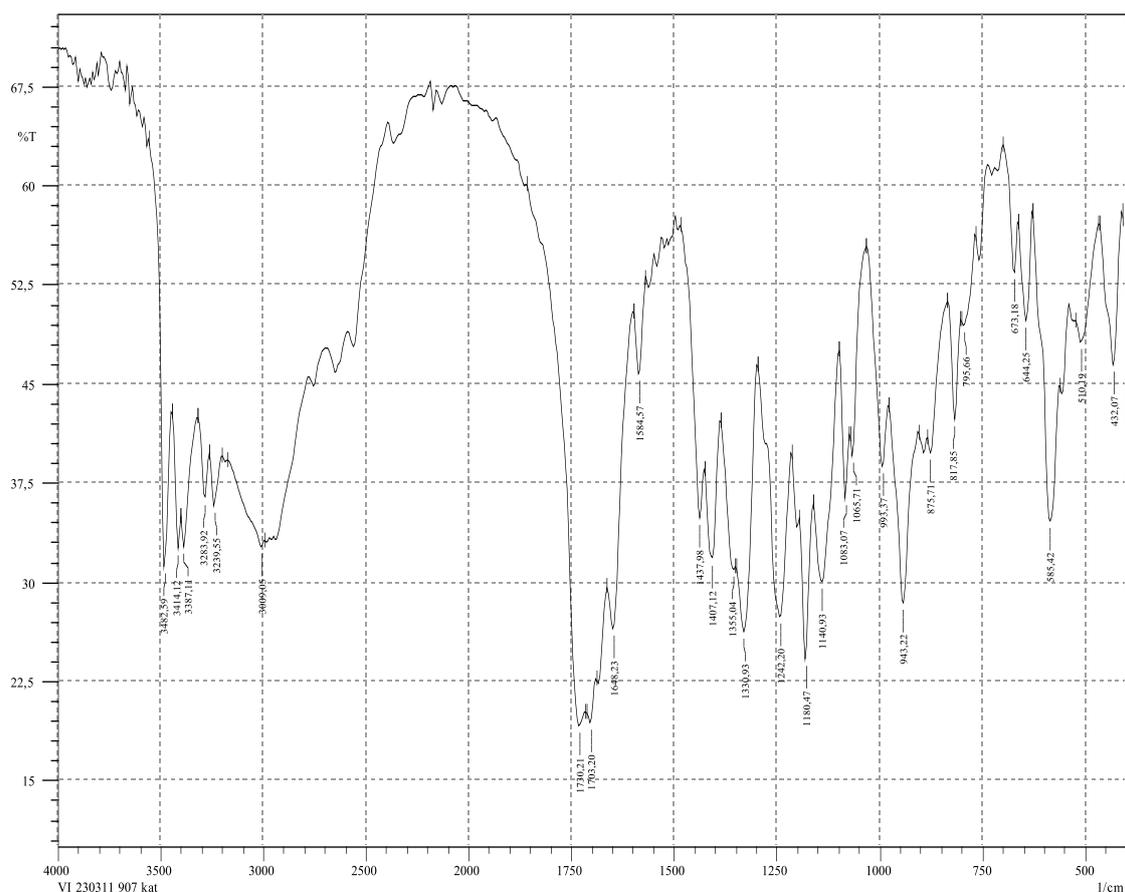


Рис. 2. Спектр диглимонноборной кислоты

Используя метод ИК-спектроскопии, были выделены индивидуальные пики, характерные как для диглимонноборной кислоты, так и для диглимоннобората глицина. Наличие характеристических полос спектра диглимонноборной кислоты показано на рис. 2. Для бора, имеющего координационное число 4, пик при 943 см^{-1} характеризует валентные связи В–О. Наличие на спектре этой четкой полосы позволяет предположить, что в структуре диглимонноборной кислоты присутствует борокислородный тетраэдр [3]. В области $1700\text{--}1730\text{ см}^{-1}$ наблюдаются полосы поглощения, характерные для свободных карбонильных групп. Полоса поглощения в интервале $1180\text{--}1140\text{ см}^{-1}$ соответствует ионизированной группе С–О, в которой атом углерода находится в sp^2 -гибридизации.

На спектре имеется пик 1360 см^{-1} , подтверждающий валентные колебания в карбоксилатной группе $\text{O}=\text{C}=\text{O}$. Наличие ассоциированной группы О–Н доказывается пиками $3010\text{--}3482\text{ см}^{-1}$, однако данные спек-

тральные полосы выражены довольно слабо. Пики в области $510\text{--}585\text{ см}^{-1}$ характеризуют ковалентную связь С–С. Присутствие на спектре полос поглощения в диапазоне $1355\text{--}1437\text{ см}^{-1}$ доказывает наличие деформационных колебаний связи CH_2 . Наличие депротонированной α -гидроксильной группы у лимонной кислоты В–О–С характеризуется пиком в интервале $1378\text{--}1437\text{ см}^{-1}$. Образование диглимонноборатного аниона происходит с учетом бидентатной координации бора, как комплексообразователя, с двумя молекулами кислоты лимонной через α -гидроксильную группу, с одной стороны, и атомы кислорода центральных карбоксильных групп, с другой [4]. Анализируя спектральные характеристики диглимоннобората глицина, можно сделать вывод, что аналогично предыдущему комплексу, наличие полос поглощения в области $908\text{--}981$, 1124 и 1234 см^{-1} указывает на наличие валентных колебаний связи В–О в борокислородном тетраэдре (рис. 3) [3]. Особенностью ИК-спектров по-

глощения дицитратобората глицина является наличие выраженного сдвига в область высокочастотных колебаний по сравнению с дилимонноборной кислотой, что указывает на более прочный характер связи внутри комплексного иона [5]. В спектре соединения присутствуют полосы поглощения 1720–1780 см^{-1} из-за валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ карбонильной группы, взаимодействующей с атомом бора. Сравнительный анализ показывает, что данные пики валентных колебаний так же сдвинуты в высокочастотную область поглощения по сравнению с аналогичными в дилимонноборной кислоте. Сравнивая данные спектрального анализа дилимонноборной кислоты и дицитратобората глицина, можно сделать предварительный вывод, что влияние ионов глицина, образующих внешнюю сферу, выражается в смещении пиков в сторону более высокочастотных колебаний.

Подобное смещение полос в спектральной характеристике исследуемого соединения по сравнению с исходным веществом в коротковолновую область составляет примерно 35 см^{-1} , что объясняется формированием связи $\text{C}-\text{O}-\text{B}$. Полосы поглощения в области от 2980 см^{-1} и до 1410–1430 см^{-1} совпадают с характеристиками

валентных колебаний связей $\text{O}-\text{H}$ в карбоксильной группе и деформационных колебаний связи $\text{C}-\text{H}$ соответственно. Связь $\text{C}-\text{O}$ дает появление пиков в областях 1060 и 1130 см^{-1} . Наличие пика при 1320 см^{-1} применимо к присутствию валентных колебаний в связи $\text{C}-\text{N}$ именно в глициновом фрагменте NH_3^+ . Деформационные колебания связи $\text{N}-\text{H}$ дают пик при 1510 см^{-1} , а значение 3570 см^{-1} позволяет характеризовать колебания связи $\text{N}-\text{H}$ в NH_3^+ . Соответственно, цвиттер-ионная структура аминокислоты характеризуется наличием полос поглощения в районе 1610–1550 см^{-1} . Слабые широкие полосы поглощения, наблюдаемые в коротковолновой части ИК-спектра вещества, объясняются наличием кристаллизационной молекулы воды, включенной в состав катиона глицина [6]. Таким образом, можно сделать вывод, что исследуемый нами дицитратоборатный анион сохраняет борокислородный тетраэдр образованный путем бидентатной координации атома бора во всех изучаемых соединениях. Данные ИК-спектроскопии подтверждают наличие в комплексных соединениях дицитратоборатного аниона, в котором бор находится в состоянии тетракоординации.

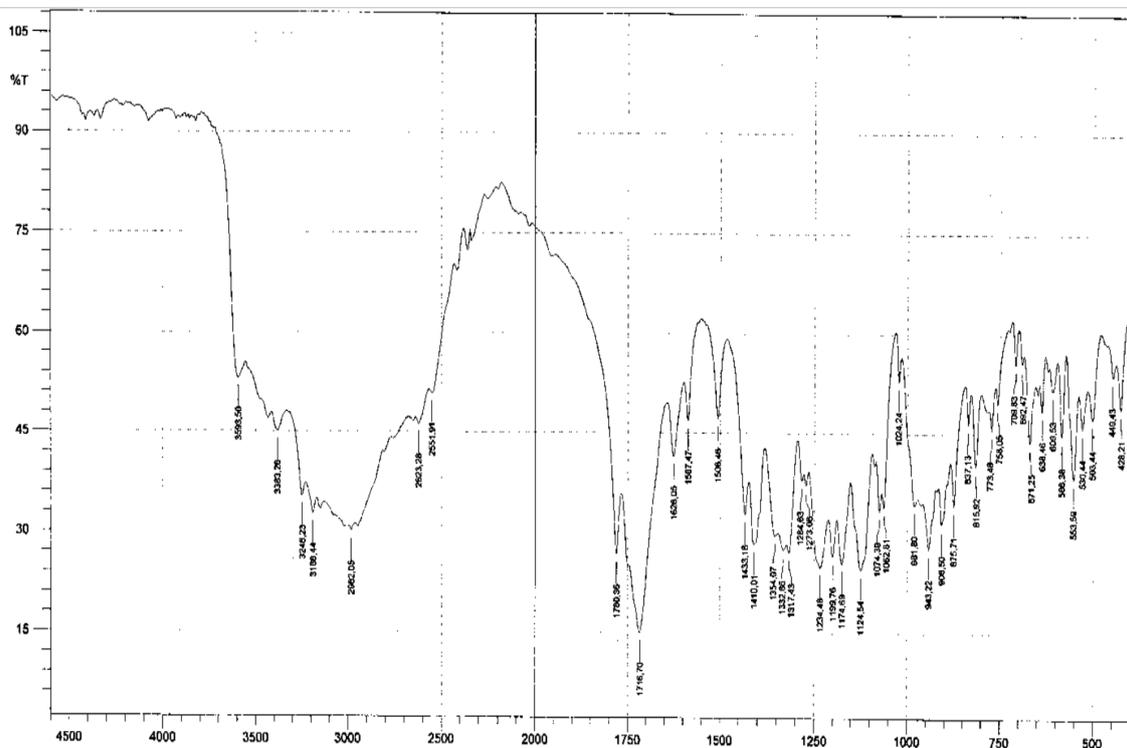


Рис. 3. Спектр дицитратобората глицина

Сравнительное исследование ИК-спектров поглощения диглициноборной кислоты и ее соли – диглицинобората меди (II) позволило показать влияние внешней сферы комплексных соединений на структуру молекулы и прочность связей комплексообразователя и лигандов. Механизм синтеза представлен на схеме (рис. 4).

