

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300

Журнал издается с 2001 г.

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

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

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – П7816

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., 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. Егорова 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 и издателя: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

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

Подписано в печать – 30.08.2021

Дата выхода номера – 30.09.2021

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. 13,13

Тираж – 1000 экз.

Заказ. УСЕ/8-2021

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОС В МУХОРШИБИРСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ <i>Гладинов А.Н., Коновалова Е.В., Содбоева С.Ч.</i>	7
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ ОБЛАСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ «ХОТЫЛЕВО» <i>Иванченкова О.А., Левкина Г.В., Луцевич А.А.</i>	13
ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ПЛАНТАЦИЯХ ВЕГЕТАТИВНОГО И СЕМЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ <i>Иозус А.П., Завьялов А.А., Бойко С.Ю.</i>	19
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ СОРТАМИ ЧЕРЕШНИ (<i>PRUNUS AVIUM L.</i>), ОЦЕНИВАЕМАЯ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРОВ ISSR <i>Керимова Х.И.</i>	24

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ПОСТПИРОГЕННЫХ УЧАСТКАХ СЕВЕРА КОЛЫМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Андреева В.В., Максимов Г.Т., Спектор В.В., Холодов А.Л., Давыдов С.П.</i>	29
ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ КАК ОСНОВНЫЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЕ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ <i>Волкова Т.А., Беликов М.Ю.</i>	41
О ПРУДАХ КАК ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ И ПРИЗНАНИИ ПРАВ СОБСТВЕННОСТИ НА НИХ <i>Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Мутыгуллина Ю.В., Бортникова Н.В., Семанов Д.А., Рыков Р.А.</i>	47
ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ И СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СТРУКТУР В РАЙОНАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА <i>Корниенко О.С.</i>	52
ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ КРИСТАЛЛОВ ДИЦИТРАТОБОРАТА ГУАНИДИНИЯ <i>Кулешов Н.В., Тютрина С.В., Мясникова Н.В.</i>	58
ВЛИЯНИЕ КООРДИНАТ И ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ НА ПАРАМЕТРЫ ЖИЗНИ, ПРОГНОЗ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ <i>Мазуркин П.М.</i>	64
ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОЙ РАСЧЛЕНЕННОСТИ ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ <i>Подколзина Д.А., Беспалова Е.В., Складено Г.Ю.</i>	72
ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СТРУКТУР, УПРАВЛЯЮЩИХ ГИДРО- И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ РАЗНОГО РАНГА (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ) <i>Соколова Н.В.</i>	78

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА НА ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ
РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Степанько Н.Г.85

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕНОСНОСТИ ВЕРХНЕФРАНСКО-ТУРНЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
В ПРЕДЕЛАХ УДМУРТСКО-ПЕРМСКОГО ПАЛЕОШЕЛЬФА

Чихирин А.А., Шостак А.В., Кириллов К.А.91

Физико-математические науки (25.00.30)

СТАТЬИ

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕОИДА НА ТЕРРИТОРИИ ЕГИПТА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАЗЕМНЫХ И ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ
СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ДАННЫХ

Елиевы М.А.99

CONTENTS
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)
ARTICLES

CURRENT STATE OF PROTECTIVE FOREST LANDS IN THE MUKHORSHIBIRSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BURYATIA <i>Gladinov A.N., Konovalova E.V., Sodboeva S.Ch.</i>	7
ASSESSMENT OF THE STATE OF THE TERRITORY OF THE NATURAL MONUMENT OF REGIONAL SIGNIFICANCE «KHOTYLEVO» <i>Ivanchenkova O.A., Levkina G.V., Lutsevich A.A.</i>	13
GENERATIVE FEATURES AND GROWTH OF SCOTS PINE ON PLANTATIONS OF VEGETATIVE AND SEED ORIGIN IN THE DRY STEPPE OF THE LOWER VOLGA REGION <i>Iozus A.P., Zavyalov A.A., Boiko S.Yu.</i>	19
MOLECULAR CHARACTERIZATION AND RELATIONSHIP BETWEEN CHERRY (<i>PRUNUS AVIUM</i> L.) SORTS APPRECIATED BY ISSR MARKERS <i>Karimova K.I.</i>	24

Earth sciences (25.00.00)
ARTICLES

TEMPERATURE REGIME OF THE PERMAFROST ON POSTPYROGENIC SITES IN THE NORTH OF KOLYMA LOWLAND <i>Andreeva V.V., Maksimov G.T., Spektor V.V., Kholodov A.L., Davydov S.P.</i>	29
THE COAST OF THE BLACK AND THE SEA OF AZOV AS THE MAIN TOURIST AND RECREATION ZONES OF THE KRASNODAR REGION <i>Volkova T.A., Belikov M.Yu.</i>	41
ABOUT PONDS AS WATER BODIES, AND THE RECOGNITION OF OWNERSHIP RIGHTS TO THEM <i>Gorshkova A.T., Urbanova O.N., Mutygullina Y.V., Bortnikova N.V., Semanov D.A., Rykov R.A.</i>	47
TRANSFORMATION OF CONCENTRATION AND SPECIALIZATION OF THE ECONOMIC STRUCTURES OF THE FAR EAST REGIONS <i>Kornienko O.S.</i>	52
STUDY OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF CRYSTALS OF GUANIDINIUM DICITRATE BORATE <i>Kuleshov N.V., Tyutrina S.V., Myasnikova N.V.</i>	58
INFLUENCE OF COORDINATES AND ALTITUDE ABOVE SEA LEVEL ON THE PARAMETERS OF LIFE, FORECAST OF THE POPULATION OF CITIES <i>Mazurkin P.M.</i>	64
ASSESSMENT OF THE EROSION SEPARATION OF THE TAGANROG BAY WATER PROTECTION ZONE USING REMOTE SENSING DATA AND GIS TECHNOLOGIES <i>Podkolzina D.A., Bespalova E.V., Sklyareno G.Yu.</i>	72
THE CHANGES OF NATURAL STRUCTURES CONTROLLING HYDRO AND LITHODYNAMIC FLOWS OF DIFFERENT RANK (ON THE EXAMPLE MOSCOW SYNECLISE) <i>Sokolova N.V.</i>	78

ENVIRONMENTAL ASPECT OF TOURISM DEVELOPMENT IN THE COASTAL
TERRITORIES OF THE RUSSIAN FAR EAST

Stepanko N.G.85

PROSPECT OF OIL POTENTIAL OF LATE FRASNIAN-TOURNAISIAN
SEDIMENTS WITHIN THE UDMURT-PERM PALEOSHELF

Chikhirin A.A., Shostak A.V., Kirillov K.A.91

Physical and mathematical sciences (25.00.30)

ARTICLES

DEVELOPMENT OF A GEOID MODEL IN EGYPT WITH THE INTEGRATED
USE OF GROUND AND GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS DATA

Elshevy M.A.99

СТАТЬИ

УДК 631.962.4:582

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОС
В МУХОРШИБИРСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ**

Гладинов А.Н., Коновалова Е.В., Содбоева С.Ч.

*ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова»,
Улан-Удэ, e-mail: gladinov@mail.ru*

В статье рассматривается современное состояние полевых защитных лесополос в одном из растениеводческих районов Республики Бурятия – Мухоршибирском. В соответствии с существующими методиками исследования были определены состав древостоя участков лесополос, его основные таксационные показатели и состояние. В ходе исследования обращалось внимание на особенности формы кроны, ее общее состояние и степень усыхания. Также была дана оценка общего состояния лесополос. В статье приведен показатель общего процента здоровых деревьев на двух участках лесополос. По участку 1 древостой на 100% состоит из здоровых деревьев, не требующих замены. По участку 2 доля поврежденных деревьев составляет 58,9%. Это деревья, имеющие разную степень усыхания кроны и требующие замены. Обследованные участки лесополос в настоящее время не выполняют свою полевую защитную функцию по причине их низкочлотности и редкостойности, а также наличия большого числа выключений. Участок 1 по своим возрастным показателям находится на стадии формирования древостоя, а участок 2 в своем развитии уже достиг дигрессивного уровня. Дигрессивный уровень состояния данного участка лесополос обусловлен как ее возрастными особенностями, так и полным отсутствием ухода. Отсутствие ухода за лесополосами, а также залежный характер расположенных здесь сельхозугодий привели к порослевому распространению тополя бальзамического по обе стороны от лесополосы. Для восстановления полевых защитных функций одного из обследованных участков лесополос, являющегося основным, необходимо проведение его реконструкции (на 58,9%) путем замены высохших и поврежденных деревьев. Требуется упорядочивание структуры участков лесополос, их опашка и организация своевременной очистки.

Ключевые слова: агролесомелиорация, защитные лесополосы, санитарное состояние древостоя, уход, таксационные показатели, коэффициент состояния древостоя

**CURRENT STATE OF PROTECTIVE FOREST LANDS IN THE
MUKHORSHIBIRSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BURYATIA**

Gladinov A.N., Konovalova E.V., Sodboeva S.Ch.

Buryat State Academy of Agriculture named V.R. Filippov, Ulan-Ude, e-mail: gladinov@mail.ru

The article examines the current state of shelterbelts in one of the plant growing regions of the Republic of Buryatia – Mukhorshibirsky. In accordance with the existing research methods, were determined the composition of the forest belts stand, its main taxation indicators and condition. In the course of the study, attention was paid to the peculiarities of the shape of the crown, its general condition and the degree of drying out. An assessment was also made of the general condition of forest belts. The article provides an indicator of the total percentage of healthy trees in two sections of forest belts. On section 1, the stand is 100% healthy trees that do not require replacement. In section 2, the share of damaged trees is 58.9%. These are trees with varying degrees of crown drying and requiring replacement. The surveyed sections of forest belts are currently performing their useful function due to their low density and sparse resistance, as well as the presence of a large number of outages. Section 1, according to its age, is at the stage of tree stand formation, and section 2 in its development has already reached a digressive level. The digressive level of the state of this section of the forest belt is due to both its age characteristics and the complete lack of care. The lack of care for the forest belts, as well as the fallow nature of the farmland located here, led to the growth of balsam poplar on both sides of the forest belt. To restore the field-protective functions of one of the surveyed forest belts, which is the main one, it is necessary to reconstruct it (by 58.9%) by replacing dried and damaged trees. It is necessary to streamline the structure of forest belts, plow them and organize timely cleaning.

Keywords: agroforestry, protective forest belts, sanitary condition, care, taxation indicators, the coefficient of the state of forest stands

Необходимость проведения предварительных научных исследований современного состояния защитных лесополос в Республике Бурятия связана, во-первых, с их заброшенностью и полным отсутствием ухода, во-вторых, с принятием Федерального закона № 477-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О мелиорации земель»» от 27 декабря 2019 г. Данный Закон, в частности, предусматривает организацию учета имеющихся защитных лесонасаждений, сбор и систе-

матизацию сведений о них, в том числе сведений о площадях, местоположении, состоянии, породном и возрастном составе, иных количественных и качественных характеристиках, необходимости их реконструкции [1].

Системы защитных лесополос создавались на территории Республики Бурятия с 1969 г. в течение последующих 20 лет. Основной период их создания пришелся на 1970-е гг. Сейчас данные лесополосы находятся в основном в дигрессивном состоя-

нии и требуют проведения инвентаризации с последующей их реконструкцией.

Цель исследования: определить современное состояние защитных лесополос в Мухоршибирском районе – одном из сельскохозяйственных районов Республики Бурятия.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются участки полезащитных лесополос, расположенные на территории Мухоршибирского района Республики Бурятия. Исследуемые участки представляют собой часть системы лесополос, расположенных к западу от села Шаралдай. Данная система лесополос состоит из 19 линий преимущественно северо-восточного направления, обусловленного преобладанием в данной местности ветров северо-западного и северного направления, что способствует обеспечению их эффективности [2] (рис. 1).

Исследование проведено летом 2020 г. Древостой лесополосы представлен только одной породой деревьев – тополем бальзамическим (*Populus balsamifera*). Исследуемый участок лесополосы протягивается в северо-восточном направлении по азимуту 26°, и его крайняя северная оконечность вплотную подходит к северо-западной части села Шаралдай. До ближайшей улицы села 350 м по прямой.

В ходе проведенного исследования был обследован участок лесополосы длиной 350 м. Посадка состоит из 8–9 рядов. Ряды разновозрастные, очень сложно дифференцируются. Наблюдается большое количество поросли, из-за чего общая ширина лесополосы увеличивается. В самом широком месте ширина лесополосы 27,7 м. Расстояние между рядами разное: 3 м, 5 м и 7 м. Шаг посадки также различается – от 2,3–3 м до 4–5 м (табл. 1).



Рис. 1. Полезащитная лесополоса в окрестностях села Шаралдай Мухоршибирского района Республики Бурятия (Google Earth Pro)

Таблица 1

Общая характеристика обследованных лесополос

Участок	Длина участка, м	Количество рядов	Состав	Возраст, лет	Расстояние между рядами, м	Шаг посадки, м	Количество выключений	Общая длина выключений, м
1	66	8	Тополь бальзамический	23	3–5	2,3–3	2	20
2	284	8	Тополь бальзамический	47	5–7	3–3,5	8	72

Травяной покров редкий, что обусловлено постоянным засушливым климатическим режимом. В междурядьях наблюдается многочисленная поросль тополя бальзамического, также встречается единственный подрост в виде сосны обыкновенной. Почва каштановая, супесчаная, легкого механического состава.

В своем составе лесополоса имеет многочисленные разрывы и выключения. Наблюдается тенденция расширения полос за счет распространения поросли и превращения ее в тополевые рощи. Этому способствует также то, что земля на данном участке в настоящее время в аграрном производстве не используется, это многолетняя залежь.

Всего были обследованы две линии:

– крайняя восточная, которая является более молодой с меньшим диаметром стволов и высотой, практически без сухостоя (рис. 2);

– крайняя западная – более возрастная с деревьями большого диаметра и высоты, с наличием суховершинности и сухостоя прошлых лет (рис. 3).

Уход за лесополосой не ведется, наблюдается захламленность участка старыми опавшими ветками.

Проведенное исследование в основном носило рекогносцировочный характер, применялись визуальные и общепринятые инструментальные методы обследования насаждений, в том числе лесопатологиче-

ские [3]. В ходе исследования определялся индекс относительного жизненного состояния древостоя [4]. Возраст рассчитывался неdestructивными методами с использованием возрастного бурава Пресслера. Всего на участках обеих лесополос были обследованы 100 деревьев.

Результаты исследования и их обсуждение

Обследуемый участок лесополосы полностью состоит из тополя бальзамического (*Populus balsamifera*), который, согласно существующим рекомендациям, максимально подходит для функций ползащиты в степной зоне Бурятии [5]. Выполняя функции ползащиты, тополь бальзамический, в свою очередь, подвергается воздействию различных факторов окружающей среды, не всегда действующих на него благоприятно [6]. Это избыточная солнечная инсоляция, суховеи и недостаток влаги в летний период, сильные морозы в зимнее время, ветры, достигающие ураганной силы весной, и проч. Влияние перечисленных внешних факторов, а также отсутствие надлежащего ухода за лесополосами ведут к изменению морфоструктуры деревьев, их таксационных показателей и ухудшению санитарного состояния. С увеличением возраста деревьев негативные тенденции усугубляются [7], и лесополоса достигает дигрессивного уровня развития.



Рис. 2. Участок 1



Рис. 3. Участок 2

Таблица 2

Основные таксационные показатели

Участок	Порода	Возраст, лет	Средние метрические показатели	
			Высота, м	Диаметр, см
1	Тополь бальзамический	23	7,42 ± 0,52	13,09 ± 0,83
2	Тополь бальзамический	47	11,21 ± 0,15	22,87 ± 0,35

Таблица 3

Характеристика степени усыхания кроны деревьев обследуемых лесополос, %

Степень усыхания кроны	Участок 1		Участок 2	
	Количество, шт.	Доля, %	Количество, шт.	Доля, %
Усыхание отсутствует	22	100	32	41,02
Усохла верхняя часть кроны	–	–	16	20,51
Усохла верхняя и средняя часть кроны	–	–	20	25,64
Усохла вся крона (сухой прежних лет)	–	–	10	12,82



Рис. 4. Состояние древостоя на участке 1



Рис. 5. Состояние древостоя на участке 2

В ходе исследования были определены основные таксационные показатели деревьев, которые представлены в табл. 2. Для оценки статистической выборки из генеральной совокупности и достоверности измерений была рассчитана ошибка средней арифметической, что также отражено в табл. 2.

В ходе исследования была проведена визуальная оценка формы и общего состояния кроны. Форма кроны в основном наблюдается раскидистая, что, во-первых, характерно для данного вида тополя, во-вторых, этому способствует отсутствие затенения, исключая необходимость растениям бороться за свет.

В ходе определения линейности и особенностей формы ствола было установлено, что деревья большей частью прямые, сильной изогнутости ствола не имеют. Иногда наблюдаются небольшой наклон и раздвоение стволов.

Визуальное обследование степени усыхания кроны показало следующие результаты. На участке 1 высушенные деревья практически отсутствуют, поскольку возраст этих посадок чуть больше 20 лет (рис. 4). На участке 2 наблюдается различная степень усыхания кроны: усыхание в средней и верхней частях кроны (рис. 5), усыхание вершины или всей кроны дерева (табл. 3).

Из данных табл. 3 видно, что разную степень повреждения ствола имеют деревья разных возрастных, старше 40 лет. Доля в разной степени поврежденных деревьев здесь достигает 59,8%. По степени повреждения наибольшую долю представляют деревья с усохшей вершиной и средней частью – 25,64%, усохшую вершину имеют 20,51% деревьев, и 12,82% деревьев высохли полностью (сухой прежних лет).

Усыхание участка 2 данной лесополосы обусловлено комплексом причин.

Это, во-первых, большой возраст деревьев в составе древостоя, во-вторых, отсутствие должного ухода, в-третьих, ежегодно повторяющаяся засуха и другие неблагоприятные факторы.

Далее по степени повреждения деревьев были выделены категории их состояния. Здесь в основном обращалось внимание на наличие и степень их усыхания (табл. 4).

протяженностью 72 м (табл. 1). Это 25,4% всей протяженности участка лесополосы.

Основная часть обследованных участков лесополос находится в дигрессивном состоянии, в том числе из-за полного отсутствия какого-либо ухода за ними в течение более 25 лет. Ранее данные лесополосы были в ведении существовавшего здесь сельхозпредприятия, в настоящее время

Таблица 4

Оценка жизненного состояния и категорий древостоев полезащитных лесополос

Жизненное состояние древостоев	Балл	Категория состояния	Доля поврежденных деревьев, %	
			Участок 1	Участок 2
Здоровые	1	Здоровое дерево	100	34,6
Ослабленные	2	Поврежденное (ослабленное) дерево	–	6,4
Сильно ослабленные	3	Сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево	–	20,5
Отмирающие	4	Отмирающее дерево	–	25,6
Свежий сухостой	5	Свежий сухостой	–	–
Старый сухостой	6	Старый сухостой	–	12,8
L_n (относительное жизненное состояние древостоя)			100	48,6

При расчете индекса относительно-го жизненного состояния древостоя (L_n) применялся метод подсчета числа деревьев [4]. По участку 1 индекс относительно-го жизненного состояния древостоя составил 100%, поскольку на данном участке поврежденных деревьев не наблюдается. На участке 2 индекс относительно-го жизненного состояния древостоя составляет 48,6%, что соответствует степени «сильно поврежденное (сильно ослабленное)».

Таким образом, общий процент здоровых деревьев, не требующих замены, на участке 1 составляет 100%, поскольку деревья здесь еще находятся на стадии роста. На участке 2 деревья в основном возрастные и перестойные, из них здоровых деревьев только 34,6%. Соответственно 58,9% в разной степени поврежденных деревьев на данном участке требуют полной замены уже сейчас, и в перспективе 6,4% ослабленных деревьев также потребуют замены в ближайшем будущем. Исходя из этого можно сделать вывод, что данные участки лесополос не выполняют свои полезащитные функции по причине их низкоплотности и редкостойности. Этому способствует также наличие большого числа выключений. На всю протяженность обследованных участков лесополос общей длиной 350 м приходится 8 выключений общей

собственник данных лесополос отсутствует. Соответственно, заниматься уходом за лесополосами и их реконструкцией некому. По этой причине по обе стороны от лесополос наблюдается бесконтрольный рост поросли тополя бальзамического, постепенно захватывающего все большее пространство залежных земель.

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что обследуемые участки лесополос состоят из одной породы деревьев – тополя бальзамического (*Populus balsamifera*).

Состояние обследованных участков защитных лесополос различается, что связано с их возрастной характеристикой. Участок 1, характеризующийся более молодым древостоем, имеет хорошее состояние: к категории состояния деревьев «здоровое дерево» можно отнести 100% деревьев. Участок 2 – с возрастным и перестойным древостоем – имеет неудовлетворительное состояние деревьев, в основном характеризующееся как «сильно поврежденное (сильно ослабленное)», «отмирающее дерево» и «старый сухостой».

Таким образом, основная часть обследованных лесополос нуждается в реконструкции путем полной замены 58,9% деревьев.

Также необходима организация дальнейшего ухода за лесополосами.

Среди причин неудовлетворительно-го состояния обследованных участков лесополос можно назвать: большой возраст деревьев (в основном зрелые и перестойные), полное отсутствие ухода в течение более чем 20 лет, ежегодно повторяющаяся засуха.

Для полной оценки состояния и эффективности полезащитных лесополос на территории Мухоршибирского района Республики Бурятия необходима дальнейшая их инвентаризация, которая позволит определить объемы работ по их реконструкции.

Список литературы / References

1. Федеральный закон от 27 декабря 2019 г. № 477-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О мелиорации земель» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования проведения агролесомелиорации». [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/73355379/> (дата обращения: 22.07.2021).
2. Federal Law of December 27, 2019 N 477-FZ «On Amendments to the Federal Law» On Land Reclamation «and certain legislative acts of the Russian Federation in terms of improving the legal regulation of agro forestry». [Electronic resource]. URL: <http://base.garant.ru/73355379/> (date of access: 22.07.2021) (in Russian).
3. Узолин А.И., Кулик А.В. Эффективность защитных лесных полос в формировании и перераспределении снежного покрова на водосборах // Известия НВ АУК. 2018. № 2 (50). С. 100–106.
4. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
5. Budaev Kh.R., Budaeva S.E., Dambiev E.Ts. Protective afforestation in the Buryat ASSR. Ulan-Ude: Buryat. kn. izd.-vo, 1982. 184 p. (in Russian).
6. Парамонов Е.Г. Влияние экологических условий на жизнеспособность полезащитных лесополос // Известия АлтГУ. 2012. № 3. С. 110–114.
7. Gladinov A.N., Konovalova E.V., Sodboeva S.Ch. Современное состояние защитных лесополос в Бичурском районе Республики Бурятия // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2020. № 4 (61). С. 115–122.
8. Сучков Д.К. Методы и технологии создания полезащитных лесных полос // Научно-агрономический журнал. 2018. № 2 (103). С. 51–53.
9. Suchkov D.K. Methods and technologies for creating field-protective forest belts // Scientific-agronomic journal. 2018. No. 2 (103). P. 51–53 (in Russian).

УДК 502.37

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ ОБЛАСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ «ХОТЫЛЕВО»

Иванченкова О.А., Левкина Г.В., Луцевич А.А.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»,
Брянск, e-mail: oa-iva79@mail.ru

Целью настоящей работы являлось описание принципов и методов комплексной оценки территории особоохраняемых природных территорий (далее ООПТ) с целью улучшения качества их состояния. В данной работе на конкретном примере проанализированы основные способы проведения комплексного обследования, рассмотрены нормативно-правовая база, основные методики проведения оценки состояния территории. Описаны основные этапы проведения комплексного обследования территории ООПТ. Выявлены основные факторы и угрозы негативного влияния на территорию памятника природы, которые можно объединить в группы: развитие оползневых и эрозионных процессов, рекреационная нагрузка и захламление территории ООПТ, нарушение режимов охраны, установленных для территории памятников природы. Усовершенствованы методики обоснования режимов охраны по расчету противоэрозионной устойчивости, применены методы определения стадий рекреационной дигрессии. На основании расчетов противоэрозионной устойчивости склонов были определены участки следующих типов: слабо наклонные поверхности без условий концентрации стока; поверхности средней крутизны, на которых после ливней и обильного снеготаяния возможно образование потоков с размывающей скоростью, прежде всего на территориях сельскохозяйственных угодий, примыкающих к границе ООПТ; наклонные поверхности, примыкающие к верховьям ложбин или отвершков. Определены стадии рекреационной дигрессии территории. Выявлены участки ООПТ, соответствующие в основном III и IV стадиям дигрессии, встречаются участки, соответствующие V стадии дигрессии. Даны рекомендации по составлению отчетной документации. Описанный подход к комплексному обследованию территорий ООПТ может быть использован при планировании мероприятий по развитию территории памятников природы регионального значения.

Ключевые слова: обследование территории, антропогенные факторы негативного воздействия, эрозионные процессы, противоэрозионная устойчивость, рекреационная нагрузка

ASSESSMENT OF THE STATE OF THE TERRITORY OF THE NATURAL MONUMENT OF REGIONAL SIGNIFICANCE «KHOTYLEVO»

Ivanchenkova O.A., Levkina G.V., Lutsevich A.A.

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, e-mail: oa-iva79@mail.ru

The purpose of this work was to describe principles and methods integrated assessment territory specially protected natural areas (hereinafter referred to as protected areas) in order to improve the quality condition. In this work, on a concrete example, main approaches to conducting a comprehensive survey were analyzed, regulatory framework and the main methods for assessing the state territory were considered. The main stages conducting a comprehensive survey protected area are described. The main factors and threats of negative influence on territory natural monuments have been identified, which can be combined into groups: the development landslide and erosion processes, recreational load and cluttering territory protected areas, violation protection regimes established for the territory natural monuments. Methods of substantiation protection modes on calculation erosion resistance have been improved, methods determination stages recreational digression have been applied. Based on calculations anti-erosion stability the slopes, the following types areas were determined: weakly inclined surfaces without conditions for concentration runoff, surfaces medium steepness, on which, after showers and heavy snowmelt, formation flows with a blurring speed is possible, primarily in territories agricultural land adjacent to border protected areas, inclined surfaces adjacent to headwaters lodges or holes. The stages recreational digression territory are determined. Protected areas corresponding mainly to III and IV stages digression were identified, and areas corresponding to the V stage digression were found. Recommendations on reporting documentation are given. The described approach to comprehensive survey protected areas can be used in planning measures for the development the territory natural monuments regional importance.

Keywords: territory survey, anthropogenic factors of negative impact, erosion processes, erosion resistance, recreational load

Создание и развитие особоохраняемых природных территорий (ООПТ) можно отнести к наиболее эффективной форме природоохранной деятельности государственной политики в области сохранения природных ландшафтов и их видового состава.

Особоохраняемые природные территории позволяют сохранить разнообразие

флоры и фауны, в том числе ценные природные ресурсы, историко-культурные комплексы, а также создают условия для развития туризма, чем способствуют экономическому развитию региона. Кроме того, данные территории являются объектами озеленения населенных пунктов.

Однако создание самой особоохраняемой природной территории не исключает

возможности негативного влияния антропогенной факторов. Близкое расположение населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных территорий может в некоторых случаях нанести значительный урон растительному и биологическому разнообразию, а также привести к изменению почвенного и гидрологического режима. В результате хозяйственной деятельности человека на территориях ООПТ довольно часто можно наблюдать развитие оползневых процессов и эрозии почвы. Этому способствуют нарушения установленного режима охраны в границах особо охраняемых природных территорий, такие как распашка склонов, вырубка насаждений, добыча полезных ископаемых. Кроме того, чрезмерная рекреационная нагрузка приводит к оголению минерального слоя почвы, что также вызывает развитие эрозионных процессов.

В связи с этим проведение комплексного обследования территории ООПТ позволит выявить факты и угрозы негативного воздействия, оценить состояние природоохранной территории, обеспечить более эффективную систему защиты и устойчивое развитие данной территории.

На сегодняшний день требования федерального государственного контроля в области охраны и развития особо охраняемых природных территорий представлены в нормативно-правовой базе [1, 2].

В настоящей работе мы рассмотрим подходы к проведению комплексной оценки состояния особо охраняемой природной территории регионального значения. По нашему мнению, в состав работ, связанных с проведением комплексного обследования, должны в обязательном порядке включаться: природно-экологическая и социально-экономическая характеристика территории; результаты исследования природно-ресурсного потенциала, почвенного и гидрологического режима; характеристика состояния историко-культурных комплексов, объектов растительного и животного мира; анализ и оценка угроз негативного воздействия на территорию памятника природы; рекомендации по снижению негативного влияния и развитию территории.

Целью настоящей работы являлось описание на конкретном примере принципов анализа и оценки негативного воздействия различных факторов на территорию ООПТ при проведении комплексного обследования с целью улучшения ее состояния.

Материалы и методы исследования

Комплексное обследование проводилось для ООПТ, расположенной на территории Брянской области. Памятник природы областного значения расположен в черте населенного пункта п. Хотылево, на правобережном участке долины реки Десна [3].

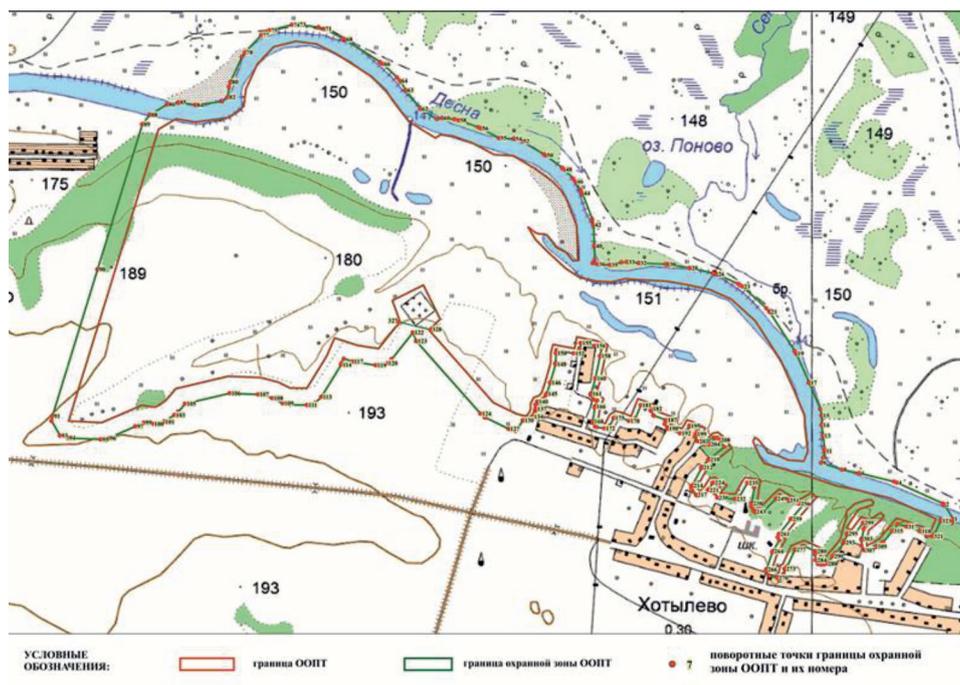
В литературных источниках [4, 5] представлены основные подходы к проведению комплексного экологического обследования территорий памятников природы, направленные на выявление и анализ факторов негативного влияния на ООПТ, а также установление границ охранных зон. В связи с этим оценка состояния территории ООПТ проводилась на основании анализа и оценки факторов негативного влияния, выявленных в результате комплексного обследования территории памятника природы в каждом конкретном случае.

Проводились маршрутные геологические, геоморфологические, почвенные, флористические и зоологические обследования [6, 7]. Оценка развития эрозионных и оползневых процессов осуществлялась на основании методики, разработанной профессором Г.В. Бастраковым. Рекреационная нагрузка оценивалась согласно известной методике [8]. Для определения стадий рекреационной дигрессии использовали классификацию Н.С. Казанской. Кроме этого, проводились оценка влияния факторов нарушения режима охраны на территорию памятников природы и их фотофиксация.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью выявления состояния территории ООПТ в 2019–2020 гг. было проведено комплексное обследование памятника природы областного значения «Хотылево» общей площадью 132 га. Памятник природы имеет природоохранное, научное, археологическое, палеонтологическое значение (места стоянок древнего человека палеолитического, мезолитического, неолитического времени с многочисленными остатками четвертичной фауны), гидрологическое (водоохранная зона р. Десны) и ботаническое значение [9]. Карта-схема расположения территории памятника природы представлена на рисунке.

На подготовительном этапе были изучены фондовые материалы, подготовлен необходимый картографический материал по данному объекту.



Карта-схема памятника природы областного значения «Хотылево» (масштаб 1:25000)

Полевой этап заключался в проведении исследования разнообразия флоры и фауны ООПТ, а также рекогносцировочного обследования, в ходе которого были выявлены факторы и угрозы негативного влияния на территорию памятника природы. Из основных видов негативного воздействия можно выделить следующие группы.

К первой группе можно отнести развитие эрозионных и оползневых процессов балок в результате воздействия хозяйственной деятельности населения поселка Хотылево. В ходе обследования территории памятника природы проводилось определение противоэрозионной устойчивости склонов. Противоэрозионная устойчивость определялась вероятностью размыва склона дождевыми или талыми водами через соотношение сил, способствующих и препятствующих отрыву частиц грунта или почвы, которая выражается безразмерным критерием (P_p):

$$P_p = \frac{R}{\rho g H_0 \sin(a) S Z},$$

где R – сопротивление размыву почв и грунтов, слагающих с поверхности территорию, примыкающую к балкам, и верхние склоны балок (H), наиболее опасные для зарождения и развития оврагов. Величи-

на сопротивлению размыва поверхности на склонах балок и участках вблизи бровок измеряется от 200 Н на открытых поверхностях лессовидных и дерново-подзолистых почв до 4000 Н под естественной луговой растительностью [10];

g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$);

ρ – плотность воды (1000 кг/м^3);

H_0 – слой стока, для задернованной почвы (м);

$\sin(a)$ – определялся по картографическим материалам. Уклон поверхности на крутых и очень крутых склонах от 15° до 40° ($\sin(a) = 0,3-0,6$), на склонах средней крутизны $8-15^\circ$ ($\sin(a) = 0,14-0,3$), на пологих склонах $2-8^\circ$ ($\sin(a) = 0,03-0,14$);

S – площадь водосбора (м^2), определялась по картографическим материалам;

Z – коэффициент, учитывающий соотношение слоя стока и выступов шероховатости; для ливневых потоков принят равным $0,33$.

Расчет эрозионной устойчивости выполнялся для участков, соответствующих наиболее вероятным линиям движения дождевой и талой воды (таблица).

По результатам расчетов было выделено 3 типа участков.

I. Слабо наклонные поверхности без условий концентрации стока. Необходимым и достаточным условием предотвращения эрозии здесь является запрет концентрации стока в отводных каналах.

Результаты расчетов эрозионной устойчивости склонов

№ п/п	Длина линии стока, м	Разница высот на линии стока, м	Уклон	Водосборная площадь, м ²	Эрозионная устойчивость склонов
1	66,06	8,00	0,12	439,18	1,32
2	43,96	5,00	0,11	441,51	1,40
3	67,56	9,00	0,13	218,10	1,57
4	86,78	3,50	0,04	910,24	1,90
5	62,80	3,50	0,06	251,57	4,98
6	52,36	13,00	0,24	256,59	0,83
7	56,88	4,00	0,07	182,47	3,54

Высокий потенциал эрозионной опасности при отведении концентрированного стока на склон обоснован сравнением расчетной скорости потока на выходе из отводного канала и ее размывающего значения для поверхностей разной крутизны.

Скорость потока (u , м/с) рассчитывалась по формуле Шези:

$$u = C\sqrt{RI},$$

где C – коэффициент сопротивления трения по длине (интегральная характеристика силы трения);

R – гидравлический радиус, м;

I – гидравлический уклон, м/м.

Гидравлический радиус представляет собой соотношение площади поперечного сечения (A , м²) к смоченному периметру (P , м).

II. Поверхности средней крутизны, на которых после ливней и обильного снеготаяния возможно образование потоков с размывающей скоростью, прежде всего на территориях сельскохозяйственных угодий, примыкающих к границе ООПТ, дорожках приусадебных участков населенных пунктов, перпендикулярных бровкам. Здесь для обеспечения устойчивости рельефа запрет на сброс дождевой и талой воды по отводным каналам дополняется противоэрозионной организацией территории – сохранением растительного покрова, препятствующего свободному стоку с полей, дорог и населенных пунктов на территорию ООПТ.

III. Наклонные поверхности, примыкающие к верховьям ложбин или отвершков. Их размывающую скорость обеспечивает концентрация потоков воды в линейных понижениях. Критическая водосборная площадь, которая концентрирует сток дождевой или талой воды в объеме, достаточном для размыва склонов балок, зависит от крутизны поверхности и характера покрытия (дернина или пашня). Здесь в дополнение к ограничениям, обозначенным в пунктах I

и II, требуются активные противоэрозионные мероприятия – перехват стока.

Вторая группа факторов характеризовалась захламлением территории памятника природы в результате ветровалов и буреломов, а также наличием несанкционированных свалок твердых коммунальных отходов. Данный фактор определялся в ходе рекогносцировочного обследования визуально. Несанкционированные свалки на территории ООПТ встречались со стороны населенного пункта.

К третьей группе факторов негативного влияния можно отнести рекреационную нагрузку. При исследовании рекреационной нагрузки на территорию ООПТ оценивались состояние травянистой, кустарниковой и древесной растительности, появление сорных видов травянистой растительности, состояние почвенного покрова и развитие дорожно-тропиночной сети. На территории памятника природы можно выделить организованный, неорганизованный виды отдыха. Основной вред территории ООПТ наносит неорганизованный вид отдыха. Близкое расположение областного центра и соседство с населенным пунктом Хотылево способствовали развитию автомобильного туризма. Это особенно сказывается на территории ООПТ. Основная рекреационная нагрузка сконцентрирована в весенне-летний период по берегам реки Десны. Обследование территории проводилось в местах наибольшего скопления посетителей.

Согласно классификации стадий рекреационной дигрессии, в ходе обследования территорий памятника природы были выявлены участки ООПТ, соответствующие в основном III и IV стадиям дигрессии. На некоторых участках наблюдалась вытоптанность до 100%, что соответствует V стадии дигрессии. При этом рекреационная дегрессия наивысшей стадии проявлялась на участках территории ООПТ, расположенных на берегу реки Десны. На этих

территориях наблюдалось вытаптывание растительности до появления отдельных прогалин минерального горизонта. В таких условиях необходимо сокращать рекреационную нагрузку и проводить мероприятия, направленные на восстановление природных комплексов.

К четвертой группе факторов негативного влияния на ООПТ можно отнести нарушение режима охраны, установленного для данной территории. В ходе проведения комплексного обследования территории были установлены следующие виды нарушений режима охраны: несанкционированные вырубки насаждений и распашка территории и склонов балок, что приводит к развитию оползневых и эрозионных процессов; возведение строительных объектов; проведение незаконной добычи полезных ископаемых. Все выявленные факты способствуют развитию оползневых и эрозионных процессов, наблюдаемых на склонах

Полученные результаты говорят о том, что для снижения влияния комплекса антропогенных факторов необходимы ряд организационных мероприятий по развитию территории ООПТ, а также проведение разъяснительной работы с населением и посетителями.

По результатам комплексного обследования территории ООПТ был подготовлен отчет, состоящий из пояснительной записки и картографического материала. Пояснительная записка включает в себя полную характеристику территории памятника природы, материалы оценки воздействия выявленных факторов негативного влияния антропогенных факторов и фотоматериалы обследования территории, а также материалы анализа воздействия намечаемой деятельности по развитию территории ООПТ.

Выводы

На конкретном примере описаны принципы и методология проведения комплексного обследования особо охраняемой природной территории регионального значения.

Проведены маршрутные геологические, геоморфологические, почвенные, флористические и зоологические обследования. Выявлены основные источники антропогенного воздействия, оказывающие влияние на природные комплексы и объекты ООПТ. К ним можно отнести нерегулируемую рекреацию, сельскохозяйственную и хозяйственную деятельность населения, нарушение режимов охраны, установленных для данной территории.

Выполнена оценка развития эрозионных и оползневых процессов, рекреационной нагрузки, предложены мероприятия по укреплению склонов и обеспечению эрозионной устойчивости, а также проведена оценка влияния факторов нарушения режима охраны на территории памятника природы, приводящих к ухудшению состояния ООПТ.

Описанный в работе подход может быть использован при проведении противоэрозионных мер защиты и мероприятий по развитию территории памятника природы. Это позволит улучшить состояние особо охраняемой природной территории.

Список литературы / References

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 № 1090 «О федеральном государственном контроле (надзоре) в области охраны и использования особо охраняемых природных территорий». 02 июля 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020124/> (дата обращения: 12.08.2021).

Decree of the Government of the Russian Federation dated 30.06.2021 No. 1090 «On Federal State Control (Supervision) in the Field of Protection and Use of Specially Protected Natural Areas» July 02, 2021. [Electronic resource]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020124/> (date of access: 12.08.2021) (in Russian).

2. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 406-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» // «Об особо охраняемых природных территориях» // «Российская газета» от 30 декабря 2013 г. N 295. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156527/ (дата обращения: 23.07.2021).

Federal Law of December 28, 2013 N 406-FZ «On Amendments to the Federal Law» On Specially Protected Natural Territories «and certain legislative acts of the Russian Federation» «On Specially Protected Natural Territories» // Rossiyskaya Gazeta dated December 30, 2013 N 295. [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156527/ (date of access: 23.07.2021) (in Russian).

3. Закон Брянской области от 30 декабря 2005 г. N 121-З «Об особо охраняемых природных территориях в Брянской области» (с изменениями и дополнениями от 04.05.2016 г.) // «Официальная БРЯНЩИНА» от 20.01.2006 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/24305709/> (дата обращения: 23.07.2021).

Law of the Bryansk Region dated December 30, 2005 N 121-Z «On Specially Protected Natural Areas in the Bryansk Region» (as amended and supplemented by 04.05.2016) » Official Bryanshina «dated 20.01.2006. [Electronic resource]. URL: <https://base.garant.ru/24305709/> (date of access: 23.07.2021) (in Russian).

4. Стишов М.С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. М.: WWF России, 2012. 284 с.

Stishov M.S. Methodology for assessing the environmental effectiveness of specially protected natural areas and their regional systems. M.: WWF Russia, 2012. 284 p. (in Russian).

5. Луговская Л.А. Геоэкологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий биоиндикационными методами (на примере Хоперского государственного природного заповедника): автореф. дис. ... канд. географ. наук. Астрахань, 2012. 24 с.

Lugovskaya L.A. Geoecological assessment of the state of specially protected natural areas by bioindicative methods (using

the example of the Khopersky State Nature Reserve): avtoref. dys. ... kand. heohraf. nauk. Astrakhan, 2012. 24 p. (in Russian).

6. Красная книга Брянской области / Ред. А.Д. Булохов, Н.Н. Панасенко, Ю.А. Семенищенков, Е.Ф. Ситникова. 2-е изд. Брянск: РИО БГУ, 2016. 432 с.

Red Book of the Bryansk Region / Ed. A.D. Bulokhov, N.N. Panasenko, Yu.A. Semenishchenkov, E.F. Sitnikova. 2nd edition. Bryansk: RIO BGU, 2016. 432 p. (in Russian).

7. Природа и природные ресурсы Брянской области / Под. ред. Л.М. Ахромеева. Брянск: Кур-сив, 2012. 320 с.

Nature and natural resources of the Bryansk region/Under. ed. L.M. Akhromeeva. Bryansk: Kur-siv, 2012. 320 p. (in Russian).

8. ОСТ 56-100-95 «Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы» (утв. приказом Рослесхоза от 20 июля 1995 г. N 114). М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. 16 с.

OST 56-100-95 «Methods and units for measuring recreational loads on forest natural complexes» (utv. by order of the

Rosleskhoz dated July 20, 1995 N 114). M.: VNIITSforest resource, 1995. 16 p. (in Russian).

9. Паспорт ООПТ памятник природы областного значения «Хотылево». [Электронный ресурс]. URL: <http://oort.aari.ru/oort/Хотылево-Луговой-Луговой-заказник-на-правом-берегу-р-Десны-Луг-на-правом-берегу-р-Десны/> (дата обращения: 16.08.2021).

PA passport is a natural monument of regional significance «Khotylevo». [Electronic resource]. URL: <http://oort.aari.ru/oort/Хотылево-Луговой-Луговой-заказник-на-правом-берегу-р-Десны-Луг-на-правом-берегу-р-Десны/> (date of access: 16.08.2021) (in Russian).

10. Бастратов Г.В. Эрозионная устойчивость рельефа и противозэрозионная защита земель: Межвуз. науч.-координац. совет по пробл. эрозион., русловых и устьевых процессов при МГУ. Брянск: Изд-во Брян. гос. пед. ин-та, 1993 (1994). 260 с.

Bastrakov G.V. Erosion relief stability and erosion protection of lands: Mezhevuz. nauch.-koordinats. sovet po probl. erozion., ruslovykh i ust'yevykh protsessov pri MGU. Bryansk: Izd-vo Bryan. gos. ped. in-ta, 1993 (1994). 260 p. (in Russian).

УДК 630*161(470.44/47)

ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ПЛАНТАЦИЯХ ВЕГЕТАТИВНОГО И СЕМЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Иозус А.П., Завьялов А.А., Бойко С.Ю.

Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru

В настоящее время перед отечественными лесоводами стоит задача полностью перевести семеноводство сосны в стране на селекционно-генетическую основу, для чего площадь селекционно-семенных плантаций должна быть значительно увеличена, так как семена с лесосеменных плантаций в России обеспечивают всего 15–20% от их общей потребности, тогда как в Швеции и Финляндии до 100%. При создании семенных плантаций прививка не гарантирует высокую активность репродуктивных процессов. Не имеет решающего значения и использование черенков с физиологически зрелых маточных деревьев. Под влиянием подвоя происходит определенное физиологическое омоложение привоя, вследствие чего возрастная динамика репродуктивного развития привитого растения несколько отличается от развития, выращенного из семян. Обилие женского и мужского цветения, урожай шишек, выход и полнозернистость семян, их масса и посевные качества определяются главным образом наследственно обусловленными репродуктивными свойствами представленных на плантациях клонов. В результате отдельные клоновые плантации не только не превосходят по семенной продуктивности плантации семенного происхождения, но и уступают им. При этом плантации семенного происхождения дешевле, устойчивее и долговечнее, обеспечивают большее генотипическое разнообразие семян. Установлено, что довольно тесной связью характеризуются клоны первого и второго поколений по обилию урожая, выходу и полнозернистости семян. Показатели генеративного развития полусибсовых семей не коррелируют, за небольшим исключением, с аналогичными показателями материнских клонов и одноименных клоновых потомств второго поколения. В сухой степи Нижнего Поволжья наибольший экономический эффект достигается при селекционном отборе на семенных плантациях по комплексу признаков, в этом случае его эффективность ощутимо увеличивается при возрастании его интенсивности с 20 до 40%.

Ключевые слова: семенные плантации, вегетативное размножение, семенное размножение, генеративные показатели, эффективность селекционного отбора, клоновое потомство, полусибсовое потомство

GENERATIVE FEATURES AND GROWTH OF SCOTS PINE ON PLANTATIONS OF VEGETATIVE AND SEED ORIGIN IN THE DRY STEPPE OF THE LOWER VOLGA REGION

Iozus A.P., Zavyalov A.A., Boiko S.Yu.

Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru

Currently, domestic foresters are faced with the task of completely transferring pine seed production in the country to a selection and genetic basis, for which the area of selection and seed plantations should be significantly increased, since seeds from forest seed plantations in Russia provide only 15-20% of their total needs, while in Sweden and Finland up to 100%. When creating seed plantations, grafting does not guarantee a high activity of reproductive processes. The use of cuttings from physiologically mature mother trees is also of no decisive importance. Under the influence of the rootstock, a certain physiological rejuvenation of the graft occurs, as a result of which the age dynamics of the reproductive development of the grafted plant is somewhat different from the development grown from seeds. The abundance of female and male flowering, the yield of cones, the yield and full grain of seeds, their mass and sowing qualities are mainly determined by the hereditary reproductive properties of the clones represented on the plantations. As a result, individual clone plantations are not only not superior to seed plantations of seed origin in terms of seed productivity, but also inferior to them. At the same time, seed plantations are cheaper, more stable and more durable, and provide a greater genotypic diversity of seeds. It is established that the clones of the first and second generations are characterized by a rather close relationship in terms of crop abundance, yield and full grain of seeds. Indicators of generative development of semi-sib families do not correlate, with a few exceptions, with similar indicators of maternal clones and second-generation clone progeny of the same name. In the dry steppe of the Lower Volga region, the greatest economic effect is achieved by selective selection on seed plantations according to a set of characteristics, in this case, its effectiveness significantly increases with an increase in its intensity from 20 to 40%.

Keywords: seed plantations, vegetative reproduction, seed reproduction, generative indicators, efficiency of selection selection, clone offspring, semi-sib offspring

Семенные плантации сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) создаются в нашей стране уже более пятидесяти лет. За этот период в постоянную лесосемен-

ную базу зачислено свыше 10 тыс. га плантаций разного генетического уровня [1; 2]. В настоящее время перед отечественными лесоводами стоит задача полностью пере-

вести семеноводство сосны в стране на селекционно-генетическую основу, для чего площадь селекционно-семенных плантаций должна быть значительно увеличена, так как, к сожалению, семена с лесосеменных плантаций в России обеспечивают всего 15-20% от их общей потребности, тогда как в Швеции и Финляндии до 100% [1; 2]. Накопленный при эксплуатации плантаций сорокалетний опыт позволяет выделить наиболее перспективные направления дальнейшей работы по ведению плантационного семеноводства. При создании плантаций в основном используют вегетативный и семенной методы размножения плюсовых деревьев [1-3]. В последнее время определенное развитие получили технологии *in vitro*, но они требуют серьезных материальных вложений и пока не получили широкого распространения в практике лесного хозяйства. На основе опыта необходимо выделить основные направления создания селекционных семенных плантаций: клоновые, семейственные, популяционные, гибридные. Далее будет дана оценка особенностям роста и плодоношения клоновых, семейственных и популяционных плантаций в сухой степи Нижнего Поволжья, обоснована экономическая эффективность каждого из этих методов. Преимущества и недостатки вегетативного и семенного методов в общем хорошо известны [2-4]. Вместе с тем мало сравнительных экспериментальных данных о репродуктивном развитии одновозрастных привитых и непривитых деревьев, практически отсутствуют сведения о селекционном и экономическом эффектах, получаемых при использовании семян с клоновых и семейственных плантаций.

Цель исследования провести комплексную селекционно-экономическую оценку эксплуатации семенных плантаций сосны в сухой степи Нижнего Поволжья. На основе анализа сравнить эффективность разных способов отбора сосны по росту, состоянию, урожайности клонов и семей на семенных плантациях.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись комплекс лесосеменных плантаций, заложенных в Новоаннинском лесхозе в 1983-1988 годах на площади 160 га. Селекционно-семеноводческий комплекс включал в себя клоновые, семейственные и популяционные плантации. С момента создания и по настоящее время на объекте проводи-

лись наблюдения за ростом, состоянием, урожайностью селекционного материала.

Результаты исследования и их обсуждение

На протяжении 35 лет в Волгоградской области (Новоаннинский селекционно-семеноводческий комплекс) изучали семеношение и рост сосны на плантациях вегетативного и семенного происхождения второго поколения, которые были заложены в 1983-1988 гг. путем размножения селекционного материала, прошедшего первичную селекционную оценку в вегетационных опытах на засухо-, соле- и морозоустойчивость потомства, а также на клоновых плантациях первого поколения, заложенных в 1972-1974 гг. в Волгоградском лесхозе на площади 2 га, с использованием 35 клонов с отобранных лучших по фенотипу деревьев в насаждениях области [3; 4].

Выявлено, что клоновые плантации сосны в условиях сухой степи характеризуются ранним женским цветением. Единичные макростробилы появляются на второй-третий год после прививки (возраст подвоев 3-5 лет), а к 5-6 годам цветет уже 70-90% растений, и среднее число стробилов на них 7-15; к концу первого десятилетия они образуются практически на всех привоях - по 200-400 шт. Семенные потомства вступают в репродуктивную фазу несколько позднее. На шестой год после посадки 2-летних сеянцев единичное женское цветение отмечено у 50% растений, через 3-5 лет - у 70-80% (по 40-60 шт.). Преимущество клоновых плантаций по урожаю шишек сохраняется примерно до 15-летнего возраста, затем различия постепенно исчезают, что отмечалось и в других зонах [3-5]. В целом за 25 лет суммарный урожай семян с 1 га изучаемой клоновой плантации был лишь на 5% выше, чем на расположенной в аналогичных условиях одновозрастной плантации семенного происхождения. Разницы в плодоношении популяционных и семейственных плантаций не отмечено.

В данной зоне средний ежегодный урожай семян на 15-25-летних плантациях независимо от метода их закладки составляет 3-3,5, в урожайные годы - до 7,5 кг/га.

Возрастная динамика мужского цветения привитых и непривитых сосен существенно не различается. Единичные микростробилы появляются на четвертый-пятый год после прививки черенков или посадки сеянцев. В 6 лет они формируются у 21-

84% растений (в среднем – соответственно от 8 до 150 мужских побегов на дереве), на 1 га пыльцы продуцируется от нескольких граммов до 0,3–0,5 кг, в 8–12 лет – 1,5–10, в 15–20 лет продуцируют уже 20–30 кг и более. Удовлетворительной обеспеченность плантаций собственной пыльцой можно считать с 10–12 лет [3; 4; 6].

Анализ полученных данных показывает, что прививка как технологический прием сама по себе не гарантирует высокую активность репродуктивных процессов. Не имеет решающего значения и использование черенков с физиологически зрелых маточных деревьев. Под влиянием подвоя происходит определенное физиологическое омоложение привоя, вследствие чего возрастная динамика репродуктивного развития привитого растения не столь резко, как этого можно было ожидать, отличается от развития выращенного из семени. Обилие женского и мужского цветения, урожай шишек, выход и полнозернистость семян, их масса и посевные качества определяются главным образом наследственно обусловленными репродуктивными свойствами представленных на плантациях клонов. В результате отдельные клоновые плантации не только не превосходят по семенной продуктивности плантации семенного происхождения, но и уступают им. Установлено, что плантации семенного происхождения дешевле, устойчивее и долговечнее, обеспечивают большее генотипическое разнообразие семян.

В конце первого после закладки десятилетия на клоновых плантациях деревья на 20% ниже непривитых. Относительная быстрота роста клоновых и семенных потомств одних и тех же плюсовых деревьев различается весьма существенно (коэффициент линейной корреляции равен -0,4). Слабо коррелирует высота клоновых потомств и с размерами плюсовых деревьев (0,34). По-видимому, это обусловлено влиянием подвоев, характером срастания и иными факторами, определяющими рост привитых сосен. Следовательно, по значениям данного показателя нельзя судить о генетической ценности плюсовых деревьев.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что при закладке плантаций сосны первого поколения вегетативный метод размножения лучших фенотипов, не проверенных по потомству, не имеет заметных преимуществ перед семенным как по урожайности, так и по селекционной ценности семян. Достоинства вегетатив-

ного метода заключаются в следующем: он дает возможность оценивать клоновое потомство по устойчивости и репродуктивным особенностям, получать в необходимых количествах семена для закладки испытательных культур; кроме того, создание клоновых плантаций – одно из направлений сохранения ценного генетического фонда сосны. Плантации семенного происхождения дешевле, устойчивее и долговечнее, обеспечивают большее генотипическое разнообразие семян; при выращивании потомства плюсовых деревьев отдельно по фиксированным схемам они могут одновременно успешно выполнять роль испытательных культур. Создание плантаций первого поколения – первый этап перевода лесного семеноводства на селекционно-генетическую основу и преследует цели: отбор и сохранение выдающихся по фенотипу деревьев; генетическое улучшение семян; организацию генетической проверки плюсовых деревьев. Осуществление этих целей создает предпосылки для перехода ко второму этапу – закладке плантаций второго поколения с использованием элитных деревьев, генетическая ценность которых выявляется по результатам испытания клонового и семенного потомств.

В конце второго десятилетия существенных различий по росту в высоту и диаметру между клоновыми, семейственными и популяционными плантациями не отмечается, что сохраняется и настоящее время в возрасте 35 лет.

Многолетними наблюдениями установлено, что присущие клонам сосны репродуктивные особенности, такие как сроки весеннего развития мужских и женских генеративных органов, обилие цветения, тип сексуализации, величина и повторяемость урожая, выход и полнозернистость семян, в основном сохраняются при повторном вегетативном размножении [3; 4; 7]. Особо надо отметить, что характер репродуктивного развития привоев не зависит от того, в какой части кроны маточного дерева заготовлен черенок для прививки и какой у побега половой тип (мужской или женский) либо ростовой. Что же касается семенных потомств, то для них характерна значительная изменчивость по генеративным особенностям. Причем средние для той или иной семьи показатели репродуктивной деятельности, как правило, не совпадают с таковыми у материнского дерева.

Поскольку изменчивость генеративных признаков не соответствует закону нор-

мального распределения, для анализа связи между показателями родительских деревьев и их вегетативных и семенных потомств нами использован непараметрический критерий сравнения, в частности коэффициент ранговой корреляции Спирмена (табл. 1).

Таблица 1

Изменчивость генеративных показателей родительских деревьев и их вегетативных и семенных потомств

Генеративные показатели	Сравниваемые пары	Коэффициент корреляции
Урожай шишек	Кл. 1 – кл. 2 Кл. 1 – семьи	0,58 – 0,16
Шишки: длина	Кл. 1 – кл. 2 Кл. 1 – семьи	0,52 – 0,38
масса шишки	Кл. 1 – кл. 2 Кл. 1 – семьи	0,33 0,31
число семян в шишке	Кл. 1 – кл. 2 Кл. 1 – семьи	0,59 0,65
Семена: полнозернистость	Кл. 1 – кл. 2 Кл. 1 – семьи	0,86 – 0,02
масса 1000 штук	Кл. 1 – кл. 2 Кл. 1 – семьи	0,25 0,03

Установлено, что довольно тесной связью характеризуются клоны первого и второго поколений по обилию урожая, выходу и полнозернистости семян; в меньшей степени сохраняется при вегетативном размножении ранговое положение их по массе шишек и семян, размерам первых. Показатели генеративного развития полусибсов семей не коррелируют, за небольшим исключением, с аналогичными показателями материнских клонов и одноименных клоновых потомств второго поколения.

Таким образом, путем отбора и вегетативного размножения плюсовых (элитных) деревьев, характер генеративной деятельности которых изучен в клоновом потомстве (в клоновых архивах, на плантациях первого поколения), на клоновых плантациях второго поколения можно регулировать синхронность цветения, сбалансированное соотношение мужских и женских генеративных органов (что необходимо для обеспечения перекрестного опыления), урожай и качество семян. При семенном размножении из-за слабого наследования в потомстве репродуктивных особенностей материнских деревьев осуществлять это селекционными методами практически нельзя, что ограничивает их применение.

Вегетативный метод создания плантаций второго поколения позволяет улучшить генетические свойства семян за счет использования клонов с высокой комбинационной способностью. По нашим данным, в 12-летнем возрасте примерно 40% полусибсовых потомств сосны имеют достоверное (11–25%) преобладание по средней высоте над контролем (культуры из семян популяционного сбора). По результатам корреляционного анализа, стабилизация рангового положения семей в испытываемой совокупности наступает в 6–7 лет, возраст этот следует считать минимально допустимым для оценки комбинационной способности плюсовых деревьев.

С целью изучения эффективности отбора с использованием метода дисперсионного анализа проранжировали данные по росту и урожайности клонов и полусибсов на плантации Новоаннинского лесного семеноводческого центра. Оценили эффективность отбора 20% и 40% интенсивности (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение разных способов селекционного отбора сосны обыкновенной в сухой степи Нижнего Поволжья

Показатели отбора	Интенсивность отбора, %	Относительная эффективность отбора к среднему рангу по варианту, %			
		Отбор по росту полусибсов	Отбор по урожайности	Отбор по росту клонов	Отбор по комплексу
По средней урожайности	20	115	130	102	122
	40	120	160	91	130
По росту полусибсов	20	131	114	111	130
	40	165	122	105	146
По росту клонового потомства	20	106	103	131	110
	40	107	93	165	130

Как видно из результатов отбора, в сухой степи Нижнего Поволжья наибольший экономический эффект достигается по комплексу признаков, в этом случае эффективность отбора ощутимо увеличивается при возрастании его интенсивности с 20 до 40 %.

Поэтому наиболее целесообразным является вариант отбора клонов по урожайности и росту семенного и вегетативного потомства. При ранжировании показателей клонов отбирать надо те, что набрали наименьшую сумму рангов по комбинационной способности и семенной продуктивности. Их широкая репродукция на плантациях следующего уровня обеспечит повышение урожайности на 30–50 %, при этом продуктивность насаждений может возрасти на 10–12 %. Отбор по комплексу признаков, по сравнению с отбором по одному из показателей, позволит одновременно улучшить генетические свойства семян и повысить урожайность.

Кроме использования на плантации потомства высокоурожайных клонов, можно применять и агротехнические приемы стимулирования урожайности, и обязательны эффективные меры борьбы с вредителями и болезнями. Однако, по нашим данным [3; 4], определяющее значение для плодоношения и семенных плантаций и сосновых насаждений в целом имеют погодные условия года, предшествующего закладке генеративных органов. Именно они определяют периодичность плодоношения сосны. Много также зависит от энтомовредителей и болезней, из-за которых можно потерять до 80 % урожайности.

Выводы

1. При закладке плантаций сосны первого и второго поколения вегетативный метод размножения лучших фенотипов, не проверенных по потомству, не имеет заметных преимуществ перед семенным как по урожайности, так и по селекционной ценности семян.

2. Установлено, что довольно тесной связью характеризуются клоны первого и второго поколений по обилию урожая, выходу и полнотерности семян. Показатели генеративного развития полусибсовых семей не коррелируют, за небольшим исключением, с аналогичными показателями материнских клонов и одноименных клоновых потомств второго поколения.

3. В сухой степи Нижнего Поволжья наибольший экономический эффект дости-

гается при отборе по комплексу признаков, в этом случае его эффективность ощутимо увеличивается при возрастании интенсивности с 20 до 40 %.

Список литературы / References

1. Царев А.П. Программы лесной селекции в России и за рубежом: монография. М.: Изд-во Московского государственного университета леса, 2013. 164 с.

Tsarev A.P. Programs of forest breeding in Russia and abroad: monograph. Moscow: Publishing house of the Moscow State University of Forest, 2013. 164 p. (in Russian).

2. Ефимов Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной: монография. Научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции. Воронеж: Изд-во Исток (Москва), 2010. 252 с.

Efimov Yu.P. Seed plantations in breeding and seed production of Scots pine: monograph. Scientific Research Institute of Forest Genetics and Breeding. Voronezh: Istok Publishing House (Moscow), 2010. 252 p. (in Russian).

3. Иозус А.П., Зеленьяк А.К., Макаров В.М. Создание лесосеменных плантаций сосны и особенности их плодоношения в сухой степи Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=9826> (дата обращения: 21.07.2021).

4. Iozus A.P., Zelenyay A.K., Makarov V.M. Creation of pine seed plantations and features of their fruiting in the dry steppe of the Lower Volga region // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013. № 4. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=9826> (date of access: 21.07.2021) (in Russian).

5. Морозова Е.В., Иозус А.П. Особенности плодоношения сосны обыкновенной и методы его стимулирования на семенных плантациях аридного региона юго-востока европейской территории России // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20586> (дата обращения: 21.07.2021).

6. Morozova E.V., Iozus A.P. Features of fruiting of Scots pine and methods of its stimulation on seed plantations of the arid region of the south-east of the European territory of Russia // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. № 4. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20586> (date of access: 21.07.2021) (in Russian).

7. Научно-методические указания по сортоводству деревьев и кустарников для защитного лесоразведения в аридных регионах. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 51 с.

Scientific and methodological guidelines for cultivating trees and shrubs for protective afforestation in arid regions. Volgograd: VNIALMI, 2013. 51 p. (in Russian).

8. Крючков С.Н., Киреева О.В. Опыт интродукции видов рода сосна (*Pinus*) в Нижнем Поволжье // *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки*. 2015. № 3(13). С. 18–27.

Kryuchkov S.N., Kireeva O.V. Experience of introduction of species of the genus pine (*Pinus*) in the Lower Volga region // *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennye nauki*. 2015. No. 3(13). P. 18–27 (in Russian).

9. Семенютина А.В., Костюков С.М., Кащенко Е.В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 2. С. 103–109.

Semenyutina A.V., Kostyukov S.M., Kashchenko E.V. Methods of identifying the mechanisms of adaptation of tree species in connection with their introduction to arid regions // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016. No. 2. P. 103–109 (in Russian).

УДК 634.232:575.1/.2(479.24)

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ СОРТАМИ ЧЕРЕШНИ (*PRUNUS AVIUM L.*), ОЦЕНИВАЕМАЯ С ПОМОЩЬЮ МАРКЕРОВ ISSR

Керимова Х.И.

Институт Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджана (НАНА),
Баку, e-mail: xayalakerimova90@gmail.com

Впервые в Азербайджане разнообразие сортов и форм черешни (*Prunus avium L.*) изучено с помощью 8 маркеров ISSR. В нашем исследовании для генотипов черешни была проведена реакция ПЦР с маркером ISSR на основе 8 ПЦР. Всего на 8 праймерах по изученным генотипам черешни было синтезировано 68 элементов, из которых 47 (69,1%) были полиморфными, а 21 (30,9%) – мономорфными. Количество амплифицированных локус фрагментов варьировало от 7 до 10. Диапазон длин полученных фрагментов варьировал от 100 до 1200 н.о. Количество пунктов на каждый праймер составляло 8,5 штуки. Наибольшее количество ампликонов (10 штук) было синтезировано с праймерами IS 50 и IS 54. Восемь ампликонов, синтезированных праймером IS 50, были полиморфными. В праймере IS 54 5 синтезированных пунктов были полиморфными, а остальные 5 – мономорфными. А наименьшее количество ампликонов отмечено в праймерах IS 3 и IS 48 (7 ампликонов). 4 ампликона в праймере IS 3 являются полиморфными. В праймере IS 48 из синтезированных пунктов 5 были полиморфными. Количество полиморфных пунктов варьировалось в пределах 4-8, в среднем 5,9 штуки. Для определения родственной связи между местными сортами и формами черешни в Азербайджане был проведен кластерный анализ на основе профилей ISSR и составлена дендрограмма. Генотипы сгруппированы в 8 основных кластеров. Индекс генетического сходства между образцами варьировал от 0,017 до 0,929.

Ключевые слова: ISSR праймеры, молекулярные маркеры, *Prunus avium L.*, кластерный анализ, генетическая связь

MOLECULAR CHARACTERIZATION AND RELATIONSHIP BETWEEN CHERRY (*PRUNUS AVIUM L.*) SORTS APPRECIATED BY ISSR MARKERS

Karimova K.I.

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

For the first time in Azerbaijan, the diversity of cherry (*Prunus avium L.*) sorts and forms was researched with 8 ISSR markers. In our research work, a PCR reaction has been implemented with an ISSR marker based on 8 PCR for cherry genotypes. A total of 68 bands were synthesized on 8 primers in the researched cherry genotypes. 47 (69.1%) were polymorphic and 21 (30.9%) were monomorphic. The number of amplified fragments was between 7-10. The length range of the obtained fragments was between 100-1200 n.c. The number of bands for every primer is 8.5. Maximum number of amplicones (10) has been synthesized with IS 50 and IS 54 primers. Eight of the amplicones synthesized by the IS 50 primer were polymorphic. In the IS 54 primer, 5 of the synthesized bands were polymorphic and the other 5 were monomorphic. The lowest number of amplicons was observed in the IS 3 and IS 48 primers (7 amplicons). Four of the amplicones in the IS 3 primer are polymorphic. In the IS 48 primer, 5 of the synthesized bands were polymorphic. The number of polymorphic bands was between 4-8 and averaged 5.9. To determine the relationship between the local cherry sorts and forms of Azerbaijan, a cluster analysis has been implemented on the basis of ISSR profiles and a dendrogram has been compiled. Genotypes have been grouped into 8 main clusters. The genetic similarity index between the samples was 0.017-0.929.

Keywords: ISSR primers, molecular markers, *Prunus avium L.*, cluster analysis, genetic relation

В середине XX в. применение базовой молекулярной технологии, укрепление филогенетических связей, разработка генетических маркеров и построение связывающих карт развили наше понимание ключевых аспектов генетики *Prunus* [1]. *Prunus avium* – чтение его генома – было получено с использованием технологии секвенирования нового поколения (NGS illumina). Так, черешня (*Prunus avium L.*) общей длиной 41.294 Мб, содержащая ген кодирования белка 119.4 и повторяющиеся последовательности 43.9 Мб (272.4%), была исследована. Развитие биотехнологии внесло инновации в последовательность

генома, объединив методы секвенирования третьего поколения, технологии короткого чтения NGS с одномолекулярными последовательностями (Pacific Bioscience, Oxford Nanopore и Moleculo), способными считывать длиной до 50 kb. Недавно геном дикой черешни был перечитан с использованием методик считывания длины Illumina и PacBio для сверхвысокого охвата (1265,6-кратной последовательности) и достиг длины генома 323,8 МБ с геном, кодирующим 43.349 белков [2].

Эти новые последовательности дают возможность определить генетическое разнообразие, которое все еще присутствует

в диких видах *Prunus*, теряясь в продуктах в течение тысячелетий отбора и размножения. Эта геномная информация может использоваться, включая новые желательные аллели, для видов, культивируемых классическими или маркерными методами размножения (МАВ).

Как и во всем мире, в нашей стране уже много лет ведутся работы по созданию коллекции с целью выявления генных запасов фруктовых сортов и отбора особей с превосходными характеристиками.

Выявление и защита генетических ресурсов наших растений так же важны, как и их богатство. Достижения в области биотехнологии в последние годы внесли значительный вклад в использование их генетических последовательностей для таких целей, как сохранение, производство, обновление, характеристика, разведение и развитие их разнообразия. При анализе методов, используемых для этой цели, видно, что это методы на основе ДНК, генетическая структура которых не меняется. Эти методы, называемые маркерами ДНК, обычно группируются как RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), SSR (Simple Sequence Repeats), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), SNP (Single Nucleotide Polymorphism), ISSR (Inter Simple Sequence Repeats). Среди перечисленных маркеров анализ ISSR считается одним из наиболее эффективных методов исследования генетического разнообразия и широко используется в сочетании с другими маркерными системами для определения полиморфизма в популяциях черешни. ISSR – это быстрый, простой метод с высокой повторяемостью, и радиоактивность не имеет значения при его использовании.

Идентификация черешни молекулярными методами в нашей Республике до сих пор не изучена. С нашей стороны была осуществлена морфологическая идентификация распространенных в Азербайджане форм дикой черешни и местных сортов и проведена их идентификация молекулярно-генетическими методами.

Изучение образцов черешни по молекулярным маркерам позволяет дифференцировать морфологические сходные образцы друг от друга и оценить степень генетической близости между генотипами.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовались местные и дикие сорта

и формы черешни, собранные в Губинском, Хачмазском, Шекинском, Агдашском и Тергерском районах Азербайджана. В результате проведенных исследований было установлено, что в Губинском районе выращиваются 23 сорта черешни, в Хачмазском районе – 13, в Шеки – 26, в Тергерском районе – 8, в Агдашском районе – 4.

Экстракция ДНК, относящаяся к генотипам, проводилась по протоколу СТАВ (cetyl-trimethyl-ammonium bromide), предложенному Роджерсом. Для измерения качества и количества ДНК использовали 1%-ный агарозный гель и спектрофотометр ND-100 [3]. В реакциях ПЦР предпочтительно, чтобы показателем чистоты нуклеиновых кислот составлял 1,8–2,0. 81,1% использованных образцов черешни соответствовали этому результату. После проверки принадлежности ядерной ДНК к методу экстракции и эффективности этих ДНК для полимеразной цепной реакции были проведены маркерные анализы ISSR. Каждый образец разбавляли до концентрации 50 нг/мкл для ПЦР (полимеразная цепная реакция). ПЦР-смесь общим объемом 20 μ л (мкл) была приготовлена со следующим составом: 2 μ л 10x ПЦР-буфер, 2 μ л смеси dNTP (5 мМ), 1,5 μ л $MgCl_2$ (50 мМ), 2 μ л праймера (10 пмоль/ μ л), 0,2 мкл. Фрагмент одиночной полимеразы (1U/мкл) и 2 мкл геномной ДНК (50 нг/мкл), 10,3 мкл ddH_2O . В нашем исследовании для генотипов черешни была установлена реакция ПЦР с 8 маркерами ISSR. Для ПЦР были выбраны следующие условия амплификации: начальная денатурация при 94 °C в течение 5 мин, денатурация при 94 °C в течение 1 мин на каждый цикл, комбинация в течение 45 секунд при различных температурах (в зависимости от праймера) и 35 циклов элонгации при 72 °C в течение 5 мин; в конце – окончательная элонгация при 72 °C в течение 10 мин. Электрофоретический анализ продуктов ПЦР был проведен в 2%-ном агарозном геле, гель был окрашен с добавлением бромид этидия и визуализирован под ультрафиолетовым излучением с использованием системы документации геля Bio-Rad.

Анализ амплифицированных фрагментов проводился с помощью компьютерной программы PAST (3). Для оценки генетического разнообразия в коллекции черешни был рассчитан ряд статистических параметров, в том числе индекс генетического разнообразия (ИГР (GMI)), полиморфная информационная емкость

(PIC (ПИЕ)), эффективный коэффициент мультиплексирования (EMR (ЕКМ)), индекс маркера (MI (ИМ)), мощность разделения (Rp), средняя мощность разделения (MRp). Оценка генетической близости между образцами и построение дендрограммы проводились на основе индекса генетического сходства Жаккар, а кластеризация проводилась методом UPGMA [4].

Результаты исследования и их обсуждение

В изученных генотипах черешни по 8 праймерам было синтезировано в общей сложности 68 пунктов, из которых 47 (69,1%) были полиморфными, а 21 (30,9%) – мономорфными. Количество амплифицированных локус фрагментов варьировало от 7 до 10. Диапазон длин полученных фрагментов варьировал от 100 до 1200 н.о. Количество пунктов на каждый праймер составляло 8,5 штуки.

Наибольшее количество ампликонов (10 штук) было синтезировано с праймерами IS 50 и IS 54. 8 ампликонов, синтезированных праймером IS 50, были полиморфными. В праймере IS 54 было 5 полиморфных синтезированных пунктов, а остальные 5 – мономорфные. А наименьшее количество ампликонов отмечено в праймерах IS 3 и IS 48 (7 ампликонов). 4 ампликона в праймере IS 3 являются полиморфными. В праймере IS 48 полиморфными были 5 из синтезированных пунктов. Количество полиморфных пунктов варьировалось в пределах 4–8, в среднем 5,9 штуки.

Как видно из таблицы, показатель полиморфизма по праймерам колебался в пределах 50–89%, средний полиморфизм составил 69,4%.

Праймер UBC 868 ISSR показал самый высокий полиморфизм в генотипах черешни, будучи полиморфным в 8 из 9 зарегистрированных ампликонов. Полиморфизм составил 89%. Длина ампликонов варьировала от 400 до 1200 н.о.

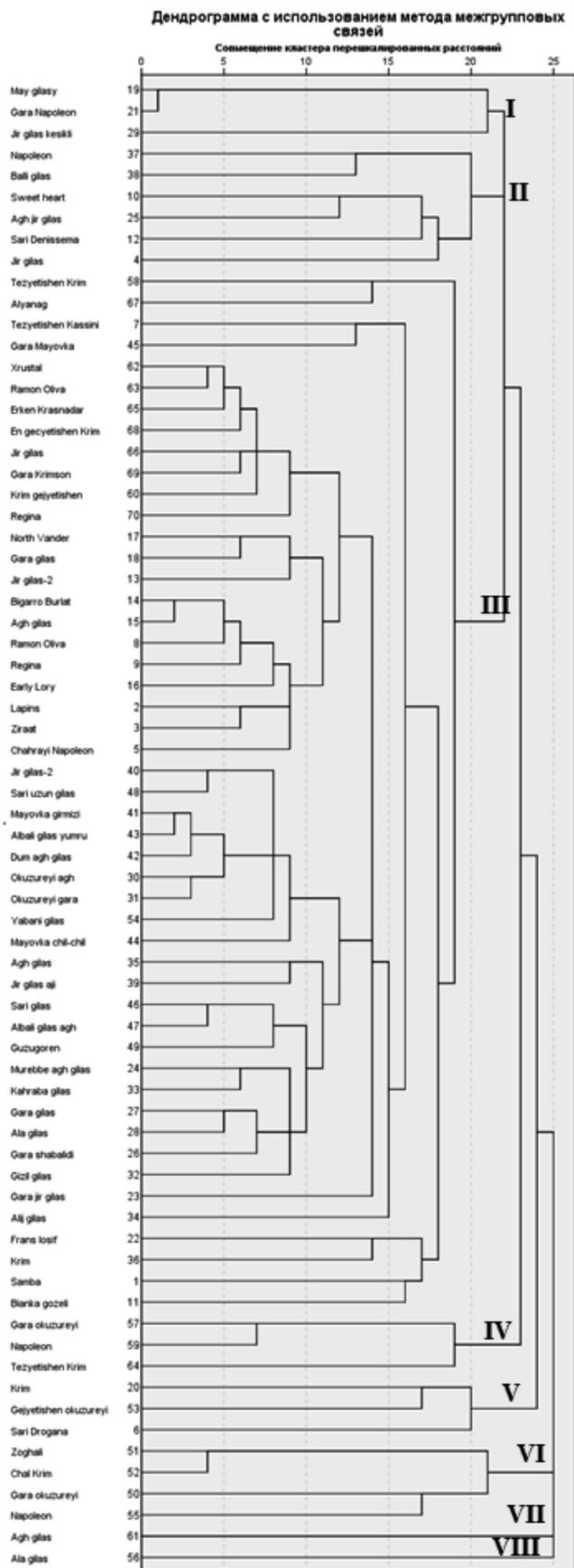
Иванович и другие изучили генетическое разнообразие 24 генотипов украинской черешни с использованием 8 праймеров ISSR. В анализе ISSR было синтезировано 193 ампликона. Уровень полиморфизма составил 75%. Исследование показало, что самый высокий уровень полиморфизма праймера UBC 881 ISSR составил 91,6% [5].

Рогае Наджафзаде и другие провели исследование 12 генотипов черешни, выращенных в Иране, с использованием 23 праймеров ISSR. В результате было синтезировано 489 ампликонов. Среднее процентное соотношение полиморфизма по всем генотипам составило 98,45%. Самый высокий полиморфизм отмечался в праймерах ISSR 6, 13, 14, 19 [6].

В ходе исследования был рассчитан индекс генетического разнообразия (ИГР) по каждому локусу ISSR. Средняя цена ИГР для изученной нами коллекции составила 0,92 ед. Высокие показатели составили 0,97 и 0,96 единицы для праймеров IS 50 и IS 2 соответственно. Высокая цена ИГР свидетельствует о богатом генетическом разнообразии сортов черешни из разных регионов Азербайджана.

Измерение полиморфизма и генетического разнообразия генотипов черешни с помощью праймеров ISSR

Праймер	Последовательность (5'-3')	АОВ	PBS	PBF %	PIC	PIC	EMR	MI	MRp	GM
IS 2	(GA) ₉ C	9	6	70	5,56	0,33	6,75	2,2	0,02	0,96
IS 3	G(TG) ₉	7	4	57	7,46	0,41	4,1	1,6	0,02	0,85
IS 37	(CA) ₈ GT	8	6	75	5,00	0,33	5,6	1,7	0,03	0,94
IS 47	(ACC) ₆	8	5	62,5	6,30	0,41	5,6	2,3	0,02	0,91
IS 48	(ATG) ₈	7	5	71,4	5,16	0,43	4,2	1,7	0,03	0,93
IS 50	(GAA) ₆	10	8	80	7,34	0,45	8,0	3,6	0,01	0,97
IS 54	(AG) ₈ C	10	5	50	8,34	0,41	8,0	3,3	0,01	0,93
UBC 868	(GAA) ₆	9	8	89	4,46	0,32	6,8	2,0	0,03	0,89
Общий	–	68	47							
Средняя цена	–	8,5	5,9	69,4						0,92



Дендограмма, показывающая генетическое родство между генотипами черешни

Известно, что для доминирующих маркеров, таких как ISSR, PIC варьируется в пределах 0-0,5. Для 8 праймеров, использованных в исследовании, PIC варьировался от 0,32 до 0,45, в среднем 0,39 единицы. Наименьшее значение индекса PIC установлено для UBC 868, а максимальное значение – для праймера IS 50. Параметры MI и EMR являются ключевыми показателями информативности маркерных систем и рассчитываются отдельно для каждого праймера. В коллекции параметр MI варьировался от 1,6 до 3,6, а EMR – от 4,1 до 8,0, а средние значения составляли 2,3 и 6,1 соответственно. Праймеры с большим количеством полиморфных фрагментов характеризуются более высокими значениями EMR и MI.

Разрешающая способность (Rp) – параметр, определяющий дискриминационный потенциал праймеров. Для всех изученных локусов Rp варьировался от 4,46 до 8,34, средняя оценка составляла 6,2. Среднее разрешение (MRp) варьировалось от 0,01 до 0,03.

Для определения родственной связи между местными сортами и формами черешни в Азербайджане был проведен кластерный анализ на основе профилей ISSR и составлена дендрограмма. Генотипы сгруппированы в 8 основных кластеров (рисунки). Индекс генетического сходства между образцами варьировал от 0,017 до 0,929. Наибольшее генетическое расстояние было установлено между сортами Ала гилас (Агдаш) и Аг гилас (Шеки), индекс генетического сходства между указанными образцами составил 0,017 единицы. Наименьшее генетическое сходство наблюдалось между Албалы гилас и Сары гилас, выращиваемыми в Шеки, индекс генетического сходства между сортами составил 0,929 единицы.