На спектре диглициноборной кислоты наблюдается пик в области 3176 см^{-1} , что характеризует наличие валентных колебаний гидроксогрупп (рис. 5). Индивидуальный пик в области 1575 см^{-1} определяет наличие карбонильной группы в карбоксиле глицина. На ИК-спектре диглициноборной кислоты появляется новый пик, отсутствующий у предыдущих комплексных соединений в области 1500 см^{-1} .

Согласно данным [4] наличие данной полосы поглощения свидетельствует о воз-

никновении координации с борокислотным каркасом. На спектре соединения необходимо выделить еще одну полосу, отвечающую за связь В–N. Для данной группы характерны пики в области 1128 см^{-1} и 1155 см^{-1} . Наличие пиков диглициноборной кислоты в районе $1033, 1112, 1132$ и 1195 см^{-1} доказывает образование боразотной координации. Характеристический пик в области 910 см^{-1} показывает наличие координационной связи В–O во внутренней сфере соединения. Проведя спектральный анализ полос поглощения диглицинобората меди (II) в области 1195 см^{-1} , можно утверждать, что и в этом соединении бор, как комплексообразователь, находится в тетракоординированном состоянии. Спектральная характеристика связи В–O борокислородном тетраэдре лежит в области 893 см^{-1} , что дает возможность характеризовать валентные колебания данной группы (рис. 6).

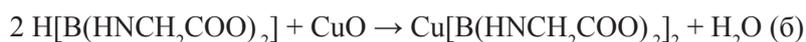
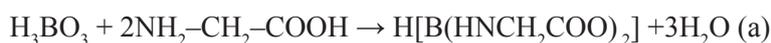


Рис. 4. Синтез комплексных соединений: а) образование диглициноборной кислоты; б) получение диглицинобората меди (II)

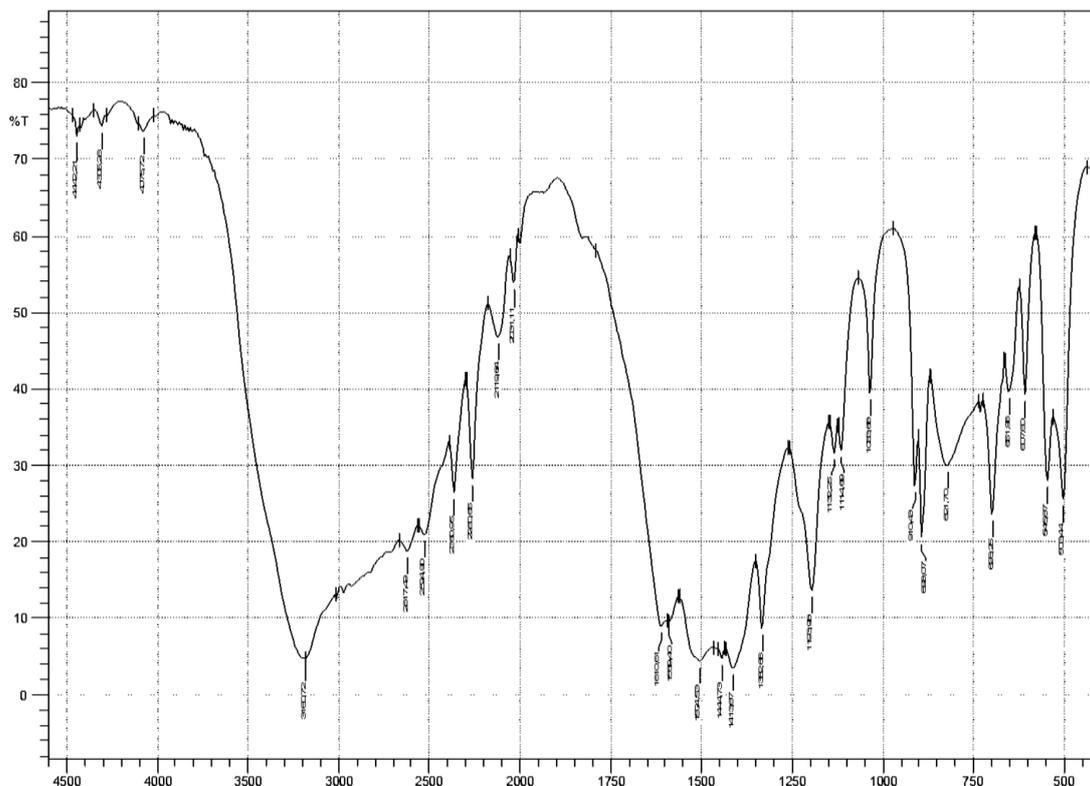


Рис. 5. Спектр диглициноборной кислоты

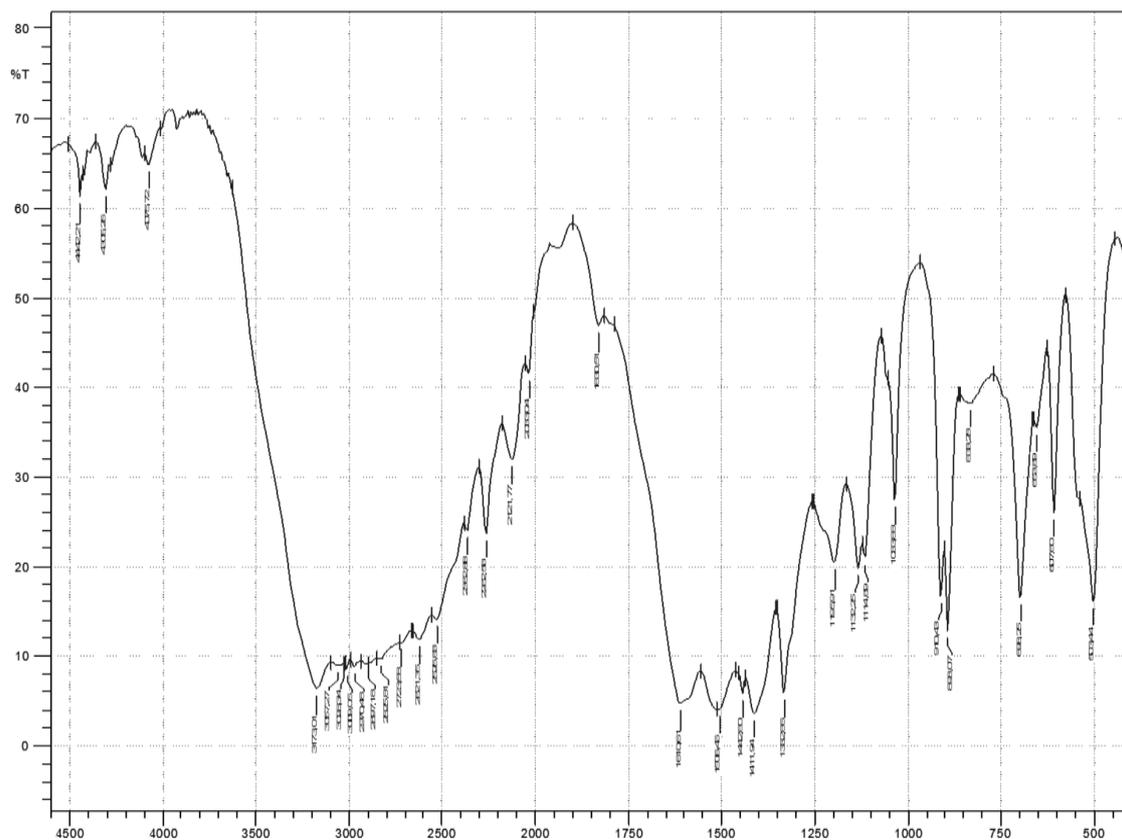


Рис. 6. Спектр диглицинобората меди (II)

Наличие полос в диапазоне $1400\text{--}1450\text{ см}^{-1}$ подтверждает валентные колебания карбонильной группы --C=O . Максимум при 3173 см^{-1} на ИК-спектре предполагает наличие валентных колебаний связи O--H . Доказательством наличия двухвалентной меди во внешней сфере рассматриваемого комплекса будет присутствие полосы при 1610 см^{-1} . При анализе спектров диглицинобората меди наблюдается выраженное смещение полос поглощения в область низкочастотных значений, что можно объяснить влиянием катиона двухвалентной меди, находящейся во внешней сфере соединения [7].