Количество генотипов в кластерах варьировалось от 1 до 49, причем самый крупный 3-й кластер содержал в себе 66 % генотипов. Кроме того, на дендрограмме были идентифицированы 2 свободных кластера. Сорта Аг гилас и Ала гилас образовали свободные кластеры, что свидетельствует об их генетическом отличии от всех других экземпляров коллекции. Кроме того, было определено, что все 4 генотипа, включен-

ные в 6-й кластер, состоят из сортов Тертер. Объединение этих разновидностей в один кластер указывает на то, что они имеют сходный набор аллелей в соответствии с изученными микросателлитными локусами. В то же время между некоторыми сортами из одного региона были обнаружены значительные генетические различия. Например, один из 3 сортов из одного региона находится во 2-м кластере Сары Дениссема, а сорта Регина и Early Logy расположены в разных подкластерах одного и того же кластера, и индекс генетической дистанции между ними довольно высок – 0,609 единицы.

Заключение

Таким образом, в результате изучения сортов и форм черешни из 5 различных регионов Азербайджана с помощью молекулярно-маркерной технологии подтверждена эффективность маркеров ISSR в оценке генетического разнообразия и генетического родства. Богатое генетическое разнообразие, обнаруженное в коллекции, свидетельствует о том, что Азербайджан является одним из центров выращивания черешни. Полученные результаты могут быть использованы при планировании будущих исследований по сбору генетических ресурсов черешни и в различных селекционных программах.

Список литературы / References

1. Arus P., Verde I., Sosinski B., Zhebentyayeva T., Abbott A.G. The peach genome. *Tree Genet. Genomes* 8. 2012. P. 531–547.
2. Baek S. et al. Draft genome sequence of wild *Prunus yedoensis* reveals massive inter-specific hybridization between sympatric flowering cherries. *Genome Biol.* 2018. Vol. 19. P. 127.
3. Rogers S.O., Bendich A.J. Extraction of DNT from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues. *Plant. Mol. Biol.* 1985. Vol. 5. P. 69–76.
4. Chung Nc., Miasojedow B., Startek M., Gambin A. Jaccard/Tanimoto similarity test and estimation methods for biological presence-absence data. *BMC Bioinformatics.* 2019. Vol. 20 (15). P. 644. DOI: 10.1186/s12859-019-3118-5.
5. Ivanovych Ya.T., Udovychenko K.M., Bublyk M.O., Volkov R.A. ISSR-PCR Fingerprinting of Ukrainian Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Cultivars. *Cytology and Genetics.* 2017. Vol. 51. No. 1. P. 40–47.
6. Najafzadeh R., Arzani K., Bouzariand N. Ali Saei «Genetic Diversity Assessment and Identification of New Sour Cherry Genotypes Using Intersimple Sequence Repeat Markers» Hindawi Publishing Corporation International Journal of Biodiversity. 2014. Article ID 308398. P. 8.

СТАТЬИ

УДК 551.345

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ПОСТПИРОГЕННЫХ УЧАСТКАХ СЕВЕРА КОЛЫМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**¹Андреева В.В., ¹Максимов Г.Т., ¹Спектор В.В., ²Холодов А.Л., ³Давыдов С.П.**¹*Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, e-mail: Varvara-andreev@mail.ru;*²*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино;*³*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Северо-Восточная научная станция, Черский*

Техногенное влияние на бореальные леса (вырубка, удаление напочвенного покрова, строительство линейных сооружений, расширение населенных пунктов) приводит к значительному изменению геокриологических условий. При этом наиболее разрушительным и непредсказуемым фактором служат природные пожары, причиной которых чаще всего является человеческая деятельность. Ежегодно пожары уничтожают лесной покров на значительных территориях криолитозоны. В статье представлены результаты комплексных исследований высокольдистых отложений на постпирогенных участках в Нижнеколымском районе Республики Саха (Якутия) вблизи пос. Черский. В ходе ландшафтной типизации и геоботанической съемки выделены ключевые участки притундровых редколесий с разновозрастными лесными пожарами и стадиями сукцессий растительности. На каждой площадке пробурены скважины, проведен комплексный анализ кернового материала и организованы мониторинговые площадки по изучению температурного режима многолетнемерзлых пород. По результатам работ выяснены особенности криолитологического строения и оценены температурный режим мерзлых пород в слое годовых теплооборотов на постпирогенных участках. Лесные пожары на рассматриваемых участках, подстилаемых ледовым комплексом, не инициировали процесс термокарста. В ходе работ на ключевых участках, несмотря на наличие современных морозобойных трещин на поверхности, термопросадок по полигональной сетке ледового комплекса обнаружено не было. Стабилизация температур грунтов на постпирогенных участках происходит интенсивно с каждой стадией сукцессионного развития растительности. На основе выполненных работ установлено, что температура грунтов на рассматриваемой территории севера Колымской низменности изменяется от $-2,0^{\circ}\text{C}$ на межаласье до $-6,0^{\circ}\text{C}$ на высокой пойме.

Ключевые слова: криогенное строение, слой годовых теплооборотов, слой сезонного оттаивания, температурный режим, лесные пожары, север Колымской низменности

TEMPERATURE REGIME OF THE PERMAFROST ON POSTPYROGENIC SITES IN THE NORTH OF KOLYMA LOWLAND**¹Andreeva V.V., ¹Maksimov G.T., ¹Spektor V.V., ²Kholodov A.L., ³Davydov S.P.**¹*Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, e-mail: Varvara-andreev@mail.ru;*²*Institute of Physicochemical and Biological Problems at Soil Science, RAS, Moscow region, Pushchino;*³*North-East Science Station Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Cherskiy*

Technogenic impact on boreal forests, such as deforestation, removal of ground cover, construction of linear structures, expansion of settlements, leads to a significant change in geocryological conditions. Moreover, the most destructive and unpredictable factor is forest fires, which are most often caused by human activity. Every year, fires destroy forest cover in large areas of the permafrost. The article presents the results of comprehensive studies of ice-rich sediments in post-pyrogenic areas in the Nizhnekolymsk region of the Republic of Sakha (Yakutia) near Chersky. In the course of landscape typification and geobotanical surveys, key areas of pre-tundra woodlands with forest fires of different ages and stages of vegetation succession were identified. At each site we were drilled boreholes, a comprehensive analysis of core material was carried out and monitoring sites were organized to observe the temperature regime of permafrost. Based on the results of the work, the features of the cryolithological structure were clarified and the temperature regime of frozen rocks in the layer of annual heat turnover in post-pyrogenic areas was estimated. Forest fires in the areas under consideration, underlain by the ice complex, did not initiate the thermokarst process. During the work in key sites, despite the presence of modern frost cracks on the surface, no thermal subsidence was found along the polygonal grid of the ice complex. Stabilization of soil temperatures in post-pyrogenic sites occurs intensively with each stage of the successional development of vegetation. Based on the work performed, it was established that the temperature of the soil in the considered territory of the north of the Kolyma lowland varies from -2.0°C at the inter-alias, to -6.0°C at the high floodplain.

Keywords: cryogenic structure, layer of annual heat turnover, active layer, temperature regime, forest fires, North of Kolyma lowland

Лесной пожар как стихийное бедствие наносит огромный урон природной среде. Происходят пожары часто и повсеместно, кратковременно и долгосрочно, на небольшой площади или охватывая все больше территорий, достигая сотен гектаров. Возникают они как по природным причинам

(из-за ударов молний, самовозгорания торфяной крошки и т.д.), так и из-за деятельности человека (сельхозпалов, охоты, лесозаготовок, техногенных аварий, халатного обращения с огнем и т.д.). Ежегодно пожары уничтожают лесной покров на значительных территориях Якутии. Так, в период пожаро-

опасных сезонов 2019 г. и 2020 г. в регионе было зарегистрировано 1865 и 2061 лесных пожаров на общей площади 4 млн га и 6,3 млн га соответственно [1].

Исследования влияния лесных пожаров в криолитозоне проводятся достаточно широко, причем большинство работ посвящено изучению реакции на пожары лесного биома и почв [2–4]. Первоначально повышенная огневая активность пожара на территории криолитозоны изменяет условия теплообмена на поверхности, прежде всего уменьшая поверхностное альбедо. Это приводит к заметному изменению теплового, водного и мерзлотного режимов грунтов [5]. Ряд работ по изучению влияния пожаров на температурные режимы многолетнемерзлых толщ и параметры мерзлотных ландшафтов выполнялся сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН [6, 7]. Однако в приведенных работах рассматривается влияние пожаров на первые метры почвогрунтов от поверхности, вследствие этого сложно оценить воздействие пожаров на изменение термического состояния криолитозоны и многолетнюю динамику мерзлотных ландшафтов.

Коллективом автором ведутся мониторинговые работы по изучению теплового состояния многолетнемерзлых пород в Нижнеколымском районе. Целью исследований является оценка влияния лесных пожаров на мерзлотные ландшафты и строение верхних горизонтов многолетнемерзлых пород.

Район исследований и методика работ

Исследуемые постпирогенные участки расположены в низовьях р. Колыма, в окрестностях пос. Черский (Нижнеколымский район РС (Я)), на склоновых, межлассных и пойменных поверхностях с различными стадиями послепожарного развития растительности (рис. 1). Из них 2 участка находятся на межлассье – 13/1 заказник «Плейстоценовый парк» (возраст пожара 120 лет) и 18/3 оз. Тубдиспансерное (возраст пожара 40 лет), 2 площадки – на склоновом типе местности – 20/1 г. Родинка (пожар произошел в июне 2020 г.), 18/2 руч. Комарок (возраст пожара 80 лет) и 2 участка – на пойме 19/2 (пойма Колымы) – пожар 15-летней давности, 3-07 – контрольный участок, с ненарушенными условиями. Фотографии мониторинговых площадок приведены на рис. 3.

Согласно мерзлотно-ландшафтной типизации исследуемая территория входит в состав Северо-Ануйской низкогорной провин-

ции, в соответствии с дифференциацией широтно-зональных параметров рассматриваемые участки располагаются на северотаежном и интразональном ландшафтах [7].

По результатам анализа данных космических и рекогносцировочных работ были выбраны ключевые участки со свидетельствами лесного пожара (обугленные фрагменты древесины, заваленные стволы деревьев) и с современным лесным пожаром, произошедшим в июне 2020 г. На выделенных участках осуществлена геоботаническая съемка местности. Проведены буровые работы колонковым способом установкой УКБ 12-25 с последующей организацией мониторинговой площадки. Глубины скважин (скв.) варьируют от 9 до 21 м. По материалу буровых кернов изучено криолитологическое строение отложений. По керновому материалу определены весовая влажность (методом высушивания до постоянной массы [8]); методом взвешивания образцов мерзлых пород в нейтральной жидкости определены объемный вес и общее содержание органического вещества, полученное путем прокалывания сухих образцов при температуре 450 °С. Гранулометрический состав грунта определен ситовым и ареометрическими методами в Институте мерзлотоведения [9]. После бурения скважины обсаживались пластиковыми трубами, в которые в последующем были помещены температурные датчики и автоматические логгерные системы Onset Hobo U-12-008. Датчики размещены на разных глубинах. Для оценки динамики температур грунтов слоя сезонного оттаивания на нескольких площадках установлены 2-канальные логгеры Onset Hobo U-23-003. Измерения температур грунтов в скважинах производятся с интервалом 6 и 12 ч.

Результаты работ

Одним из основных факторов, обуславливающих изменения температурного режима многолетнемерзлых пород, является растительность (рис. 2). Важным моментом является то, что растительный покров как защитная оболочка часто подвергается разрушению пожарами, приводящими к полному или частичному уничтожению органогенного горизонта. В зависимости от интенсивности пожара и его давности растительные сукцессии на постпирогенных участках могут развиваться по-разному. Характеристика растительных ассоциаций на каждом мониторинговом участке кратко приведена в табл. 1.

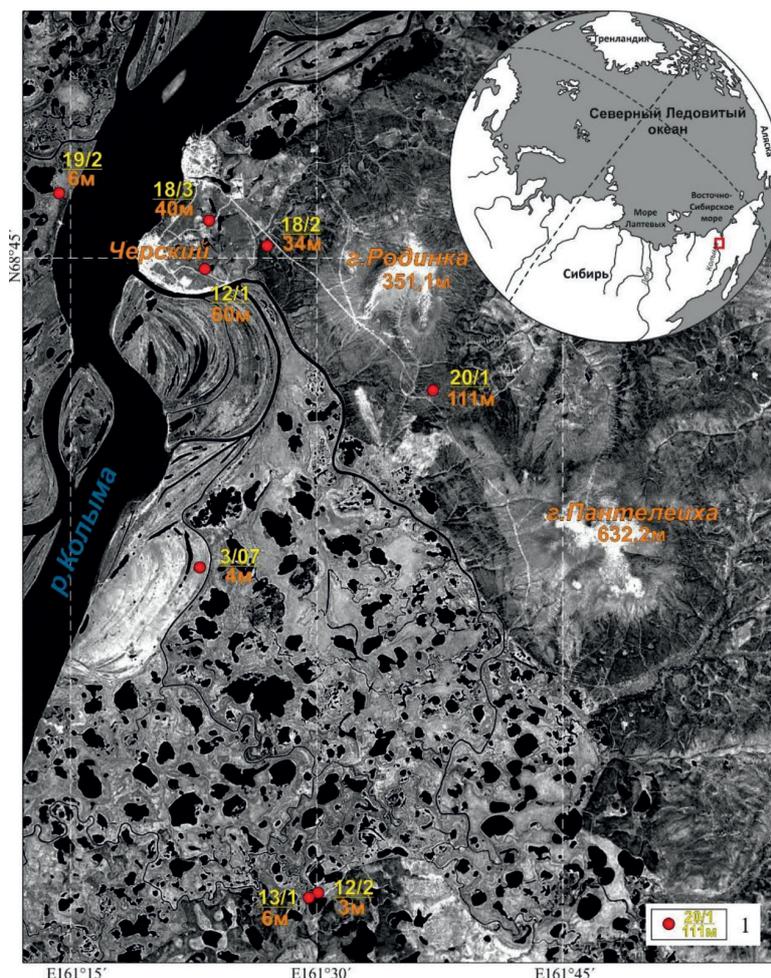


Рис. 1. Схема района работ, фрагмент топографической карты 1:10000; красными точками обозначены мониторинговые площадки; в числителе – номер скв., в знаменателе – абсолютная высотная отметка

В общих чертах растительность района исследований в верхнем ярусе представлена основным лиственницей Каяндера (*Larix cajanderi*) высотой до 12 м (в среднем 8 м), толщиной стволов от 0,01 м до 0,4 м, сомкнутость крон невысокая (0,2–0,4). Кустарниковый ярус представлен березкой (*Betula exilis* и *B. divaricata*), ольхой кустарниковой (*Duschekia fruticosa*) и несколькими видами ив (*Salix glauca*, *S. pulchra*, *S. alaxensis*, *S. Krylovii* и др.). Из кустарничков обычны: брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), багульник стелющийся (*Ledum decumbens*) и два вида арктоуса: арктоус альпийский и а. красноплодный (*Arctous alpina*, *A. erythrocarpa*). Травянистая растительность в основном представлена вейником незамечаемым (*Calamagrostis neglecta*), арктополевицей широколистной (*Arctagrostis latifolia*), грушанкой мясо-красной (*Pyrola incarnata*),

валерианой головчатой (*Valeriana capitata*) и ожикой спутанной (*Luzula confusa*), несколькими видами осок и иными видами разнотравья. В нижнем ярусе встречается хвощ камышовый (*Equisetum scirpoides*). Проективное покрытие мохово-лишайникового покрова достигает 90%. Из мхов обычны: аулакомниум болотный и вздутый (*Aulacomnium palustre* и *A. turgidum*), птилидиум реснитчатый (*Ptilidium ciliare*), политрихум сжатый (*Polytrichum strictum*), гилокомиумом блестящий (*Hylocomium splendens*) и *Bryum sp.* Среди лишайников отмечаются: цетрария клубочковая и снежная (*Cetraria cuculata* и *C. nivalis*), пельтигера пупырчатая (*Peltigera aptosa*), дактилина арктическая (*Dactylina arctica*), кладония звездчатая (*Cladonia stellaris*) и оленья (*C. rangiferina*), стереокаулон альпийский (*Stereocaulon alpinum*), а также несколько видов *Cladonia* и прочие виды лишайников.

Криолитологическое описание и результаты лабораторных исследований кернового материала приведены в табл. 1 и на рис. 4.

Криолитологические разрезы и диаграммы гранулометрического состава представлены на рис. 3.

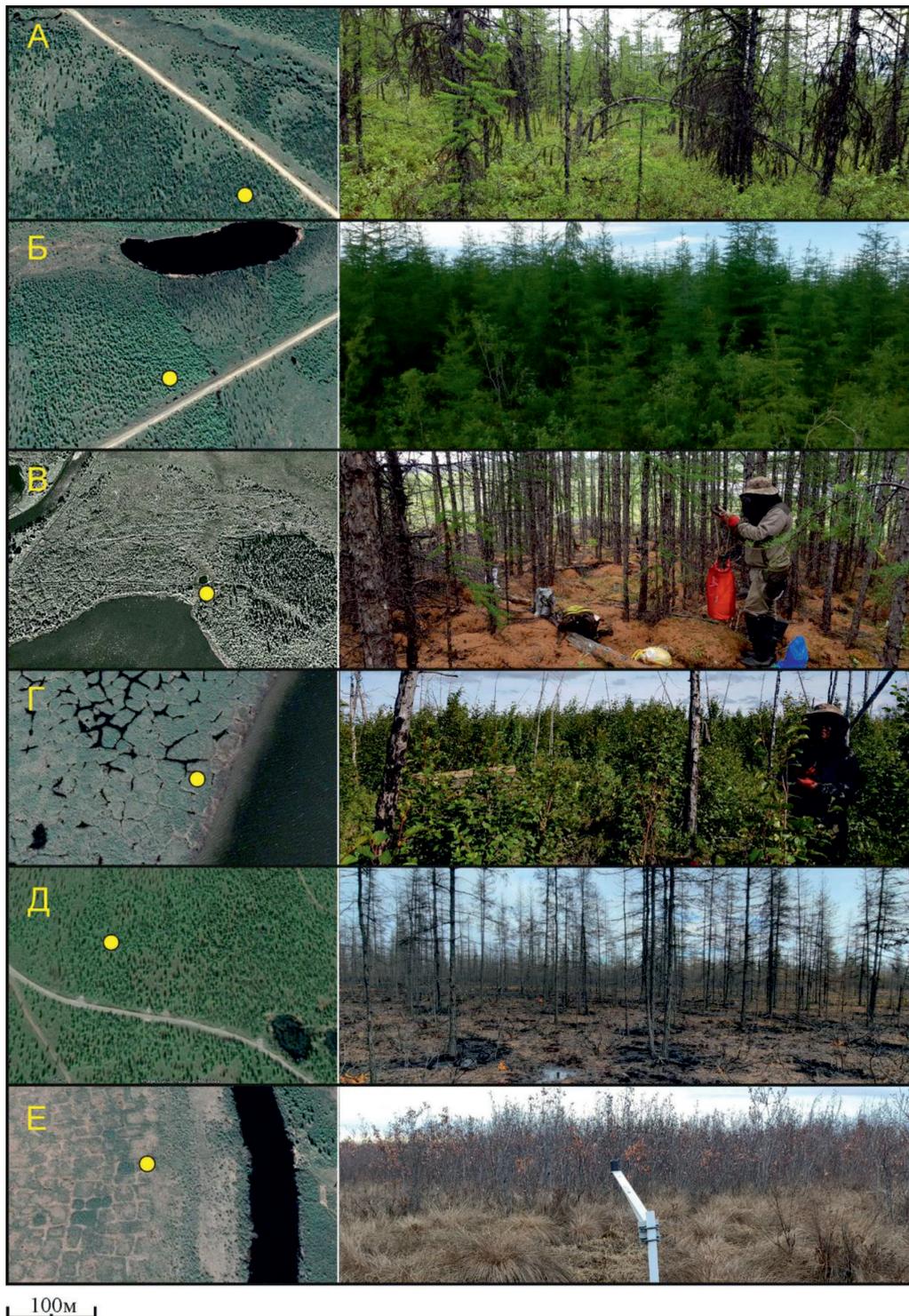


Рис. 2. Общий вид растительных ассоциаций по площадкам: А – скв. 18/2 ручей Комарок; Б – скв. 18/3 оз. Тубдиспансерное; В – 13/1 Плейстоценовый парк; Г – 19/2 пойма Кольмы; Д – 20/1 склон г. Родинка; Е – 3/07 пойма протоки Амболиха; желтым кругом обозначены скважины

Таблица 1

Характеристика мониторинговых площадок

Скв.	Координаты	Тип местности	Растительные ассоциации	Криолитологическое строение	СТС, м ⁽¹⁾	Влажность, % ⁽²⁾	Содержание органики, % ⁽²⁾
18/2	68°45' 161°27'	Склоновыя	Послепожарный листовничково-кустарничково-моховый с участием лишайников и разнотравья	Песчаные и глинистые алевроиты, пронизанные сетью нитевидных корешков, по всему разрезу отмечаются неравномерно распределенные пятна отлеживания, в верхней части разреза наблюдается ожелезнение. Для отлеживаний характерны высокая льдистость, массивная, микро-тонко-, толстошпировая, атакситовая, базальная криотекстуры (толщина шпиров льда менее 0,1–20,0 мм). Ледяная жила в разрезе наблюдается в интервале 1,7–5,9 м	1,0	10–130 54 (27)	1,9–5,4 3,3 (26)
20/1	68°41' 161°37'	Склоновыя	Свежая гарь по листовничковому редколесью кустарничково-кустарничково-мохово-лишайниковому	Песчаные алевроиты, с включениями растительных остатков, с глубины 8 м встречаются древесина и щебень с размерами 5x7 см с алевроитовым заполнителем. Криотекстура массивная, шпировая горизонтальной и наклонной ориентации. Нижняя часть разреза характеризуется массивной криотекстурой с единичными включениями шпиров льда	0,8	23–226 68 (28)	–
18/3	68°45' 161°23'	Мегаласныя	Листовничник кустарничково-кустарничково-моховый с участием лишайников и разнотравья	Минеральная часть в разрезе наблюдается до глубины 1,6 м и представлена алевроитом серого цвета. Для отлежений характерны малая льдистость, массивная и тонкошпировая криотекстуры. С глубины 1,6 м до забоя наблюдается повторно-жилистый лед	1,0	12–61 25 (17)	1,5–5,0 2,5 (17)
13/1	68°30' 161°29'		Послепожарный листовничник с сильно разреженным кустарничково-кустарничково-лишайничково-моховый покровом с участием разнотравья	Алевроиты серого, серовато-коричневого цвета, пронизанные сетью нитевидных корешков и детритов, отмечаются пятна ожелезнения в слое сезонного оттаивания и пятна отлеживания в мерзлой толще в интервале 3,5–4,5 м. Ледяная жила в разрезе вскрыта в интервалах 1,10–2,2 м и 7,70–14,5 м	1,0	17–68 46(18)	2,6–11,9 4,5 (22)
19/2	68°46' 161°14'	Низкотеррасовыя	Горельник листовничный. Кустарничково-кустарничково-разнотравная стадия восстановления растительного покрова	Алевроиты серого, темно-серого цвета с прослоями торфа и мелкозернистого песка. С глубиной увеличивается содержание органики в виде корешков и фрагментов растительных остатков. Криотекстура по всему разрезу весьма разнообразна, в верхней части атакситовая, ниже сетчатая, волнистая, к забоям горизонтально-шпировая	0,5	39–237 89 (38)	1,4–28,3 8,5 (35)
3/07	68°38' 161°23'		Кустарничково-кустарничковая растительность с участием злаков и разнотравья	Разрез представлен до глубины 11 м алевроитом серого цвета с прослоями песка мелкозернистого, к забоям сменяется серым песком среднезернистым и грубозернистым с включениями окатанной гальки. На глубине 23,0–23,5 м отмечается слой гальки, хорошо окатанной, размеры 1x2 см. Криотекстура в алевроитах шпировая, сетчатая, в песках массивная	0,8	–	–

Примечание. 1) СТС – слой сезонного оттаивания, приведены однократные измерения мощности СТС (сентябрь 2020 г.); 2) в числителе – предел изменений физических параметров, в знаменателе – среднее значение параметров; в скобках – количество измерений физических параметров, по которым проведено осреднение.

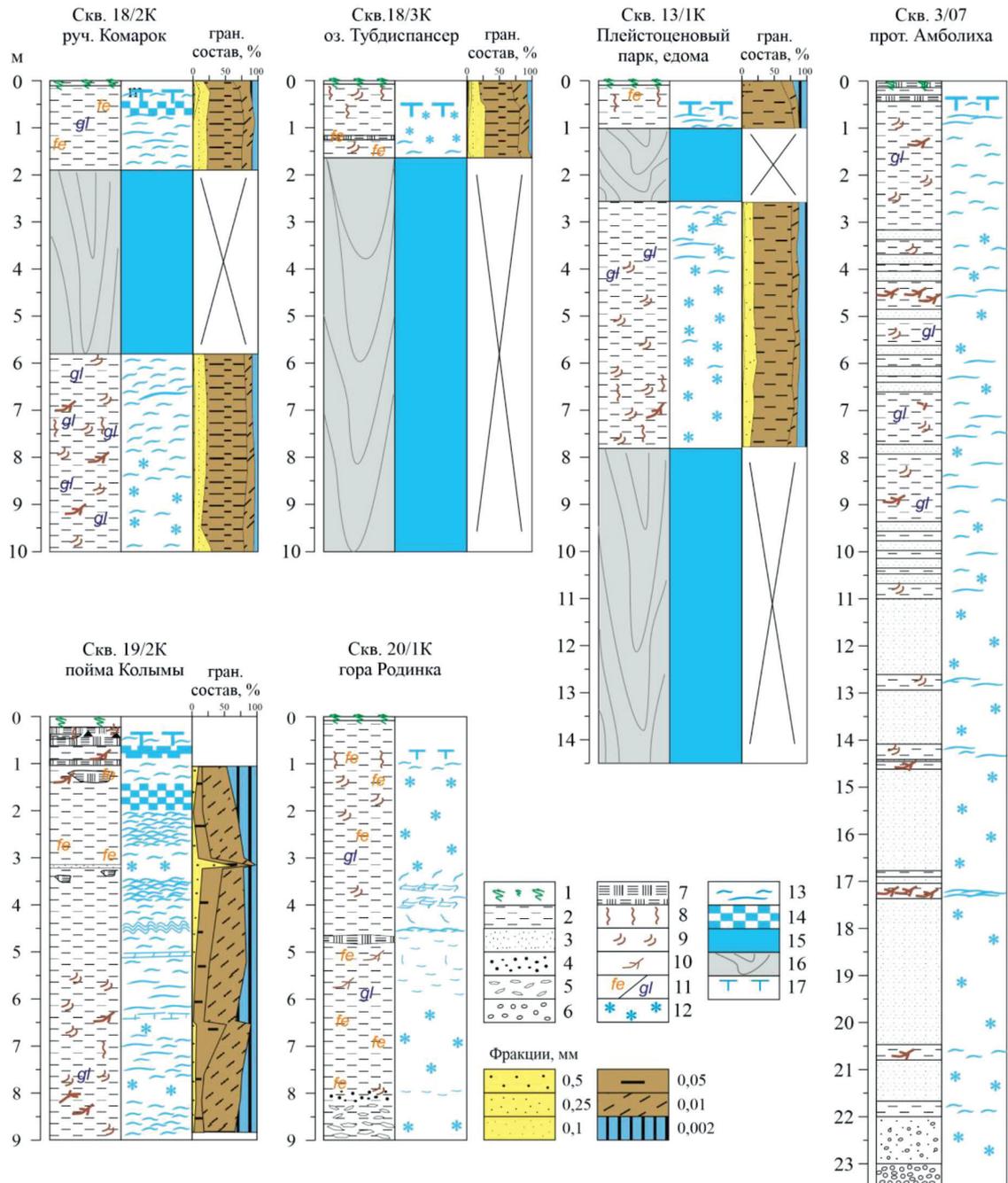


Рис. 3. Криолитологические разрезы и гранулометрический состав отложений на мониторинговых площадках, условные обозначения: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – алевриты; 3 – песок; 4 – дресва; 5 – щебень; 6 – галька; 7 – торф; 8 – нитевидные корешки; 9 – растительные остатки; 10 – древесный детрит; 11 – ожелезнение/оглеение; 12 – массивная криотекстура; 13 – шилровая криотекстура; 14 – атакситовая криотекстура; 15 – лед; 16 – повторно-жильный лед; 17 – граница ММП

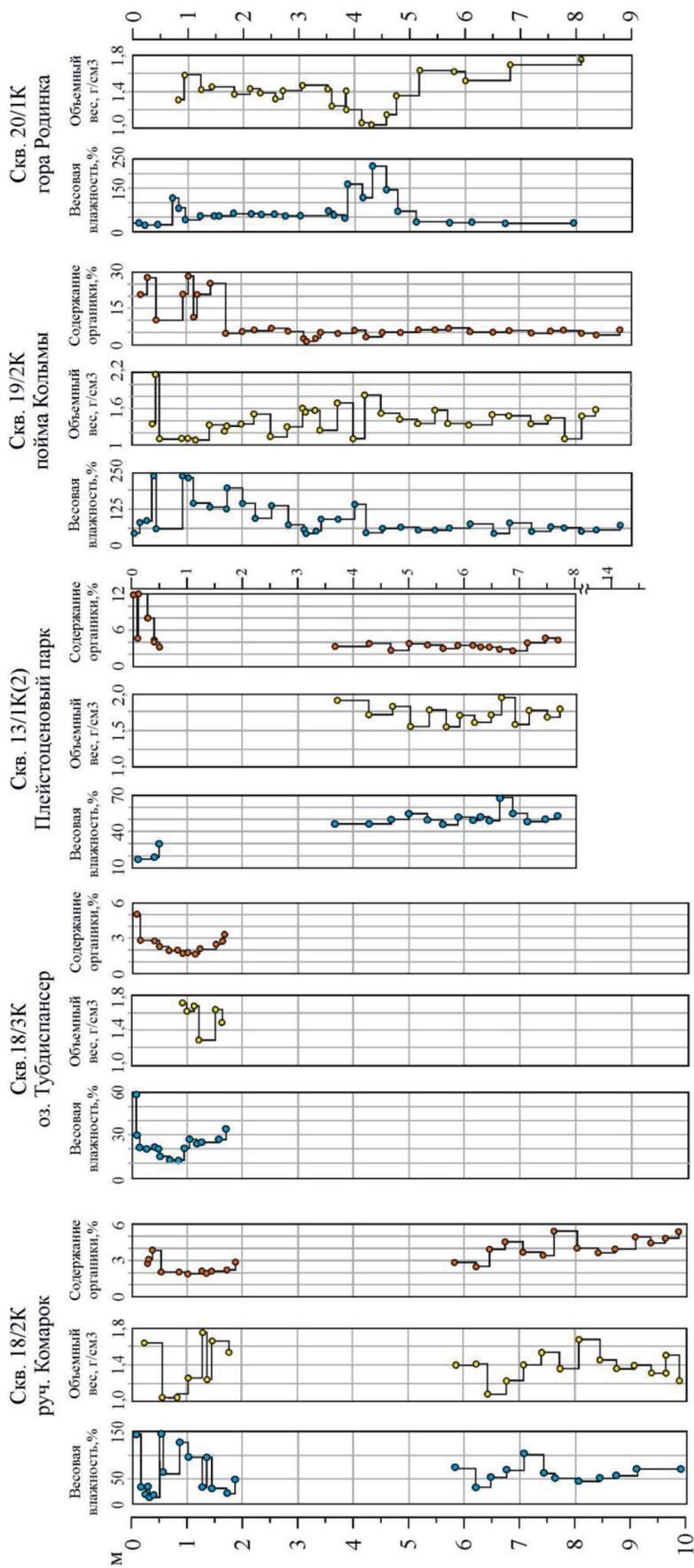


Рис. 4. Показатели весовой влажности, объемного веса и потери органического вещества при прокалывании в отложениях мониторинговых площадок

Температура мерзлых пород. По данным метеостанции Черский, среднегодовая температура воздуха в период с 2013 по 2020 гг. изменялась в пределах от $-7,4^{\circ}\text{C}$ до $-9,9^{\circ}\text{C}$, средне-летняя (июнь – август) – от $10,6^{\circ}\text{C}$ до $12,4^{\circ}\text{C}$, среднезимняя (декабрь – февраль) изменялась в диапазоне от $-27,6^{\circ}\text{C}$ до $-30,6^{\circ}\text{C}$. Годовая амплитуда среднемесячных температур менялась в пределах 43 – 51°C . Переход к отрицательным среднесуточным температурам происходит в конце сентября, а к положительным – в середине мая. Количество атмосферных осадков за наблюдаемый период составило от 211 до 406 мм. Из них на долю снежного покрова приходится от 95 до 206 мм. Снежный покров держится в среднем 225 дней, при этом мощность в разные годы варьирует в пределах 50–60 см, а в отдельные многоснежные зимы может достигать 93 см (в 2018 г.). На мониторинговых площадках мощность слоя сезонного оттаивания изменяется в диапазоне от 0,4 до 1,0 м. В 2017 и 2018 гг. отмечаются повышение среднегодовой температуры воздуха $-7,6^{\circ}\text{C}$ и $-7,4^{\circ}\text{C}$ соответственно и увеличение мощности снежного покрова до 93 см.

Скв. 13/1 выполнена на локальном водоразделе, останце едомной поверхности в заказнике Плейстоценовый парк. Монито-

ринг температур на этой площадке ведется с 2013 г., датчики размещены на глубинах 0,5; 5; 10; 14 м. Среднегодовые температуры в период с 2013 по 2020 гг. на глубине 14 м изменялись в диапазоне от $-4,7^{\circ}\text{C}$ до $-5,9^{\circ}\text{C}$, на глубине 10 м – от $-4,2^{\circ}\text{C}$ до $-5,9^{\circ}\text{C}$, на 5 м – от $-3,7^{\circ}\text{C}$ до $-5,7^{\circ}\text{C}$. Как видно из табл. 3 и рис. 5, в 2017–2018 гг. на глубине 5 м существенно сократилась амплитуда колебания температуры, в эти годы отмечается наиболее высокая среднегодовая температура грунтов: $-3,7^{\circ}\text{C}$ и $-4,0^{\circ}\text{C}$ соответственно.

В скв. 3/07, расположенной на пойме протоки Амболиха, в период с 2013 по 2020 гг. на глубине 21 м среднегодовая температура изменялась в диапазоне от $-5,2^{\circ}\text{C}$ до $-5,9^{\circ}\text{C}$, на глубине 14 м – от $-5,4^{\circ}\text{C}$ до $-6,0^{\circ}\text{C}$. Так же как и на площадке 13/1, в 2017–2018 гг. отмечаются резкое повышение среднегодовых температур грунтов и сокращение амплитуды колебаний на глубине 4 м (рис. 5, табл. 2). Вероятно, столь существенное повышение температур пород связано с многоснежностью зим и повышением среднегодовой температуры воздуха в данные периоды.

Результаты температурных наблюдений мерзлых пород на межальпее, склоне и пойме (скв. 18/2, 18/3 и 19/2) и их сопоставление с данными метеостанции Черский представлены на рис. 6.

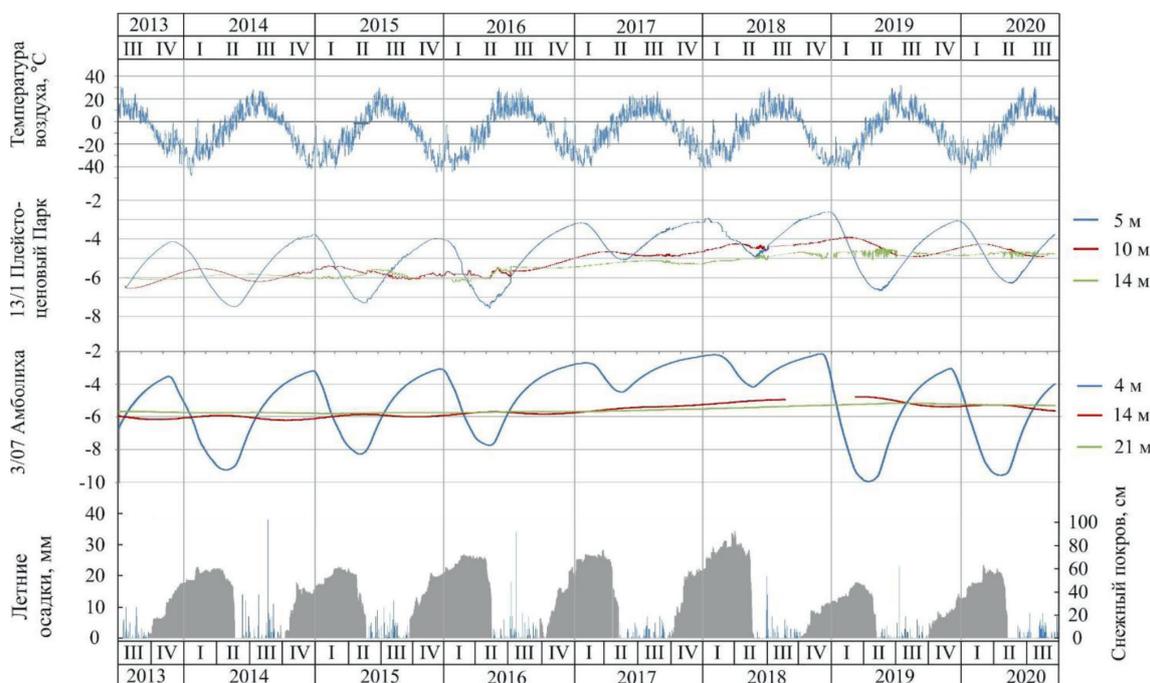


Рис. 5. Сопоставление метеоданных ст. Черский и температур мерзлых пород в скважинах 13/1 и 3/07 за период 2013–2020 гг.

Скважина 18/2 расположена на пологом склоне юго-восточной экспозиции. Среднегодовая температура грунтов на глубине 10 м в 2018–2019 гг. составила $-4,3^{\circ}\text{C}$, а в 2019–2020 гг. $-4,4^{\circ}\text{C}$, амплитуда температур составила $-1,7^{\circ}\text{C}$ и $-1,4^{\circ}\text{C}$ соответственно. На глубине 5 м среднегодовая температура составила в первый год наблюдений $-4,7^{\circ}\text{C}$, во второй $-4,6^{\circ}\text{C}$, на глубине 3 м $-5,1^{\circ}\text{C}$ и $-4,7^{\circ}\text{C}$, на глубине 1,2 м $-5,6^{\circ}\text{C}$ и $-4,7^{\circ}\text{C}$.

В скв. 18/3 на межаласье с возрастом пожара 30 лет зафиксированы самые высокие показатели среднегодовой температуры грунтов на исследуемой территории. На глубине 10 м в 2018–2019 гг. температура составила $-2,0^{\circ}\text{C}$, в 2019–2020 гг. $-2,3^{\circ}\text{C}$, амплитуда $0,5^{\circ}\text{C}$; на глубине 5 м $-2,4^{\circ}\text{C}$ (2018–2019 гг.) и $-2,7^{\circ}\text{C}$ (2019–2020 гг.), на глубине 3 м $-2,6^{\circ}\text{C}$ и $-2,8^{\circ}\text{C}$ соответственно, на глубине 1,2 м $-3,0^{\circ}\text{C}$ и $-3,1^{\circ}\text{C}$ соответственно.

На площадке 19/2 с пожаром 15-летней давности, расположенной на пойме р. Колы-

мы, режимные наблюдения за температурой пород ведутся с 2019 г. Среднегодовая температура отложений на глубине 1 м в конце летнего сезона составляла $-1,0^{\circ}\text{C}$ и в середине сентября начала снижаться до конца февраля, достигнув $-12,5^{\circ}\text{C}$. Температура на глубине 9 м в течение года имела меньшую амплитуду и составила в среднем $-5,0^{\circ}\text{C}$. Такие низкие температуры, вероятно, объясняются особенностью микро-рельефа в виде кочкарника (высотой 0,5 м и более), в котором в начале лета все еще задерживается снежный покров, а после кочкарник затеняет поверхность, защищая от солнечной радиации.

На скв. 20/1 «г. Родинка» было выполнено однократное измерение температуры пород. Мощность слоя сезонного оттаивания на момент бурения составляла 0,8 м. Температура пород на глубине 3 м $-1,8^{\circ}\text{C}$, на глубине 5 м $-2,4^{\circ}\text{C}$, на глубине 7 м $-2,6^{\circ}\text{C}$, и на забое (9 м) зафиксирована температура $-2,5^{\circ}\text{C}$. Мониторинговые работы на данной площадке будут продолжаться.

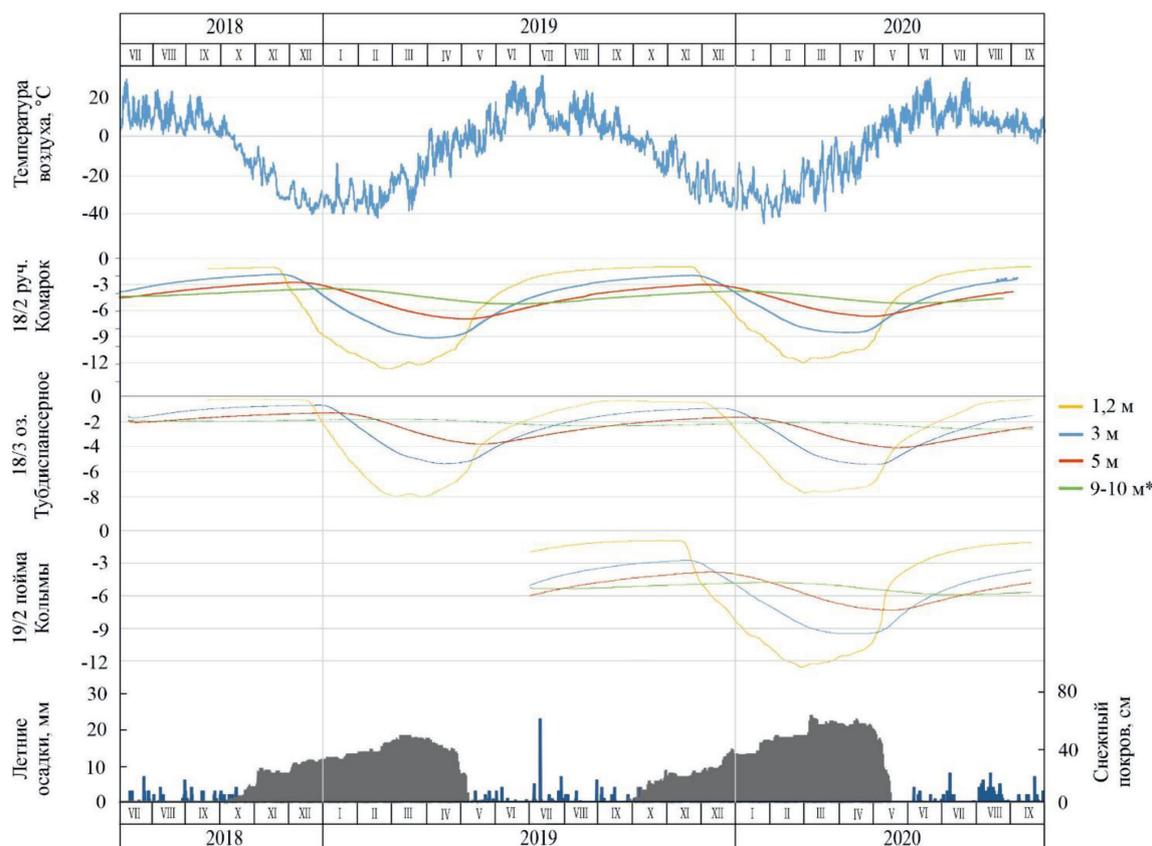


Рис. 6. Сопоставление метеоданных ст. Черский и температуры мерзлых пород по скважинам 18/2, 18/3 и 19/2;

* – датчик на глубине 9 м для скв. 19/2, датчик на глубине 10 м для скв. 18/2 и 18/3

Растительный покров играет существенную роль в процессе тепло-, влагообмена между поверхностью и атмосферой и в значительной степени определяет термический режим пород [10, 11]. В случае лесного пожара в зависимости от типа огневой активности (почвенный, низовой переходящий в верховой) и его интенсивности изменяются тепловой и водный режимы грунтов. Также растительные сукцессии на постпирогенных участках будут развиваться по-разному. Известно, что в первые годы на постпирогенных участках повышается температура воздуха и почвы, увеличивается амплитуда их колебаний, нарушается влажностный режим почв и могут активизироваться негативные криогенные процессы. Вследствие этого на горях создаются условия для интенсивного прогрева почв за счет поглощения солнечной радиации, ее затемненной от углей, золы и сажи поверхностью и сокращается затеняющая способность крон деревьев. Отмечается, что лесные пожары на рассматриваемых постпирогенных участках, подстилаемых ледовым комплексом, не инициировали процесс термокарста. В ходе работ на ключевых участках, несмотря на наличие современных морозобойных трещин на поверхности, термопросадок по полигональной сетке ледового комплекса обнаружено не было. Вероятно, некогда на местах пожарищ растительный покров относительно быстро восстанавливался, формируя более плотный лес, а короткий летний сезон сокращает время проникновения солнечной радиации.

Заключение

На основе выполненных работ установлено, что среднегодовая температура многолетнемерзлых пород на рассматриваемой территории севера Колымской низменности изменяется в широких пределах: от $-2,0^{\circ}\text{C}$ на межлаласье до $-6,0^{\circ}\text{C}$ на пойме.

По результатам исследований выявлено, что самые низкие температуры пород подошвы слоя годовых теплооборотов в диапазоне от $-5,9^{\circ}\text{C}$ до $-6,0^{\circ}\text{C}$ зафиксированы на 2 участках: на пойме протоки Амболиха с ненарушенными условиями и на останце ледового комплекса высотой 6 м с возрастом пожара 120 лет. На склоне южной экспозиции, где пожар произошел 80 лет назад, температуры установились на отметке $-4,1^{\circ}\text{C}$. Самые высокие значения температур отмечаются на участке с относительно недавним (30 лет назад) пожаром на межлаласном типе местности: $-2,0^{\circ}\text{C}$.

Результаты проведенных наблюдений за температурами грунтов показали, что процесс восстановления на нарушенных ключевых участках идет достаточно интенсивно, наблюдается стабилизация мерзлотных условий с каждой стадией сукцессионного развития растительности. Во время полевых работ на свежей гари (площадка 20/1) было отмечено, что восстановление растительного покрова начинается уже через 2 месяца после пожара в виде свежих травяных пучков в нижнем ярусе. Стабилизация температурного режима пород в некотором отношении зависит от степени зарастания гари. В ходе сукцессионного времени через 15–25 лет после пожара происходит стабилизация нарушенных условий.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00990 А.

Список литературы / References

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды РС(Я). Министерство экологии, природопользования и лесного хозяйства. [Электронный ресурс]. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/gosdoklady-o-sostojanii-okruzhajuschej-sredy> (дата обращения: 02.08.2021).
2. Governmental report on the state of environment Republic of Sakha (Yakutia). Ministerstvo ekologii, prirodnopol'zovaniya i lesnogo khozyaystva. [Electronic resource]. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/gosdoklady-o-sostojanii-okruzhajuschej-sredy> (date of access: 02.08.2021) (in Russian).
3. Лыткина Л.П. Послепожарная динамика лесорастительных условий в лиственничных лесах Центральной Якутии // География и природные ресурсы. 2008. № 2. С. 181–185.
4. Lytkina L.P. Post-fire dynamics of forest growth conditions in larch forests of central Yakutia // Geografiya i prirodnyye resursy. 2008. № 2. P. 181–185 (in Russian).
5. Чевычелов А.П. Лесные пожары в Якутии и их влияние на почвенный покров в аспекте прогнозируемого изменения климата // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2019. № 1 (13). С. 55–67.
6. Chevychelov A. P. Forest fires in yakutia and their impact on soil cover in terms of predicted climate change // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Seriya: Nauki o Zemle. 2019. № 1 (13). P. 55–67 (in Russian).
7. Alexander H.D., Natali S.M., Loranty M.M., Ludwig S., Spektor V.V., Davydov S.P., Zimov N.S., Mack M.C. Impacts of increased soil burn severity on larch forest regeneration on permafrost soils in far northeastern Siberia. Forest Ecology and Management. 2018. Vol. 417. P. 144–153. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.03.008.
8. Варламов С.П., Скрябин П.Н. Постпирогенная динамика гидротермического состояния грунтов криолитозоны Якутии // Успехи современного естествознания. 2016. № 5. С. 105–110.
9. Varlamov S.P., Skryabin P.N. Post-fire changes in the hydrothermal state of permafrost in Yakutia // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. № 5. P. 105–110 (in Russian).
10. Скрябин П.Н., Варламов С.П. Термический режим грунтов нарушенных ландшафтов Центральной Якутии // Криосфера Земли. 2013. Т. 17. № 3. С. 44–49.
11. Skryabin P.N., Varlamov S.P. Ground thermal regime in disturbed landscapes of Central Yakutia // Kriosfera Zemli. 2013. Vol. 17. № 3. P. 44–49 (in Russian).

7. Федоров А.Н., Мачимура Т., Герасимов Е.Ю., Петров М.И., Константинов П.Я., Ивахана Г., Кушида К., Такакай Ф., Десяткин А.Р., Сайто Х., Хаясака Х., Фукуда М. Влияние пожаров на мерзлотные ландшафты в Центральной Якутии // Наука и образование. 2008. № 4. С. 64–67.

Fedorov A.N., Machimura T., Gerasimov E.Yu., Petrov M.I., Konstantinov P.Ya., Iwahana G., Kushida K., Takakai F., Desyatkin A.R., Saito H., Hayasako H., Fukuda M. Vliyaniye pozharov na merzlotnie landshafti v Centralnoi Yakutii // Nauka i obrazovanie. 2008. № 4. P. 64–67 (in Russian).

8. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2019. 20 с.

9. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с.

10. Федоров-Давыдов Д.Г., Давыдов С.П., Давыдова А.И., Шмелев Д.Г., Остроумов В.Е., Холодов А.Л., Сороковиков В.А. Термическое состояние почв Северной Якутии // Криосфера Земли. 2018. Т. XXII. № 3. С. 52–66.

Fedoryov-Davydov D.G., Davydov S.P., Davydova A.I., Shmelev D.G., Ostroymov V.E., Kholodov A.L., Sorokovikov V.A. The thermal state of soils in Northern Yakutia // Kriosfera Zemli. 2018. Vol. XXII. № 3. P. 52–66 (in Russian).

11. Федоров-Давыдов Д.Г., Давыдов С.П., Давыдова А.И., Остроумов В.Е., Холодов А.Л., Сороковиков В.А., Шмелев Д.Г. Температурный режим почв Северной Якутии // Криосфера Земли. 2018. Т. XXII. № 4. С. 15–24.

Fedoryov-Davydov D.G., Davydov S.P., Davydova A.I., Ostroymov V.E., Kholodov A.L., Sorokovikov V.A., Shmelev D.G. The temperature regime of soils in Northern Yakutia // Kriosfera Zemli. 2018. Vol. XXII. № 4. P. 15–24 (in Russian).

УДК 911:338.48

**ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ КАК ОСНОВНЫЕ
ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЕ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ****Волкова Т.А., Беликов М.Ю.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар, e-mail: mist-next4@inbox.ru*

Региональный туристско-рекреационный комплекс Краснодарского края занимает одно из важнейших мест в структуре туристско-рекреационного комплекса России. Исследование динамики и особенностей его эволюции и функционирования становится особенно актуальным в современных условиях активного развития внутреннего туризма. В пределах Краснодарского края выделяются несколько туристско-рекреационных зон, среди которых побережья морей являются лидерами по количественным и качественным показателям. Целями исследования представляются актуализация сведений о современных особенностях развития туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края и определение роли каждого из морских побережий в пределах региона. Исследование проводилось с применением системного подхода и с использованием общегеографических методов на основе статистических данных, научных статей. В рамках работы был проведен обзор природных и культурно-исторических туристско-рекреационных ресурсов территории, сопоставлены количественные и качественные характеристики средств размещения. В силу физико-географических факторов, исторически сложившихся особенностей развития и особенностей территориального освоения территорию можно разделить на две туристско-рекреационные зоны: Черноморское побережье Краснодарского края и Азовское побережье Краснодарского края. Природные ресурсы и ландшафтные особенности в пределах исследуемых территорий разнообразны, культурно-исторический потенциал обладает разной спецификой, количественные и качественные характеристики средств размещения также различаются, вследствие чего разделение на две туристско-рекреационные зоны целесообразно и аргументированно. Согласно статистическим данным и особенностям развития, именно туристско-рекреационная зона Черноморского побережья играет ведущую роль в современном туристско-рекреационном комплексе Краснодарского края. На сегодняшний день туристская зона Азовского побережья Краснодарского края значительно отстает по количественным и качественным характеристикам развития туризма.

Ключевые слова: побережье, туризм, туристско-рекреационный комплекс, Краснодарский край, туристско-рекреационные ресурсы, средства размещения, Черное море, Азовское море

**THE COAST OF THE BLACK AND THE SEA OF AZOV AS THE MAIN TOURIST
AND RECREATION ZONES OF THE KRASNODAR REGION****Volkova T.A., Belikov M.Yu.***Kuban State University, Krasnodar, e-mail: mist-next4@inbox.ru*

The regional tourist and recreational complex of the Krasnodar region occupies one of the most important places in the structure of the tourist and recreational complex of Russia. The study of the dynamics and features of its evolution and functioning becomes especially relevant in modern conditions of active development of domestic tourism. Within the Krasnodar region, there are several tourist and recreational zones, among which the seashores are leaders in terms of quantitative and qualitative indicators. The aim of the study is to update information about the modern features of the development of the tourist and recreational complex of the Krasnodar region and to determine the role of each of the sea coasts within the region. The research was carried out using a systematic approach and using general geographic methods based on statistical data and scientific articles. As part of the study, a review of the natural and cultural-historical tourist-recreational resources of the territory was carried out, the quantitative and qualitative characteristics of accommodation facilities were compared. Due to physical and geographical factors, historically developed features of development and features of territorial development, the territory can be divided into two tourist and recreational zones: the Black Sea coast of the Krasnodar region and the Azov coast of the Krasnodar region. Natural resources and landscape features within the studied territories are diverse, the cultural and historical potential has different specifics, the quantitative and qualitative characteristics of accommodation facilities also differ, as a result of which the division into two tourist and recreational zones is expedient and reasoned. According to statistical data and development peculiarities, it is the tourist and recreational zone of the Black Sea coast that plays a leading role in the modern tourist and recreational complex of the Krasnodar region. Today, the tourist zone of the Azov coast of the Krasnodar region lags far behind in terms of quantitative and qualitative characteristics of tourism development.

Keywords: coast, tourism, tourist and recreational complex, Krasnodar region, tourist and recreational resources, accommodation facilities, Black Sea, Sea of Azov

Краснодарский край является одним из лидеров развития туристической отрасли в стране, следовательно, его санаторно-курортный и туристский комплекс – один из крупнейших в РФ [1]. Даже в условиях пандемии коронавируса в 2020 г. Краснодарский край принял 11,5 млн туристов. В основном туристы приезжают в край из разных регионов страны, чаще всего

из Ростовской, Московской, Ленинградской, Воронежской и Челябинской областей. Значительная доля туристов, посещающих территорию Краснодарского края, приезжают с целью пляжно-купального отдыха на морских побережьях региона, и именно Азово-Черноморское побережье является основной зоной притяжения гостей края.

Азово-Черноморское побережье протянулось по территории 10 муниципальных образований края, многие из которых характеризуются ярко выраженной туристской специализацией. Азово-Черноморское побережье служит приморской контактной зоной, граница которой с суши пролегает по административной границе прибрежных районов и курортных городов. В силу этого Азово-Черноморское побережье представляет собой не просто узкую полосу суши, непосредственно прилегающую к морю, ее ширина меняется в рамках 10–50 км. Большая часть участков побережий – уникальные прибрежные ландшафты, пляжи, лиманы, косы и дюны, что делает их довольно чувствительными к внешним воздействиям как природного, так и антропогенного характера.

С экономико-географической точки зрения прибрежный район состоит из значительного количества различных производств – начиная с развития портовой инфраструктуры, добычи и переработки рыбы (морепродуктов), развития туризма, строительства судов различного назначения и их ремонта и заканчивая аквакультурой, различными отраслями добывающей (нефть, газ и т.д.) и обрабатывающей промышленности. На побережье Черного и Азовского морей развиты такие отрасли, как сельское хозяйство, туризм и портовое хозяйство, оно также является интенсивно развивающимся регионом. Морские побережья имеют большое значение в территориальной структуре организации хозяйства как региона, так и всей страны. Отличительной чертой Азово-Черноморского побережья служит неоднородность его территории в физико-географическом отношении (часть побережья представляет собой равнину, а на другой расположились горные массивы и хребты) и в экономико-географическом отношении. В экономико-географическом отношении специализация хозяйственной деятельности прибрежных районов различна. Так, несмотря на развитость на побережье различных отраслей промышленности, в структуре территориальной организации экономики страны ее удельный вес уступает значению туризма, рекреации и транспортной отрасли на Черноморском побережье, а также значению сельского хозяйства на Азовском побережье. Неоднородность Азово-Черноморского побережья заключается в резком разделении природных, экономических и социальных условий, которые считаются ключевыми факторами расселения на территории.

Развитие туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края характеризуется территориальной неравномерностью. Территория морских побережий лидирует по количеству принимаемых туристов. Целями исследования были актуализация сведений о современных особенностях развития туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края и определение роли каждого из морских побережий в пределах региона.

Материалы и методы исследования

Базой исследования послужили статистические данные, научные статьи, материалы научно-практических конференций, данные периодической печати и электронных СМИ. Анализ проводился с применением системного подхода и с использованием общегеографических методов.

Результаты исследования и их обсуждение

Черноморское побережье обладает наибольшим рекреационным потенциалом, это во многом связано с его географическим положением. Черноморское побережье в пределах Краснодарского края включает в себя прибрежную полосу в Краснодарском крае от г. Адлера до Таманского полуострова. Краснодарское Причерноморье благодаря теплоте моря, благодатному климату, наличию лечебных грязей, различных минеральных вод, а также уникальному приморскому и горному ландшафту представляется, пожалуй, самым популярным курортным регионом РФ для отдыха, лечения и туризма. Ландшафтная структура Причерноморья разнообразна. Основным оздоровительным водным ресурсом Причерноморья является, конечно, Черное море. По всему побережью имеются минеральные источники, большинство из них – это запасы Сочи-Адлерского артезианского бассейна минеральных вод, наиболее известные из них – сульфидно-хлоридно-натриевые воды Мацесты. Также широко используются йодобромные (на курортах Кудепсты), сероводородные, углекислые и минеральные воды со фтором. В Анапе имеются скважины азотно-метановых вод с йодом и бором в своем составе. В северной части Черноморского побережья находятся большие запасы лечебных грязей.

На Черноморском побережье можно выделить несколько видов пляжей: галечные, гравийно-галечные, песчаные, пустые, ракушечные. Ширина пляжей Черноморского побережья в среднем составляет от 5 до 7 м, на вогнутых участках эта величина может до-

стигать больших размеров. Стоит отметить, что все удобные пляжи Черноморского побережья принадлежат известным на всю страну курортам (например, Адлер, Лазаревское, Геленджик, Дивноморск, Кабардинка, Небуг, Абрау, и т.д.). Между этими рекреационными центрами находится большое количество диких пляжей. Пляжи Черного моря имеют большой потенциал для развития курортной, оздоровительной, развлекательной и иной деятельности и весьма популярны как среди отечественных, так и среди зарубежных туристов. Несмотря на положительный имидж данных побережий, существует и ряд проблем, связанных с развитием пляжно-купального потенциала местности. Среди них можно выделить: преобладание неблагоустроенных, диких пляжей над организованными пляжными зонами; небольшая по ширине береговая линия; загрязненность.

Культурно-исторический потенциал Причерноморья крайне богат и разнообразен и предоставляет широкие возможности для организации и развития познавательного туризма. Он представлен в основном археологическими памятниками вблизи г. Туапсе и г. Анапа, оборонительными сооружениями коренных народов, руинами турецких крепостей и древнегреческих колоний, древними городищами, курганами, дольменами, образцами архитектуры курортных зданий различных стилей и памятными местами, которые связаны с пребыванием деятелей культуры. Имеется немало исторических памятников времен ВОВ, особенно в городе-герое Новороссийске. Здесь находится известнейший завод «Абрау-Дюрсо», который занимается производством игристых вин.

Причерноморье включает в себя курортные зоны, сформированные вокруг городов-курортов федерального значения – Анапы, Геленджика и Сочи, а также курортов регионального значения – курортов Туапсинского района [2]. Каждый из этих городов является центром притяжения туристов, ориентированных на отдых.

В Причерноморье развиты и популярны различные туристские и экскурсионные маршруты (их всего 150 на Азово-Черноморском побережье), в том числе в Кавказский биосферный заповедник, Национальный парк, горные районы Западного Кавказа. Однако, несмотря на широкий ассортимент туристских услуг, традиционно наиболее популярен у туристов пляжный туризм, что доказывают и опросы туристов – 70% россиян в 2021 г. определяют целью своей

поездки пляжный отдых. Это подтверждает и статистика размещения в коллективных средствах размещения. Основными целями посещения территории Краснодарского края, согласно данным Росстата, являются отпуск, досуг и отдых.

В целях увеличения турпотока, повышения качества услуг, а также предоставления оптимальных услуг лучшего качества на территории Краснодарского края активно проходит работа по классификации пляжей. В частности, в настоящее время на территории Причерноморья проклассифицировано более 70 пляжных зон, вместе с тем лишь в Сочи функционирует чуть более 130 пляжей, число которых постоянно растет.

Инфраструктура Черноморского побережья имеет довольно развитую рекреационную сеть. На всей территории есть хорошие автомобильные дороги, которые не всегда могут справиться с большим потоком туристов в летнее время. Вдоль всего побережья проходит железнодорожное сообщение с г. Москвой, г. Санкт-Петербургом и другими городами России. Также развито воздушное, водное сообщение.

В пределах Причерноморья отмечается самая высокая в РФ плотность инфраструктуры туризма и отдыха, что подтверждают число коллективных средств размещения, число мест в них, доходы, получаемые от предоставляемых услуг, а также наличие на территории трех курортов федерального значения и одного регионального. Индустрия гостеприимства очень разнообразна. В рассматриваемой прибрежной зоне существуют и отдельные гостиницы, и гостиницы, которые входят в крупные международные сети (Hilton Hotels and Resorts, Marroitt International и др.). Специализированные средства размещения отличаются большим разнообразием: пансионаты, санатории, детские лагеря, базы отдыха. Курорты располагают большим количеством ресторанов, столовых, кафе, баров, бистро и т.д. [3].

Протяженность Приазовья составляет 550 км, включая зону в 230 км, которая подвержена значительной абразии, обвалам и оползням. Море здесь хорошо прогревается, климат благоприятный, а также присутствуют различные минеральные ресурсы (лечебные грязи и минеральные воды), что и предопределяет специализацию района на пляжной, лечебной и спортивно-оздоровительной деятельности. Что касается природных факторов, то Азовское море наиболее благоприятно для организации курортной деятельности.

Северная часть территории – холмистая, изрезана реками и балками, а на юге постепенно переходит в плоскую равнину. Берега Азовского моря, образованные дельтой р. Кубань, – ровные, а ближе к северу – расчлененные. На территории расположены наиболее крупные Бейсугский и Ейский лиманы, разделенные Ейским полуостровом. Побережье Азовского моря характеризуется наличием песчаных кос – Ейской, Долгой, Камышеватской [4].

На Азовском побережье к морю тесно подступают степи с песчано-ракушечными пляжами и пологими берегами. Также имеются невысокие, но обрывистые берега, а береговая линия в целом создает плавные изгибы. Большинство пляжей мелкопесчаные, пологие, частично мелководные. Они идеально подходят для отдыха с детьми, однако из-за наличия ила в Азовском море многие туристы предпочитают отдых на Черноморском побережье. Также пляжи Азовского побережья отличаются своей пляжной инфраструктурой, на сегодняшний день классифицировано всего 3 пляжа, тогда как на Черноморском побережье классифицировано 72. Причиной такой ситуации являются исторически сложившиеся особенности освоения территорий – освоение в первую очередь более доступных районов. Помимо этого, свою роль сыграли специфические климатические условия Причерноморья, а также его большая привлекательность и разнообразие ландшафтов по сравнению с Азовским побережьем. Стоит отметить, что культурно-исторический потенциал на Азовском побережье значительно уступает природно-рекреационным ресурсам территории, которые и определили специализацию района на пляжно-купальном и лечебно-оздоровительном отдыхе. Освоение богатых природных и культурно-познавательных рекреационных ресурсов района представляет важный социально-экономический интерес.

Побережье имеет достаточно развитую инфраструктуру, которую составляют автомобильные и железнодорожные дороги, морские (Кавказ, Тамань, Темрюк) и речные порты (Ростов-на-Дону); авиационный транспорт представлен ближайшими аэропортами (Витязево, Керчь, Платов). Особо важное место занимает гостиничная индустрия, которая приносит значительный доход региону, а также предоставляет множество рабочих мест. Гостиничная индустрия данной территории развита недостаточно, в основном это небольшие частные гостиницы уровня 2–3 звезды. Многие туристы предпо-

читают неорганизованный отдых, для этого по всей территории побережья создаются места для кемпинга. Местные пляжи отличаются по своей инфраструктуре, чистоте и малолюдности, а лучшие из них расположены в станице Голубицкой, станице Должанской, поселках Кучугуры и Пересыпь.

Краснодарский край является одним из лидеров по количеству средств размещения [5]. Однако преимущественно они располагаются на Черноморском побережье, что указывает на неравномерное развитие гостиничной индустрии края. Тем не менее, наличием туристско-рекреационного потенциала, который можно использовать в туристской и гостиничной отрасли, характеризуется каждый регион края. Основные показатели деятельности коллективных средств размещения представлены в табл. 1.

Динамика туристского потока курортов Черноморского побережья превышает туристский поток Азовского побережья. Средняя заполняемость средств размещения Черноморского побережья на 2020 г. составляла 77,63 %, Азовского побережья – 70,85 %.

Согласно статистическим данным, количество КСР значительно уменьшилось в 2019 г. (относительно 2018 г.), а именно на 124 ед. Кроме того, сократилось и количество мест – на 1,9 тыс., но стоит отметить, что часть номерного фонда увеличилась на 900 ед. Давая характеристику численности размещенных лиц, следует отметить положительную динамику, замеченную в 2019 г.: относительно 2018 г. показатель вырос на 247,6 тыс. человек.

Также следует заметить, что гостиничное хозяйство побережья Краснодарского края развито неравномерно. Отели высокого уровня (4 и 5 звезд) располагаются преимущественно в городах Сочи, Туапсе, Анапа, Геленджик [6]. С 1 июля 2019 г. классификация по звездности была обязательна для отелей, которые имеют более 50 номеров, с 1 января 2020 г. – для гостиниц с номерным фондом более 15, а с 1 января 2021 г. она необходима для всех отелей. Классификация имеет большое значение как для гостей, так и для всей гостиничной индустрии в целом. Она унифицирует требования для отелей, количество и качество оказываемых услуг, которые, в свою очередь, являются важным критерием при выборе места размещения туристов. Опираясь на статистические данные, можно сказать, что самый многочисленный класс гостиниц на побережье Краснодарского края – это отели «без звезд» (65%). На втором месте – отели «3 звезды», на третьем – «2 звезды».

Самой малочисленной категорией являются гостиницы «4 звезды» и «5 звезд».

Гостиничная индустрия побережья Азовского моря в большинстве случаев получила свое развитие на территории Краснодарского края, а именно – Темрюкского, Славянского, Приморско-Ахтарского, Щербиновского и Ейского административных районов. Количество туристов, которые отдыхают на побережье Азовского моря, ежегодно превышает 2,5 млн человек. Чаще всего отдыхающие выбирают Темрюкский и Ейский районы [7]. Самыми благополучными территориями, характеризующимися наличием условий для полного удовлетворения потребностей туристов в средствах

размещения, являются Темрюкский, Приморско-Ахтарский и Ейский районы. Средняя заполняемость гостиниц в сезон – 72 %, а баз отдыха – 74 %.

Наличие природных рекреационных ресурсов, а также историческое развитие на территории рекреации и курортной инфраструктуры оказывают сильное влияние на структуру экономики прибрежных муниципальных районов. Так, общее количество средств размещения в прибрежных районах составляет почти 90 % от всех средств размещения Краснодарского края. Это говорит о значимости индустрии туризма, отдыха и рекреации для прибрежных районов (табл. 2).

Таблица 1

Основные показатели деятельности коллективных средств (КСР) размещения в 2019 г.

	Число КСР	Число мест – всего (единиц)	Доходы от предоставляемых услуг, млн рублей
г. Анапа	918	97723	16 367,6
г. Геленджик	905	56108	8383,6
г. Новороссийск	97	9873	1528,8
г. Сочи	2194	179274	54 915,4
Ейский	74	8154	671,2
Приморско-Ахтарский	30	847	26,7
Славянский	29	1025	88,8
Темрюкский	317	16466	660,5
Туапсинский	336	49142	5995,1
Щербиновский	3	337	5,1

Таблица 2

Общие сведения о средствах размещения, подлежащих классификации и прошедших классификацию, на январь 2021 г.

МО Краснодарского края	Общее количество СР, подлежащих классификации на территории МО			Общее количество проклассифицированных СР	Количество объектов					
	Более 50 номеров	Более 15 и до 50 номеров	От 15 номеров		5*	4*	3*	2*	1*	Без звезд
Анапа	184	456	414	569	3	27	128	66	26	319
Геленджик	95	626	2186	568	4	14	76	49	12	413
Ейский район	15	28	47	53	–	–	3	14	2	34
Новороссийск	23	42	56	77	–	4	8	13	2	50
Приморско-Ахтарский район	0	0	27	7	–	–	1	2	–	4
Славянский район	0	1	13	9	–	1	2	–	–	6
Сочи	241	962	1296	1559	26	81	226	152	76	998
Темрюкский район	14	70	64	148	–	2	7	8	8	123
Туапсинский район	101	203	179	268	1	7	34	23	7	196
Щербиновский район	0	2	0	2	–	–	–	–	–	2
ИТОГО	673	2390	4282	3260	34	136	485	327	133	2145
ВСЕГО ПО КРАЮ	722	2639	4744	3749	38	169	580	359	141	2462

Заключение

Туристско-рекреационный, а также санаторно-курортный комплекс Азово-Черноморского побережья Краснодарского края является одним из ведущих и ключевых как в региональном туристском комплексе, так и в России. Для него характерна территориальная неравномерность развития. В частности, курортные зоны Причерноморья в силу известности (наиболее популярны Анапа, Геленджик и Сочи), наличия инфраструктуры представляют больший интерес для отдыхающих в сравнении с курортными зонами Приазовья. Большая часть туристов приезжают в Краснодарский край с целью пляжного отдыха или его сочетания с другими видами туризма: лечебного, оздоровительного и т.д.

В экономико-географическом и туристско-рекреационном отношении Азово-Черноморское побережье в пределах Краснодарского края целесообразно разделить на две туристско-рекреационные зоны: Черноморское побережье (Причерноморье) и Азовское побережье (Приазовье). Каждая зона уникальна и обладает богатейшим рекреационным потенциалом. Побережье Черного моря наиболее развито с туристической точки зрения, здесь сконцентрирована большая часть средств размещения, расположенных на территории Краснодарского края, представлено большое количество видов досуга, отлично развита инфраструктура. Благодаря этому именно данная зона на сегодняшний день является главным центром пляжно-купального отдыха. Побережье Азовского моря в пределах Краснодарского края, хотя и уступает Черноморскому побережью региона, но тоже отличается значительными туристско-рекреационными ресурсами, развитой рекреационной сетью, большим количеством средств размещения и широкой туристической специализацией. Но гостиничное хозяйство данного района на сегодняшний день не имеет единой организационной системы. Поэтому гостиничная индустрия Азовского побережья пока не может предоставлять услуги международного уровня, а также она меньше, нежели Черноморское побережье, влияет на формирование туристских потоков.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края, 19-45-230004 «Изучение закономерностей формирования и динамики геосистем крупных морских аккумулятивных форм берегов Краснодарского края».

Список литературы / References

1. Ходыкина М.Ф., Карпова Ю.И., Романова И.А. Туристско-рекреационный комплекс Краснодарского края: основные факторы, тенденции и прогнозы развития // Туристско-рекреационный комплекс в системе регионального развития. 2019. С. 185–189.

Hodykina M.F., Karpova Ju.I., Romanova I.A. Tourist and recreational complex of the Krasnodar Territory: main factors, trends and development forecasts // Turistsko-rekreacionnyj kompleks v sisteme regional'nogo razvitiija. 2019. P. 185–189 (in Russian).

2. Мищенко Т.А. Ретроспективный аспект формирования отраслевой структуры рекреационного комплекса Краснодарского края // Историческая география: теория, методы и инновации. 2007. С. 298–302.

Mishhenko T.A. A retrospective aspect of the formation of the sectoral structure of the recreational complex of the Krasnodar region // Istoricheskaja geografija: teorija, metody i innovacii. 2007. P. 298–302 (in Russian).

3. Миненкова В.В. Региональная специфика развития гостиничной индустрии субъектов Северного Кавказа // География и туризм. 2020. № 1. С. 52–57.

Minenkova V.V. Regional specifics of the development of the hotel industry in the constituent entities of the North Caucasus // Geografija i turizm. 2020. № 1. P. 52–57 (in Russian).

4. Волкова Т.А., Мищенко А.А. Коса Долгая в структуре хозяйственного потенциала ТРК Ейского района Краснодарского края // Естественные и технические науки. 2016. № 12 (102). С. 132–149.

Volkova T.A., Mishhenko A.A. Dolgaya Spit in the structure of the economic potential of the shopping and entertainment complex of the Yeisk district of the Krasnodar region // Estestvennyye i tehicheskie nauki. 2016. № 12 (102). P. 132–149 (in Russian).

5. Пожидаева В.В., Ходыкина М.Ф. Индустрия гостеприимства Краснодарского края: проблемы, перспективы и тенденции развития // Туристско-рекреационный комплекс в системе регионального развития. 2018. С. 199–202.

Pozhidaeva V.V., Hodykina M.F. The hospitality industry of the Krasnodar Territory: problems, prospects and development trends // Turistsko-rekreacionnyj kompleks v sisteme regional'nogo razvitiija. 2018. P. 199–202 (in Russian).

6. Сажнев Е.В., Карпова Ю.И. Ресурсы развития пляжного туризма в Краснодарском крае // Технологический форум 2.0. 2016. С. 265–269.

Sazhnev E.V., Karpova Ju.I. Resources for the development of beach tourism in the Krasnodar region // Tehnologicheskij forsjat 2.0. 2016. P. 265–269 (in Russian).

7. Ивлиева О.В., Кушнир К.В. Современное состояние средств размещения туристов на российском побережье Азовского моря // Географический вестник. 2017. № 3 (42). С. 116–125.

Ivlieva O.V., Kushnir K.V. The current state of tourist accommodation facilities on the Russian coast of the Azov Sea // Geograficheskij vestnik. 2017. № 3 (42). P. 116–125 (in Russian).

УДК 911.8

**О ПРУДАХ КАК ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ И ПРИЗНАНИИ ПРАВ
СОБСТВЕННОСТИ НА НИХ****Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Мутыгуллина Ю.В.,
Бортникова Н.В., Семанов Д.А., Рыков Р.А.***Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, e-mail: agorshkova@gmail.com*

Все водные объекты, расположенные на территории России, формируют ее водный фонд и являются федеральной собственностью. Исключение составляют пруды, которые могут находиться как в федеральной, муниципальной, так и в частной собственности. Земельный участок с расположенным на нем прудом является особым объектом имущественных отношений. Землю, а вместе с ней и пруд, можно арендовать, приватизировать, дарить, купить, продать и пр. Чиновникам всех рангов, в той или иной мере сталкивающимся с установлением статуса пруда, определением его собственника, выдачей разрешительных документов на право пользования водоемом, известен гидрологический термин «пруд», но далеко не все могут правильно истолковать его с юридической точки зрения. Действующий ГОСТ 19179-73 «Гидрология суши. Термины и определения» раскрывает понятие термина «пруд», но не отражает права собственности на данный водный объект. На территории Республики Татарстан построено 1328 прудов, в том числе 4 крупных водохранилища. Суммарная площадь водного зеркала всех прудов составила 8122 га, что занимает около 0,12% территории региона. Большое количество прудов предоставлено в долгосрочную аренду (находится в частной собственности), что вызывает особый интерес с практической точки зрения и часто ведет к возникновению неизбежных споров и конфликтов различного рода. Основой споров являются противоречия, вызванные отсутствием единого подхода в решении вопросов о правовом статусе прудов и свободном доступе граждан к водным объектам. Эти вопросы часто решаются в ходе судебных разбирательств.

Ключевые слова: водные объекты, пруды Республики Татарстан, Водный кодекс Российской Федерации, право собственности

**ABOUT PONDS AS WATER BODIES, AND THE RECOGNITION
OF OWNERSHIP RIGHTS TO THEM****Gorshkova A.T., Urbanova O.N., Mutygullina Y.V.,
Bortnikova N.V., Semanov D.A., Rykov R.A.***Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences,
Kazan, e-mail: agorshkova@gmail.com*

All water bodies located on the territory of Russia form its water fund and are federal property. The exception is ponds, which can be both in federal, municipal, and private ownership. A land plot with a pond located on it is a special object of property relations. The land, and with it the pond, can be rented, privatized, donated, bought, sold, etc. Officials of all ranks, who are more or less faced with establishing the status of a pond, determining its owner, issuing permits for the right to use the reservoir, know the hydrological term «pond», but not everyone can correctly interpret it from a legal point of view. The current GOST 19179-73 «Land hydrology. Terms and definitions» reveals the concept of the term «pond», but does not reflect the ownership of this water body. 1328 ponds, including 4 large reservoirs, have been built on the territory of the Republic of Tatarstan. The total area of the water mirror of all ponds was 8122 hectares, which occupies about 0.12% of the region's territory. A large number of ponds are provided for long-term lease (privately owned), which is of particular interest from a practical point of view and often leads to inevitable disputes and conflicts of various kinds. The basis of the disputes are contradictions caused by the lack of a unified approach to resolving issues of the legal status of ponds and free access of citizens to water bodies. These issues are often resolved during court proceedings.

Keywords: water bodies, ponds of the Republic of Tatarstan, Water Code of the Russian Federation, property right

В Водном кодексе Российской Федерации № 74-ФЗ от 03.06.2006 (ред. от 02.07.2021) (ВК РФ) все природные и искусственные водоемы, водотоки, озера, родники, болота, имеющие характерные признаки водного режима, объединены общим понятием «водные объекты» [1]. Это основное понятие находится на стыке гидрологии и юриспруденции, так как с правовой точки зрения природные воды и земли, сопряженные с ними (дно, берега), рассматриваются как единое недвижимое имущество, являю-

щееся федеральной собственностью и составляющее в совокупности водный фонд РФ (п. 6 ст. 1 гл. 1 ВК РФ). Исключением являются пруды и обводненные карьеры (далее в статье речь пойдет только о прудах), правовая собственность на которые определяется через собственность на земельные участки, в чьих границах они расположены (ВК РФ, п. 2 ст. 8 гл. 2). Передача права собственности на пруд другому лицу (отчуждение пруда) может быть осуществлена только вместе с отчуждением земель-

ного участка, в границах которого он расположен (ВК РФ, п. 3 ст. 8 гл. 2).

Стоит отметить, что гидрологический термин «пруд» появился в водном законодательстве РФ сравнительно недавно. В ВК РФ 1995 г. использовалось понятие «обособленный водный объект» (замкнутый водоем). Это понятие включало в себя небольшой по площади и непроточный искусственный водоем, не имеющий гидравлической связи с другими поверхностными водными объектами, но не исключая такой связи с ними через подземные горизонты и родники. Обособленный водный объект как недвижимое имущество являлся объектом приватизации, купли-продажи, дарения и т.д. Федеральным законом от 03.06.2006 № 73-ФЗ «О введении в действие Водного кодекса Российской Федерации» (редакция от 11.06.2021) термин «обособленный водный объект» был заменен на термин «пруд», который так и остался объектом имущественных отношений.

Каждому государственному служащему, в той или иной мере сталкивающемуся с проблемами установления статуса водного объекта, определения его собственника, с выдачей разрешительных документов на право пользования и прочее, и почти всем водопользователям, использующим водные ресурсы территории, известно слово «пруд», но далеко не все могут правильно истолковать его с юридической точки зрения.

Терминологические пробелы в нормативных правовых актах, особенно в кодексах, в документации всех видов, специальной литературе в области водного хозяйства и водного права, в которых отсутствуют четкие и ясные определения видов водных объектов, создают проблемы в применении данных терминов с возникновением неизбежных споров, конфликтов и коллизий различного рода.

На сегодняшний день единственный и почти забытый документ – ГОСТ 19179-73 «Гидрология суши. Термины и определения» – устанавливает применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий в области гидрологии суши и раскрывает понятие, проводя четкую границу между водоемами (прудом и водохранилищем, прудом и озером) [2]. Однако этот документ не отражает прав собственности на данные водные объекты.

В многочисленных литературных источниках отмечено, что пруд (запруда, бочаг, ставок) – это искусственный водоем

небольшого размера, образуемый посредством создания преграды течению водного потока в долинах небольших рек, ручьев, балок, логов или оврагов с достаточной крутизной берегов, со слабым уклоном и устойчивым к размыву ложем дна. Другими словами, пруд – это место разлива реки, ручья перед даже небольшой земляной плотиной. Наполняются пруды поверхностными, атмосферными и подземными водами. Распределены пруды в бассейне реки обычно одиночно, но возможно и каскадное, и «веерное» их размещение. Тип распределения прудов по территории является косвенным показателем их суммарного увлажняющего воздействия на окружающую среду. При отсутствии удобных естественных понижений для устройства пруда выкапывают специальные углубления (копани), представляющие собой неглубокие (до 3–5 м) котлованы. Такие пруды-копани не имеют природного истока и питаются талыми и дождевыми водами, а также через насосную установку местного водопровода или из другого водоема. Именно такие пруды чаще всего создаются на территориях городских парков, скверов и частных садовых участков.