Выводы

Получены комплексные соединения: дилимонноборная кислота (на основе борной и лимонной кислот), диглициноборная кислота (на основе борной и аминокусусной кислот), а также соли этих соединений – диглициноборат глицина и диглициноборат меди (II). Методика синтеза комплексных соединений на основе борной кислоты основывается на обязательном по-

лучении метастабильных систем в процессе кристаллизации.

Анализ ИК-спектров изучаемых соединений показал, что атом бора, образующий внутреннюю сферу всех полученных нами комплексов, находится в тетракоординированном состоянии.

На структуру связей центрального атома с лигандами влияет боразотная координация, т.е. введение аминокислоты усиливает прочность связи, что выражается на ИК-спектрах сдвигом полос поглощения в высокочастотную область.

Показано влияние внешней сферы на прочность связей в борокислородном тетраэдре на примере дилимонноборной кислоты и диглицинобората глицина. Наличие аминокислоты в качестве катиона во внешней сфере ослабляет прочность связи в борокислородном тетраэдре, что выражается на ИК-спектрах сдвигом области поглощения в низкочастотный интервал. Анализ диглициноборной кислоты и диглицинобората меди (II) показал также ослабление прочности связи в боразотной координации внутренней сферы комплексных соединений.

Список литературы / References

1. Неудачина Л.К., Лакиза Н.В. Физико-химические основы применения координационных соединений. Екатеринбург: Изд. Урал. ун-та, 2014. 124 с.
Neudachina L.K., Lakiza N.V. Physical and chemical bases of application of coordination compounds. Yekaterinburg: Izd. Ural. un-ta, 2014. 124 p. (in Russian).
2. Тютрина С.В., Мясникова Н.В., Осина М.А., Григорьева О.Ю., Кузнецова Н.С. Изучение физико-химических свойств и структуры кристаллов дилимонноборной кислоты // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 21–27.
Tyutrina S.V., Myasnikova N.V., Osina M.A., Grigoreva O.Yu., Kuznetsova N.S. Study of physical and chemical properties and structure of dilimonoboric acid crystals // Advances in current natural sciences. 2017. № 12. P. 21–27 (in Russian).
3. Алекперов Э.Р., Резник А.М. Комплексы бора: синтез, применение. М.: Изд. МГУ, 2000. 208 с.
Alekperev E.R., Reznik A.M. boron Complexes: synthesis, application. Izd. MGU, 2000. 208 p. (in Russian).
4. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991. 536 с.
Nakamoto K. IR spectra and RAMAN spectra of inorganic and coordination compounds. M.: Mir, 1991, 536 p. (in Russian).
5. Тютрина С.В., Осина М.Н., Мясникова Н.В., Долгушин Ф.М. Структура кристаллов моногидрата дидитратобората глициния // Кристаллография. 2020. Т. 65. № 2. С. 249–254. DOI: 10.31857/S0023476120020289.
Tyutrina S.V., Osina M.A., Myasnikova N.V., Dolgushin F.M. Crystal structure of glycinium dicitratoborate monohydrate. Crystallography Reports. 2020. Vol. 65. No. 2. P. 249–254. DOI: 10.1134/S1063774520020273.
6. Тарасевич Б.Н. ИК-спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. М.: Изд. МГУ, 2012. 54 с.
Tarasevich B.N. IR spectra of the main classes of organic compounds. Reference materials. M.: Izd. MGU, 2012. 54 p. (in Russian).
7. Звиедре И.И., Беляков С.В. Структура нового двойного комплекса меди (II) с дилимонноборной кислотой // Неорганическая химия. 2012. Т. 57. № 10. С. 1406–1412.
Zviedre I.I., Belyakov S.V. Structure of a new double complex of copper (II) with dilimonoboric acid // Inorganic chemistry. 2012. Vol. 57. № 10. P. 1406–1412 (in Russian).

УДК 911(470.341)

ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ ГОРОДА ДЗЕРЖИНСКА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Шевченко И.А., ¹Соткина С.А., ¹Замашкина О.В., ¹Зарубина Н.В., ²Бикмаева А.В.

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина», Нижний Новгород, e-mail: irina-dzr52@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», Дзержинский филиал, Дзержинск, e-mail: big-dzrnn@mail.ru

В статье рассмотрена актуальная проблема создания комфортной среды обитания населения Нижегородской области, в частности городского округа г. Дзержинска. Оценка комфортности проживания населения на городском уровне представляет большой научный интерес. В ходе проведенной работы предложен алгоритм оценки комфортности проживания населения в г. Дзержинске. Создана тематическая карта определяющих социальных условий городской среды, на основе которых разработана и составлена интегральная карта социальной комфортности проживания населения на территории г. Дзержинска, что позволило выделить территории с разной степенью комфортности. Был определен уровень климатической комфортности территории, определено, что карстовые явления имеют удовлетворительную степень распространения, при которой жителям обеспечена безопасность и удовлетворительная среда проживания. К благоприятным показателям города отнесены: географическое положение, удобная транспортная развязка, благоприятный климат, наличие водных ресурсов. К неблагоприятным отнесена высокая закарстованность территории, сосредоточение опасного химического производства, выбросы которого дают загрязнение атмосферы, гидросферы и педосферы. Большая часть г. Дзержинска находится в зоне распространения довольно хорошо организованной системы социального обслуживания, которая удовлетворяет потребности населения. Рассчитан средний показатель комфортности проживания в городе. Интегральная оценка комфортности проживания населения городского округа г. Дзержинска становится необходимой, поскольку в данном масштабе можно провести анализ природно-экологических и социальных условий данной территории и сформировать городские культурные ландшафты, отвечающие требованиям, предъявляемым населением к территории проживания. Исследование имеет ярко выраженное практическое значение и может быть использовано администрацией г. Дзержинска в вопросах изучения и написания рекомендаций по улучшению состояния городской среды и экологической комфортности проживания населения. Представленная в работе карта объективно отражает сложившуюся эколого-геохимическую ситуацию.

Ключевые слова: образ жизни, население, уровни комфортности, природно-экологическая комфортность, социальная комфортность, оценка комфортности

ASSESSMENT OF THE NATURAL-ECOLOGICAL AND SOCIAL COMFORT OF LIVING IN THE CITY DISTRICT OF DZERZHINSK, NIZHNY NOVGOROD REGION

¹Shevchenko I.A., ¹Sotkina S.A., ¹Zamashkina O.V., ¹Zarubina N.V., ²Bikmaeva A.V.

¹Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: irina-dzr52@mail.ru;

²The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Dzerzhinsk branch, Dzerzhinsk, e-mail: big-dzrnn@mail.ru

This article discusses the actual problem of creating a comfortable environment for the population of the Nizhny Novgorod region, in particular, the city district of Dzerzhinsk. Assessing the comfort of living at the urban level is of great scientific interest. In the course of this work, an algorithm for evaluating the comfort of living in the city of Dzerzhinsk is proposed. A thematic map was created that defines the social conditions of the urban environment, on the basis of which an integrated map of social comfort of living in the city was developed and compiled. Dzerzhinsk, which made it possible to allocate territories with different degrees of comfort. The level of climatic comfort of the territory was determined, it was determined that karst phenomena have a satisfactory degree of distribution, in which the residents are provided with security and a satisfactory living environment. The city's favorable indicators include its geographical location, convenient transportation, favorable climate, and availability of water resources. The most unfavorable are the high density of the territory, the concentration of dangerous chemical production, whose emissions cause pollution of the atmosphere, hydrosphere and pedosphere. Most of Dzerzhinsk is located in the distribution zone of a fairly well-organized social service system that meets the needs of the population. The average indicator of comfort of living in the city is calculated. An integral assessment of the comfort of living of the population of the city district of Dzerzhinsk becomes necessary, since at this scale it is possible to analyze the natural-ecological and social conditions of this territory and create urban cultural landscapes that meet the requirements of the population to the territory of residence. The study has a pronounced practical significance and can be used by the administration of Dzerzhinsk in the study and writing recommendations for improving the state of the urban environment and environmental comfort of the population. The maps presented in this paper objectively reflect the current ecological and geochemical situation.

Keywords: lifestyle, population, comfort levels, natural and environmental comfort, social comfort, assessment of comfort

Нижегородская область располагает огромным как природно-ресурсным, так и социально-экономическим потенциалом для своего дальнейшего развития и созда-

ния благоприятной и комфортной среды обитания, у которой есть все необходимое – большая территория, историческое и культурное наследие. Городской округ города

Дзержинск Нижегородской области входит в список одних из самых загрязненных городов России благодаря сосредоточению на небольшой территории серьезного химического производства. По результатам многочисленных исследований можно сказать, что эколого-геохимическая ситуация в Дзержинске не хуже, чем в ближайших районах Нижнего Новгорода [1]. В связи с этим данное исследование имеет практическую значимость, так как Дзержинск считается не только грязным, но и красивым городом Нижегородской области, со своей историей и культурой. Более детальное изучение и ранжирование загрязнения Дзержинска выделяет восточную промышленную зону, а сам город, как правило, имеет опасное или допустимое загрязнение по многим показателям. Поэтому необходимо уделять данной территории повышенное внимание и изучать проблему Дзержинска более детально.

Как отмечает Б.И. Кочуров, совокупность различных условий, наиболее благоприятных для жизни населения регионов, формирует природно-экологическую комфортность, а благоприятных для хозяйственной деятельности населения – социально-экономическую комфортность проживания. При рассмотрении природно-экологической комфортности учитывается совокупность таких условий, которые удовлетворяют основные физиологические потребности проживающего на исследуемой территории населения. Изучение социально-экономической комфортности предполагает анализ различных социальных и экономических факторов, оказывающих влияние на жизнедеятельность населения [2].

Цель исследования – оценка комфортности проживания населения в городском округе г. Дзержинска как интегрального геоэкологического показателя, формирование позитивных представлений о г. Дзержинске в географическом и экологическом аспектах. Дзержинск – второй по численности населения и промышленному потенциалу город Нижегородской области. На 01.01.2020 г. Дзержинск относится к городам первой группы химической опасности, являясь крупным центром химической промышленности России, поэтому в числе основных задач данной работы было проведение интегральной оценки природно-экологической и социальной комфортности проживания населения городского округа г. Дзержинска.

Материалы и методы исследования

В процессе исследования нами были рассмотрены современные подходы по оценке комфортности проживания населения городского округа Дзержинск Нижегородской области. Теоретико-методологическую основу исследования составили работы Н.Ф. Реймерса, Ф.Н. Милькова, Г.М. Лаппо, Д.Л. Арманда, Б.И. Кочурова, С.А. Соткиной, И.В. Зорина, В.А. Квартальнова, а также нормативные документы Администрации городского округа г. Дзержинска. При проведении данного исследования использовались такие методы, как анализ научной и краеведческой литературы, картографический, статистических данных, сравнительно-географический и сравнительно-исторический методы. С целью определения уровня климатической комфортности территории была взята схема экспертных оценок К. Саати, где указаны основные показатели, характеризующие уровень климатической комфортности территории [3].

Ультрафиолетовая недостаточность на территории характеризуется периодом в 20–25 дней. Число дней с суровыми погодными условиями (зима) исчисляется с 130–145 дней, оттого продолжительность безморозного периода составляет более 110 дней. Отсутствует продолжительность полярного дня и полярной ночи. В целом климат Дзержинска умеренно континентальный со всеми характерными для него чертами. Продолжительность благоприятных погод на территории также характеризуется числом более 40 дней. Следуя схеме экспертных оценок Саати, территорию г. Дзержинска можно определить, как комфортную для жизни населения. Только показатель, характеризующий ультрафиолетовую недостаточность, можно характеризовать как прекомфортные условия.

Развитие карстово-суффозионного процесса на территории происходило в более ранние этапы геологической истории и продолжается до настоящего времени. На территории городского округа Дзержинск развивается преимущественно карбонатно-сульфатный и гипсовый карст. Карст остается серьезной экологической проблемой для города. ОАО «Противокарстовая и береговая защита» проводит многолетние наблюдения за карстово-суффозионными процессами в районе Дзержинска на площади около 230 кв. км, где за последние 55 лет отмечено 260 новых карстовых провалов. Были сделаны подсчеты степени рас-

пространения карста и выявлено, что на вторую категорию опасности приходится лишь 3,9% от общей территории г. Дзержинска, к 3 категории опасности относится 6,08%, к четвертой 16,5%, а к пятой 17,3% т.е. общая площадь города, подверженная карстам, составляет 43,78%. Причем большая часть города или вовсе не подвержена карсту, или имеет лишь 5 класс опасности. Что позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день, с точки зрения комфортности проживания населения в г. Дзержинске, карстовые явления не носят катастрофический или дискомфортный характер. На сегодняшний день можно сделать выводы о том, что карстовые явления имеют удовлетворительную степень распространения, при которой жителям обеспечена безопасность и удовлетворительная среда проживания, при наличии соответствующего и своевременного карстологического мониторинга.

В течение года наблюдается от 144 до 255 дней с неблагоприятными для города метеорологическими условиями, способствующими росту загрязнения воздуха в жилых кварталах. В эти периоды на предприятиях выполняется комплекс мер по снижению выбросов вредных веществ. При этом имеются определенные различия в состоянии загрязнения воздушного бассейна отдельных районов города: наиболее загрязненными являются западные районы. Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что уровень загрязнения воздушного бассейна в городе в последний год соответствует среднему значению по России. Город остается, однако, одним из наиболее загрязненных городов Нижегородской области. Дзержинск характеризуется высоким уровнем загрязнения атмосферы и, наряду с г. Н. Новгородом, вошел в число наиболее неблагоприятных в экологическом отношении населенных пунктов.

Одним из наиболее важных факторов является обеспечение его доброкачественной питьевой водой: по состоянию на 2019 г. из 78 источников централизованного водоснабжения 19 не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.027-95. В последнее время наблюдается стойкая тенденция ухудшения качества воды открытых водоемов в зонах рекреации по бактериологическим показателям, поскольку до настоящего времени не реализован план мероприятий по благоустройству и оборудованию городских пляжей, что оказывает отрицательное влияние на состояние водоёмов в весенне-летний сезон отдыха.

В снежном покрове приоритетными загрязняющими веществами г. Дзержинска и его восточной промышленной зоны в зимний период обследования 2019 г. из числа тяжелых металлов по сумме растворимой и нерастворимой части являются медь, олово, свинец, молибден, ванадий. Наиболее высокое загрязнение снежного покрова наблюдается на территории пос. Петряевка, расположенного в зоне влияния восточной группы предприятий и для территории западных районов пос. Свердлова, находящихся под прямым влиянием выбросов западной группы предприятий. По данным обследования по суммарному индексу загрязнения почв тяжелыми металлами вся обследуемая территория г. Дзержинска относится к категории допустимого загрязнения ($Z_{\phi} = 6,8$). Однако на территории пос. Петряевка, д. Колодкино и п. Игумново имеются точки, в которых данный показатель загрязнения достигает уровня умеренно опасного загрязнения почв, а в единственной точке (п. Игумново, ул. П. Морозова, 31) – уровня опасного загрязнения. Оценивая географические показатели Дзержинска, можно сделать следующие выводы, что к благоприятным показателям следует отнести географическое положение, удобную транспортную развязку, благоприятный климат, наличие водных ресурсов. К неблагоприятным – высокую закарстованность территории, сосредоточение на небольшой территории опасного химического производства. Как следствие, выбросы дают загрязнение атмосферы, гидросферы и педосферы [4].

На комфортность проживания населения огромную роль оказывают зеленые насаждения. На цели озеленения в 2019 г. было израсходовано 24378,79 тыс. руб. из бюджета города, в том числе омоложение 379 деревьев, омоложение живых изгородей из кустарника – 130,0 м, снос 618 аварийных деревьев. Осуществлено текущее содержание зеленых насаждений города на площади 841,28 тыс. кв. м. В качестве компенсационной стоимости уничтожаемых зеленых насаждений в бюджет города поступило 8121,67 тыс. руб. В качестве компенсационного озеленения было посажено 5339 деревьев (за счет привлеченных средств). Важно отметить, что зеленые насаждения также важны для очищения городской среды. Таким образом, озеленение территории напрямую влияет на комфортность проживания населения. В настоящее время в соответствии с Генеральным пла-

ном городского округа Дзержинск городские озеленения территории общего пользования занимают территорию 150 га [5].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведения интегральной оценки городского округа г. Дзержинска Нижегородской области были получены следующие результаты. Для расчета комплекса экологических показателей, был проведен расчет площадей (га) жилой застройки, промышленной застройки и фактически озелененных территорий по карте г. Дзержинска. Полученные значения представлены в таблице.

падный: 37,6% составляет жилая застройка и 62,4% территории занимают фактически озелененные территории [6].

Самые большие территории, фактически озелененные территории земель располагаются в Западном и Прибрежном микрорайонах. Самая маленькая по площади территория фактически озелененных территорий земель приходится на Центральный микрорайон. Восточный микрорайон характеризуется наличием большой территории промышленной застройки. В Северном микрорайоне также большую часть территории занимает промышленная застройка.

Для расчета степени озеленения территории общего пользования (Q) г. Дзержинска

Расчет комплекса экологических показателей

Микрорайон	Жилая застройка, га	Промышленная застройка, га	Фактически озелененные территории, га	Всего, га
Прибрежный	239,76	31,68	298,8	570,24
Восточный	177,12	70,56	97,92	345,6
Центральный	567,36	7,2	79,2	653,76
Северный	180	60,48	185,76	426,24
Северо-Западный	302,4	145,44	169,92	617,76
Юго-Западный	453,6	24,48	119,52	597,6
Западный	217,44	–	302,4	577,44
Общая площадь	2137,68	339,84	1253,52	3731,04

Таким образом, общая площадь города составляет 3731,04 га. Рассмотрим каждый микрорайон по отдельности. Прибрежный район: 42,04% составляет жилая застройка, 5,6% приходится на промышленную застройку и 52,36% остается на фактически озелененные территории. Восточный район: 51,25% составляет жилая застройка, 20,4% территории занимает промышленная застройка, 28,35% приходится на фактически озелененные территории. Центральный район: 86,8% занимает жилая застройка, 1,1% составляет промышленная застройка и 12,1% территории занимают фактически озелененные территории. Северный район: 42,2% территории занимает жилая застройка, 14,19% составляет промышленная застройка, 43,6% приходится на фактически озелененные территории. Северо-западный: 49% территории занимает жилая застройка, 24% занимает промышленная застройка и 27% приходится на фактически озелененные территории. Юго-западный: 75,9% составляет жилая застройка, 4,1% занимает промышленная застройка и 20% приходится на рекреационные земли. За-

в соответствии с Законом Нижегородской области [7] нам нужны следующие показатели: Sob. – площадь озелененных территорий общего пользования в г. Дзержинск; T – фактическая численность населения в г. Дзержинске на данный период.

Расчет: $Q = Sob/T$; $Q = 150,0/237668 = 0,00063113$ га, т.е. $Q = 6,3113$ кв. м. Таким образом, с численностью населения г. Дзержинска в 237 668 чел. территория не отвечает нормам в соответствии с Законом Нижегородской области, норматив озелененных территорий общего пользования на 1 человека почти в 2,5 раза меньше заявленного минимума.