Цель создания прудов состоит, прежде всего, в регулировании речного стока и хранении воды. В сельской местности запасы воды в прудах используются для орошения, обводнения, разведения рыбы и водоплавающей птицы, а также в санитарных и противопожарных целях. В городах и зонах отдыха пруды являются местами рыбной ловли, купания и проведения различных спортивных мероприятий.

Поскольку водоемы (озера и пруды), на первый взгляд, очень похожи друг на друга, то население часто неправильно трактует гидрологический термин «пруд», называя пруды озерами. Тем не менее, отличия у них все же имеются. Первое и основное принципиальное отличие озер от прудов заключено в их происхождении. Озеро создано природой в результате естественных рельефообразующих процессов, формирующих углубления на земной поверхности, впоследствии заполняющиеся пресной водой. Пруд – искусственно созданный человеком водоем для хранения и использования водных ресурсов в месте нахождения. Этим объясняется разница в морфометрических параметрах водоемов (различная глубина, площадь водной поверхности, объем воды). Если в озерах наблюдаются очень медленные течения,

то в прудах, в основном, стоячая вода. Пруд наполняется пресной водой, которая при снижении температуры ниже 2–3°C может замерзнуть, образовав на поверхности корку льда. Некоторые пруды в зимний период могут полностью промерзнуть, а в жаркий сезон высохнуть, чего не наблюдается в озерах с грунтовой подпиткой. Глубокие озера практически никогда не замерзают. Имеются различия и в составе воды (в озерах вода пресная, соленая или смешанная, ее качество зависит от природных факторов, а в прудах вода всегда пресная) [3, 4].

На территории Республики Татарстан (РТ) на сегодняшний день имеются 6621 озеро и 1328 прудов, в том числе 4 крупных водохранилища – Куйбышевское, Нижнекамское, Заинское и Карабашское. Большое количество прудов предоставлено в долгосрочную аренду или находятся в частной собственности, что создает много вопросов, особенно связанных со свободным доступом граждан к водным объектам. Вопросы возникают и в отношении статуса водного объекта, права собственности на него, и в отношении гидравлической связи с другими водными объектами и пр. Все эти задаваемые вопросы явились причиной анализа состояния прудов Республики и написания данной статьи.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили данные гидрографического справочника «Водные объекты Республики Татарстан», представляющего собой свод переработанных и дополненных материалов, опубликованных ранее в справочном пособии 2006 г. [5]. Необходимость использования двух источников вызвана тем, что в справочнике, изданном в 2006 г., основное внимание было уделено капитальным прудам, построенным по утвержденным инженерным проектам независимо от года строительства пруда и его размера и используемым, в основном, в мелиоративных целях. В справочнике, изданном в 2018 г., учтены все пруды территории Республики, расположенные на малых реках или в непосредственной близости от них и связанные с естественным режимом используемого руслового потока. Именно такие малые водоемы чаще всего становятся объектами частной собственности.

Кроме гидрографических справочников, сведения которых нельзя считать исчерпывающими, были использованы архивные

материалы по прудам Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, связанные с прогнозированием наполнения прудов Республики во время весеннего половодья, а также Водный кодекс РФ последней редакции (02.07.2021), учебная, техническая и справочная литература. Для получения желаемого результата применялись описательный, сравнительный и аналитический методы. Количество, местоположение и морфометрические характеристики всех прудов уточнены с помощью космических снимков компьютерной программы Google Earth Pro.

Результаты исследования и их обсуждение

Природно-климатические условия РТ таковы, что каждый третий-четвертый год является в той или иной степени засушливым и водных ресурсов летней межени, особенно периода вегетации, как правило, недостаточно для обеспечения потребностей в них. Этот дефицит восполняют 1324 пруда, построенных на территории Республики, объем воды в которых составляет примерно 5% стока половодья рек данного региона среднего по водности года.

На период 2018 г. учету подлежали все пруды независимо от их размера, года строительства, типа и конструкции плотины (капитальная, построенная по проекту или земляная, построеннаяхозспособом). Суммарная площадь водного зеркала всех прудов составила 8122 га, что занимает около 0,12% территории РТ. Пруды распределены по территории весьма неравномерно. Их наличие в муниципальных районах (м.р.), изменение их количества во времени показаны в таблице.

Наибольшее количество прудов (113) учтено в Тукаевском м.р. В Азнакаевском, Кайбицком, Нижнекамском, Тетюшском м.р. создано от 50 до 100 водоемов. От 30 до 50 прудов расположено в Аксубаевском, Буинском, Верхнеуслонском, Мамашском, Мензелинском, Муслимовском, Нурлатском, Пестречинском, Рыбно-Слободском, Сармановском, Черемшанском м.р. Наименьшее число прудов (10–15) создано в Агрызском, Алексеевском, Ютазинском м.р. В остальных м.р. построено от 16 до 29 прудов. Анализируя распределение прудов по территории м.р., отметим, что их количество зависит не от природных условий местности, а от потребности населения в водных ресурсах межени.

Количество и динамика изменения прудов в муниципальных районах РТ

№ п/п	Муниципальный район	2006*	2018*	№ п/п	Муниципальный район	2006*	2018*
1	Агрызский	13	10	23	Кукморский	33	37
2	Азнакаевский	37	61	24	Лаишевский	4	15
3	Аксубаевский	15	31	25	Лениногорский	10	29
4	Актанышский	14	29	26	Мамадышский	21	48
5	Алексеевский	10	15	27	Менделеевский	1	17
6	Алькеевский	14	19	28	Мензелинский	9	32
7	Альметьевский	18	28	29	Муслумовский	22	31
8	Апастовский	8	27	30	Нижнекамский	5	66
9	Арский	26	24	31	Новошешминский	8	26
10	Атнинский	11	14	32	Нурлатский	11	35
11	Бавлинский	2	19	33	Пестречинский	19	40
12	Балтасинский	14	19	34	Рыбно-Слободский	16	36
13	Бугульминский	12	28	35	Сабинский	16	17
14	Буинский	23	42	36	Сармановский	16	45
15	Верхнеуслонский	5	38	37	Спасский	6	19
16	Высокогорский	29	19	38	Тетюшский	4	57
17	Дрожжановский	14	21	39	Тукаевский	28	113
18	Елабужский	9	16	40	Тюлячинский	8	18
19	Заинский	13	29	41	Черемшанский	16	34
20	Зеленодольский	8	11	42	Чистопольский	11	27
21	Кайбицкий	6	51	43	Ютазинский	4	13
22	Камско-Устьинский	4	18	Итого:		576	1324
*2006 г. – учтены пруды, построенные только по капитальным проектам							
*2018 г. – учтены все пруды независимо от способа постройки							

Чуть более половины прудов Республики (а это, как правило, малые водоемы с объемом задерживаемой воды до 200 млн м³) сооружены на мельчайших притоках второго, третьего и последующих порядков. Массовое распространение получили пруды с глухими земляными плотинами, построенные на балках и полностью прекращающие речной сток. Земляные плотины – это самый распространенный, конструктивно простой и древний тип гидротехнических сооружений (ГТС). Обычно земляные плотины не имеют водосбросных сооружений, а увеличивают объем плотин, чтобы предотвратить их прорыв. При современном уровне механизации выполнение некоторого дополнительного объема земляных работ более экономично, чем строительство дорогостоящих бетонных или железобетонных водосбросов.

Специалистами Приволжского управления Ростехнадзора и МЧС РТ, проводившими в 2018 г. совместное обследование ГТС, отмечено аварийное состояние многих из них. Особенно остро стоит эта проблема в Рыбно-Слободском, Сармановском, Заинском, Нижнекамском, Новошешминском,

Чистопольском и Актанышском м.р. [6]. В соответствии с предписанием Ростехнадзора безопасность ГТС должны обеспечивать собственник или эксплуатирующая организация, а безопасность бесхозных ГТС обеспечивают регионы. Несмотря на то что пруды РТ переданы на баланс сельских поселений, многие из них остаются бесхозными. Персонала, ответственного за пруды и плотины, в поселениях нет, администрация поселений не следит за их состоянием, так как просто не знает, что с ними делать. При этом возникают ситуации, связанные со стремлением того или иного физического лица обрести право собственности на пруд, возможное в соответствии с ВК РФ, которое вызывает особый интерес с практической точки зрения и часто оспаривается. Основой споров являются противоречия, вызванные отсутствием единого подхода к решению вопросов о правовом статусе прудов. Так, для прудов, расположенных в руслах рек, права собственности на ГТС, основу создания пруда и на пруд как водный объект не связаны между собой. Русловой пруд, который по сути своей является русловым водохранилищем на реке, считается федеральной собственностью, а ГТС пруд-

да может быть собственностью физического лица. Кроме того, если русловой пруд имеет гидравлическую связь с рекой, находящейся в федеральной собственности, то в частной собственности он находиться не может, в отличие от его ГТС.

Такой же двойкой подход наблюдается и в вопросах свободного доступа граждан к прудам. Если береговая линия пруда выходит за рамки частного земельного участка или пруд является проточным, расположенным на нескольких земельных участках, то такой водоем не может быть приватизирован. В таком случае пруд является федеральной собственностью и все граждане должны иметь возможность им пользоваться. Если же береговая линия пруда не выходит за пределы участка, являющегося частной собственностью, то владелец участка может устанавливать свои правила, т.е. ограничить доступ к пруду.

Ярким примером двойкого подхода к решению спорного вопроса о правовом статусе прудов явилось судебное разбирательство в Ютазинском районном суде РТ, где решался вопрос о признании договора аренды на пруд (а стало быть, и земельный участок, на котором он расположен) недействительным. Данный пруд был передан в долгосрочную аренду физическому лицу с полным соблюдением процедуры предоставления. Пруд числился как пруд-копань, не имеющий гидравлической связи с другими водными объектами, и, следовательно, мог стать частной собственностью. Однако на деле пруд оказался проточным, созданным в русле небольшой реки Байряка, и, являясь русловым прудом, не мог быть частной собственностью, в отличие от его плотины. Береговая линия пруда во многих местах совпадает с кадастровыми границами земельного участка, а стало быть, граждане могут иметь беспрепятственный доступ к водному объекту. Посчитав последнее веским основанием, районный суд признал договор аренды пруда недействительным. Так данный частный случай свидетельствует о наличии пробелов в законодательстве в части определения права собственности на водные объекты.

Бесспорным признанием права собственности физического лица на пруд будет в том случае, если водоем находится в границах земельного участка, имеет обособленное нахождение и создан искусственно. Желательно, чтобы такой водный объект имел еще укрепление и фундамент, а его площадь не превышала 1 км².

Заключение

Все водные объекты, расположенные на территории РФ, находятся в федеральной собственности, за исключением прудов, которые могут быть как в федеральной, муниципальной, так и в частной собственности. Земельный участок вместе с прудом, расположенным на нем, является недвижимым имуществом и может быть объектом приватизации, купли-продажи, дарения, залога и т.д. Право собственности на это недвижимое имущество вызывает наибольший интерес и часто оспаривается. Основой споров являются противоречия, вызванные отсутствием ясного и четкого определения термина «пруд», произвольное толкование которого может привести к незаконному отчуждению в частную собственность иных водных объектов, отличных от прудов.

Список литературы

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021) // Собрание законодательства РФ. 05.06.2006. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> (дата обращения: 19.07.2021).

Water Code of the Russian Federation dated 03.06.2006 No.74-FZ (as amended on 02.07.2021) // Sbornik zakonodatel'stva RF. 05.06.2006. [Electronic resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> (accessed: 19.07.2021) (in Russian).

2. ГОСТ 19179-73. Государственный стандарт Союза СССР. Гидрология суши. Термины и определения. Дата введения 1975-01-01. М.: Издательство стандартов, 1988. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009457> (дата обращения: 20.07.2021).

3. Чистые пруды. Что такое пруд и чем пруд отличается от озера. [Электронный ресурс]. URL: <https://chistim-prud.ru/chto-takoe-prud-i-chem-prud-otlichaetsja-ot-ozera/> (дата обращения: 20.07.2021).

Clean ponds. What is a pond and how does a pond differ from a lake. [Electronic resource]. URL: <https://chistim-prud.ru/chto-takoe-prud-i-chem-prud-otlichaetsja-ot-ozera/> (accessed: 20.07.2021) (in Russian).

4. ФБ. Что такое пруд: определение, особенности. [Электронный ресурс]. URL: <https://fb.ru/article/402705/chto-takoe-prud-opredelenie-osobennosti> (дата обращения: 20.07.2021).

FB. What is a pond: definition, features [Electronic resource]. URL: <https://fb.ru/article/402705/chto-takoe-prud-opredelenie-osobennosti> (accessed: 20.07.2021) (in Russian).

5. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. Издание второе, переработанное и дополненное. Казань: Изд-во «Фолиант», 2018. 512 с.

Water bodies of the Republic of Tatarstan. Hydrographic reference book. Izdanie vtoroe, pererabotannoe i dopolnennoe. Kazan': Izd-vo «Foliant», 2018. 512 p. (in Russian).

6. Плотины Татарстана: предаварийное состояние и бесхозность. [Электронный ресурс]. URL: <https://inkazan.ru/news/society/23-04-2019/plotiny-tatarstana-predavariynoe-sostoyanie-i-beshoznost> (дата обращения: 21.07.2021).

Dams of Tatarstan: pre-emergency condition and ownerlessness. [Electronic resource]. URL: <https://inkazan.ru/news/society/23-04-2019/plotiny-tatarstana-predavariynoe-sostoyanie-i-beshoznost> (accessed: 21.07.2021) (in Russian).

УДК 63:338.33(571.6)

ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ И СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СТРУКТУР В РАЙОНАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Корниенко О.С.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии ДВО РАН», Владивосток, e-mail: olisa@tigdvo.ru

В статье проводится анализ современного состояния хозяйства Тихоокеанской части России – Дальневосточного федерального округа, а также его структурной трансформации за последние 25 лет. С использованием индекса Херфиндаля–Хиршмана (HHI) проведена сравнительная оценка уровней концентрации и специализации районов Дальнего Востока России по трем показателям. Это структура валового регионального продукта, структура основных фондов и структура прибыли предприятий по основным видам экономической деятельности. По полученным результатам самым узкоспециализированным районом Дальнего Востока является Сахалинская область, а самый концентрированный вид – «добыча полезных ископаемых». Наилучшая диверсификация хозяйства отмечается в Амурской области. Самое равномерное распределение по территории Дальнего Востока по таким видам деятельности, как образование и производство электроэнергии, газа и воды. На основе полученных результатов были выделены «территории концентрированной специализации» Дальнего Востока с высокой специализацией одного вида экономической деятельности, высокая концентрация которых здесь делает их значимыми для всего макрорегиона в целом. Кроме того, проведен сравнительный анализ с 1995 г. и отмечены основные изменения в структуре хозяйства и в его географии. В целом по макрорегиону отмечается узкая специализированность на одном-двух видах деятельности, что делает существующую структуру хозяйства Дальнего Востока уязвимой и несовершенной. Полученные результаты свидетельствуют о пространственной несбалансированности регионов по уровню их развития, отмечается слабое развитие хозяйства в отдаленных регионах, что подтверждает нерациональность территориальной организации экономики всего Дальнего Востока, не позволяющей использовать потенциальные возможности его территорий достаточно эффективно.

Ключевые слова: концентрация, специализация, индекс Херфиндаля–Хиршмана, структурные изменения хозяйства, Дальний Восток, территории концентрированной специализации

TRANSFORMATION OF CONCENTRATION AND SPECIALIZATION OF THE ECONOMIC STRUCTURES OF THE FAR EAST REGIONS

Kornienko O.S.

Pacific Geographical Institute FEBRAS, Vladivostok, e-mail: olisa@tigdvo.ru

The article analyzes the current state of economy of the Pacific part of Russia – the Far East, as well as its structural transformation for last 25 years. Using the Herfindal-Hirschman Index (HHI), comparative assessment of the levels of specialization and concentration of the regions of the Russian Far East was conducted by three indicators. These are the structures of the gross regional product, of fixed assets and of profit by main economic activities. By the obtained data, Sakhalinskaya Oblast is a highly specialized region of the Far East, and mining is the most concentrated activity. In the Amur Region is noted the best diversification of the economy. The high level of distribution for such activities as education and production of electricity, gas and water is observed in the Far East. Based on the obtained results, «the territories of concentrated specialization» of the Far East with high specialization of one type of economic activity, the high concentration of which makes them significant for the entire macroregion as a whole, were identified. In addition, a comparative analysis was carried out since 1995 and the main changes of the economy structure and its geography were noted. In general, in the macro-region, there is a narrow specialization in one or two types of activity, which makes the existing structure of the Far East's economy vulnerable and imperfect. The obtained results testify to spatial imbalance of the regions by the level of their development. Weak development of economy in remote regions is marked. This indicates unsustainable spatial organization of economy of the Far East, which does not allow using efficiently the possibilities of its territories.

Keywords: concentration, specialization, the Herfindahl-Hirschman Index, structural transformation of economy, Far East, the territories of concentrated specialization

Любая отдельная территория в географических пределах страны или группы стран имеет свою исторически сложившуюся специализацию, обусловленную разными, в т.ч. экономическими, природными, внешними и другими факторами, которая выражается в размещении на своей территории определенных видов производств и видов деятельности, что позволяет обеспечивать ей хотя бы частично не только свои потребности, но зачастую и потребности других территорий. В рамках изучения территориально-структурного развития ре-

гионов и структурных трансформаций хозяйства подробный анализ концентрации видов деятельности и специализации районов способен отразить не только состояние экономики региона, но и определить потенциал его дальнейшего развития.

В 1960–1970-е годы проблемам размещения и специализации хозяйства были посвящены работы многих известных российских ученых, таких как В.В. Кистанов [1], Э.Б. Алаев, В.С. Немчинов [2], А.Г. Гранберг, В.В. Леонтьев и другие. Сегодня, в условиях усиления интересов к пробле-

мам развития территорий, вопросы специализации территорий и концентрации видов деятельности вновь становятся актуальными. Среди современных ученых, занимающихся вопросами анализа специализации и концентрации, структурных изменений во времени, можно отметить А.В. Белова [3], Е.А. Васильева [4], А.Р. Белоусова, И.В. Тарасова, О.Ю. Красильникова, О.А. Романову, В.Ф. Лапо, О.В. Артемову, Р.С. Лившица, В.Ф. Павленко, В.С. Фатеева, Н.Н. Апарина, И.А. Ильина и многих других.

Структурные изменения хозяйства самого отдаленного региона России – Дальневосточного федерального округа были освещены в трудах Бакланова П.Я. [5], Минакира П.А. [6], Романова М.Т., Мошкова А.В. [7] и других. Тем не менее вопросы концентрации и специализации этого региона остаются важными по причине прошедших десятилетий, которые можно назвать периодом глобальных политико-экономических преобразований, которые не могли пройти незаметно, а значит, скорее всего, повлияли на структуру хозяйства макрорегиона. Важность вопроса поднимает и тот факт, что развитие территорий Дальнего Востока и Сибири президент РФ объявил «национальным приоритетом» на весь XXI век. Кроме того, при разработке будущих стратегий, программ развития регионов обязательно должна учитываться существующая концентрация и специализация хозяйства региона, что ещё раз подчеркивает актуальность данного исследования.

С учетом обозначенной актуальности целью данного исследования определена оценка внутрирегиональных различий концентрации и специализации Дальнего Востока России на современном этапе и их изменений за последние 25 лет, а также – выделение территорий концентрированной специализации внутри региона.

Исследуемый в данной работе Дальний Восток России обладает во многом уникальным экономико-географическим положением, что, безусловно, будет отражаться на его территориально-хозяйственных структурах и создавать определенную специфику последних. Таким образом, необходимо отметить региональные особенности развития организации хозяйства и то, чем они обусловлены.

Материалы и методы исследования

Концентрация экономики выражается долевым распределением вида деятельности по районам внутри макрорегиона. Спе-

циализация отражает распределение видов деятельности внутри района.

Существуют различные методы количественного определения специализации с помощью коэффициентов, где среди основных можно назвать коэффициент душевого производства, коэффициент локализации и др. В качестве еще одного метода исследования, который и будет применен в данной работе, используется индекс Херфиндаля-Хиршмана (НИ) (формулы 1, 2) [8]. В аналогичных исследованиях за рубежом данный индекс достаточно распространен. В России пока встречаются немногочисленные исследования с применением этого метода [3; 9].

$$H_j^C = \frac{\sum_{i=1}^n (g_{ij}^C)^2 g_{ij}^C}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} = \frac{X_{ij}}{X_j}, \quad (1)$$

$$H_i^S = \frac{\sum_{j=1}^n (g_{ij}^S)^2 g_{ij}^S}{\sum_{j=1}^m X_{ij}} = \frac{X_{ij}}{X_i}, \quad (2)$$

где H_j^C – индекс Херфиндаля-Хиршмана концентрации; H_i^S – индекс Херфиндаля-Хиршмана специализации; i – район, j – вид деятельности; g_{ij}^S – доля отрасли j в районе i , g_{ij}^C – доля района i в виде деятельности j , $X_{j,i}$ – валовая добавленная стоимость в виде деятельности j в районе i [10].

В теории при максимальном значении индекса, которое равно 1, на исследуемой территории будет функционировать только один вид деятельности и полностью отсутствовать другие, и, соответственно, при снижении индекса будет увеличиваться количество видов деятельности и, как следствие, появляться диверсификация хозяйства. Таким образом, чем ниже индекс, тем разнообразнее и сложнее структура хозяйства в районе.

Чаще всего концентрацию и специализацию исследуют на основе структуры валового внутреннего (регионального) продукта. В данной работе, помимо упомянутого выше ВРП, для более объективного и разностороннего анализа также были взяты в работу такие показатели, как структура основных фондов и структура оборота предприятий.

Результаты исследования и их обсуждение

Для начала для Дальневосточного федерального округа была рассчитана в процентных долях концентрация видов деятельности и специализация районов на основе

официальных статистических данных [11], и уже на основе полученных результатов впоследствии был рассчитан индекс Херфиндаля-Хиршмана. Результаты расчетов представлены в табл. 1 и 2.

По полученным результатам самый высокий индекс концентрации (НИИ-С = 0,35) определен у добычи полезных ископаемых. Этот вид деятельности главным образом сконцентрирован в Сахалинской области и Республике Саха. Кроме того, сравнительно высокие индексы также получены в обрабатывающем производстве и в торговле, которые сосредоточены в основном в Хабаровском и Приморском краях. Высокий индекс концентрации указывает не на повсеместное разделение вида деятельности, а на точечное, в первую очередь там, где для этого есть предпосылки (например, наличие месторождений полезных ископаемых или территориальная близость к зарубежным рынкам).

С самыми низкими индексами остались такие виды деятельности, как «образование», «производство и распределение электроэнергии, газа и воды» и «строительство», что свидетельствует о сравнительно равномерном их распределении по Дальнему Востоку.

По индексу специализации существенно выделяется Сахалинская область (НИИ-S = 0,54). То есть существующая здесь структура хозяйства является очень узконаправленной и специализируется лишь на одном виде деятельности (около 70% в структуре хозяйства приходится на добычу полезных ископаемых). Районы с самыми низкими индексами специализации – это Амурская область, Республика Бурятия и Забайкальский край, из чего можно сделать вывод, что в перечисленных районах из рассматриваемых структура хозяйства наиболее равномерно диверсифицирована и сбалансирована.

Таблица 1

Индекс концентрации на Дальнем Востоке в 2019 г.

Виды деятельности	Оборот предприятий	Основные фонды	ВРП	Средний индекс
Добыча полезных ископаемых	0,277	0,405	0,369	0,35
Оптовая и розничная торговля	0,33	0,191	0,179	0,233
Обрабатывающие производства	0,225	0,261	0,186	0,224
Гостиницы и рестораны	0,287	н/д	0,155	0,221
Транспорт и связь	0,242	0,161	0,183	0,195
Здравоохранение	0,253	н/д	0,127	0,19
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; рыболовство и рыбоводство	0,213	0,175	0,152	0,18
Строительство	0,155	0,171	0,171	0,166
Операции с недвижимым имуществом	0,164	н/д	0,157	0,161
Производство электроэнергии, газа и воды	0,174	0,143	0,132	0,15
Образование	н/д	н/д	0,133	0,133

Таблица 2

Индекс специализации на Дальнем Востоке в 2019 г.

Районы Дальнего Востока	Оборот предприятий	Основные фонды	ВРП	Средний индекс
Сахалинская область	0,615	0,49	0,514	0,54
Чукотский авт. округ	0,549	0,306	0,217	0,357
Республика Саха (Якутия)	0,499	0,266	0,295	0,353
Еврейская авт. область	0,509	0,331	0,109	0,316
Магаданская область	0,42	0,254	0,197	0,29
Камчатский край	0,203	0,501	0,135	0,28
Приморский край	0,315	0,312	0,140	0,256
Хабаровский край	0,243	0,365	0,125	0,244
Забайкальский край	0,274	0,326	0,119	0,24
Республика Бурятия	0,238	0,361	0,116	0,238
Амурская область	0,156	0,315	0,111	0,194

Для исследуемых 11 районов Дальнего Востока минимальное значение индекса специализации, означающее максимально равномерное распределение видов деятельности по территории, равно 0,091, что в 3,3 раза меньше среднего значения по Дальнему Востоку, а в отдельных случаях в 6 раз (Сахалинская область). Средний индекс концентрации в 2,4 раза превышает минимально возможные значения ($НИ-C_{\min} = 0,083$) рассматриваемых видов деятельности на Дальнем Востоке.

В целом достаточно высокие индексы Херфиндаля-Хиршмана свидетельствуют о сильной неравномерности распределения видов деятельности по исследуемой территории, что говорит о слабой диверсификации и низком уровне развития структуры хозяйства.

Так, например, по ВРП в 6 из 11 районов Дальнего Востока основным видом деятельности (преобладающая доля в специализации) выступает транспорт и связь (Приморский край (24%), Хабаровский край (23%), Забайкальский край (21%), Амурская область (16,6%), Еврейская авт. область (16%) и Республика Бурятия (13,2%)), то есть основной специализацией районов является оказание услуг, а не производство. В 4 районах основу экономики составляет добыча полезных ископаемых. Это Сахалинская область (71%), Республика Саха (51%), Чукотский авт. округ (40%) и Магаданская область (38%). На общем фоне выделяется Камчатский край, где основная специализация направлена на рыболовство и рыбоводство (22%).

В разрезе концентрации видов деятельности внутри Дальнего Востока такие виды, как торговля (31%), транспорт и связь (29,7%), обрабатывающее производство (28,7%), гостиницы и рестораны (25,5%), сельское хозяйство (24,8%), операции с недвижимым имуществом (24,1%) и здравоохранение (18,1%), в наибольших

долях представлены в Приморском крае, то есть район по 7 видам из 11 занимает лидирующие позиции в макрорегионе. Добыча полезных ископаемых в основном сосредоточена в Сахалинской области (50,3%) и в Республике Саха (33,5%). Производство и распределение электроэнергии, газа и воды (25,3%) и строительство (32,4%) в основном сконцентрированы в Якутии.

При сопоставлении долевых структур концентрации и специализации неоднократно были отмечены явления, когда достаточно высокий уровень специализации района на каком-либо одном виде деятельности одновременно сочетается с очень высоким уровнем концентрации этого же вида деятельности на этой территории. Если и в специализации, и в концентрации доля превышала условный порог в 30%, то такая территория обозначалась как территория концентрированной специализации (ТКС) [10] (табл. 3).

Как видно из табл. 3, в структуре хозяйства можно выделить 2 ключевых вида деятельности, которые сконцентрированы в 4 из 11 районов Дальнего Востока.

По виду деятельности «добыча полезных ископаемых» Сахалинская область образует собой территорию концентрированной специализации по всем трем исследуемым показателям. Кроме того, область будет оставаться таковой даже при поднятии условного порога до 50%. Такая картина, с одной стороны, свидетельствует о значительном развитии этого вида деятельности здесь, но это также говорит об очень слабом развитии других направлений. Кроме Сахалинской области, территорию концентрированной специализации по добыче полезных ископаемых в ВРП образует Республика Саха. Хабаровский и Приморский края попали в ТКС по виду деятельности «оптовая и розничная торговля» по показателю «оборот предприятий».

Таблица 3

Территории концентрированной специализации Дальнего Востока в 2019 г.

Показатель	Район	С, %	Вид экономической деятельности	К, %
ВРП	Республика Саха (Якутия)	51,5	Добыча полезных ископаемых	33,5
	Сахалинская область	71	Добыча полезных ископаемых	50,3
Основные фонды	Сахалинская область	66,7	Добыча полезных ископаемых	58
Оборот предприятий	Хабаровский край	42,8	Оптовая и розничная торговля	30
	Сахалинская область	78	Добыча полезных ископаемых	44,1
	Приморский край	50,8	Оптовая и розничная торговля	48,9

Примечания. С – специализация; К – концентрация.

Таблица 4

Территории концентрированной специализации Дальнего Востока в 1995 г.

Показатель	Регион ДВ	С, %	Вид экономической деятельности	К, %
ВРП	Республика Саха (Якутия)	38,8	Промышленность	30
Основные фонды	Амурская область	34,4	Транспорт	35,7

Примечания. С – специализация; К – концентрация.

Таким образом, перечисленные районы по факту являются ключевыми и стратегически значимыми для Дальнего Востока, и экономика макрорегиона в своём развитии, прежде всего, опирается на них и на виды деятельности, на которых специализируются последние.

Для отслеживания структурных трансформаций и изменений хозяйств за 25 лет по аналогии, используя статистические данные [12], были произведены расчеты за 1995 г., где при прочих равных условиях было выделено всего по одной ТКС в двух показателях из трех (табл. 4). По показателю «оборот предприятий» ТКС не обнаружено. Республика Саха выступала как ТКС по промышленности (в первую очередь здесь речь идет о добывающей промышленности), а Амурская область отмечена как ТКС по виду деятельности «транспорт».

Полученные результаты позволяют отметить значительную трансформацию структур хозяйства Дальнего Востока за этот период, которая была определена глобальными политико-экономическими преобразованиями в стране в 1990-х – начале 2000-х гг. Способствовала трансформации и переориентация региона на внешние рынки, в результате чего внешний фактор развития для Дальневосточного региона впоследствии стал одним из определяющих [13]. Смещение интересов региона с «запада» (внутренних рынков страны) на «восток» (рынки азиатских стран) повлекло уменьшение транспортно-логистической роли Амурской области как связующего звена между дальневосточными и центральными районами страны. На сегодняшний день эта роль отводится уже Приморскому и Хабаровскому краям, где главным образом и сконцентрирован вид деятельности «транспорт и связь».

Если в 1995 г. в Приморском и в Хабаровском краях основным видом деятельности была обрабатывающая промышленность, то в 2019 г. организация хозяйства в основном сосредоточена на оптово-розничной торговле и транспорте. То есть эти районы за данный период времени в зна-

чительной мере «свернули» свою промышленность и переориентировались на сферу услуг. В то же время в ряде других районов Дальнего Востока значение промышленности возрастает, хотя преимущественно добывающей. В числе таких районов – Сахалинская область.

Заключение

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что на Дальнем Востоке за этот период произошли определенные структурные изменения в концентрации видов деятельности и в специализации районов. В условиях глобализации и активизации внешнеэкономического сотрудничества, когда для районов Дальнего Востока внешнеэкономические связи во многом стали «короче» и в большинстве случаев выгоднее внутренних, специализация и концентрация хозяйства стали формироваться под влиянием внешних факторов. Поэтому существующие ключевые виды деятельности в той или иной мере обуславливаются именно влиянием последних. Подтверждением тому является возрастающая внешнеориентированность экономики Дальнего Востока за последние 25 лет [14]. Под влиянием внешнего фактора, например, усилилась роль ресурсодобывающих производств (например, в Сахалинской области), а также транспорта и торговли (в Приморском крае и Хабаровском крае). Усилилась и их концентрация в регионах с более выгодным ЭГП относительно внешнего рынка.

Анализируя с этих позиций Программу развития Дальнего Востока и Байкальского региона до 2025 года [15], где основными направлениями развития обозначены ресурсодобыча, ресурсопереработка с ориентацией на внешний рынок и транспортно-логистический комплекс, можно отметить, что складывающаяся здесь структура хозяйства в основном соответствует намеченным целям.

Однако нужно обратить особое внимание на тот факт, что за 20 лет параллельно с возрастающей внешнеориентированностью существенно снизилось значение для

макрорегиона обрабатывающих производств, в том числе и в основных экономических центрах региона – Приморском крае и Хабаровском крае. Следует помнить, что экономика любого региона устойчиво развивается лишь в том случае, когда она достаточно диверсифицирована, а в ее основе лежит реальное производство. К сожалению, проведенное исследование показало, что в основе существующей структурной организации хозяйства макрорегиона лежит не обрабатывающее производство, а предоставление услуг и добыча природных ресурсов с последующей их реализацией на внешнем рынке.

В целях повышения эффективности использования значительного ресурсного потенциала следует радикально усилить эту сферу, которая сегодня находится на крайне низком уровне, и в целом диверсифицировать структуру хозяйства. Обрабатывающие виды деятельности должны стать здесь ключевыми отраслями специализации, в первую очередь на базе собственных добывающих производств. То же самое можно сказать о сельском хозяйстве и переработке сельскохозяйственного сырья.

Исследование проводилось в рамках госзадания Минобрнауки РФ № АААА-А16-116110810013-5 по теме «Географические и геополитические факторы в инерционности, динамике и развитии разноранговых территориальных структур хозяйства и расселения населения Тихоокеанской России». Раздел 1.

Список литературы / References

1. Кистанов В.В. Комплексное развитие и специализация экономических районов СССР. М.: Экономика, 1968. 193 с.
1. Kistanov V.V. Integrated Development and Specialization of Economic Regions of the USSR. M.: Economics, 1968. 193 p. (in Russian).
2. Немчинов В.С. Избранные произведения: в 6 т. Т. 4: Размещение производительных сил. М.: Наука, 1967. 479 с.
2. Nemchinov V.S. The Distribution of Productive Forces. Selected Works. M.: Nauka, 1967. 479 p. (in Russian).
3. Белов А.В. К вопросу о пространственном размещении факторов производства в современной России // Пространственная экономика. 2012. № 2. С. 9–29.
3. Belov A.V. To the Issue of Spatial Distribution of Production Factors in Contemporary Russia // Prostranstvennaja jekonomika. 2012. No. 2(30). P. 9–29 (in Russian).
4. Васильев Е.А. О некоторых показателях специализации региона // Вестник ТГУ. 2007. № 3. С. 78–84.
4. Vasilev E.A. Some of the Indicators of Regional Specialization // Vestnik TGJeU. 2007. No. 3(43). P. 78–84 (in Russian).
5. Бакланов П.Я. Территориальные социально-экономические системы в региональном развитии // Известия РАН. Серия Географическая. 2017. № 4. С. 7–16. DOI: 10.7868/S0373244417040016.
5. Baklanov P.Ya. Territorial socioeconomic systems in regional development // Izvestija RAN. Serija Geograficheskaja. 2017. No. 4. P. 7–16 (in Russian).
6. Минакир П.А. Исследования экономики Дальнего Востока. 1975–2000. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2017. 912 с.
6. Minakir P.A. Studies of the economy of the Far East. 1975–2000. Khabarovsk: IEI FEB RAS, 2017. 912 p. (in Russian).
7. Бакланов П.Я., Мошков А.В., Романов М.Т. Тихоокеанская Россия: основные факторы и направления долгосрочного развития // Вопросы географии. 2016. № 141. С. 595–618.
7. Baklanov P.Ya., Moshkov A.V., Romanov M.T. Pacific Russia: main factors and directions of long-term development // Voprosy geografii. 2016. No. 141. P. 595–618 (in Russian).
8. Hirschman A.O. The Paternity of an Index, in: The American Economic Review. 1964. Vol. 54. P. 761–762.
9. Пономарева Е.А., Ярошевич Н.Ю. Оценка уровня концентрации отраслей высокого технологичного уровня экономики России // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 3–2 (61). С. 166–169. DOI: 10.24411/2411-0450-2020-10233.
9. Ponomareva E.A., Yaroshevich N.Y. Assessment of the level of concentration of high-tech industries in the Russian economy // Jekonomika i biznes: teorija i praktika. 2020. No. 3–2(61). P. 166–169. DOI: 10.24411/2411-0450-2020-10233 (in Russian).
10. Романов М.Т., Корниенко О.С. Анализ специализации и концентрации видов экономической деятельности малых территорий (на примере муниципальных образований Приморского края) // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. 2015. № 3. С. 17–28.
10. Romanov M.T., Kornienko O.S. The analysis of specialization and concentration of the types of economic activity in the territories (as exemplified by municipalities of the Primorye Territory) // Tamozhennaja politika Rossii na Dalnem Vostoke. 2015. No. 3. P. 17–28 (in Russian).
11. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: стат. сб. М.: Росстат, 2020. 1242 с.
11. Regions of Russia: Socio-economic indicators 2020. Statistical collection. M.: Rosstat, 2020. 1242 p.
12. Дальневосточный район и Читинская область на рубеже третьего тысячелетия: материалы Ассоциации. Владивосток: Дальстат / Примкрайстат, 1999. 309 с.
12. Far East region and Chita region at the turn of the third millennium: materials of the Association. Vladivostok: Dalstat / Primkraistat, 1999. 309 p. (in Russian).
13. Kornienko O.S. Comparative assessment of the potential of regions in the Russian Far East. Regional Research of Russia. 2014. No. 4. P. 341–348. DOI: 10.1134/S2079970514040121.
13. Kornienko O.S. Comparative assessment of the potential of regions in the Russian Far East. Regional Research of Russia. 2014. No. 4. P. 341–348. DOI: 10.1134/S2079970514040121.
14. Корниенко О.С. Оценка степени ориентированности субъектов Дальнего Востока на международные рынки // Вестник ТГУ. 2013. № 373. С. 147–150.
14. Kornienko O.S. The Assessment of the International Markets Orientation Degree of the Far East Entities // Vestnik TGU. 2013. No. 373. P. 147–150 (in Russian).
15. Федеральная целевая программа «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года». [Электронный ресурс]. URL: <http://minvostokrazvitia.ru/upload/iblock/75a/DVBR2025.pdf> (дата обращения: 21.07.2021).
15. The Federal program «Economic and social development of the Far East and the Baikal region for the period till 2025». [Electronic resource]. URL: <http://minvostokrazvitia.ru/upload/iblock/75a/DVBR2025.pdf> (date of access: 21.07.2021) (in Russian).

УДК 546-328

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ КРИСТАЛЛОВ ДИЦИТРАТОБОРАТА ГУАНИДИНИЯ

Кулешов Н.В., Тютрина С.В., Мясникова Н.В.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет Московский энергетический институт», Москва, e-mail: lana-2001@yandex.ru

Продолжено изучение комплексных соединений, относящихся к группе ацидокомплексов бора. Объектом изучения стали дилимонноборная кислота и ее соль дицитратоборат гуанидиния. Оба соединения имеют одинаковое строение внутренней сферы, в которой центральным атомом является атом бора. В исследуемых комплексах атом бора находится в состоянии тетракоординации, внешняя сфера представлена ионом водорода в дилимонноборной кислоте и катионом гуанидиния в дицитратоборате гуанидиния. Была усовершенствована методика получения дицитратобората гуанидиния, позволившая достичь более высокий процентный выход продукта реакции. Полученные кристаллы изучаемых комплексов исследовали с помощью поляризационного микроскопа ZEISS AXIO Scope A1 в проходящем свете в иммерсионных каплях диаметром до 10 мм. Фотографирование проводили по программе Axio Vision Rel 4.8. Кристаллы дилимонноборной кислоты устойчивы на воздухе, имеют игольчатую форму, растворимы в горячей воде. Кристаллы дицитратобората гуанидиния устойчивы на воздухе, растворимы в воде и не растворимы в органических растворителях. Внешний вид кристаллов представлен четырехгранными пирамидами белого цвета. Дилимонноборная кислота использована в качестве промежуточного реагента при синтезе дицитратобората гуанидиния. Соотношение компонентов составило 1:2 соответственно. Представлены уравнения соответствующих реакций. Используя фотокolorиметрический и кондуктометрический методы, изучили электропроводность и оптическую плотность дилимонноборной кислоты и дицитратобората гуанидиния. Полученные данные позволили рассчитать константу нестойкости комплексных соединений. Сравнение констант нестойкости показало, что комплексная соль является более слабым электролитом, чем дилимонноборная кислота. Значение констант нестойкости дилимонноборной кислоты составило $K = 1 \cdot 10^{-2}$, а дицитратобората гуанидиния $K = 3,04 \cdot 10^{-3}$. Получены зависимости молярной и удельной электропроводности от концентраций данного соединения. Сделан вывод о влиянии внешней сферы на изменение физико-химических свойств соединений, относящихся к группе ацидокомплексов бора. Наличие иона гуанидиния во внешней сфере усиливает прочность химических связей между атомами внутренней сферы комплексного соединения соли.

Ключевые слова: кристаллы, дилимонноборная кислота, дицитратоборат гуанидиния, константа нестойкости, электропроводность, оптическая плотность

STUDY OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF CRYSTALS OF GUANIDINIUM DICITRATE BORATE

Kuleshov N.V., Tyutrina S.V., Myasnikova N.V.