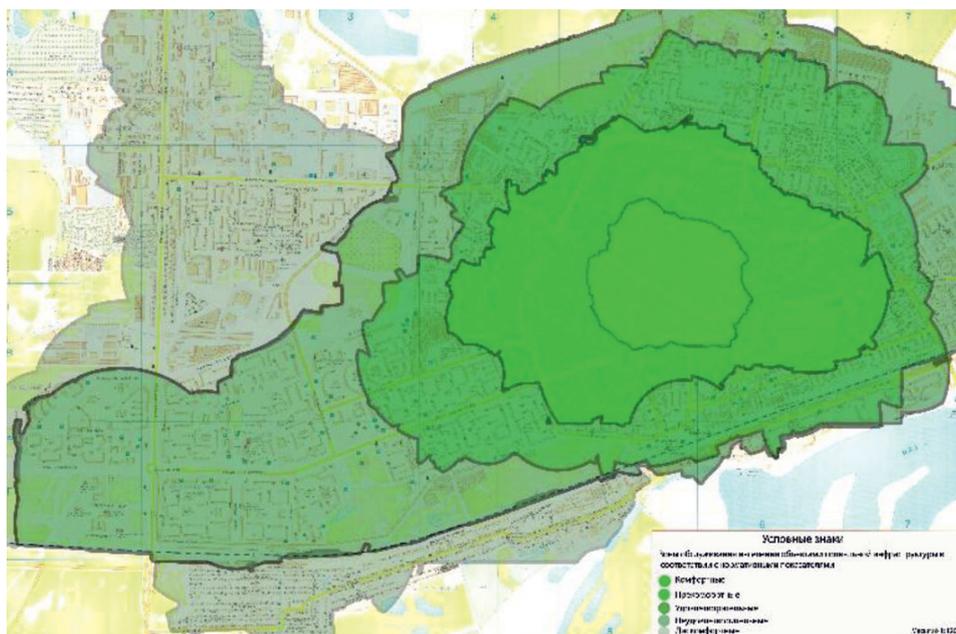
Для расчета степени озеленения фактически озелененных территорий (F) г. Дзержинска в соответствии с Законом Нижегородской области нам нужны следующие показатели: Общая площадь фактически озелененной территории (Soz.) и общая Площадь территории (S).

Расчет: $F = Soz.*100\%/S$; $F = 1253,52*100\%/3731,04 = 33,6\%$, т.е. $F = 33,6\%$. Таким образом, с общей площадью фактически озелененных территорий равной

1253,52 га, т.е. 33,6% от общей площади города, территория не отвечает нормам в соответствии с Законом Нижегородской области, норматив фактически озелененных территорий общего пользования должен составлять не менее 70% от общей площади территории [7]. Результатом этих расчетов можно считать вывод о том, что г. Дзержинск является дискомфортным в плане обеспеченности озелененными территориями, так как они не удовлетворяют запрос населения и общественные нормы, регламентируемые в соответствии с Законом Нижегородской области.

Выводы

Таким образом, в ходе проведенной работы предложен алгоритм оценки комфортности проживания населения в г. Дзержинске. При анализе обеспеченности объектами социальной инфраструктуры получены следующие результаты: самой комфортной территорией г. Дзержинска с точки зрения обеспечения объектами социальной инфраструктуры является Центральный микрорайон. Далее уровень комфортности населения падает до прекомфортных показателей, в связи с небольшим отдалением от главнейших



Уровень социальной комфортности проживания населения в г. Дзержинске

Для дальнейшей оценки социальной комфортности проживания населения [8] нами выполнялось наложение карт по радиусам обслуживания и обеспеченности населения объектами социальной инфраструктуры и получена оценочная карта социальной комфортности проживания населения в г. Дзержинске. Для оценки социальной комфортности проживания населения нами предложено выделить участки (жилые массивы), обеспеченные объектами социальной инфраструктуры, и зоны с учетом радиуса обслуживания населения в соответствии нормативным значениям. Для нашего города такая оценка производилась впервые (рисунок, условные знаки: комфортная, прекомфортная, удовлетворительная, неудовлетворительная, дискомфортная).

объектов социальной инфраструктуры. Далее идет понижение до удовлетворительных условий проживания населения, причем понижение обеспеченности территории объектами социальной инфраструктуры имеет тенденцию радиального характера, т.е. чем дальше от центра, тем менее комфортны условия. Самым дискомфортными районами проживания населения являются Северо-Западный и Юго-Западный микрорайоны, включая территорию частной застройки Пушкино. В целом большая часть г. Дзержинска находится в зоне распространения довольно хорошо организованной системы социального обслуживания, на большей части территории города довольно хорошо развита инфраструктура, которая удовлетворяет потребности населения. Лишь толь-

ко отдаленные от центра территории имеют затруднения в обеспеченности основными объектами социальной инфраструктуры. Используя данные, можно рассчитать средний показатель комфортности проживания населения в г. Дзержинске, которые равен 2,8, что соответствует удовлетворительному уровню. Исследование имеет ярко выраженное практическое значение и может быть использовано администрацией г. Дзержинска в вопросах изучения и написания рекомендаций по улучшению состояния городской среды и экологической комфортности проживания населения. Интегральная оценка комфортности проживания населения городского округа г. Дзержинск становится необходимой, поскольку в данном масштабе возможен анализ природно-экологических и социальных условий данной территории и формирование городских культурных ландшафтов.

Список литературы / References

1. Соткина С.А., Кривдина И.Ю., Никитина О.А. Комфортность проживания населения на территории городских агломераций с точки зрения оценки эколого-геохимической ситуации (на примере Нижегородской агломерации) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17086> (дата обращения: 27.08.2020).
2. Соткина С.А., Кривдина И.Ю., Никитина О.А. The standard of living in the territory of urban agglomerations from the point of view of assessing the ecological and geochemical conditions (for example Nizhny Novgorod) // Successes of modern natural science. 2014. № 6. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17086> (дата обращения: 17.08.2020).
3. Кочуров Б.И., Жулина М.А. Оценка качества жизни населения: определения, подходы и критерии // Проблемы региональной экологии. 2005. № 4. С. 89–93.
4. Kochurov B.I., Zhulina M.A. Assessment of the quality of life of the population: definitions, approaches and criteria // *Problemy regional'noy ekologii*. 2005. № 4. P. 89–93 (in Russian).
5. Бабаева А.В., Крашенинников А.А. Антропологическое измерение пространства современного города // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 2 (27). [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/27> (дата обращения: 17.08.2020). DOI: 10.26795/2307-1281-2019-7-2-14.
6. Babaeva A.V., Krashennnikov A.A. Anthropological measurement of modern city space // *Vestnik of Minin University*. 2019. Vol. 7. № 2 (27). [Electronic resource]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/27> (date of access: 07.05.2020) (in Russian).
7. Соткина С.А., Бадина О.Н., Шевченко И.А., Бикмаева А.В. Экологическое состояние города Дзержинска по степени загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 96–101.
8. Sotkina S.A., Shevchenko I.A., Badina O.N., Bikmaeva A.V. Ecological status of the city of Dzerzhinsk by the degree of contamination of the soil cover with heavy metals // *Advances in current natural sciences*. 2017. № 6. P. 96–101 (in Russian).
9. Решение Городской Думы г. Дзержинска Нижегородской области от 30 января 2020 г. № 830 «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития городского округа город Дзержинск до 2030 года». [Электронный ресурс]. URL: <https://internet.garant.ru/#/document/73564662/entry/0> (дата обращения: 17.08.2020).
10. Decision Of the city Duma of Dzerzhinsk of the Nizhny Novgorod region of January 30, 2020 № 830 «on approval of The strategy of socio-economic development of the city district of Dzerzhinsk until 2030». [Electronic resource]. URL: <https://internet.garant.ru/#/document/73564662/entry/0> (date of access: 17.08.2020) (in Russian).
11. Асташин А.Е., Самойлов А.В., Пашкин М.Н., Пудева О.Н., Фомина А.И., Власов А.В. Ландшафтное районирование территории городского округа Дзержинск Нижегородской области // Естественные и технические науки. 2019. № 1 (127). С. 96–100.
12. Astashin A.E., Samoilov A.V., Pashkin M.N., Pudeva O.N., Fomina A.I., Vlasov A.V. Landscape zoning of territory of city district Dzerzhinsk of Nizhny Novgorod region // *Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki*. 2019. № 1(127). P. 96–100 (in Russian).
13. Закон Нижегородской области от 07.09.2007 (с изменениями на 30 октября 2019 года) № 110-3 «Об охране озелененных территорий Нижегородской области». [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/8536330> (дата обращения: 17.08.2020).
14. Law of the Nizhny Novgorod region of 07.09.2007 (as amended on October 30, 2019) No. 110-Z «on the protection of green areas of the Nizhny Novgorod region». [Electronic resource]. URL: <http://base.garant.ru/8536330> (date of access: 17.08.2020) (in Russian).
15. Скворцова М.А., Лешайкина М.В. Разработка методики оценки уровня социальной комфортности проживания населения в регионе // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. 2010. № 19. С. 141–145.
16. Skvortsova M.A., Leshchaykina M.V. Development of methods for assessing the level of social comfort of living in the region // *Vestnik Volzhskogo universiteta imeni V.N. Tatishcheva*. 2010. № 19. P. 141–145 (in Russian).