National Research University Moscow Power Engineering Institute, Moscow,
e-mail: lana-2001@yandex.ru

The study of complex compounds belonging to the group of boron acidocomplexes is continued. The object of study was dilimonoboric acid and its salt, guanidinium dicitrate borate. Both compounds have the same structure of the inner sphere, in which the central atom is the boron atom. In the studied complexes, the boron atom is in a state of tetracoordination, the outer sphere is represented by a hydrogen ion in dilimonoboric acid and a guanidinium cation in guanidinium dicitrate borate. The method of obtaining guanidinium dicitrate borate was improved, which allowed to achieve a higher percentage yield of the reaction product. The obtained crystals of the studied complexes were studied using a ZEISS AXIO Scope A1 polarization microscope in transmitted light in immersion droplets up to 10 mm in diameter. The photographing was carried out according to the Axio Vision Rel 4.8 program. Dilimonoboric acid crystals are stable in air, have a needle shape, and are soluble in hot water. Crystals of guanidinium dicitrate borate are stable in air, soluble in water and insoluble in organic solvents. The appearance of the crystals is represented by four-sided pyramids of white color. Dilimonoboric acid is used as an intermediate reagent in the synthesis of guanidinium dicitrate borate. The ratio of the components was 1:2, respectively. The equations of the corresponding reactions are presented. Using photocolometric and conductometric methods, the electrical conductivity and optical density of dilimonoboric acid and guanidinium dicitrate borate were studied. The obtained data allowed us to calculate the instability constant of complex compounds. A comparison of the instability constants showed that the complex salt is a weaker electrolyte than dilimonoboric acid. The value of the instability constants of dilimonoboric acid was $K = 1 \cdot 10^{-2}$, and guanidinium dicitrate borate $K = 3.04 \cdot 10^{-3}$. The dependences of the molar and specific electrical conductivity on the concentrations of this compound are obtained. The electrical conductivity of guanidinium dicitrate borate was studied, preliminary conclusions were made about the mechanism of dissociation of the compound by the type of weak electrolyte. The conclusion is made about the influence of the external sphere on the change in the physico-chemical properties of compounds belonging to the group of boron acidocomplexes. The presence of the guanidinium ion in the outer sphere increases the strength of the chemical bonds between the atoms of the inner sphere of the complex salt compound.

Keywords: crystals, dilimonoboric acid, guanidinium dicitrate borate, instability constant, electrical conductivity, optical density

Развитие одного из направлений координационной химии, направленное на синтез и изучение комплексов бора, является актуальным. Особое значение имеют эко-

логически безопасные соединения, обладающие антимикробными свойствами. Возникает необходимость в синтезе и изучении физико-химических свойств соединений,

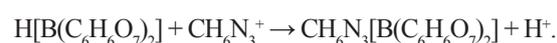
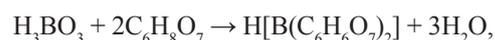
относящихся к ацидокомплексам бора, как перспективным препаратам, обладающим достаточно большим спектром биоцидной и фунгицидной активности. Сравнительный анализ строения и свойств известных и новых биокоординационных веществ позволит выявить взаимосвязь между их строением и изменениями физико-химических свойств с целью дальнейшего использования комплексных соединений в различных областях. Комплексы на основе тетракоординированного бора образуют группу препаратов, обладающих довольно выраженными антимикробными действиями [1; 2]. В работе представлена усовершенствованная методика получения дилимонноборной кислоты и ее соли дицитратобората гуанидиния (ДЦБГ), данные по электропроводности, физико-химическим свойствам, строению кристаллов, а также рассчитаны константы нестойкости изучаемых соединений.

Цель исследования: используя кондуктометрический метод, определить удельную и молярную электропроводность кристаллов дилимонноборной кислоты и дицитратобората гуанидиния. На основании фотометрических измерений рассчитать константы нестойкости комплексных соединений, сделать вывод о влиянии внешней сферы на процесс диссоциации дилимонноборной кислоты и дицитратобората гуанидиния.

Материалы и методы исследования

Для получения дицитратобората гуанидиния использовали реактивы: борная кислота «ХЧ», лимонная кислота безводная «ЧДА», гуанидин гидрохлорид ХЧ (содержание основного вещества 94,3%). Методика синтеза дицитратобората гуанидиния из смеси дилимонноборной кислоты и гуанидина гидрохлорида подробно описана в [3]. Авторами предложены изменения в разработанной схеме синтеза, позволяющие повысить выход продукта. В частности, при синтезе дилимонноборной кислоты температура водяной бани должна быть 65 °С, перемешивание системы проводится постоянно в течение 12 часов, т.к. перемешивание выравнивает концентрацию раствора у разных граней кристалла, что способствует приобретению ими более правильной формы. После 12 часов перемешивание прекращается, температура понижается постепенно, процесс кристаллизации проходит в течение суток. При получении комплексной соли ДЦБГ процесс растворения дилимонноборной кислоты проходит при температуре водяной бани

55 °С также при постоянном перемешивании системы. Рекомендовано гуанидин гидрохлорид вносить мелкими порциями, соблюдая промежуток времени не менее 10 минут между вносимыми порциями реагента. Процесс кристаллообразования начинается на вторые сутки, полностью формирование осадка происходит через 5 дней. Снижение температуры должно быть медленным и постепенным. Уравнение происходящей в системе реакции:



Изучение кристаллов дилимонноборной кислоты и дицитратобората гуанидиния было выполнено с использованием поляризационного микроскопа ZEISS AXIO Scope A1 в проходящем свете в иммерсионных каплях диаметром до 10 мм. Фотографирование производилось на этом же микроскопе по программе Axio Vision Rel 4.8. Электропроводность водных растворов соли дицитратобората гуанидиния и дилимонноборной кислоты определяли с помощью кондуктометра К1-4 УПК УПИ при рабочей частоте 1 кГц с использованием кондуктометрической ячейки УК – 02/1 по методике [4]. Оптическую плотность растворов измеряли при помощи концентрационного фотоэлектрического фотометра КФК-3-01 (ЗОМЗ), толщина стенки кюветы 0,5 см, диапазон волн составил 315–650 нм.

Результаты исследования и их обсуждение

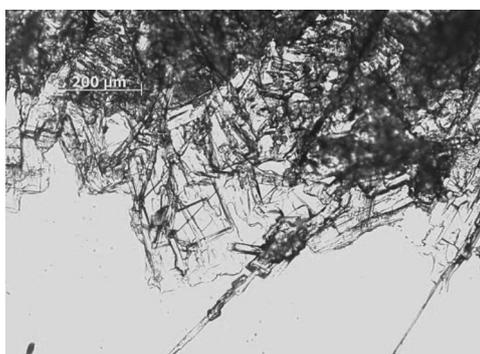
В кристаллическом состоянии дилимонноборная кислота существует в системе борная кислота – лимонная кислота – вода при 25 °С. Она является единственным комплексным соединением, кристаллизующимся в данных условиях, что подтверждается потенциометрическим титрованием дицитратобората калия раствором щелочи и рассчитываемым значением константы нестойкости. Дилимонноборная кислота представляет собой игольчатые кристаллы, устойчивые на воздухе, растворимые в воде, этиловом спирте, этилацетате; нерастворимые в бензоле, толуоле. Комплексная соль дилимонноборной кислоты дицитратоборат гуанидиния представляет собой пирамидальные белые кристаллы, устойчивые на воздухе, не растворимые в органических растворителях (рис. 1). Рост кристаллов ДЦБГ происходит за счет диффузионных потоков, образующих кристаллическую ре-

сетку, к которой частицы ацидокомплекса бора и гуанидина примыкают за счет диффузионного слоя жидкости из раствора к поверхности растущего кристалла. Затем происходит ориентированное сращивание достигших поверхности частиц в кристаллическую решетку. Таким образом, анализируя процессы кристаллообразования комплексных соединений, можно сделать вывод: рост кристаллов дилимонноборной кислоты и дицитратобората гуанидиния протекает по разным механизмам, отличается по скорости кристаллообразования и, как следствие, – по типам сформированных кристаллических структур. Объяснить подобное отличие можно различным строением внешней сферы комплексных соединений.

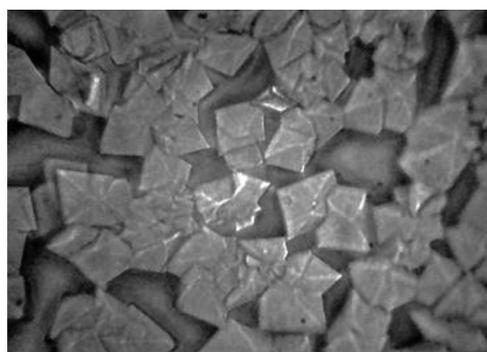
Следующим этапом стало изучение физико-химических свойств дицитрато-

бората гуанидиния и дилимонноборной кислоты. Для проведения кондуктометрических измерений готовили растворы с различным соотношением исходных компонентов (дилимонноборной кислоты и гуанидина гидрохлорида). Удельное сопротивление дистиллированной воды составило $R = 10000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Постоянную ячейки устанавливали по 0,02 М раствору КСl, используя справочные данные, при температуре $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\kappa = 0,2765 \text{ См}\times\text{м}^{-1}$) [4], установили постоянную ячейки ($K = 82,95 \text{ м}^{-1}$). Общий объем смеси составил 10 см^3 , удельные сопротивления растворов представлены в табл. 1.

Используя стандартную методику [5], рассчитали удельную электрическую проводимость; результаты расчета показаны в табл. 2.



а)



б)

Рис. 1. Кристаллы комплексных соединений:
а) дилимонноборная кислота; б) дицитратоборат гуанидиния

Таблица 1

Удельные сопротивления растворов

№ раствора	1	2	3	4	5	6	7
* $V_A + V_B, \text{ см}^3$	8+2	7+3	6+4	5+5	4+6	3+7	2+8
R, Ом·м	27	35	48	76	110	91	85

* V_A – объем раствора дилимонноборной кислоты, V_B – объем раствора гуанидина гидрохлорида.

Таблица 2

Удельная электрическая проводимость растворов

№ п/п	C, моль/л		$\kappa, \text{ См}\times\text{м}^{-1}$
	Гуанидин гидрохлорид	Дилимонноборная кислота	
1	0,10	0,48	3,070
2	0,15	0,42	2,370
3	0,20	0,36	1,7280
4	0,25	0,30	1,0914
5	0,30	0,24	0,7540
6	0,35	0,18	0,9115
7	0,4	0,12	0,9758

Таблица 3

Δk для смесей исследуемых растворов

№ колбы	1	2	3	4	5	6	7
Δk	-3,3126	-1,9265	-0,8195	0,0054	-0,9868	-0,2020	-0,2020

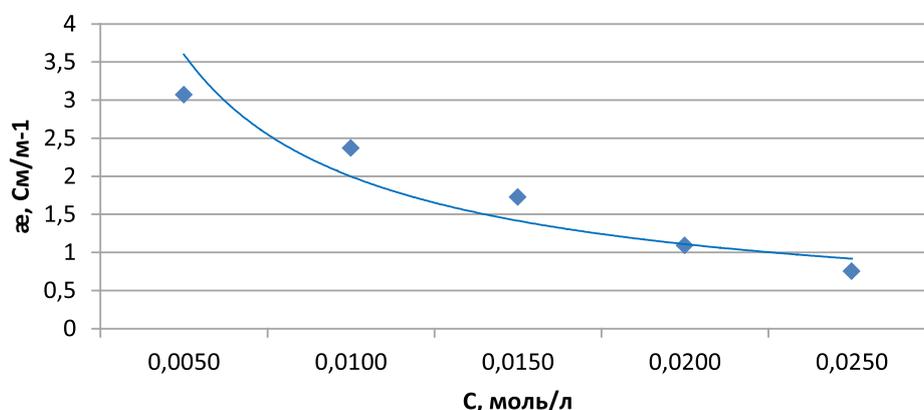


Рис. 2. Зависимость удельной электропроводности от концентрации смесей

Исходя из полученных значений, рассчитали разницу между суммой удельных электрических компонентов и удельной электрической проводимости смесей, исходя из методики [6], по формуле Δk как: $\Delta k = (k_{\text{дильмонноборная кислота}} + k_{\text{гуанидин}}) - k_{\text{смесь}}$. Результат в табл. 3.

Согласно полученным данным смесь № 4 максимально соответствует процессу образования комплексной соли дицитратобората гуанидиния, при этом соотношения компонентов будут 1:1. Таким образом, все дальнейшие измерения были проведены с образцом № 4. График зависимости концентраций смесей растворов и значения их удельной электропроводности показан на рис. 2.

Для проведения кондуктометрического исследования готовили растворы с концентрациями 0,1000; 0,0500; 0,0250; 0,0125 и 0,0060 моль/л. Задачей измерения стояло определение изменения электропроводности при соотношении компонентов 1:1, что характеризует максимальную способность к комплексообразованию исследуемых соединений. Предполагается, что дильмонноборная кислота и дицитратоборат гуанидиния должны диссоциировать по типу слабого электролита. Согласно предварительным данным дильмонноборная кислота должна являться более сильным электролитом, чем дицитратоборат гуанидиния. Для подтверждения

данной гипотезы были обработаны данные по электропроводности. Начиная с самого разбавленного раствора, измеряли сопротивление комплексных соединений и рассчитывали их удельную и молярную электрическую проводимость (табл. 4).

Анализ полученных данных подтвердил, что дильмонноборная кислота является более сильным электролитом, чем ее соль ДЦБГ. Используя метод фотоколориметрии, рассчитали константы нестойкости изучаемых комплексных соединений. На первом этапе определили оптимальное соотношение исходных компонентов для получения дицитратобората гуанидиния. Для проведения спектрофотометрических измерений готовилось 11 образцов смесей растворов дильмонноборной кислоты и гуанидина гидрохлорида, общий объем смесей составил 10 см³. Максимум поглощения был зафиксирован при длине волны 320 нм, дальнейшие измерения проведены при данной длине волны, результаты показаны в табл. 5.

На основании полученных данных по спектрофотометрии и основываясь на [5], рассчитали степень диссоциации дильмонноборной кислоты и константу нестойкости. Проведен сравнительный анализ полученного значения константы нестойкости дильмонноборной кислоты, как комплексного соединения с лимонной кислотой, константа нестойкости по первой ступени которой имеет значение $K_1 = 8,4 \cdot 10^{-4}$.

Таблица 4

Молярная и удельная электропроводность

Дилимонноборная кислота					
№	1	2	3	4	5
C, моль/л	0,1000	0,0500	0,0250	0,0125	0,0060
R, Ом	470	470	440	570	240
κ , См/см	0,0012	0,0016	0,0021	0,00320	0,0035
Λ , См*см ² /моль	12,0255	24,0511	51,3818	79,3263	392,5000
Дицитратоборат гуанидиния					
№	1	2	3	4	5
C, моль/л	0,1000	0,0500	0,0250	0,0125	0,0060
R, Ом	400	460	440	400	100
κ , См/см	0,0009	0,0010	0,0013	0,0019	0,0024
Λ , См*см ² /моль	10,1300	14,5739	31,7818	53,0400	63,0000

Таблица 5

Оптическая плотность смесей при $\lambda = 320$ нм

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
*V _A + V _B , см ³	0/10	1/9	2/8	3/7	4/6	5/5	6/4	7/3	8/2	9/1	10/0
D _{изм} , нм	0,357	0,357	0,362	0,371	0,383	0,356	0,401	0,413	0,420	0,425	0,312

* V_A – объем раствора дилимонноборной кислоты, V_B – объем раствора гуанидина гидрохлорида.

Анализ полученных данных позволил сделать вывод: дилимонноборная кислота является более сильным электролитом, т.к. константа нестойкости при 25 °С имеет значение $K = 1 \cdot 10^{-2}$. Следующим этапом определяли константу нестойкости комплексной соли дицитратобората гуанидиния. Зная значения оптической плотности и исходную концентрацию растворов, рассчитывают молярный коэффициент поглощения (k_{λ}) для пробы № 1 и № 11. Используя формулу (1), вычисляют значение $D_{\text{теор}}$ для каждой смеси.

$$D_{\text{теор}} = (k_{\lambda,1} \cdot C_1 + k_{\lambda,2} \cdot C_2) \cdot d, \quad (1)$$

где k_{λ} – молярный коэффициент поглощения, дм²/моль; C – молярная концентрация раствора, моль/дм³, d – толщина кюветы, дм.

По разнице между теоретическим значением оптической плотности при отсутствии в системе комплексного соединения дицитратобората гуанидиния и измеренными показателями оптической плотности с учетом мольного состава, определяют раствор, в котором максимально прошел процесс комплексобразования (проба № 6 с соотношением компонентов 1:1). Дальнейшие измерения и расчеты были проведены на основе пробы № 6. Вычисление степени диссоциации дицитратобората гуанидиния проводили по формуле (2), используя известное значение оптической плотности пробы.

$$\alpha = \frac{D_{\text{max}} - D}{D_{\text{max}}} = \frac{0,425 - 0,356}{0,425} = 0,16, \quad (2)$$

где D_{max} – максимальная оптическая плотность, D – оптическая плотность, соответствующая процессу комплексобразования.

Константу нестойкости дицитратобората гуанидиния определяют по закону разбавления Оствальда (3)

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1 - \alpha} = \frac{0,16^2 \cdot 0,1}{1 - 0,16} = 3,04 \cdot 10^{-3}. \quad (3)$$

Расчет константы нестойкости дицитратобората гуанидиния проводился при температуре 25 °С. Согласно [7] pK_a гуанидина гидрохлорида равно 11, т.е. протонированный ион гуанидиния, входящий во внешнюю сферу комплекса, проявляет очень слабые кислотные свойства, что сказывается на процессе диссоциации дицитратобората гуанидиния. Константа нестойкости дилимонноборной кислоты равна $1 \cdot 10^{-2}$, константа нестойкости полученного комплексного соединения дицитратобората гуанидиния равна $3,04 \cdot 10^{-3}$. На основании разницы значений констант нестойкости изучаемых комплексов можно сделать вывод о влиянии внешней сферы на электролитические свойства соединений. В частности, наличие катиона гуанидиния снижает скорость процесса диссоциации, что подтверждается

разными значениями молярной и удельной электропроводности дилимонноборной кислоты и ДЦБГ.

Заключение

Внесены изменения в методику синтеза дицитратобората гуанидиния и дилимонноборной кислоты, что позволило увеличить выход продуктов по сравнению с ранее предложенным синтезом. Доказано, что постоянное перемешивание системы при формировании кристаллического осадка положительно влияет на структуру и рост кристаллов комплексных соединений, предотвращая распределение дефектов по зерну будущего кристалла. Проведено сравнение кристаллов изучаемых соединений, представлены их электронные фотографии. На фотографиях отчетливо видны различные формы кристаллических структур изучаемых соединений. Дилимонноборная кислота имеет игольчатую форму кристаллов, дицитратоборат гуанидиния представлен структурами в виде шестигранных пирамид. Анализируя полученные данные по удельной и молярной электропроводности комплексных соединений, можно сделать вывод, что дицитратоборат гуанидиния является более слабым электролитом по сравнению с дилимонноборной кислотой, что оказывает влияние на процесс диссоциации полученных комплексов. Изучение оптических свойств растворов данных соединений позволило рассчитать константы нестойкости, сравнить полученные данные и сделать вывод о влиянии внешней сферы комплекса на прочность связей внутренней сферы. Дилимонноборная кислота является более сильным электролитом, чем лимонная кислота и дицитратоборат гуанидиния. Дилимонноборная кислота и дицитратоборат гуанидиния могут быть использованы в качестве соединений, проявляющих антимикробную активность по отношению к грамположительным и грамотрицательным микроорганизмам, а также к некоторым плесневым грибам. Синтез данных со-

единений является простым и экологически безопасным. Разработка методики синтеза соединений, относящихся к группе ацидо-комплексов бора, является перспективным направлением координационной химии, т.к. данные комплексные соединения могут иметь широкий спектр применения в различных областях.

Список литературы / References

1. Зведре И.И., Беляков С.В. Синтез и кристаллическая структура комплекса N,N-диэтиланилиния с бородилимонной кислотой // Неорганическая химия. 2017. В. 62. № 5. С. 671–678. DOI: 10.1134/S0036023617050254.
2. Zviadre I.I., Belyakov S.V. N,N-diethylanilinium complex with borodicitric acid: Synthesis and crystal structure // Neorganicheskaja himija. 2017. V. 62. № 5. P. 671–678. DOI: 10.1134/S0036023617050254 (in Russian).
3. Тютрина С.В., Юргенсон Г.А., Осина М.А., Мясникова Н.В. Физико-химические свойства и особенности кристаллообразования комплексных соединений на основе борной кислоты // ЖПХ. 2017. Т. 90. № 7. С. 840–847. DOI: 10.1134/S1070427217070059.
4. Tyutrina S.V., Yurgenson G.A., Osina M.A., Myasnikova N.V. Physicochemical properties and specific features of crystal formation for complex compounds based on boric acid // ZhPH. 2017. V. 90. P. 1055–1061. DOI: 10.1134/S1070427217070059 (in Russian).
5. Хатькова А.Н., Бурнашова Н.Н., Дабижа О.Н., Тютрина С.В., Кузнецова Н.С. Дицитратоборат гуанидиния, проявляющий антимикробные свойства // Пат. РФ № 2011149519/04 опублик. 10.02.2013.
6. Газизов И.М., Кузнецов М.С., Лисицкий И.С., Залетин В.М. Исследование ионной составляющей проводимости в кристаллах TlBr // Известия высших учебных заведений. 2011. № 3. С. 13–20.
7. Gazizov I.M., Kuznetsov M.V., Lisitsky I.S., Zaletin V.M. Investigation of the ionic component of conductivity in TlBr // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. 2011. № 3. P. 13–20 (in Russian).
8. Гельфман М.И. Практикум по физической химии: учебн. пособ. М.: Лань, 2004. 256 с.
9. Gelfman M.I. Practicum on physical chemistry: textbook manual. M.: Lan, 2004. 256 p. (in Russian).
10. Butschies M., Haenle J.C. Tussetschläger S., Laschat S., Liquid crystalline guanidinium phenylalkoxybenzoates: towards room temperature liquid crystals via bending of the mesogenic core and the use of triflate counter ions. Liq. Cryst. 2013. V. 40. P. 52–71. DOI: 10.1080/02678292.2012.732617.
11. Захарова О.В., Голоунин А.В., Кононов Ю.С., Кондрасюк А.А. Анионообменная функция гуанидинов в водных растворах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 6–3. С. 448–450.
12. Zakharova O.V., Golounin A.V., Kononov Yu.S., Kondrasyuk A.A. Anion exchange function of guanidines in aqueous solutions // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2016. No. 6–3. P. 448–450 (in Russian).

УДК 502:504.54:911.2:911.52:519.876

ВЛИЯНИЕ КООРДИНАТ И ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ НА ПАРАМЕТРЫ ЖИЗНИ, ПРОГНОЗ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ

Мазуркин П.М.

*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru*

Из общей матрицы факторного анализа 40 параметров по девяти группам была выделена частная матрица влияния координат центров столиц и высоты их положения на 18 параметров четырех групп (население, демография, хозяйство и производство) жизни населения у 14 субъектов Урала и Сибири. Среди трех влияющих факторов первое место занимает северная широта, второе – высота над уровнем Балтийского моря и третье – восточная долгота. Среди 18 зависимых показателей первое место занял фактор X26 – ожидаемая продолжительность жизни женщин, второе X24 – ожидаемая продолжительность жизни всех и третье X33 – доля населения ниже прожиточного минимума. Коэффициент коррелятивной вариации равен 0,6569, что дает средний уровень адекватности. Из 54 бинарных отношений сильные, с коэффициентом корреляции не менее 0,7, связи равны 22 шт. (40,74%). Наибольшее количество пар (13 шт.) образуется от влияния северной широты, восемь пар от высоты и только одна пара от влияния восточной долготы. Оказалось, что зависимость влияния широты на ВРП на душу населения за 2018 г. не только имеет самый высокий коэффициент корреляции по тренду, но дополнительно идентифицируется несколькими волновыми уравнениями. В динамике урбанизации период колебания численности населения в Воронеже постоянный за 124 года и равен 43,4 года. Для сравнения в Красноярске в 1897 г. период колебания был равен 22,1, однако к 2021 г. период колебания увеличился и достиг 44,03 года. Амплитуда колебания у Воронежа нарастает, что указывает на стремление к тремору.

Ключевые слова: субъекты, координаты, высота, население, демография, хозяйство, производство, тренды

INFLUENCE OF COORDINATES AND ALTITUDE ABOVE SEA LEVEL ON THE PARAMETERS OF LIFE, FORECAST OF THE POPULATION OF CITIES

Mazurkin P.M.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru

From the general matrix of factor analysis of 40 parameters for nine groups, a private matrix of the influence of the coordinates of the centers of the capitals and the height of their position on 18 parameters of four groups (population, demography, economy and production) of the life of the population in 14 subjects of Urals and Siberia was selected. Among the three influencing factors, the first place is occupied by the northern latitude, the second – the height above the level of the Baltic Sea and the third – the eastern longitude. Among 18 dependent indicators, the first place was taken by the factor X26 – the life expectancy of women, the second – X24 – the life expectancy of all, and the third – X33 – the share of the population below the subsistence minimum. The coefficient of correlative variation is 0.6569, which gives an average level of adequacy. Out of 54 binary relations, strong ones, with a correlation coefficient of at least 0.7, relations are equal to 22 pieces. (40.74%). The largest number of pairs (13) is formed from the influence of northern latitude, eight pairs from altitude and only one pair from the influence of eastern longitude. It turned out that the dependence of the influence of latitude on GRP per capita for 2018 not only has the highest correlation coefficient for the trend, but is additionally identified by several wave equations. In the dynamics of urbanization, the period of population fluctuations in Voronezh is constant for 124 years and is equal to 43.4 years. For comparison, in Krasnoyarsk in 1897 the oscillation period was 22.1, but by 2021 the oscillation period increased and reached 44.03 years. The amplitude of the oscillation in Voronezh increases, which indicates a tendency to tremor.

Keywords: subjects, coordinates, height, population, demography, economy, production, trends

В книге [1] авторы исследуют закономерности роста городов и процессы урбанизации в России с 1897 по 2010 г., увязывая их с социальными, экономическими, политическими и демографическими явлениями.

Россия занимает 133-е место в мире по ожидаемой продолжительности жизни [2] по вектору предпорядка предпочтительности «чем больше место, тем хуже». При этом Красноярский край, как представитель Азиатской части страны, занимает 65-е место внутри России, а Воронежская область – 24-е место как представитель Европейской части.

За 160 лет, с 1840 по 2020 г., общий коэффициент рождаемости снизился в России

с 7 до 1.82 [3], то есть в 3.85 раза. Теперь государство вынуждено заниматься поощрением демографии, но численность населения даже с экономическими мерами уменьшается.

С коэффициентом младенческой смертности 6.51 Россия занимает в мире (чем больше место, тем лучше) 169-е место (США при 5.22 176-е место, а Словения во всем мире имеет наименьший коэффициент младенческой смертности – 1.53 и находится на 227-м месте) [4]. Тогда получается, что в сравнении со Словенией в России младенческая смертность больше в 4.25 раза.

Цель исследования – выявление закономерностей [5] влияния координат (широта и долгота) и высоты положения центра сто-

лиц 14 субъектов Урала и Сибири на 18 параметров из четырех групп (население, демография, хозяйство и производство) жизни населения.

Материалы и методы исследования

Составлены данные относительно геодезических координат и высоты положения центров столиц у 14 субъектов Федерации (три параметра), а также четырех групп факторов жизнедеятельности населения на территории Урала и Сибири (табл. 1).

Удельные и относительные параметры в данной статье распределяются по группам:

I) координаты центров столиц субъектов Федерации (X01 – приведенная северная широта, причем $\alpha := \alpha - 50, ^\circ$; X02 – приведенная восточная долгота, причем $\beta := \beta - 60, ^\circ$; X03 – высота над уровнем Балтийского моря, м);

VI) параметры населения (X23 – плотность, чел./км²; ожидаемая продолжительность жизни, лет: X24 – всех; X25 – мужчин; X26 – женщин);

VII) демография (X27 – суммарный коэффициент рождаемости; X28 – младенческая смертность на 10³ родившихся живыми; X29 – миграционный прирост на 10⁴ населения; X30 – естественный прирост на 10³ населения);

VIII) хозяйство (X31 – уровень занятости, %; X32 – уровень безработицы, %; X33 – доля населения ниже прожиточного минимума, %; X34 – доля городского населения, %; X35 – доля сельского населения, %);

IX) производство (X36 – ВРП на душу населения за 2018 г., тыс. руб./чел.; X37 – средние душевые доходы, руб./мес.; число умерших в трудоспособном возрасте на 10⁵ населения, чел.: X38 – оба пола; X39 – мужчины в 16–59 лет; X40 – женщины в 16–54 года).

Полная корреляционная матрица факторного анализа содержит 1600 формул [5]. В табл. 2 приведены коэффициенты корреляции трех влияющих параметров и 18 зависимых показателей, то есть показана адекватность всего 3 x 18 = 54 закономерностей.

Таблица 1

Фрагмент исходных данных по 40 параметрам субъектов Урала и Сибири

Код	Субъект Федерации Западной Сибири	Столица субъекта	Координаты (группа I)				Группы VI–IX			
			X01	X02	X03	...	X23	...	X40	
45	Курганская область	Курган	5.45	5.3333	75	...	11.7	...	262.2	
66	Свердловская область	Екатеринбург	6.8519	0.6122	255	...	22.2	...	251.9	
72	Тюменская область	Тюмень	7.1522	5.5272	81	...	2.5	...	174.1	
74	Челябинская область	Челябинск	5.154	1.4291	218	...	39.3	...	251.0	
4	Республика Алтай	Горно-Алтайск	1.9606	25.9189	285	...	2.4	...	222.3	
17	Республика Тыва	Кызыл	1.7147	34.4534	624	...	1.9	...	378.1	
19	Республика Хакасия	Абакан	3.7156	31.4292	247	...	8.7	...	249.9	
22	Алтайский край	Барнаул	3.3606	23.7636	189	...	13.9	...	260.1	
24	Красноярский край	Красноярск	6.0184	32.8672	139	...	1.2	...	262.1	
38	Иркутская область	Иркутск	2.2978	44.296	427	...	3.1	...	320.1	
42	Кемеровская обл. – Кузбасс	Кемерово	5.3333	26.0833	104	...	27.9	...	342.8	
54	Новосибирская область	Новосибирск	5.0415	22.9346	164	...	15.7	...	232.1	
55	Омская область	Омск	4.9924	13.3686	90	...	13.8	...	220.3	
70	Томская область	Томск	6.4977	24.9744	117	...	3.4	...	201.3	

Примечание. Выделены субъекты Федерации Ангаро-Енисейского макрорегиона.

Таблица 2

Частная корреляционная матрица и рейтинг отобранных факторов

x	Зависимый показатель y									
	Группа VI				Группа VII				Группа VIII	
	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30	X31	X32
X01	0.7469	0.8200	0.7987	0.8369	0.9535	0.8786	0.557	0.8855	0.6012	0.9684
X02	0.7702	0.6836	0.6588	0.6298	0.3361	0.3679	0.3893	0.6494	0.3519	0.3925
X03	0.6724	0.8256	0.7626	0.8823	0.8543	0.6613	0.4354	0.7472	0.4837	0.8003
Σr_{xy}	2.1895	2.3292	2.2201	2.3490	2.1439	1.9078	1.3817	2.2821	1.4368	2.1612
I_y	6	2	5	1	8	10	18	4	17	7

Окончание табл. 2										
x	Зависимый показатель y								Сумма Σr_x	Место I_x
	Группа VIII			Группа IX						
	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39	X40		
X01	0.9356	0.7478	0.7844	0.9686	0.9369	0.6573	0.6875	0.595	14.3598	1
X02	0.5284	0.4894	0.6317	0.3737	0.4937	0.5617	0.5389	0.6407	9.4877	3
X03	0.8244	0.6695	0.3787	0.4373	0.4458	0.5407	0.492	0.7133	11.6268	2
Σr_y	2.2884	1.9067	1.7948	1.7796	1.8764	1.7597	1.7184	1.949	35.4743	-
I_y	3	11	13	14	12	15	16	9	-	0.6569

Таблица 3

Корреляционная матрица парных отношений по трендам при $r \geq 0.7$

x	Зависимый показатель y													
	Группа VI				Группа VII			Группа VIII				Группа IX		
	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X30	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X40
X01	0.7469	0.8200	0.7987	0.8369	0.9535	0.8786	0.8855	0.9684	0.9356	0.7478	0.7844	0.9686	0.9369	
X02	0.7702													
X03		0.8256	0.7626	0.8823	0.8543		0.7472	0.8003	0.8244					0.7133

Примечание. Выделены отношения с коэффициентом корреляции не менее 0.7.

Таблица 4

Параметры тренда бинарных отношений при $r \geq 0.9$

Переменная x	Показатель y	Двухчленный тренд $y = a \exp(-bx^c) + dx^e \exp(-fx^g)$								Коэф. корр. r
		Экспоненциальный закон			Биотехнический закон					
		a	b	c	d	e	f	g		
X01	X36	1.18541e-41	-1.90650	2.02123	204.95263	0	-0.014331	2.01767	0.9686	
X01	X32	826.88418	0.0047631	1.64166	-2339.82228	0.38954	1.09635	0.28810	0.9684	
X01	X27	1936.26919	1.61289	0.37282	-3472.17089	0.17510	2.21815	0.33785	0.9535	
X01	X37	0.0090344	-14.46750	0.017219	2.60219e-107	201.69335	1.34848	0.99655	0.9369	
X01	X33	1.96104e6	4.46699	0.30697	-4.04202e6	0.16996	5.20013	0.29277	0.9356	

Среди трех влияющих факторов первое место занимает X01 – северная широта, второе – X03 – высота над уровнем Балтийского моря и третье – X02 – восточная долгота. Среди 18 зависимых показателей первое место занял фактор X26 – ожидаемая продолжительность жизни женщин, второе X24 – ожидаемая продолжительность жизни всех и третье – X33 – доля населения ниже прожиточного минимума.

Коэффициент коррелятивной вариации по табл. 2 равен $35,4743 / (3 \times 18) = 0,6569$, дает средний уровень адекватности.

Сильные парные отношения. Выберем из табл. 2 сильные бинарные отношения с коэффициентом корреляции не менее 0.7 (табл. 3). Из 54 бинарных отношений сильные факторные связи равны 22 шт., или по доле равно 40.74%.

Сильных пар в группе VI находится 8 шт., в группе VII – 5 шт., в группе VIII –

6 шт. и в группе IX – 3 шт. При этом наибольшее количество пар (13 шт.) образуется от влияния X01 – приведенная северная широта, затем восемь пар от влияния X03 – высота над уровнем Балтийского моря и только одна пара от влияния X02 – приведенная восточная долгота.

Все пять сильнейших зависимостей относятся к влиянию X01 – северной широты. В табл. 4 дан рейтинг пяти закономерностей по двухчленным трендам (рис. 1).

Оказалось, что зависимость X01 → X36 – ВРП на душу населения за 2018 г. не только имеет самый высокий коэффициент корреляции по тренду, но дополнительно идентифицируется несколькими волновыми уравнениями (табл. 5 и рис. 2). Первые два члена из табл. 5 являются двухчленным трендом, который является частным случаем вейвлета при периоде колебания, стремящемся к бесконечности.

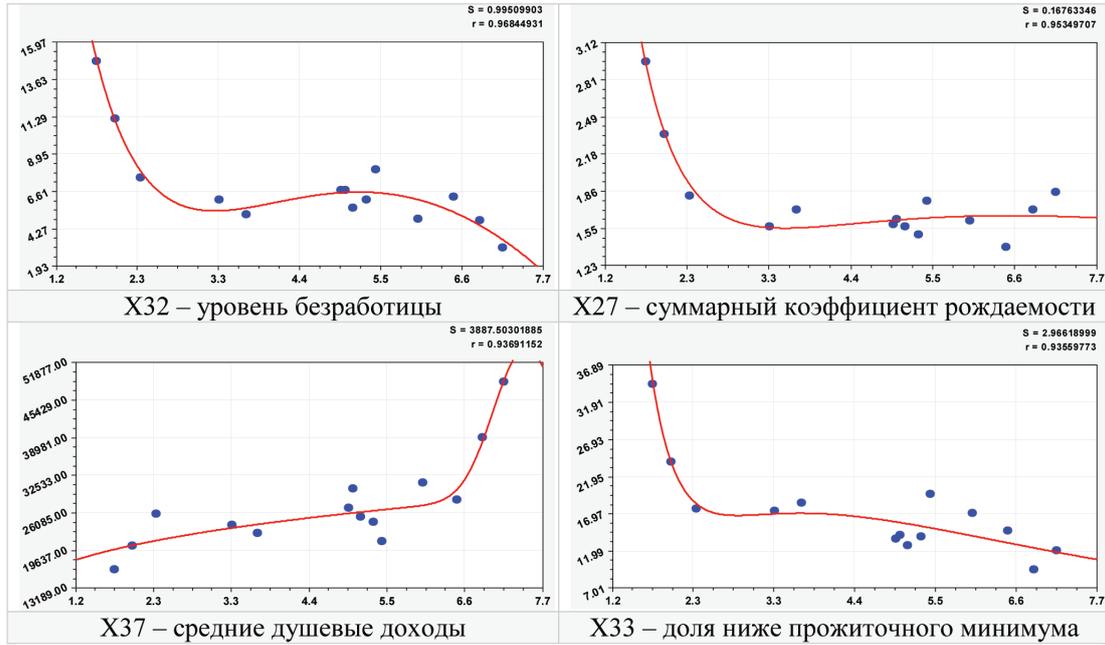


Рис. 1. Графики влияния широты на параметры жизнедеятельности населения по трендам

Таблица 5

Вейвлеты влияния широты на X36 – ВРП на душу населения за 2018 г.

Номер <i>i</i>	Асимметричный вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. <i>r</i>
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	1.23149e-41	0	-1.90651	2.02126	0	0	0	0	0.9906
2	496.48292	0	-0.00010439	4.03582	0	0	0	0	
3	615.46320	0	0.49920	0.55152	0.85506	0	0	3.41070	0.8175
4	-0.069161	13.73049	2.79080	1.02204	0.30910	0.00013370	2.84947	-3.09424	

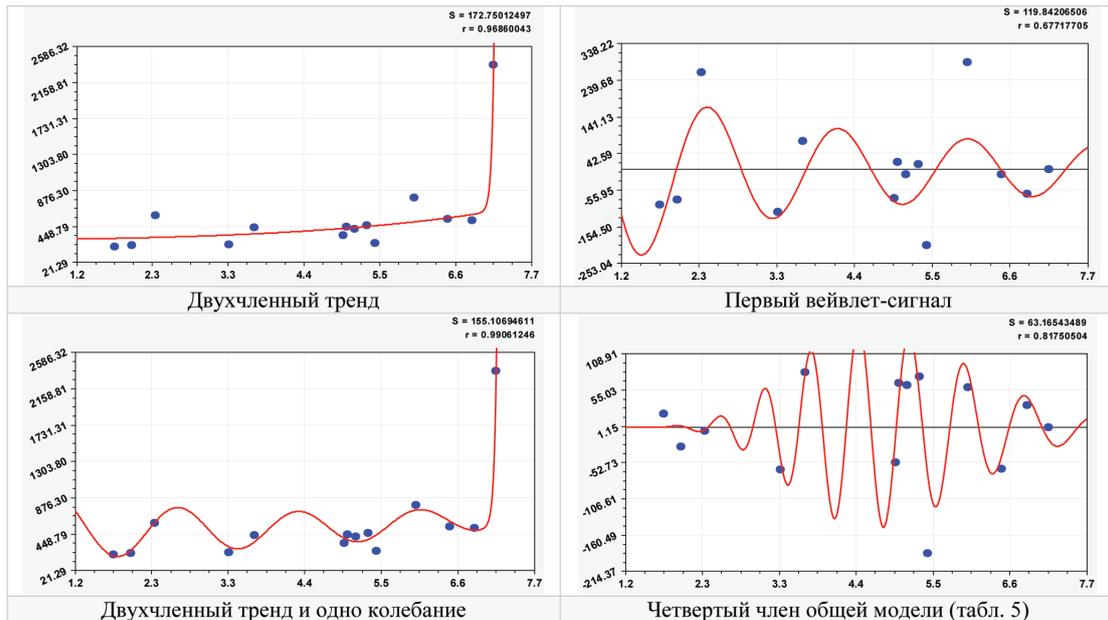


Рис. 2. Графики влияния широты на X36 – ВРП на душу населения за 2018 г.

Таким образом, экономическая география получает конкретные закономерности влияния северной широты, что доказывает нашу гипотезу о колебательной адаптации в природе.

Динамика численности населения городов. Интерес представляет дополнение к данным из табл. 1 времени. Это позволило бы изучать динамические процессы в жизнедеятельности населения на разных территориях. Пока мы не нашли таких объемных таблиц.

Мы выписали данные [1, с. 105, табл. 14] для двух городов, находящихся в Азиатской (Красноярск) и Европейской (Воронеж) частях РФ. Время $\tau = 0$ для 1897 г. (табл. 6).

Таблица 6

Динамика урбанизации [1]

Год	Время τ , лет	Население N , 10^3 чел.	
		Красноярск	Воронеж
1897	0	27	81
1926	29	72	122
1939	42	190	344
1959	62	412	447
1970	73	648	660
1979	82	795	781
1989	92	869	882
2002	105	912	849
2009	112	955	846

Дата появления г. Красноярска 1628 г., а Воронежа – 1586 г.

Закон Вейбулла удачно характеризует динамику численности населения до некоторого предела:

– численность населения Красноярска

$$N = 1042.5698 - 1053.6642 \exp(-2.03102 \cdot 10^{-5} \tau^{2.50378}); \quad (1)$$

– численность населения Воронежа

$$N = 924.89295 - 860.04583 \exp(-2.56110 \cdot 10^{-5} \tau^{2.50264}). \quad (2)$$

Из Интернета по запросу численность населения Красноярска равна 1092.851 и Воронежа – 1050.602 тыс. чел.

В табл. 7 приведены результаты идентификации (рис. 3, 4) по моделям:

– численность населения Красноярска

$$N = 1112.45095 - 1171.89648 \exp(-2.03294 \cdot 10^{-5} \tau^{2.48063}) + 74.39794 \exp(-0.0010138 \tau^{1.16951}) \cos(\pi \tau / (11.04073 + 1.12472 \tau^{0.47259}) - 0.076406); \quad (3)$$

– численность населения Воронежа

$$N = 993.31384 - 930.12818 \exp(-2.62893 \cdot 10^{-5} \tau^{2.45773}) + 16.94631 \exp(0.44586 \tau^{0.27531}) \cos(\pi \tau / 21.68109 + 0.10628). \quad (4)$$

Таблица 7

Динамика урбанизации и прогноз численности населения по моделям (3) и (4)

Год	Время τ , лет	Красноярск				Воронеж			
		Факт	Расчет	Погрешн.	K	Факт	Расчет	Погрешн.	K
Основание прогноза									
1897	0	27	14.74	45.42	-0.25	81	80.04	1.19	1.27
1926	29	72	83.52	-16.00	2.23	122	133.89	-9.74	0.87
1939	42	190	197.74	-4.07	1.17	344	332.47	3.35	1.21
1959	62	412	401.70	2.50	0.90	447	452.37	-1.20	0.88
1970	73	648	650.50	-0.39	1.06	660	628.39	4.79	0.97

Окончание табл. 7

Год	Время τ, лет	Красноярск				Воронеж			
		Факт	Расчет	Погрешн.	K	Факт	Расчет	Погрешн.	K
1979	82	795	797.60	-0.33	1.08	781	810.58	-3.79	1.09
1989	92	869	863.99	0.58	1.01	882	885.11	-0.35	1.06
2002	105	912	911.23	0.08	0.94	849	834.05	1.76	0.91
2009	112	955	964.34	-0.98	0.95	846	869.65	-2.79	0.93
2021	124	1092.851	1081.91	1.00	1.02	1050.602	1034.62	1.52	1.07
Горизонт прогноза									
2027	130	-	1125.3	-	1.04	-	1070.9	-	1.09
2035	138	-	1145.6	-	1.05	-	1015.4	-	1.03
2048	151	-	1103.1	-	1.00	-	891.0	-	0.90
2062	165	-	1060.9	-	0.96	-	1038.4	-	1.05
2095	198	-	1157.8	-	1.04	-	893.9	-	0.90
2113	216	-	1110.9	-	1.00	-	1113.4	-	1.12

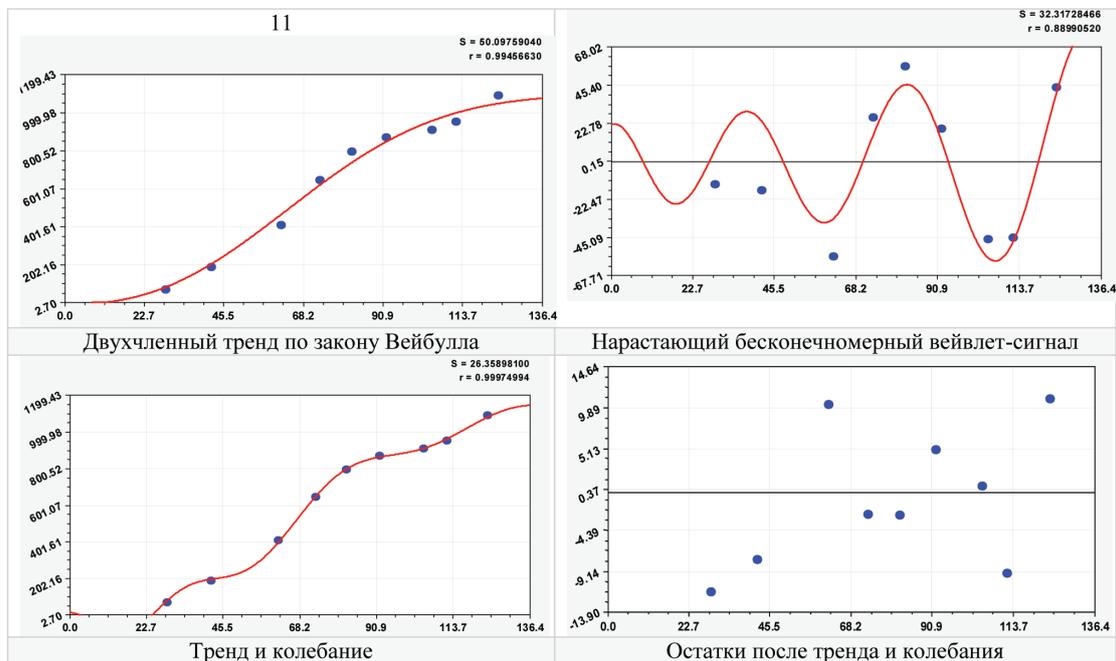


Рис. 3. Графики динамики за 1897–2021 гг. численности населения Красноярска

Погрешность вычисляется по выражению $100 \cdot (\text{факт} - \text{расчет}) / \text{факт}$, а коэффициент динамичности как отношение всей формулы (3) или (4) к тренду в виде закона Вейбулла.

Период колебания численности населения в Воронеже постоянный за 124 года и равен $2 \times 21.68109 \approx 43.4$ года (чуть больше двойного среднего цикла обращения ядра Солнца вокруг самого себя). Для Красноярска по (3) в 1897 г. период колебания был равен 22.1 года (очень близок к циклу обращения ядра Солнца). К 2021 г. период колебания достиг 44.03 года.

Амплитуда колебания у обоих городов нарастает со временем, однако после объединения с трендом по закону Вейбулла у Красноярска получилось медленное снижение. Это происходит из-за эффекта «уплотнения ящика с предметами при встряске».

Однако программная среда CurveExpert-1.40 способна вместе «трясти» только 3-4 составляющих, поэтому для дальнейшей идентификации нужно разработать специализированную программную среду по нашим сценариям статистического моделирования.

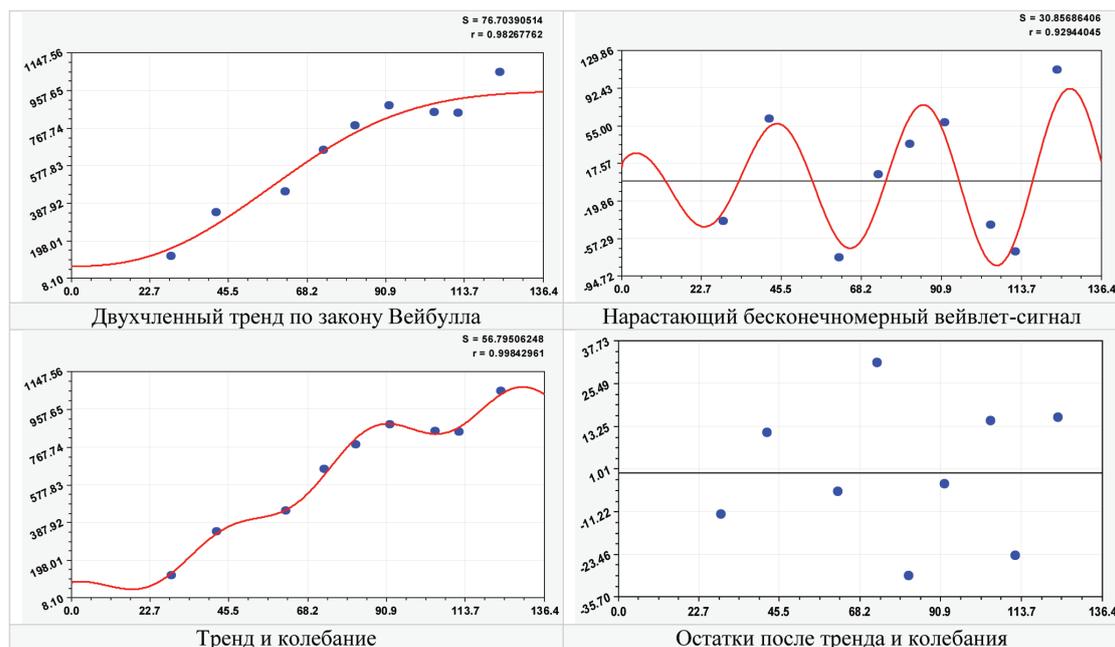


Рис. 4. Графики динамики за 1897–2021 гг. численности населения Воронежа

По основанию прогноза в 124 года ориентировочный прогноз возможен до горизонта $2021 + 124 = 2145$ года. Таким образом, при наличии достоверных данных для любого города можно идентифицировать асимметричные вейвлеты, причем чем длиннее динамический ряд, тем больше составляющих в виде тренда и нескольких колебаний (практически были получены общие модели, содержащие до 200 составляющих).

Закключение

Выявлены закономерности влияния координат (широта и долгота) и высоты положения центра столиц у 14 субъектов Урала и Сибири на 18 параметров из четырех групп (население, демография, хозяйство и производство) жизни населения.

Среди трех влияющих факторов первое место занимает северная широта, второе – высота над уровнем Балтийского моря и третье – восточная долгота. Среди 18 зависимых показателей первое место занял фактор X26 – ожидаемая продолжительность жизни женщин, второе X24 – ожидаемая продолжительность жизни всех и третье – X33 – доля населения ниже прожиточного минимума. Коэффициент коррелятивной вариации равен 0,6569, что дает средний уровень адекватности.

Из 54 бинарных отношений сильные, с коэффициентом корреляции не менее 0,7,

факторные связи равны 22 шт., или по доле равно 40.74%. При этом наибольшее количество пар (13 шт.) образуется от влияния северной широты, затем восемь пар от высоты над уровнем Балтийского моря и только одна пара от влияния восточной долготы.

Оказалось, что зависимость влияния широты на ВРП на душу населения за 2018 г. не только имеет самый высокий коэффициент корреляции по тренду, но дополнительно идентифицируется несколькими волновыми уравнениями.

В динамике урбанизации период колебания численности населения в Воронеже постоянный за 124 года и равен 43.4 года. Для Красноярска в 1897 г. период колебания был равен 22.1 года, однако к 2021 г. период колебания увеличился и достиг 44.03 года. Амплитуда колебания у Воронежа нарастает, что указывает на стремление к тремору. С учетом трех членов амплитуда колебания у Красноярска снижается.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта: «19-45-240004p_a Прогноз эколого-экономического потенциала возможных "климатических" миграций в Ангаро-Енисейском макрорегионе в меняющемся климате 21-го века».

Список литературы / References

1. Becker C.M., Mendelsohn S.J., Benderskaya K.A. Russian urbanization in the Soviet and post-Soviet eras. International Institute for Environment and Development (IIED). London. Urbanization and emerging population issues. Working paper. 2012. 134 p.
 2. Life Expectancy of the World Population. Life expectancy at birth. Data based on the latest United Nations Population Division. [Electronic resource]. URL: <https://www.worldometers.info/demographics/life-expectancy/> (date of access: 30.07.2021).
 3. Total fertility rate in Russia from 1840 to 2020. 2021. [Electronic resource]. URL: <https://www.statista.com/statistics/1033851/fertility-rate-russia-1840-2020/> (date of access: 30.07.2021).
 4. Infant mortality rate. [Electronic resource]. URL: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/infant-mortality-rate/country-comparison> (date of access: 30.07.2021).
 5. Мазуркин П.М. Факторный анализ субъектов Сибирского округа по 40 параметрам жизни населения // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2021. № 5 (35). С. 17–39.
- Mazurkin P.M. Factor analysis of the subjects of the Siberian district by 40 parameters of the population's life // Biosphere economy: theory and practice. 2021. No. 5 (35). P. 17–39.

УДК 504.064.2:528

ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОЙ РАСЧЛЕНЕННОСТИ ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Подколзина Д.А., Беспалова Е.В., Склярено Г.Ю.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: Podkolzina@sfedu.ru

Характер и интенсивность эрозионных процессов, происходящих в водоохранной зоне (ВОЗ) водного объекта, являются важными параметрами, в значительной степени определяющими возможности ее хозяйственного освоения. Овражно-балочная эрозия влияет на стабильность положения береговой линии, интенсивность и объемы выноса в водный объект материала разрушения берегов, т.е. на характеристики, имеющие существенное, а нередко и решающее значение для принятия управленческих решений по осуществлению хозяйственных и природоохранных мероприятий в водоохранной зоне. На основе камеральных исследований была отработана методика и выполнена оценка интенсивности проявления эрозионных процессов, происходящих в водоохранной зоне Таганрогского залива. Использовались такие методы, как: картографический метод, ГИС-технологии, метод классификаций, визуальное дешифрирование, которые позволяют очень точно оконтурить на местности эрозионные объекты и определять их морфометрические характеристики. Оценка развития эрозионных процессов на территории водоохранной зоны Таганрогского залива проводилась с использованием мирового снимка из платформы ArcGis за 2019 г. с пространственным разрешением до 1 м. Применение инструментария программы ArcGIS позволило без проведения трудоемких инструментальных полевых исследований определить наиболее пораженные эрозионными процессами участки ВОЗ Таганрогского залива. На основе полученных морфометрических характеристик рассчитаны коэффициенты, позволяющие определять степень расчлененности территории: коэффициент расчлененности, среднее расстояние между соседними тальвегами эрозионной сети, коэффициент заовраженности. Установлено, что в пределах ВОЗ Таганрогского залива показатель эрозионной расчлененности варьируется от 0 до 3,07 км/км² при среднем значении 1,53 км/км², сгущение тальвегов изменяется от 0,09 км до 0,72 км, показатель заовраженности достигает на разных участках от 0% до 8,12%.

Ключевые слова: водоохранная зона, овражно-балочная сеть, горизонтальное эрозионное расчленение, морфометрические характеристики оврага, геоинформационные системы, тальвег, Таганрогский залив

ASSESSMENT OF THE EROSION SEPARATION OF THE TAGANROG BAY WATER PROTECTION ZONE USING REMOTE SENSING DATA AND GIS TECHNOLOGIES

Podkolzina D.A., Bepalova E.V., Sklyareno G.Yu.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: Podkolzina@sfedu.ru

The nature and intensity of erosion processes occurring in the water protection zone (WPZ) of a water body are an important parameter that largely determines the possibilities of its economic development. Gully-beam erosion affects characteristics that are essential, and often crucial for making managerial decisions on the implementation of economic and environmental measures. On the basis of desk studies, a methodology was developed and an assessment of the intensity of the manifestation of erosion processes occurring in the water protection zone of the Taganrog Bay was performed. We used such methods as: cartographic, GIS technologies, classifications, visual decoding, which allow us to very accurately outline erosion objects on the ground and determine their morphometric characteristics. The assessment of the development of erosion processes in the territory of the Taganrog Bay water protection zone was carried out using a world image from the ArcGIS platform for 2019 with a spatial resolution of up to 1 meter. On the basis of the obtained morphometric characteristics, coefficients are calculated that allow determining the degree of fragmentation of the territory: the coefficient of fragmentation, the average distance between neighboring talwegs of the erosion network, the coefficient of overexposure. It was found that in the chapels of the WPZ of the Taganrog Bay, the indicator of erosive dissection varies from 0 to 3.07 km/km², with an average value of 1.53 km/km², the thickening of talwegs varies from 0.09 km to 0.72 km, the indicator of overexposure reaches 0 to 8.12% in different areas.

Keywords: water protection zone, ravine-beam network, horizontal erosion dismemberment, morphometric characteristics of the ravine, geoinformation systems, talweg, Taganrog Bay

Водоохранная зона Таганрогского залива шириной 500 м находится под воздействием ряда негативных природных и антропогенных факторов. Здесь получили развитие такие опасные экзогенные геологические процессы, как абразия берегов, оползнеобразование, овражно-балочная эрозия. Согласно положениям Водного кодекса Российской Федерации эти процессы являются предметом обязательного мониторинга водоохранных зон (ВОЗ). Положение осложняется еще и тем, что прибрежная

зона залива имеет высокую плотность населения и активно используется в хозяйственном отношении, несмотря на установленный специальный водоохранный режим, что приводит к активизации всех вышеперечисленных процессов.

В связи с этим целями исследования являлись оценка густоты эрозионной сети водоохранной зоны Таганрогского залива и ранжирование территории по степени эрозионной расчлененности с применением методов классификации и ГИС.

Объектом исследования является ВОЗ Таганрогского залива, в пределах которой преимущественное развитие получили овраги берегового типа небольшой протяженности.

Материалы и методы исследования

Овражно-балочная сеть исследовалась с применением инструментария программы ArcMap10.5 на основе мирового снимка из платформы ArcGIS за 2019 г. с пространственным разрешением до 1 м. На первом этапе проводилось дешифрирование эрозионных форм рельефа исследуемой территории по космоснимкам, затем в пределах эрозионных форм выполнялась оцифровка тальвегов для создания слоя ГИС-проекта «Эрозия ВОЗ Таганрогского залива». На следующем этапе создавался слой площади и проводился расчет густоты эрозионной сети в ГИС ArcMap10.5 [1].

Объекты, изученные и оцифрованные в ходе визуальной расшифровки, сначала идентифицировались по прямым признакам, которые непосредственно отражаются в изображениях поверхности из космоса. Они включают в себя цвет, тон, размер, форму. В дополнение к прямым важным также косвенные признаки визуальной расшифровки овражной сети. Надежными косвенными признаками или индикаторами эрозионных процессов почвенного покрова являются морфометрические свойства рельефа: предпочтительные формы рельефа, полная фрагментация местности, крутизна склонов, отсутствие растительности.

Для определения длин тальвегов в ArcMap10.5. проводилась их оцифровка в каждой эрозионной форме. Всего было нанесено 497 тальвегов, протяженность которых рассчитывалась по атрибутивным данным полученного слоя. Общая протяженность тальвегов составила 70,2 км.

Нанесение площадей для расчетов эрозионной расчлененности проводилось для полигона, полностью повторяющего границы ВОЗ Таганрогского залива. Это официально принятая береговая линия залива и внешняя граница ВОЗ шириной 500 м, установленная в Неклиновском, Азовском районах Ростовской области и Щербиновском, Ейском районах Краснодарского края.

Для ранжирования водоохранной зоны Таганрогского залива по степени эрозионной расчлененности осуществлялось деление ее территории на небольшие участки (ячейки), протяженность которых соизмерима с шириной наиболее крупных линей-

ных эрозионных форм, встречающихся на исследуемой территории. Площадь элементарной ячейки для расчетов составляла 0,5 км², т.е. исследовался каждый погонный километр водоохранной зоны.

Оценка горизонтальной эрозионной расчлененности проводилась по ряду показателей, включая коэффициент расчлененности территории (**I**), густоту тальвегов (**a**) и плотность оврагов (заовраженность) (**P**).

Коэффициент расчлененности территории определяется по формуле:

$$I = L/S,$$

где **I** – коэффициент расчлененности территории, км/км², **L** – длина тальвегов эрозионной сети, км; **S** – площадь, на которой измеряется длина эрозионной сети, км² [2, 3].

Результаты исследования и их обсуждение

В пределах Таганрогского залива показатель **I** варьирует от 0 км/км² до 3,07 км/км², среднее значение коэффициента равно 1,53 км/км². Низкая степень эрозионной расчлененности наблюдается в дельте Дона от х. Морской Чулек до с. Кагальник и в южной части Таганрогского залива от г. Ейск до ст. Должанская (рис. 1, 2).

Максимальные показатели расчлененности (3,07 км/км²) приходятся на Северный берег Таганрогского залива. Так, от х. Морской Чулек до х. Мержаново расчлененность ВОЗ достигает в среднем 1,53 км/км² с максимумом 3,07 км/км². Западнее, от г. Таганрога до косы Беглицкая, расчлененность территории уменьшается в среднем до 0,98 км/км², достигая максимальных значений у с. Беглица – 2,10 км/км². На участке Северного берега Таганрогского от с. Беглица до с. Весело Вознесенка значение коэффициента не превышает 1 км/км².

На Южном берегу Таганрогского залива, к западу от п. Кагальник до п. Стефонинодар, расчлененность ВОЗ варьирует в широких пределах – от 0,7 км/км² до 2,94 км/км² и в среднем составляет 1,53 км/км². Западнее, до косы Глафиновская, этот показатель существенно снижается до 0,24 км/км², и только на небольших участках у сел Семибалки и Порт-Катон увеличивается до 1–2 км/км². Высокой степенью эрозионной расчлененности характеризуется ВОЗ Ейского лимана. Среднее значение этого показателя составляет здесь 0,73 км/км² и достигает максимума 3 км/км² в районе с. Ейское Укрепление.



Рис. 1. Карта-схема коэффициента эрозионной расчлененности (I) ВОЗ Северного берега Таганрогского залива



Рис. 2. Карта-схема коэффициента эрозионной расчлененности (I) ВОЗ Южного берега Таганрогского залива

Расчет показателя густоты тальвегов (а) (или среднего расстояния между соседними тальвегами (рис. 3)) выполнен по формуле:

$$a = S/L,$$

где а – среднее расстояние между соседними тальвегами в пределах площади S, L – суммарная длина тальвегов на исследуемой площади.

Расчет данного параметра производился аналогично показателю I, при помощи инструментария программного обеспечения ArcGIS. Для Таганрогского залива значение густоты эрозионной сети в среднем составляет 0,06 км. На Северном берегу Таганрог-

ского залива самая густая эрозионная сеть зафиксирована на участке ВОЗ от х. Морской Чулек до с. Бесергеновка. Здесь расстояние между тальвегами сокращается до 0,14 км. На Южном берегу от с. Кагальник до косы Павло-Очаковской расстояние между тальвегами достигает минимальных значений – 0,03 км для всей исследуемой территории ВОЗ. Локально, к югу от с. Семибалки до с. Глафировка сгущение тальвегов достигает 0,12 км. В водоохранной зоне Ейского лимана этот показатель также высокий – от п. Глафировка до г. Ейск среднее расстояние между соседними тальвегами колеблется от 0,09 км до 0,37 км.

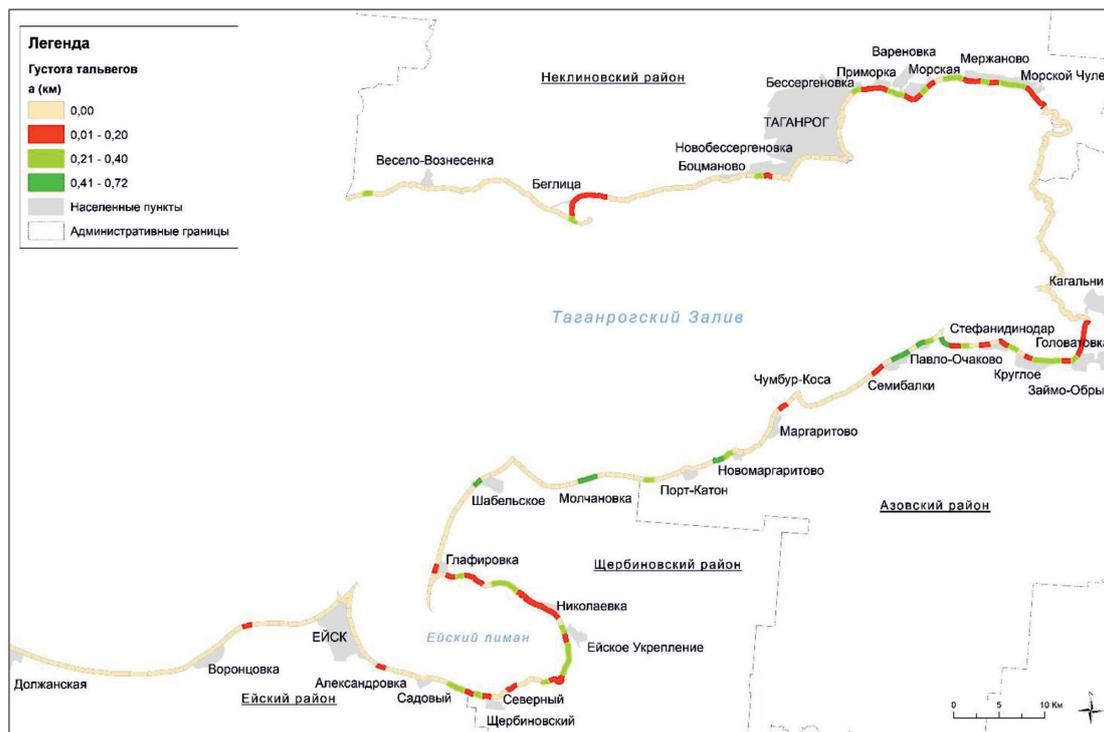


Рис. 3. Карта-схема среднего расстояния между соседними тальвегами (а) в ВОЗ Таганрогского залива

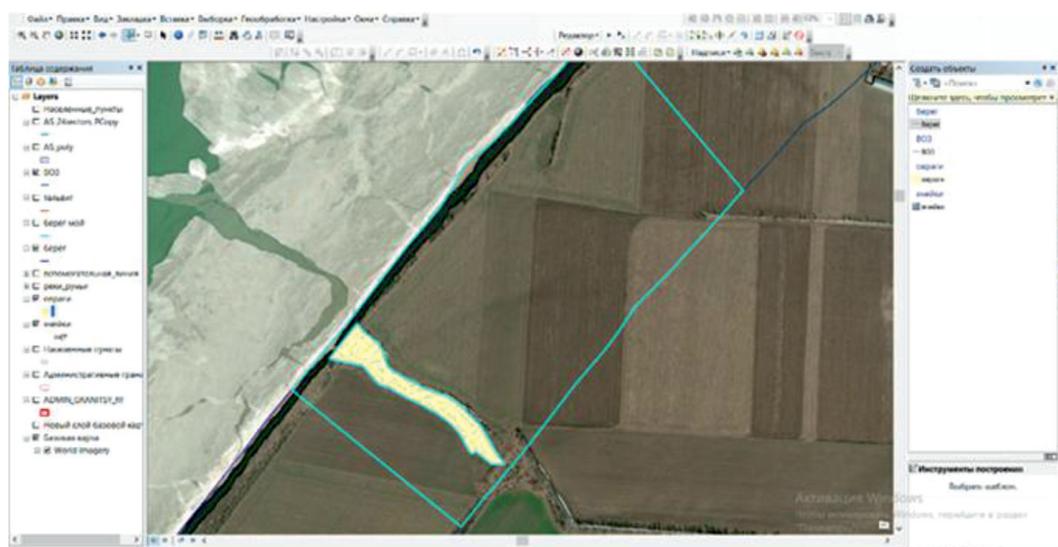


Рис. 4. Пример оценки плотности оврагов на единицу площади ВОЗ в программном обеспечении ArcGIS

Плотность оврагов в водоохранной зоне (Р) определялась как отношение площади оврагов S (км²) к площади участка ВОЗ (км²). Данный параметр измерялся в процентах (%). На рис. 4 показан пример расчета показателя Р в пределах элементарной ячейки (0,5 км X 1,0 км). В ее пределах

на ортофотоплане оцифрован овраг, определена его площадь (рис. 4).

В ходе оценки пораженности ВОЗ Таганрогского залива оврагами использовалась следующая классификация [4, 5]:

- 0–1 (%) – практически безовражная;
- 1,01–4,00 (%) – слабо заовраженная;

- 4,01–8,00 (%) – заовраженная;
- 8,01 и более (%) – сильно заовраженная.

В пределах Таганрогского залива показатель **P** варьируется от 0% до 8,12%. Средняя плотность оврагов в водоохранной зоне Таганрогского залива составляет 2%, т.е. территория относится к слабо заовраженной.

К слабо заовраженным относится ВОЗ в районе х. Мержаново (3,74%), на участках от с. Круглое – с. Семибалки (2,9%), с. Новомаргаритовка – с. Глафировка (1,05–3,03%). Большой плотностью оврагов (заовраженные) характеризуются участки ВОЗ х. Мержаново – х. Морской Чулек, с. Семибалки, с. Шабельское, плотность оврагов здесь составляет 4–5%. К сильно заовраженной (это самый высокий показатель) относится территория ВОЗ в районе с. Стефанидинодар – 8,12%. Большая же часть территории водоохранной зоны Таганрог-

ского залива относится к практически безовражной (таблица).

В результате полученных картографических материалов можно выделить участки ВОЗ Таганрогского залива, наиболее пораженные эрозионными процессами, где коэффициент расчлененности превышает 3 км/км². В пределах северного берега это район хутора Мержаново, южного участка ВОЗ от п. Кагальник до п. Стефанидинодар. Сильными эрозионными процессами поражена и большая часть берегов Ейского лимана. На этих участках зафиксировано максимальное для исследуемой территории развитие овражно-балочной сети: коэффициент расчлененности территории **I** более 3 км/км², а густота тальвегов достигает 0,17 км, плотность оврагов составляет более 4–8%, что позволяет отнести эти территории ВОЗ Таганрогского залива к заовраженным.

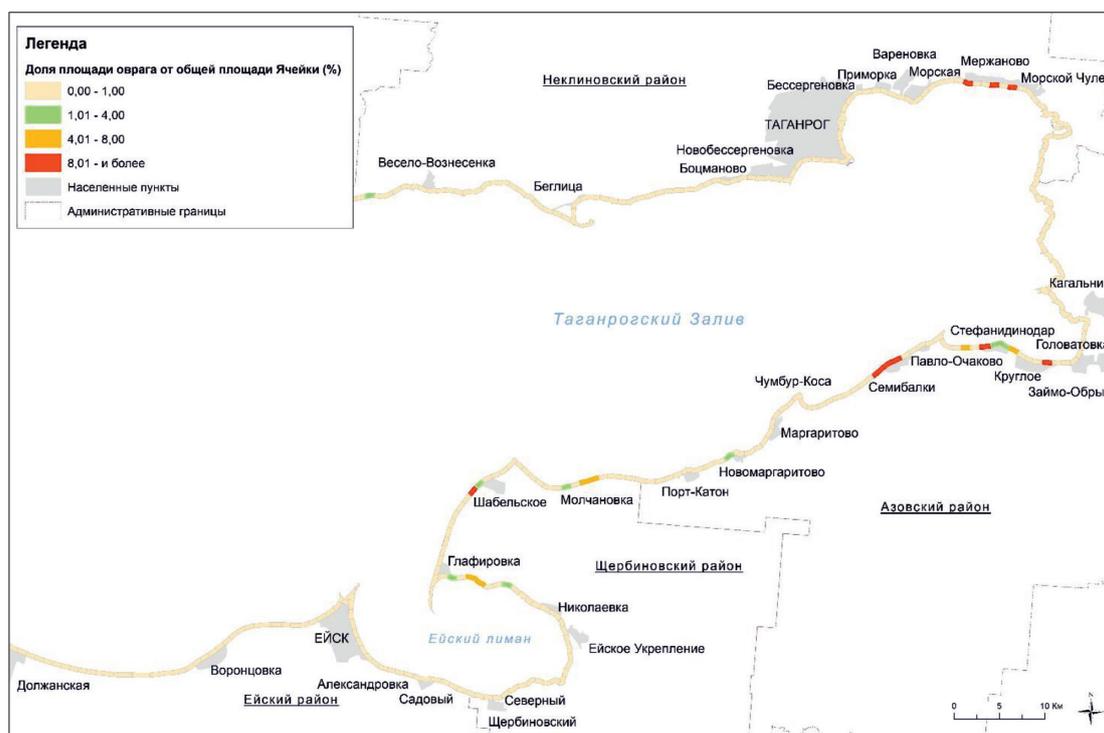


Рис. 5. Карта-схема заовраженности ВОЗ Таганрогского залива (P)

Ранжирование ВОЗ Таганрогского залива по показателям эрозионной расчлененности

Степень эрозионной расчлененности	Протяженность ВОЗ по коэффициенту эрозионной расчлененности (I)			Протяженность ВОЗ по густоте тальвегов (a)			Протяженность ВОЗ по плотности оврагов (P)		
	Градация, км/км ²	км	%	Градация, км	км	%	Градация, %	км ²	%
Высокая	3,07–2,01	28,15	21	0,72–0,41	4,5	22	Более 8	0,05	15
Средняя	2,0–1,01	48,72	37	0,40–0,21	5,7	28	8–4,1	0,11	33
Низкая	Менее 1,0	36,58	42	Менее 0,2	7,3	50	Менее 4	0,16	52

Таким образом, проведенные с использованием спутниковых снимков и инструментария программы ArcGIS исследования эрозионной сети ВОЗ Таганрогского залива позволили провести ранжирование территории водоохранной зоны Таганрогского залива и выделить наиболее опасные участки, которые необходимо учитывать при разработке противоэрозионных мероприятий и хозяйственной деятельности на этих территориях.

Список литературы / References

1. Мисиров С.А., Сапрыгин В.В., Беспалова Л.А. Исследование геоморфологических особенностей берегов Таганрогского залива с применением беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий // Экология. Экономика. Информатика / Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2018. № 3. С. 42–48.
2. Беспалова Л.А., Магаева А.А., Мисиров С.А. Исследование овражно-балочной сети Южного берега Таганрогского залива с использованием беспилотных летательных аппаратов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион, Естественные науки. 2019. № 4. С. 77–83.
3. Беспалова Л.А., Магаева А.А., Мисиров С.А. Investigation of the ravine-beam network of the Southern coast of the Taganrog Bay using unmanned aerial vehicles // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region, Yestestvennyye nauki. 2019. № 4. P. 77–83 (in Russian).
4. Скрипка Г.И., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Филатов А.А., Сапрыгин В.В. Мониторинг опасных береговых процессов Цимлянского водохранилища с использованием ГИС-технологий // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета. 2020. Т. 26. № 2. С. 253–263.
5. Skripka G.I., Ivlieva O.V., Bepalova L.A., Filatov A.A., Saprykin V.V. Monitoring of dangerous coastal processes of the Tsimlyansk reservoir using GIS technologies // InterKarto. InterGIS. Geoinformatsionnoye obespecheniye ustoychivogo razvitiya territoriy: materialy Mezhdunar. konf. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta. 2020. Vol. 26. № 2. P. 253–263 (in Russian).
6. Миронова Е.А. Овражность территории СССР // Геоморфология. 1971. № 3. С. 25–35.
7. Mironova E.A. Ravine of the territory of the USSR // Geomorfologiya. 1971. No. 3. P. 25–35 (in Russian).
8. Дадахожаев А., Мамаджонов М.М., Хайдаров Ш.Э. Оценка пораженности территории овражной эрозией и интенсивности роста оврагов Наманганских Адыров // Science time. 2018. № 4 (52). С. 95–99.
9. Dadahozhaev A., Mamadzhonov M.M., Khaydarov Sh.E. Assessment of the area affected by gully erosion and the growth rate of ravines in the Namangan Adyrs // Science time. 2018. № 4 (52). P. 95–99 (in Russian).

УДК 551.4

ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СТРУКТУР, УПРАВЛЯЮЩИХ ГИДРО- И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ РАЗНОГО РАНГА (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ)

Соколова Н.В.

ФГБУН «Институт проблем нефти и газа» РАН, Москва, e-mail: sona@ipng.ru

Статья посвящена актуальной проблеме непрерывных изменений рельефа земной поверхности. При ее решении на первый план необходимо выдвигать не сами формы рельефа, а процессы, их создающие. Индикаторами господствующего процесса уплотнения вещества к центру Земли являются узлы тальвегов. К узлам тальвегов приурочены узлы слияния рек, сочленения транзитного потока и активного притока к нему. Это является первым уровнем естественного управления гидро- и литодинамическими потоками. Тальвеги, к которым приурочены транзитные потоки, оконтуривают области денудации. При этом все активные притоки действуют внутри данной области и зависят от динамики местных базисов денудации в транзитных потоках. Данные области денудации являются природными структурами управления гидро- и литодинамическими потоками разного ранга. В статье рассмотрены особенности выявления таких структур в южной части Московской синеклизы. Области денудации позволяют определить места возможных перестроек рельефа и активизации эрозионных процессов. Показан тип взаимодействия транзитного потока с активными притоками, при котором замыкающие структуру (область денудации) потоки функционируют в ортогональных плоскостях. При выделении естественных структур управления использовались общегеографические карты разного масштаба и приемы районирования. Выявление областей денудации разного ранга проводилось с учетом крупных тальвегов, относительно независимых транзитных потоков, системы естественного управления потоками в узлах тальвегов, пределов замыкания ими областей денудации и предела врезания самого протяженного активного притока внутри выделяемой структуры. В ходе исследований было установлено, что деформация и современные изменения формы выделенной структуры естественного управления третьего ранга, а также функционирование рек Клязьмы и Москвы внутри этой области зависят от особенностей развития трапповых формаций в Московской синеклизе. Их необходимо учитывать при освоении рассматриваемой территории.

Ключевые слова: узел тальвегов, относительно независимые гидро- и литодинамические потоки, области денудации, структура управления потоками, Московская синеклиза, трапповые формации, дегазация Земли

THE CHANGES OF NATURAL STRUCTURES CONTROLLING HYDRO AND LITHODYNAMIC FLOWS OF DIFFERENT RANK (ON THE EXAMPLE MOSCOW SYNECLISE)

Sokolova N.V.

Oil and Gas Research Institute of RAS, Moscow, e-mail: sona@ipng.ru

The article is devoted to the actual problem of continuous changes in the relief of the earth's surface. When solving it, it is necessary to bring to the fore not the forms of relief themselves, but the processes that create them. The thalwegs nodes are indicators of the matter dominant compaction to the center of the Earth. The nodes of the rivers confluence, junction of the transit stream and the active inflow to it are confined to the thalwegs nodes. This is the first level of hydro and lithodynamic flows natural control. Thalwegs, transit flows outline the areas of denudation. Wherein, all active tributaries act in this area, and each of them depends on the changes of local denudation base. These denudation areas are natural structures of the hydro and lithodynamic flows management of various ranks. The article discusses the features of identifying such structures in the southern part of the Moscow syneclyse. Such denudation areas make it possible to determine the vulnerabilities of the possible relief restructuring and erosion processes activation. The type of a transit flow interaction with active inflows is shown, in which flows closing the structure (denudation area) function in orthogonal planes. When identifying natural control structures the general geographic maps of various scales and zoning techniques were used. Identification of different ranks denudation areas was carried out taking into account large thalwegs, relatively independent transit flows, the system of flows natural control at the thalwegs nodes, the denudation areas closing and the longest active inflow within the allocated structure. In the research course, it was found that the deformation and modern changes of the third rank natural control structure, as well as functioning the Klyazma and Moscow rivers within this area, depend on the trapp formations development features in the Moscow syneclyse. They must be taken into account when developing the territory under consideration.

Keywords: thalwegs node, relatively independent hydro- and lithodynamic flows, denudation areas, flows control natural structure, Moscow syneclyse, trapp formations, Earth degassing

В последнее время на земной поверхности участились землетрясения, наводнения, торнадо, природные пожары, резкие изменения климата и другие негативные (для биосферы) процессы. Человечество оказалось к ним совершенно не готово. Оно

научилось пока только фиксировать последствия данных процессов и предсказывать их за непродолжительное время, за которое трудно что-либо предпринять [1].

Из-за незнания закономерностей изменений непрерывного движения Земли соци-

ум даже не представляет масштаба реальных угроз своему существованию. Чтобы у человечества появились перспективы выживания на Земле в будущем, ему необходимы новые технологии природопользования, которые бы не позволяли проявляться негативным природно-антропогенным процессам (загодя выводили их энергию из господствующего естественного круговорота веществ определенного ранга) и учитывали пределы антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Для разработки таких прогрессивных наукоемких технологий нужна информация о непрерывной геодинамике и об уровнях естественного управления гидро- и литодинамическими потоками. От них зависит, в частности, развитие рельефа земной поверхности и опасных эрозионных процессов. Согласно [2], процессы стока и эрозии, связанные с функционированием как рек, так и вулканов, могут вызывать необратимые структурные изменения, которые можно обнаружить по геофизическим данным. С другой стороны, крупные атмосферные явления способствуют изменению форм рельефа, в том числе дельт рек [3].

В этих условиях недостаточно изучать, к примеру, просто климатические изменения в отрыве от других природных и природно-антропогенных преобразований. Как отмечал академик В.И. Вернадский [4], необходимо исследовать взаимодействия всех геосфер и эволюцию ноосферы. В недрах Земли присутствует область былых биосфер. «В гуще, в интенсивности и в сложности современной жизни человек практически забывает, что он сам и все человечество, от которого он не может быть отделен, неразрывно связаны с биосферой – с определенной частью планеты, на которой они живут. Они – геологически закономерно связаны с ее материально-энергетической структурой» [4, с. 8].

Поэтому на первый план целесообразно выдвигать изменения не самих природных объектов, а создающих их противоположных процессов усиления уплотнения или разуплотнения, денудации или аккумуляции земного вещества разного ранга.

Еще в прошлом столетии известный российский ученый-геоморфолог И.С. Щукин в своих работах отмечал, что главной движущей силой в процессах денудации является сила тяжести. От нее зависит и работа водотоков [5].