УДК 553.3/4:553.04:528.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ОСТРОВА КУНАШИР С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ LANDSAT 8 И МЕТОДА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ

^{1,2}Шевырев С.Л.¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: shevirev@mail.ru;²Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток

Сопровождающие гидротермальное золото-серебряное оруденение вторичные изменения (пропилитизация, аргиллитизация, окварцевание) могут быть выявлены и оценены на дистанционных изображениях Landsat 8 OLI. Учёт вклада главных компонент изображения (метода Кроста) в наблюдаемую картину наравне со спектральными индексами позволяет проводить только качественный анализ местности и предполагать наличие рудоперспективных участков. Острова Южно-Курильской гряды (Кунашир, Итуруп, Уруп) обладают потенциалом благороднометалльного и комплексного сырья, объекты которого находятся среди неоген-четвертичных вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород и обладают стратиформным и сложным жильным строением. Сложные природно-климатические условия территории, наличие расчлененного рельефа, древесно-кустарниковой растительности и почвенного слоя затрудняют применение спектральных методов. Однако учёт сезонности при подборе комплектов, КФС для анализа, а также использование автоматизированного вычислительного аппарата позволили использовать снимки Landsat 8 OLI для оценки металлогенического потенциала юга Большой Курильской гряды. Исходные данные, использованные для обучения модели, представляют собой пространственное распределение рудных объектов, что предполагает надежный учёт только «данных присутствия», отсутствие сведений о минерализации в том или ином месте может быть связано с недостаточными поисковыми усилиями. Метод логистической регрессии (максимальной энтропии) может быть использован для учёта специфики имеющихся данных и построения релевантной прогнозной модели. Применение этого метода позволило объяснить приуроченность известных проявлений и месторождений полезных ископаемых острова Кунашир, а также предположить зоны, благоприятные для их обнаружения. Полученное зональное распределение площадей, отвечающих фактическому нахождению известных рудных объектов и перспективных зон, обрело геологическую интерпретацию.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, эпитеpмальные месторождения, прогноз рудных полезных ископаемых, scikit-learn, логистическая регрессия, максимальная энтропия

MODELING OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE EPITHERMAL MINERALIZATION OF KUNASHIR ISLAND WITH THE LANDSAT 8 DATA AND LOGISTIC REGRESSION METHOD

^{1,2}Shevirev S.L.¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: shevirev@mail.ru;²Far Eastern Geological Institute FEB RAS, Vladivostok

Alteration haloes of Au-Ag mineralization (propylitization, argillization, silicification) could be detected and assessed on the remote sensing images of Landsat 8 OLI. Analysis of contribution of the image principal components (Crosta method) as well as the spectral indexes into the observed picture allows to make only qualitative assessment of the area and outlining of the prospective areas. Islands of the Greater Kuril Ridge (Kunashir, Iturup, Urup and others) have mineral potential of precious metals and complex ores, which mineralizations occurs among Neogene-Quaternary volcanogenic and volcanogenic-sedimentary rocks and compose stratiform and complicated vein bodies. Climate and weather conditions, dissected relief, soil and forestation impede assessment of spectral data for this area. However, considering of seasonality and vegetation cycle when picking satellite datasets for analysis as well as using appropriate processing and assessment techniques let to use Landsat 8 OLI for modeling of the mineralization distribution of Kunashir and Iturup Islands. Source data for the model training are based on spatial distribution of the known ore mineralization points that presume reliable accounting only of presence data. Absence of the information of mineralization at discreet point may be related to insufficient prospective efforts. Method of the logistic regression (maximum entropy) could be used for processing of possessed data and development of the prospective model. Application of this method made possible to explain positions of the known ore objects and predict new areas, favorable for ore accumulation on target areas. Obtained zonal distribution of the ore mineralizations and prospective zones got appropriate geological explanation.

Keywords: remote sensing of the Earth, epithermal deposits, ore prospecting, scikit-learn, logistic regression, maximum entropy

Необходимость наращивания ресурсной базы благороднометалльного сырья требует развития технологий анализа спутниковых изображений, что наиболее важно для удаленных и труднодоступных регионов.

Островодужные системы привлекают исследовательский интерес в связи со своим контрастным геологическим строением, а также наличием как традиционных, так и необычных типов минерального сырья.

Рудные месторождения редко- и благороднометалльного типов сырья, связанные с измененными вулканогенно-осадочными и магматическими породами [1], могут быть выражены в ореолах вторичных изменений, фиксируемых на космических изображениях, следовательно, прогноз и освоение минерального сырья островодужных систем возможны с привлечением методов дистанционного зондирования Земли. Природно-климатические факторы в данном случае выступают как осложняющие прогноз и оценку, однако их влияние может быть редуцировано тщательным подбором сезонных изображений для анализа, а также использованием техник машинного обучения. Целью настоящего исследования является составление и апробация карты минерагенического потенциала дистанционных изображений на примере относительно хорошо изученной в минерагеническом отношении территории острова Кунашир.

Материалы и методы исследования

Курильская островодужная система (КОС) простирается в северо-восточном направлении от острова Хоккайдо до полуострова Камчатка на 1175 км. КОС включает две субпараллельные островные дуги Большой и Малой Курильских гряд. Большая Курильская гряда (БКГ) характеризуется наличием большого количества вулканов и расположена в тылу КОС, со стороны задугового Охотоморского бассейна. Малая Курильская гряда (МКГ) является фронтальной, ограничена Курило-Камчатским желобом Тихого океана, и вулканизм для нее менее характерен. Область исследования настоящей работы включает в себя территорию острова Кунашир (рис. 1). КОС была сформирована в ходе надсубдукционного вулканического процесса, включает более чем 200 вулканов (105 являются субаэральными), большая часть локализована в пределах Кунашир-Урупского сегмента. Мощность континентальной коры в основании БКГ достигает 35–40 км. В структуре КОС выделяют фундамент (поздний мел – ранний палеоген), несогласно перекрытый олигоцен-неоген-четвертичными островодужными комплексами [1; 2]. Среди разрывных нарушений преобладают правые сдвиги северо-восточного простирания, сформированные косым взаимодействием Тихоокеанской плиты и окраины континента. Структуры второго порядка характеризуются левосторонним смещением и северо-западным простиранием [1].

Острова БКГ сложены олигоцен-неоген-четвертичными породами и представляют собой горстово-антиклинальную структуру с углами падения на крыльях до 30–40°, осложненную изолированными вулканическими постройками. В пределах БКГ обособливаются комплексы «зеленых туфов», вулканогенно-кремнисто-диатомитовый, базальтовый и андезитовый [1; 3; 4]. Вулканогенные породы острова Кунашир (рис. 1) обычно описываются как супрасубдукционные вулканисты Тихоокеанского типа [1; 4; 5]. Мелководно-морские высококремнеземистые осадочные породы плиоцена, включающие различные обломочные фракции и диатомиты, насыщены пирокластикой. Они переслаиваются пемзами и тейфрами различного возраста и прорываются многочисленными экструзиями и субвулканическими телами (до 63–64% SiO_2) и обладающие выраженной столбчатой отдельностью. До 60% площади островов сложено лавопирокластическим материалом плейстоцена-голоцена состава с существенным преобладанием дупироксеновых базальтовых андезитов и андезитов [1; 3; 4]. Южные острова Большой Курильской гряды вмещают скопления рассеянных элементов (Mo, Bi, Cd, In, Ge, Re), благородных (Au-Ag) и цветных (Zn, Cu, Sn, Zn, Pb) металлов, а также полуметаллов (Se, Te, Sb, As). Распространены малоглубинные (≤ 1 км) золото-серебряные, золото-полуметаллические, золото-алунитовые, золото-адуляровые, золото-сульфидные рудопроявления. Интерес представляют также сольфатарные поля и термальные источники центров современного вулканизма (рис. 1). Территория имеет потенциал для обнаружения порфирировых Cu-Mo-Au месторождений (глубина ≤ 4 км), связанных интрузивными массивами (глубина внедрения 5–10 км) [1; 6]. Вулканогенно-пирокластические породы комплекса «зеленых туфов» вмещают стратиформные эксгаляционно-осадочные и жильные гидротермально-метасоматические тела сульфидных руд Zn, Pb, Cu типа Куроко. Прорывающие их габброплагиограниты вмещают золото-серебряные руды с Se и Te. Экструзивные, субвулканические и интрузивные тела фельзитового состава, а также ореолы их вторичных изменений (аргиллизации, окварцевания, серицитизации, ожелезнения и другие) связаны с многочисленными золото-серебряными (\pm Sn) проявлениями [1]. Крупным известным объектом – примером эндогенной минерализации юга БКГ считается Прасоловский рудный узел, рас-

положенный на Охотоморском побережье острова Кунашир (рис. 1, Б) [7]. Прасоловский рудный узел приурочен к интрузивно-купольному поднятию, образованному габбродиорит-плагиогранитным массивом (его возраст $33 \pm 8 - 30 \pm 2$ млн лет (K-Ar) и 31 ± 1 млн лет по цирконам (U-Pb) [1]. На площади Прасоловского рудного узла присутствуют сульфидная медно-цинковая минерализация, а также благороднометалльная минерализация различных типов, связанная с жильно-метасоматическими телами и ореолами вторичных изменений, окружающих субвулканические тела [7].

Площадное распределение спектральных особенностей дистанционного изображения позволяет получить картину наличия определенного вещественного признака, включая развитие вторичных изменений и минерализации определенного типа. Для оконтуривания интересующих площадей возможно использовать оценку главных компонентов изображения и спектральных индексов, т.н. метод Кроста [8], сопоставляемых с данными рудоперспективности территории. Анализ производится с помощью авторской прикладной программы, написанной на языке Python. Для проведения исследования подбирались сцены Landsat 8 OLI без облаков, прошедшие геометрическую и спектральную коррекцию. Ввиду пересеченного рельефа территории

исследований и невысоких углов возвышения светила изображения требуют топографической коррекции с применением алгоритма SCS + C [9].

Главные компоненты, рассчитанные для изображения, отражают вклад в интегральную картину отдельных каналов, их анализ достаточно известен для картирования вторичных изменений при металлогенических исследованиях [10]. Глинистые минералы характеризуются сильным поглощением в 7 канале Landsat 8 OLI ($2,11-2,29 \mu\text{m}$) и значительным отражением в канале 6 ($1,57-1,65 \mu\text{m}$), отношение этих спектральных каналов (7/6) представляют собой индекс CM (clay minerals – глинистые минералы). Отношение каналов 7/2 представляет собой индекс-индикатор развития минералов-гидроксидов (HA, hydroxyl alteration), а 4/2 – индикатор присутствия минералов – оксидов железа (IO, Iron Oxide) [10; 11]. Характеристика 7 спектральных каналов Landsat 8 OLI (105/029 path/row, дата съемки 27.10.2015), использованных для анализа участка интереса «Кунаширский», приведена в табл. 1.

Расчет главных компонент изображения осуществлялся с помощью функции *pca* модуля *decomposition* библиотеки *scikit-learn* Python. Сведения о ковариации каналов изображения и его главных компонент приведены в табл. 2.

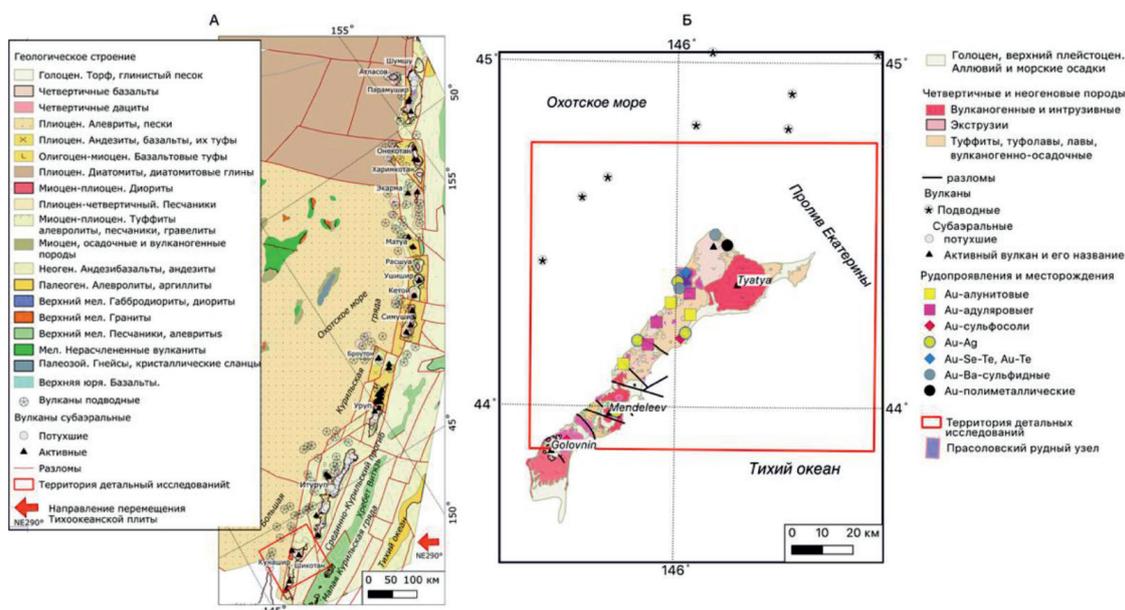


Рис. 1. А – геологическая карта Курильской островодужной системы (с использованием [3]); Б – геологическая карта и металлогения острова Кунашир

Таблица 1

Статистическая характеристика спектральной яркости изображения

	band1	band2	band3	band4	band5	band6	band7
Minimum	7660,00	6952,00	5963,00	5161,00	4993,00	4674,00	4628,00
Maximum	33884,00	36697,00	38807,00	42869,00	42474,00	17273,00	13330,00
Mean	8632,79	7911,12	6784,60	6153,18	6150,50	5405,09	5191,28
Median	8545,00	7801,00	6618,00	5976,00	5444,00	5067,00	5017,00
Std.dev.	671,39	776,81	904,92	1016,75	2241,78	1062,90	532,93

Таблица 2

Ковариация спектральных каналов изображения и их главных компонент (PC)

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
band1	0,021	0,082	0,158	-0,044	-0,011	0,019	0,000
band2	0,023	0,098	0,182	-0,056	-0,003	0,026	0,000
band3	0,013	0,146	0,193	-0,073	0,008	0,009	0,000
band4	0,011	0,170	0,213	-0,079	-0,028	0,009	0,000
band5	-0,136	0,609	0,072	-0,065	-0,012	0,009	0,000
band6	-0,091	0,245	-0,096	-0,106	-0,016	0,004	0,000
band7	-0,044	0,119	-0,044	-0,057	-0,016	0,003	0,000

Отношения спектральных каналов Landsat 8 OLI и главные компоненты сопоставлялись с матрицей обратных евклидовых расстояний до эпitherмальных рудопроявлений и месторождений, пересчитанные в пиксели и ограниченные радиусом 50 пикселей для каждого объекта, которые рассматривались как выражение рудоносности территории (IOD). Для близко расположенных рудных объектов перекрывающиеся радиусы суммировались. Значения IOD применялись для обучения и валидации прогнозной модели логистической регрессии (также известной как «максимальной энтропии», MaxEnt).

Территория исследования покрывалась сеткой квадратных окон осреднения (ОО) площадью 1 км², для каждого полигона рассчитывалось среднее значение признака, хранящегося в растровых слоях (CM, IOA, PC1-7, HA, NDVI), включая значения отношений спектральных каналов, главных компонент космического изображения и евклидовых расстояний до эпitherмальных рудопроявлений и месторождений. Данные по каждому ОО помещались в атрибутивную таблицу, которая затем рассматривалась как таблица экспериментальных данных. Алгоритм оценки экспериментальных данных включает использование методов анализа особенностей отражательной способности поверхности, а также обучение и модели логистической регрессии, перспективной для прогнозных минерагени-

ческих исследований [12]. Используется класс OneClassSVM, входящий в библиотеку *scikit-learn* (рис. 2). Этот метод позволяет использовать неполные данные и оценивает вероятность принятия значения целевой переменной с максимальной энтропией и контролируется набором ограничений, представленных неполнотой информации о целевом распределении [13; 14].

Результаты исследования и их обсуждение

Для визуальной оценки и дешифрирования территории применяются композиции каналов RGB432 («естественные цвета»), а также псевдоцветные композиции: RGB642, RGB742, RGB765, RGB764, позволяющие визуально различить растительность, водные объекты, гидротермальные изменения субстрата (RGB765), развитие минералов гидроокислов и минералов – оксидов железа (HA, IOA, (HA+IOA)/2, «зона изменений») (рис. 3).

Подготовленная модель логистической регрессии была апробирована на территории острова Кунашир для данных, не использовавшихся при ее обучении. Результат построения моделью карты прогнозной перспективности территории острова Кунашир, показан на рис. 4, А. Оценка качества осуществлялась оценкой площади под ROC-кривой. Полученное нами значение 0,6540 характеризует приемлемо обученную модель (рис. 4, Б).

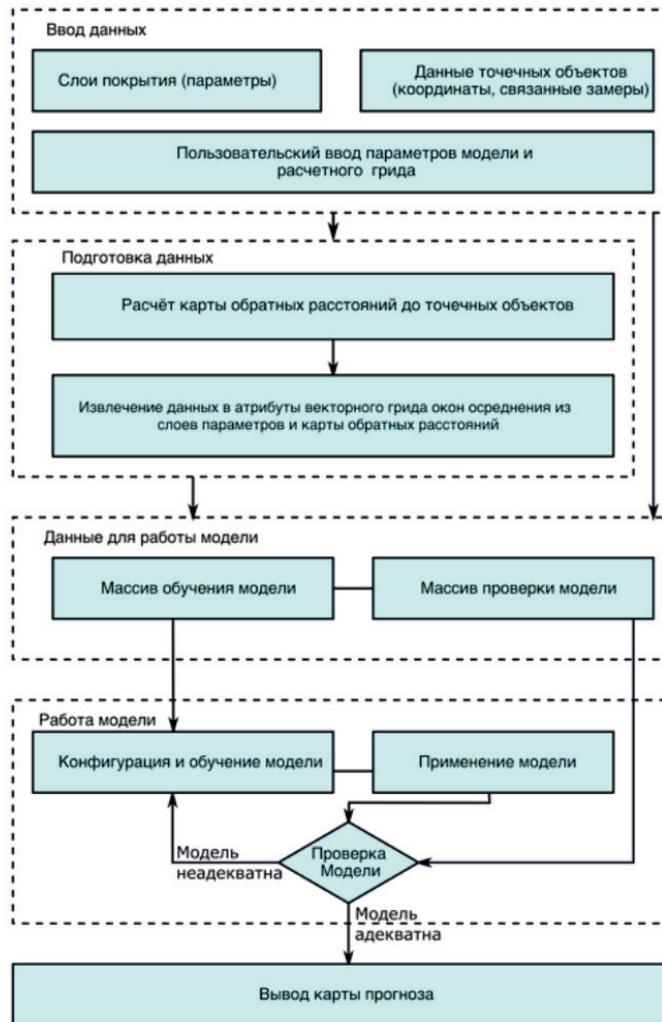


Рис. 2. Алгоритм прогнозного исследования с использованием спектральных данных и логистической регрессии, реализованный на языке Python

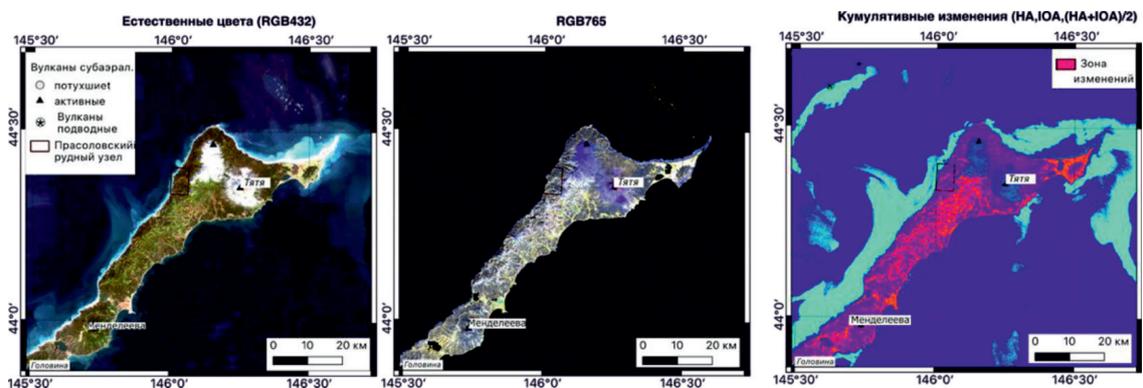


Рис. 3. Материалы для визуальной оценки территории обучения, Landsat 8 OLI (105/029 path/row, дата съемки 27.10.2015)

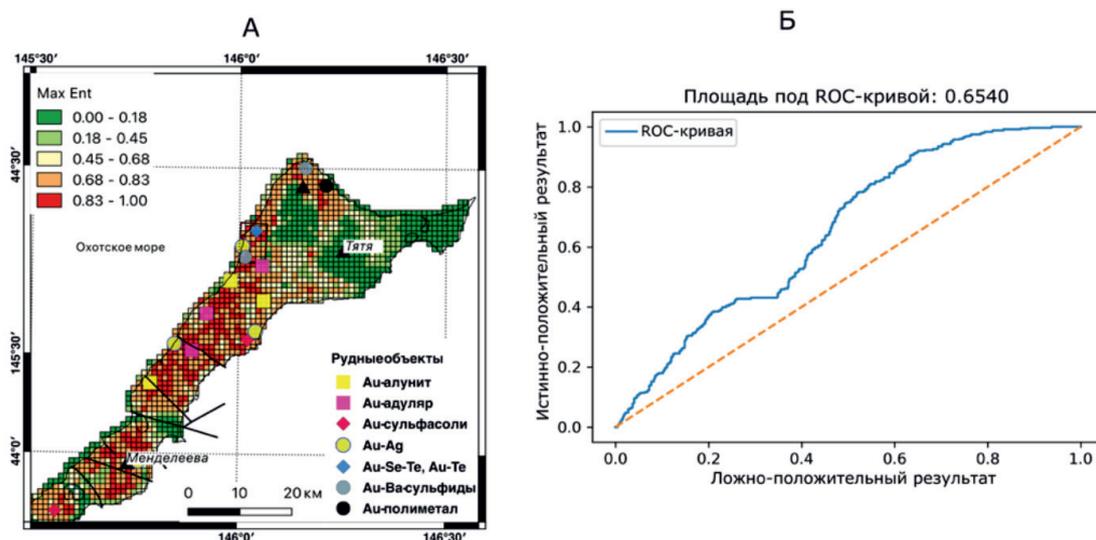


Рис. 4. А – результат, полученный при работе модели логистической регрессии, обученной по 60% данных, на острове анализа продуктов Landsat 8 OLI; Б – ROC-кривая модели, обученной по 40% исходных данных

Видно, что распределение рудных объектов в целом показано верно, показанные в оверлее рудопроявления и месторождения находятся в осевых частях выявленных «рудоперспективных» кластеров. Выделение этих кластеров производилось с помощью выделения пяти классов окон осреднения с помощью классификации естественных границ Дженкса. Три класса наименьших значений рассматривались как фоновые, два класса наибольших значений – условно перспективные. Качество применяемой модели также подтверждалось наличием внутренней зональности кластеров – значение IOD уменьшалось от центра кластера к периферии.

Выводы

Северо-восточное простираие наиболее перспективных кластеров (рис. 4А) соответствует разрывным нарушениям первого порядка и позволяет предположить их взаимосвязь с проницаемыми правосдвиговыми структурами. Это позволяет рассматривать простираие выделенных зон в качестве дополнительного поискового признака. Карта прогнозной перспективности территории острова Кунашир показывает соответствие перспективных кластеров известным рудным объектам и вулканическим структурам. Кластер на юго-западе площади, по периферии вулкана Менделеева, может рассматриваться в качестве

объекта для дальнейшего геологического опознания. Используемая модель эффективно работает по исходным данным, включающим спектральные характеристики и только известные объекты в условиях частичной обнаженности, позволяя воссоздать распределение эпитермального оруденения по дистанционной основе.

Список литературы / References

1. Khomich V.G., Boriskina N.G., Kasatkin S.A. Geology, magmatism, metallogeny, and geodynamics of the South Kuril Islands. *Ore Geology Reviews*. 2019. № 105. P. 151–162. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.12.015.
2. Борискина Н.Г., Касаткин С.А., Хомич В.Г. Глубинная геодинамика и особенности металлогении Кунашир-Урупского звена Курильской островодужной системы // *Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле*. 2019. № 3 (43). С. 38–51. DOI: 10.31431/1816-5524-2019-3-43-38-51.
3. Boriskina N.G., Kasatkin S.A., Khomich V.G. Deep-earth geodynamics and metallogenic peculiarities in the Kunashir-Urup chain of the Kuril islands // *Vestnik KRAUNTS*. 2019. № 3 (43). P. 38–51 (in Russian).
4. Ковтунович П.Ю., Сафронов А.Д., Удодов В.В., Куделькин В.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. 2-е изд. Серия Курильская. Листы L-55-XXII, XXXIII, XXXIV, (Курильск): L-55-XXXIII, XXIX, (Рейдово), L-55-XXXIII (влк. Тятя), K-55-II, L-55-XXXII (Южно-Курильск). Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2002. 269 с.
5. Kovtunovich P.Yu., Safronov A.D., Udodov V.V., Kudelkin V.V. State geological map of the Russian Federation on a scale of 1: 200,000. 2nd ed. Kuril series. Sheets L-55-XXII, XXXIII, XXXIV, (Kurilsk): L-55-XXXIII, XXIX, (Reidovo), L-55-XXXIII (Tyatya volcano), K-55-II, L-55-XXXII (Yuzhno-Kurilsk). Explanatory letter. SPb.: VSEGEI, 2002. 269 p. (in Russian).
6. Гранник В.М., Рыбин А.В., Пискунов Б.Н., Чибисова М.В. Вулканологические исследования на Курильских островах: итоги и перспективы // *Вестник ДВО РАН*. 2011. № 6. С. 13–18.

- Grannik V.M., Rybin A.V., Piskunov B.N., Chibisova M.V. Volcanological investigations in the Kurile islands: results and perspectives // *Vestnik DVO RAN*. 2011. № 6. С. 13–18 (in Russian).
5. Martynov Y.A., Khanchuk A.I., Martynov A.Y., Kimura J.-I., Rybin A.V. Geochemistry and petrogenesis of volcanic rocks in the Kuril island arc. *Petrology*. 2010. № 18. P. 489–513. DOI: 10.1134/S0869591110050048.
6. Richards J.P. Postsubduction porphyry Cu-Au and epithermal Au deposits: products of remelting of subduction-modified lithosphere. *Geology*. 2009. № 37(3). P. 247–250. DOI: 10.1130/G25451A.1.
7. Кемкина Р.А., Кемкин И.В. Вещественный состав руд и минералого-геохимическая методика оценки потенциального загрязнения окружающей среды токсичными элементами (на примере Прасоловского Au-Ag месторождения). Владивосток: Дальнаука, 2007. 212 с.
- Kemkina, R.A., Kemkin, I.V. Mineral composition of ores and mineralogical-geochemical technique of a rating potential pollution of an environment by toxic elements (on an example of Praselovka Au-Ag deposit). Vladivostok: Dal'nauka, 2007. 212 p. (in Russian).
8. Rejas J.G., Pothier C., Rigotti C., Méger N., Vásquez I., Rotunno O.C., Bonatti J., Barbosa H. Studying evolution of hydrothermal alteration materials in the Turrialba volcano trough multispectral and hyperspectral images. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* 2020. XLIII-B2-2020. P. 1259–1264. [Electronic resource]. URL: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLIII-B2-2020/1259/2020/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1259-2020.pdf> (date of access: 02.09.2020).
9. Vázquez-Jiménez, R., Romero-Calcerrada, R., Arrogante-Funes, R., Novillo, C.J. Topographic Correction to Landsat Imagery through Slope Classification by Applying the SCS + C Method in Mountainous Forest Areas. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2017. № 6. P. 287. DOI: 10.3390/ijgi6090287.
10. Babu P.S., Majumdar T.J., Bhattacharya A.K. Study of spectral signatures for exploration of Bauxite ore deposits in Panchpatmali, India. *Geocarto International*. 2015. № 30:5. P. 545–559.
11. Ducart D.F., Silva A., Toledo C.L.B., Assis L. Mapping iron oxides with Landsat-8/OLI and EO-1/Hyperion imagery from the Serra Norte iron deposits in the Carajás Mineral Province, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*. 2016. № 46(3). P. 331–349.
12. Zhang S., Xiao K., Carranza E.J.M. et al. Maximum Entropy and Random Forest Modeling of Mineral Potential: Analysis of Gold Prospectivity in the Hezuo–Meiwo District, West Qinling Orogen, China. *Natural Resources Research*, 2019. № 28. P. 645–664. DOI: 10.1007/s11053-018-9425-0.
13. Phillips S.J., Dudík M. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*. 2008. № 31(2). P. 161–175. DOI: 10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x.
14. Elith J., Phillips S.J., Hastie T., Dudík M., Chee Y.E., Yates C.J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*. 2011. № 17(1). P. 43–57. DOI: 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x.