Системообразующими показателями непрерывных изменений природной среды

являются узлы гидро- и литодинамических потоков (в том числе рек) [6]. Узлы слияния рек могут непрерывно перестраиваться в определенных пределах [7].

Гидро- и литодинамические потоки приурочены к тальвегам (линиям, соединяющим самые низкие точки дна русел рек и других эрозионных форм [8]) и зонам разрядки геодинамических напряжений, потенциальных разрывов земного вещества [6]. В зоне разрядки геодинамических напряжений разного ранга действует канал уплотняющегося (в направлении от дневной поверхности к центру Земли) вещества, ограниченный с обеих сторон двумя параллельными тальвегами. Один из них – главный, способный перестраиваться в пределах русла реки. Тальвеги отражают особенности изменения рельефа земной поверхности и господствующего процесса усиления уплотнения вещества к центру Земли. Такой статус этого процесса подтверждают и исследования [9].

Цель исследования – выявить структуры, управляющие относительно независимыми гидро- и литодинамическими потоками, и характер их изменения в пределах южной части Московской синеклизы.

Материалы и методы исследования

Как показали исследования [10, 11], к каждому узлу сочленения транзитного потока с активным его притоком, где фиксируется первый естественный уровень управления ими, приурочена воронка. В воронке действует базис денудации [12], от изменения которого зависит развитие втекающих в нее потоков. При повышении базиса денудации втекающие в воронку потоки ослабевают, а вытекающий (транзитный) – усиливается. При понижении базиса денудации усиливаются втекающие в воронку потоки, а вытекающий – ослабевает. Чтобы функционировала река, необходим колебательный режим изменения местных базисов денудации (при превалировании их понижения).

В зависимости от характера изменения местных базисов денудации и противоположных процессов усиления денудации или усиления аккумуляции в относительно широком диапазоне непрерывно изменяются и преобразуются объекты на земной поверхности. Современные данные о ходе развития природы позволяют получать более полную информацию о природных условиях и ресурсах того или иного региона [13].

Транзитного потока без приточных систем (пусть минимальных) в природе не бывает. Вместе они задают ортогональ-

ные (с люфтом 45°) плоскости движений, при учете которых и выявляются динамические участки разного ранга. Так как такой динамический участок оконтурен транзитными потоками, а внутри функционируют только активные притоки к его границам, то он является областью денудации.

Взаимодействие транзитного потока с активными его притоками может быть двух типов. Один из таких типов рассмотрен в [10] на примере рек Печоры и Усы. В этом случае замыкающие участок противоположные по направлению водотоки функционируют в одной плоскости.

На рис. 1 показан второй тип такого взаимодействия транзитного потока (красная линия) с активными его притоками (синие линии). При этом замыкающие участок АБВГ водотоки функционируют в ортогональных плоскостях. Две его границы (АГ и ВГ) принадлежат транзитному потоку, а две другие (АБ и БВ) – его активным притокам.

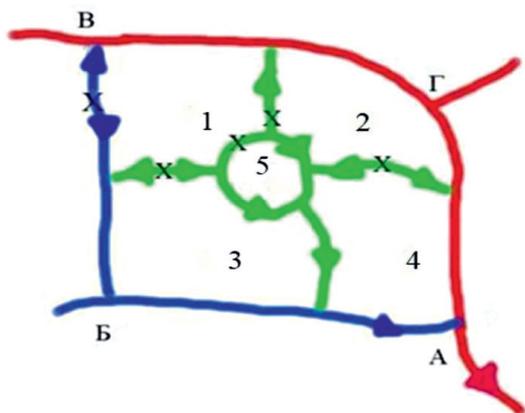


Рис. 1. Границы динамических участков разного ранга (условно): второго (темно-красные), третьего (синие), четвертого (зеленые) линии. (1–5) – номера динамических участков четвертого ранга (стрелки – направления гидро- и литодинамических потоков разного ранга). А–Г – узлы сочленения гидро- и литодинамических потоков третьего ранга. Штрихи – наиболее уязвимые места границ областей денудации, где возможны перестройки гидро- и литодинамических потоков и активизация эрозионных процессов

Динамический участок определенного ранга – это второй, более сложный естественный уровень управления. Границами динамического участка служат тальвеги и относительно независимые (параллельные с люфтом 45°) транзитные гидро- и лито-

динамические потоки, функционирующие на земной поверхности. На границах этого участка фиксируются другие подобные узлы транзитного потока с его активными притоками более низкого ранга, развивающимися внутри данной области денудации (рис. 1). Из-за более активного понижения конкретного местного базиса денудации самый крупный из них может быть врезан глубже, чем транзитные потоки на границе.

Таким образом, область денудации конкретного ранга является естественной структурой, управляющей гидро- и литодинамическими потоками внутри нее. Объединение пяти динамических участков (один из которых центральный) характеризует третий уровень естественного управления потоками на земной поверхности.

При определении характера естественного управления ими использовались общегеографические карты разного масштаба [11], а также приемы районирования, показанные в [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим тип взаимодействия транзитного потока и активных его притоков разного ранга (рис. 1) на конкретном примере динамического участка в южной части Московской синеклизы (рис. 2). В качестве основы использовалась контурная карта [14].

Данный динамический участок третьего ранга (АБ₀В₀Г₀) развивается, согласно [10], в пределах подобного участка второго ранга, оконтуренного р. Доном (широтного простиранья), Волгой, Вазузой, Днепром и связующими их тальвегами в Азовском и Черном морях. Границами этого участка третьего ранга (с учетом самого крупного здесь притока – р. Клязьмы, пределов врезания р. Москвы и замыкания участка р. Угрой, а также характера управления потоками в узлах их сочленения) являются тальвеги в р. Волге (субширотного и субмеридионального простиранья), Вазузе, Оке (субширотного простиранья), Угре, Жижале и Касне.

Рассматриваемый участок третьего ранга разделяется на пять областей денудации более низкого четвертого ранга (1–5). Нумерация этих динамических участков дана с учетом наиболее протяженного активного притока внутри него – р. Клязьмы (рис. 2), а узлы четвертого ранга определялись с учетом самых крупных врезов в ортогональных плоскостях (р. Клязьмы, Москвы (субширотного и субмеридионального простиранья), Дубны).

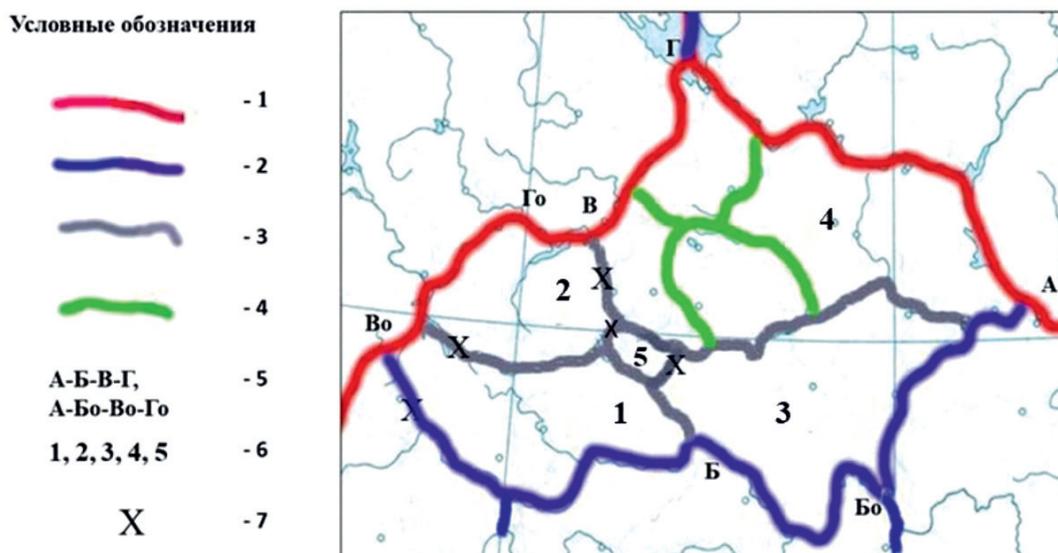


Рис. 2. Границы динамических участков (областей денудации) разного ранга 1–3 – границы второго, третьего и четвертого рангов (с учетом [10]); 4 – отдельные границы четвертого ранга, действовавшие до деформации динамического участка третьего ранга; 5 – узлы сочленения тальвегов третьего ранга до деформации данного участка и после его деформации; 6 – номера областей денудации четвертого ранга; 7 – уязвимые места границ динамических участков, где возможна активизация эрозионных процессов. В качестве основы использован фрагмент контурной карты центральной России [14]

Естественные структуры управления потоками четвертого ранга очень разные по своим размерам. Самой крупной из них является область денудации № 4 (в границах р. Волги субширотного и субмеридионального простирания, Дубны, Шерны (и Молокчи), Клязьмы, Оки).

Центральная область денудации четвертого ранга № 5 примыкает к транзитному потоку – р. Клязьме (рис. 2) и околонуена р. Клязьмой, Москвой и связующими их притоками. На замыкание области денудации № 3 четвертого ранга работает участок Москва-реки до узла ее соединения с р. Нерской. После этого узла р. Клязьма и Москва развиваются параллельно друг другу.

Динамический участок третьего ранга (рис. 2) имеет вытянутую форму, свидетельствующую о его сжатии в субмеридиональном направлении и растяжении – преимущественно в субширотном. Ось максимального его сжатия (рис. 3) соединяет две точки: одну – максимально вдающуюся (где заканчивается канал Москва – Волга) и одну – максимально выдающуюся (в узле сочленения р. Оки и Пары). При этом процесс сжатия участка с северо-запада до р. Клязьмы инициирует процесс

его растяжения вдоль оси, которая проходит через узлы слияния Касни с Вазузой (В₀) и Оки с Волгой (А).

Процесс сжатия данного динамического участка третьего ранга с северо-запада способствует формированию в его пределах крупных активных притоков субширотного простирания (р. Клязьмы и Москвы). Зависимый процесс растяжения определяет развитие внутри данного участка зон разрядки геодинамических напряжений и потоков преимущественно субмеридионального простирания. Данная деформация привела к переформированию узлов (БВГ) сочленения гидро- и литодинамических потоков третьего ранга (рис. 1, 2).

При сопоставлении современных границ динамического участка третьего ранга, оси максимального его сжатия (рис. 3) с данными о расположении трапповых формаций [15] оказалось, что последние определяют режим деформации отмеченной области денудации. Траппы формируются на определенной глубине в виде полос северо-восточного и юго-западного простирания, перпендикулярных (с люфтом меньше 45°) оси максимального сжатия динамического участка третьего ранга.

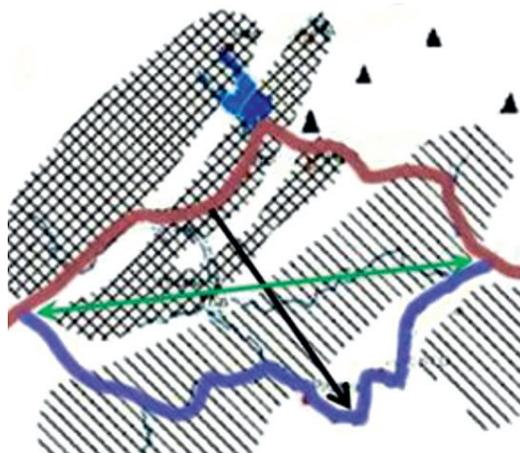


Рис. 3. Взаимное расположение границ динамического участка третьего (условно) ранга (рис. 2) и трапповых формаций (по данным А.П. Шиловского [15]). Черной линией со стрелкой показано направление максимального сжатия, а зеленой линией со стрелками – ось максимального растяжения данного динамического участка. В качестве основы использован рисунок, приведенный в работе [15], штриховка – трапповые формации

Обращает на себя внимание тот факт, что два самых крупных водотока в пределах рассматриваемой области денудации (р. Клязьма и Москва) также зависят от развития трапповых формаций. При этом р. Клязьма и Москва-река (субмеридионального простирания) совпадают с трапповой формацией, а Москва-река (субширотный ее участок) – расположена между двумя полосами траппов (рис. 3).

Согласно исследованиям [15, 16] рассматриваемый участок Московской синеклизы размещается в зоне распространения процессов траппового магматизма нижнедевонского возраста. Додевонская толща в пределах Московской синеклизы неоднородна. Процессы траппового магматизма выражаются в формировании в средней части разреза осадочной толщи кристаллической покрывки, которая, в свою очередь, экранирует глубинные тепловые потоки и способствует генерации газов.

В области максимального сжатия динамического участка третьего ранга, близ пересечения ее с зависимой зоной максимального растяжения, в пределах участка № 3 (рис. 2, 3) создается самое напряженное геодинамическое состояние недр, усиливаются процессы дегазации, проявления которых зафиксированы по материалам дистанционного зондирования Земли [17]. Здесь формируются условия для развития потенциальных природных очагов самовозгорания.

Заключение

В пределах рассматриваемой части Московской синеклизы выявлены области денудации (динамические участки) третьего и четвертого рангов. Форма участка третьего ранга отражает характер его изменения в зависимости от динамики трапповых формаций.

Функционирование самых крупных рек (Клязьмы и Москвы) в пределах данного участка также зависит от характера распространения трапповых формаций, ориентированных с юго-запада на северо-восток. Их развитие в сферах действия р. Клязьмы и р. Москвы отличается. Траппы в сфере влияния р. Москвы (субширотного простирания) уплотняются и формируют плотную покрывку (необходимую для образования залежей нефти и газа [16]), а в сфере р. Клязьмы – разуплотняются (там активно развиваются процессы дегазации и заболачивания). Полученная информация очень актуальна также для изучения изменений естественных условий функционирования Калужского подземного хранилища газа (ПХГ) в пределах области денудации четвертого ранга № 1.

Нумерация динамических участков четвертого ранга с учетом главного притока позволяет целенаправленно изучать его непрерывные изменения (в том числе уменьшение или увеличение (по площади распространения и скоростям) приточной

системы к нему). При его ослаблении появляется возможность для усиления трех остальных врезов и формирования нового наиболее крупного (по протяженности) активного притока в данной области денудации третьего ранга.

Проблема обеспечения пожарной безопасности в пределах участка № 3 является очень актуальной и одной из самых сложных. Как показали исследования [17], природные очаги самовозгорания формируются в переосушенных переходных зонах между торфяниками и лесными насаждениями, где функционируют транзитные потоки низкого ранга. При выявлении областей денудации низкого ранга появляется возможность разработки прогрессивной технологии недопущения распространения здесь пожаров и задымления.

На самом крупном по площади динамическом участке № 4 четвертого ранга наблюдается большое скопление текучих поверхностных вод (без застойных явлений, которые, наоборот, широко распространены на соседнем участке № 3). До деформации участка третьего ранга здесь функционировала центральная область денудации четвертого ранга (рис. 2, зеленая линия). Так как ее элементы не только сохраняются, но и участвуют в формировании областей денудации низкого ранга, то необходимы исследования возможностей реанимации прежних границ динамического участка третьего ранга.

Область денудации четвертого ранга № 5 находится в сфере влияния канала разуплотнения земного вещества третьего ранга, функционирующего на глубине. Эта информация актуальна для разработки технологии сохранения надежной крыши над данным каналом, недопущения увеличения ее проницаемости в условиях усиления углеводородной дегазации Земли [18].

Выявленные тальвеги разного ранга позволяют получить информацию о слабых звеньях границ областей денудации, где возможна активизация эрозионных процессов.

Таким образом, исследования показывают, что осваивать области денудации третьего и четвертого ранга здесь необходимо с учетом не только характера естественно-управления гидро- и литодинамическими потоками, но и непрерывной динамики трапповых формаций.

Статья написана в рамках выполнения госзадания (тема «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундамен-

тальные, поисковые и прикладные исследования)», № АААА- А19-119013190038-2).

Список литературы / References

1. Cornwall W. Europe's deadly floods leave scientists stunned. *Science*. 2021. Vol. 373. Is. 6553. P. 372–373. DOI: 10.1126/science.373.6553.372.
2. Fee D., Haney M.M., Matoza R.S. et al. Volcanic tremor and plume height hysteresis from Pavlof Volcano, Alaska. *Science*. 2017. Vol. 355. Is. 6320. P. 45–48. DOI: 10.1126/science.aah6108.
3. Wang Jie, Dai Z., Mei X., Fagherazzi S. Tropical Cyclones Significantly Alleviate Mega-Deltaic Erosion Induced by High Riverine Flow. *Geophysical Research Letters*. 2020. Vol. 47. Is. 19. DOI: 10.1029/2020GL089065.
4. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Ноосферные исследования. 2013. Вып. 1 (3). С. 6–17.
5. Vernadskiy V.I. A few words about the noosphere // Noosfernye issledovaniya. 2013. Vyp. 1 (3). P. 6–17 (in Russian).
6. Рычагов Г.И., Мысливец В.И., Больсов С.И. Полвека изданию уникальной книги И.С. Щукина // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. 2013. № 4. С. 88–93.
7. Rychagov G.I., Myslivets V.I., Bolysov S.I. Half a century for the publication of a unique book by I.S. Schukin // Vestnik Moskovskogo un-ta. Seriya 5. Geografiya. 2013. № 4. P. 88–93 (in Russian).
8. Соколова Н.В. Изучение условий формирования месторождений углеводородов с учетом пространственной самоорганизации потоков земного вещества разного ранга // Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. Вып. 4 (23). [Электронный ресурс]. URL: <http://oilgasjournal.ru/> (дата обращения: 11.07.2021). DOI: 10.29222/tpng.2078-5712.2018-23.art47.
9. Sokolova N.V. The Study of Hydrocarbon fields formation consequences with due regard for Earth substance flows self-organization // Aktual'nyye problemy nefiti i gaza. 2018. Vyp. 4 (23). [Electronic resource]. URL: <http://oilgasjournal.ru/> (date of access: 11.07.2021). DOI: 10.29222/tpng.2078-5712.2018-23.art47 (in Russian).
10. Алексеевский Н.И., Беркович К.М., Чалов Р.С., Чалов С.Р. Пространственно-временная изменчивость русловых деформаций на реках России // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 13–21.
11. Alekseevskiy N.I., Berkovich K.M., Chalov R.S., Chalov S.R. Spatiotemporal variability in channel Deformations on Rivers of Russia // Geografiya i prirodnyye resursy. 2012. № 3. P. 192–199 (in Russian).
12. Географический словарь: все термины по алфавиту [Электронный ресурс]. URL: <http://ecosystema.ru> (дата обращения: 10.07.2021).
13. Geographical dictionary: all terms alphabetically [Electronic resource]. URL: <http://ecosystema.ru> (date of access: 10.07.2021) (in Russian).
14. Kholodov V.N. Clarifying the Definition of a sedimentary rock and the thermodynamic Environment in the lower Stratosphere. *Moscow University Geology Bulletin*. 2015. Vol. 70. № 4. P. 350–353. DOI: 10.3103/S0145875215040043.
15. Соколова Н.В. Районирование территорий с учетом природных структур управления гидро- и литодинамическими потоками // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 100–105.
16. Sokolova N.V. Zoning of Territories taking into account the natural Structures of control hydro and lithodynamic flows // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. № 9. P. 100–105 (in Russian).
17. Атлас мира / Отв. ред. А.Н. Баранов. М.: ГУГК при МВД СССР, 1954.
18. Atlas of the world / Otv. red. A.N. Baranov. M.: GUGK pri MVD SSSR, 1954 (in Russian).
19. Пенк В. Морфологический анализ / Пер. Ю.Я. Ретеюма; под ред. М.В. Пиотровского. М.: Гос. Изд-во геогр. лит-ры, 1961. 369 с.

- Penk V. Morphological analysis / Per. Yu.Ya. Reteuyuma; pod red. M.V. Piotrovskogo. M.: Gos. Izd-vo geogr. lit-ry, 1961. 369 p. (in Russian).
13. Орлов В.И. Динамическая география. М.: Научный мир, 2006. 594 с.
- Orlov V.I. Dynamic geography. M.: Nauchny'j mir, 2006. 594 p. (in Russian).
14. Контурная карта Центральной России [Электронный ресурс]. URL: <http://contur-map.ru> (дата обращения: 04.07.2021).
- Contour map of Central Russia [Electronic resource]. URL: <http://contur-map.ru> (date of access: 04.07.2021) (in Russian).
15. Шиловский А.П. Незабитые запасы углеводородов: недра московского осадочного бассейна. 9 апр. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://regnum.ru> (дата обращения: 10.07.2021).
- Shilovskiy A.P. Unexplored hydrocarbon reserves: bowels of the Moscow sedimentary basin. 9 apr. 2018. [Electronic resource]. URL: <https://regnum.ru> (date of access: 10.07.2021) (in Russian).
16. Шиловский А.П. Траппы на Восточно-Европейской платформе // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. № 8. С. 11–13.
- Shilovsky A.P. Traprocks of East-European platform // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. 2009. № 8. P. 11–13 (in Russian).
17. 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.A., Sokolova N.V. Revealing the nature of continuous natural changes in natural objects from aerial and satellite images // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosyemka. 2015. № 2. P. 40–46 (in Russian).
18. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М., Родкин М.В. Изотопно-геохимические показатели глубинности процессов нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 4 (27). [Электронный ресурс]. URL: <http://oilgasjournal.ru/> (дата обращения: 25.07.2021). DOI: 10.29222/ipng.2078-5712.2019-27.art21.
- Dmitrievskiy A.N., Valyaev B.M., Rodkin M.V. Isotope-geochemical indicators of the depth of oil and gas genesis and accumulation // Aktual'nyye problemy nefiti i gaza. 2019. Vyp. 4 (27). [Electronic resource]. URL: <http://oilgasjournal.ru/> (date of access: 25.07.2021). DOI: 10.29222/ipng.2078-5712.2019-27.art21 (in Russian).

УДК 504.03:796.5(571.6)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА НА ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**Степанько Н.Г.***ФГБУН «Тихоокеанский институт географии ДВО РАН», Владивосток, e-mail: sngreg25@mail.ru*

В современных условиях как российский, так и мировой рынок туристских услуг претерпевает существенные изменения, а также увеличение нерешенных проблем. Безусловно, сложившиеся проблемы мирового туризма из-за пандемии вызвали активизацию внутреннего туризма в России. Регионы Российского Дальнего Востока (РДВ) являются привлекательными не только своим минерально-сырьевым потенциалом, но и природными ресурсами туристско-рекреационной направленности. Но хозяйственная деятельность, направленная на добычу и переработку минерального сырья, сформировала неблагоприятную экологическую ситуацию в ряде регионов РДВ. И это является существенным ограничением развития индустрии туризма, который перспективен и более приемлем с точки зрения сбалансированности эколого-экономических отношений. Анализ эколого-экономической ситуации в Чукотском АО, Камчатском и Приморском краях, Сахалинской области, как регионах, наиболее привлекательных и перспективных для развития туризма, является необходимым и своевременным, что и явилось целью данного исследования. На основе информационной базы Росстата, а также методических подходов и расчетов автора проведенное исследование позволило получить картину возможной экологической ситуации в рассматриваемых регионах, учитывая ситуацию сегодняшнего дня, и возможную при условии реализации основных инвестиционных проектов в выделенных регионах. В работе представлен анализ хозяйственной деятельности в рассматриваемых регионах Тихоокеанской России и основных инвестиционных проектов, а также оценка направлений природопользования. Автором предложен и рассчитан индекс экономической достаточности (ИЭД) природоохранной деятельности. Он позволяет оценить современную эколого-экономическую ситуацию и возможность развития туристско-рекреационной деятельности в регионах РДВ.

Ключевые слова: Тихоокеанская Россия, туризм, экологическое состояние, структура природопользования индекс экономической достаточности, эколого-экономическая сбалансированность.

**ENVIRONMENTAL ASPECT OF TOURISM DEVELOPMENT
IN THE COASTAL TERRITORIES OF THE RUSSIAN FAR EAST****Stepanko N.G.***Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, e-mail: sngreg25@mail.ru*

In modern conditions, both the Russian and the world market of tourist services is undergoing significant changes. Of course, the existing problems of world tourism due to the pandemic have caused an intensification of domestic tourism in Russia. The regions of the Russian Far East (RFE) are attractive as their mineral and raw material potential, so for their natural resources for tourism. Economic activities aimed at the extraction and processing of mineral raw materials have formed an unfavorable environmental situation. This is a significant limitation of the development of the tourism industry, which is promising and more acceptable from the point of view of the balance of environmental and economic relations in this territory. Analysis of the ecological and economic situation in the Chukotka Autonomous Okrug, Kamchatka and Primorsky Territories, the Sakhalin Region, as the most attractive and promising regions for tourism development, is necessary and timely, which was the purpose of this study. Based on the information base of Rosstat, as well as the methodological approaches and calculations of the author, the study made it possible to obtain a picture of the possible environmental situation in the regions under consideration, taking into account the current situation and possible subject to the implementation of the main investment projects in the selected regions. The paper presents an analysis of economic activity in the considered regions of Pacific Russia and the main investment projects, as well as an assessment of the areas of environmental management. The author proposed and calculated the economic sufficiency index (ESI) of environmental protection activities. It is possible to assess the current ecological and economic situation and the possibility of developing tourist and recreational activities in the regions of the RFE.

Keywords: Pacific Russia, tourism, ecological state, nature management structure, economic sufficiency index, ecological and economic balance

В настоящее время регионы Российского Дальнего Востока привлекают отечественных и зарубежных инвесторов, исследователей, туристов своим разнообразием природных ресурсов и с точки зрения добычи и переработки сырьевых ресурсов, а также как объекты отдыха, оздоровления, путешествий. Особенно это касается прибрежных территорий Тихоокеанской России: Чукотского АО, Камчатского и Приморского краев, Сахалинской области. Эти

регионы неравнозначны по природно-климатическим условиям, социально-экономическому развитию, демографической ситуации, развитию туристской инфраструктуры. Но все они уникальны по своим природным условиям и ресурсам и являются основой развития туристского вида деятельности в рассматриваемых регионах.

Развитие такой отрасли, как индустрия туризма и рекреации, напрямую зависит от экологии [1–3]. Исследуемые регионы

в силу своего экономического развития дифференцированы по территориальной хозяйственной структуре, характеру и направлениям природопользования и, как следствие, экологическому состоянию. Изучение и анализ этой составляющей является актуальным для разработки стратегии развития перспективного для ряда регионов Тихоокеанской России туристического вида деятельности.

Цель исследования – анализ эколого-экономической ситуации в выделенных районах с учетом сложившейся ситуации и основных инвестиционных проектов, а также последствий их реализации для формирования модели развития туристической деятельности.

Материалы и методы исследования

Базовыми материалами для проведения исследования являются научные литературные источники, статистическая информация Росстата, а также приведены результаты расчетов автора.

Для оценки эколого-экономической ситуации была использована официальная статистическая база Росстата: «Основные показатели охраны окружающей среды», статистические бюллетени, «Регионы России. Социально-экономические показатели» исследуемых регионов. Поскольку решение вопросов и проблем охраны природы и рационального природопользования зависит от финансового обеспечения последних, проведен расчет по методике автора индекса экономической достаточности (ИЭД), предложенный ранее [4], который представляет собой соотношение фактического объема финансирования охраны окружающей среды и экономического оптимума, предложенного Колесниковым С.И. [5]. Проведенные ранее расчеты ИЭД для регионов Российского Дальнего Востока [6] показали объективность предложенного показателя и соответствие действительно существующего дисбаланса в эколого-экономическом отношении.

Результаты исследования и их обсуждение

Уникальная природа, разнообразие ресурсов, история и культура коренных народов, имеющиеся оздоровительные комплексы создают все условия для успешного развития практически во всех регионах Российского Дальнего Востока индустрии туризма и отдыха. Однако в результате деятельности человека в настоящее время по многим показателям наблюдается существенное ухудшение состояния окружающей природной среды: снизилась лесистость,

продуктивность, видовой состав лесов, многие реки в исследуемых регионах перешли в категорию «грязных», продолжается сброс неочищенных сточных вод, наблюдается превышение ПДК в атмосферных выбросах и т.д. и, как следствие, усиливается эколого-экономический дисбаланс. В формирование экологического состояния регионов основной негативный «вклад» вносят атмосферные выбросы и сброс загрязненных сточных вод, что характерно для всех регионов РДВ.

Экономика регионов Российского Дальнего Востока (РДВ) в целом, и в том числе Чукотского АО, Камчатского и Приморского краев, Сахалинской области, имеет ресурсную направленность. Эти территории обладают около 30% ресурсного потенциала России: руды черных и цветных металлов, драгоценные металлы и алмазы, нефть, уголь, газ, химическое сырье, лесные ресурсы и др. Соответственно, разнообразно и природопользование, производственно-природные отношения, складывающиеся между хозяйственными предприятиями и природно-ресурсной средой. Экологическое состояние территории формируют существующие типы природопользования (как по линии извлечения, потребления и использования ресурсной базы, так и по линии выведения отходов), его структурные направления и природоохранная деятельность. Анализ эколого-экономической информации о хозяйственной деятельности в рассматриваемых регионах Тихоокеанской России, а также основных инвестиционных проектов позволил провести оценку направлений природопользования (балльная качественная оценка, условно принятая от + до +++++) (таблица). Трансформационные процессы, предполагаемые при реализации основных инвестиционных проектов, названы как «возможные».

Перспективы развития хозяйственных структур регионов Тихоокеанской России связаны в основном с добывающими отраслями, т.к. основные проекты связаны с освоением природно-ресурсного потенциала (прибрежная зона + шельф), планируется развитие таких видов хозяйственной деятельности, как угледобыча, энергетика, горная добыча и переработка (ГОК, ГМК), металлургия, судоремонт, усилится газодобыча и переработка (СПГ), реконструкция портов, строительство портопунктов и перегрузочных терминалов, туризм. Это направление развития повлечет за собой изменения и в пространственно увязывающем структурном направлении, а также отчасти в коммунальном (таблица).

Безусловно, такое развитие может привести к экономическому подъему в регионах, но, учитывая существующую экологическую ситуацию и практически отсутствие действенных мер в области природоохранной деятельности, а также отсутствие превентивных мер (например, ввод необходимых современных для конкретного вида деятельности методов очистки, утилизации, рекультивации и т.д.), усугубится дисбаланс в эколого-экономических отношениях, экологическая ситуация ухудшится, что может стать препятствием для развития индустрии туризма [8; 9].

Кроме воздействий хозяйственной деятельности, эффективность природополь-

зования и, как следствие, экологическую ситуацию формирует и существующая в регионе природоохранная деятельность. Проведенный анализ показал, что увеличение инвестиций в основной капитал в регионах Дальнего Востока, рост валового регионального продукта (ВРП) не влечет за собой увеличения финансирования природоохранной деятельности (например, рис. 1). Экологический оптимум [5] финансирования не отмечен ни в одном регионе РДВ (рис. 2). Индекс экономической достаточности (ИЭД) [4] (находится из соотношения суммы всех затрат на ООС и экономического оптимума природоохранных затрат – 8% от ВРП [5]) не достигает даже нижнего предела (2%).

Трансформация природопользования, 2005/2017 гг./возможные

Структурные направления природопользования [7]	Камчатский край	Приморский край	Сахалинская область	Чукотский АО
Производственное	+++ / +++ / ++++	+++ / ++ /	+++ / ++++ / ++++	+++ / ++ / +++
Пространственно увязывающее	++ / + / ++	+++ / ++++ / +++	+++ / +++ / ++++	+ / + / ++
Коммунальное	++ / +++ / ++	++ / ++++ /	++ / +++ / +++	+ / + / +
Средоохранное	+ / ++ / -	++ / ++++ / -	++ / ++++ / -	+ / ++ / -

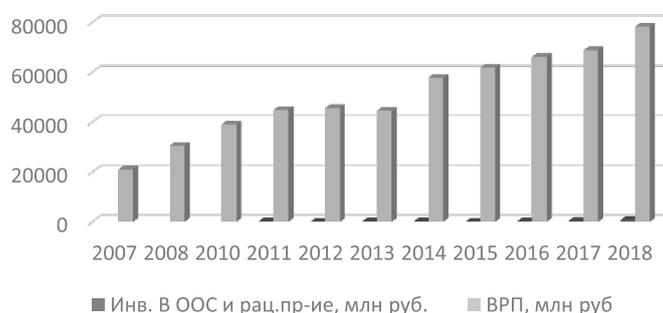


Рис. 1. Динамика соотношения ВРП и инвестиций на ООС в Чукотском АО

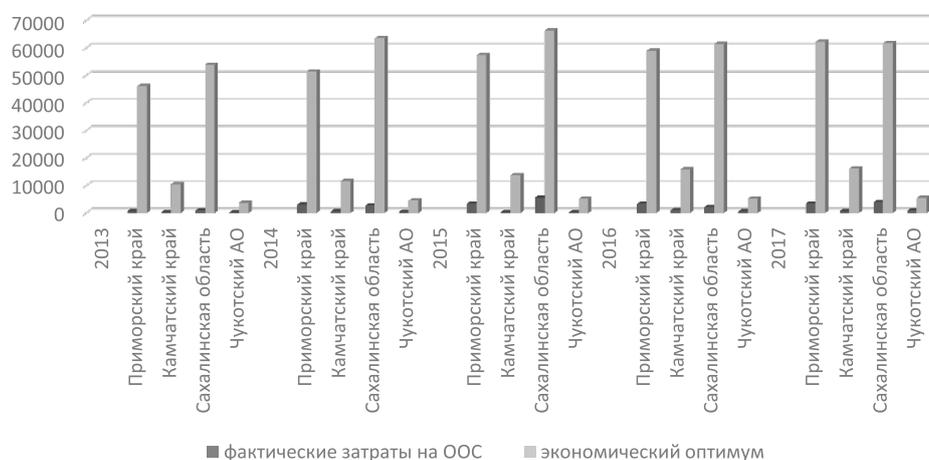


Рис. 2. Соотношение фактических и необходимых затрат на ООС

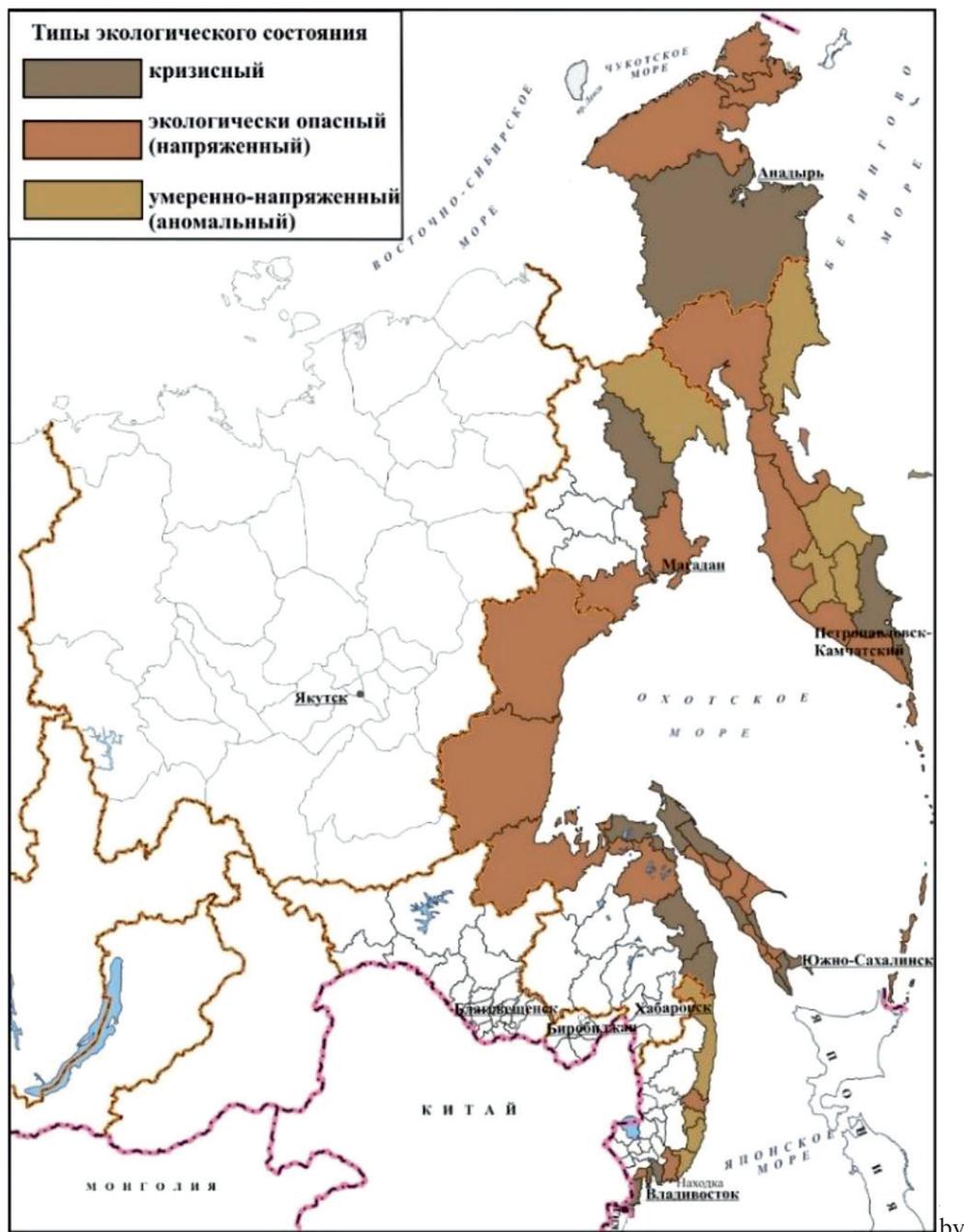


Рис. 3. Типология прибрежных территорий регионов Тихоокеанской России по экологическому состоянию (возможный вариант)

На основе ранжированных величин суммарного загрязнения (загрязненные атмосферные выбросы и сброс загрязненных сточных вод) [6], структуры имеющихся и возможных в перспективе производств соответствующих классов вредности проведена типология рассматриваемой территории по предполагаемому экологическому состоянию в разрезе административных районов. Поскольку в документах по перспективам развития регионов, и в т.ч. отдельных му-

ниципальных районов, практически нет информации предполагаемых объемов производства, учитывался только класс вредности конкретных производств (как существующих, так и планируемых) и существующая экологическая ситуация (рис. 3). Все муниципальные районы и ГО рассмотренных территорий сгруппировались в три типа:

кризисный тип – характеризуется приближением параметров состояния окружающей среды в результате антропогенного

воздействия к допустимым пределам изменений, переход через которые влечет за собой потерю устойчивости системы, а в дальнейшем ее разрушение;

экологически опасный тип – состояние, при котором скорость антропогенных нарушений превышает темп самовосстановления природных систем, но еще не происходит коренного их изменения или происходит пока обратимая замена прежде существовавших экологических систем на менее продуктивные;

умеренно напряженный тип – состояние среды, при котором один или несколько параметров состояния среды достигают величин, существенно отличающихся от фоновых характеристик данной местности, или нарушаются некоторые свойства окружающей среды. В аномальном состоянии окружающая среда не теряет еще своей системной целостности, но приобретает характеристики экологически несбалансированной системы и может оказать вредное воздействие на человека либо не удовлетворять его потребности [10].

Заключение

Помимо разнообразных природных рекреационно-туристических ресурсов, в рассматриваемых регионах значительна как по запасам, так и по разнообразию минерально-сырьевая база, освоение которой остается приоритетным направлением развития этих территорий. А это значит, что в структурных направлениях как современного, так и перспективного природопользования будет преобладать производственное направление, которое усилится в результате реализации основных инвестиционных проектов с четкой ориентацией на добывающие отрасли.

Дальнейшее освоение ресурсного потенциала минерально-сырьевого комплекса, создание новых производств, формирование инфраструктурных звеньев, безусловно, будет способствовать улучшению социально-экономической ситуации на исследуемой территории. Но в то же время ухудшение экологической ситуации станет значимым ограничением развития индустрии туризма и рекреации.

Выявлено, что рассмотренные территории, несмотря на более благоприятное экологическое состояние по сравнению с территориями западной части России, имеют существенные негативные последствия техногенного воздействия. При реализации инвестиционных проектов, на-

правленных на дальнейшее использование природно-ресурсного потенциала, как наиболее приоритетного, усилится дисбаланс в эколого-экономических отношениях, усилится техногенный прессинг и, как следствие, ухудшится экологическое состояние, что скажется на условиях жизнедеятельности, отдыха и оздоровления населения.

Предложенная типология наиболее привлекательных с точки зрения развития туризма и рекреации прибрежных территорий рассматриваемых регионов Тихоокеанской России по экологическому состоянию выявила преобладание экологически опасного или напряженного типа, т.е. состояния, при котором скорость антропогенных нарушений превышает темп самовосстановления природных систем, но еще не происходит коренного их изменения. Наиболее благоприятная ситуация наблюдается в Приморском крае за исключением южных районов, которые в границах Приморья являются наиболее привлекательными с точки зрения развития туризма.

В каждом рассмотренном субъекте имеются такие муниципальные образования (МО), где возможно значительное ухудшение экологической ситуации. Эти МО относятся к кризисному типу, при котором параметры состояния окружающей среды в результате антропогенного воздействия приблизятся к пороговым показателям, переход через них повлечет за собой потерю устойчивости системы, а в дальнейшем ее разрушение.

При определении направлений развития территориальных природно-хозяйственных структур во главе угла должно быть сбалансированное эколого-экономическое развитие этих территорий с учетом всестороннего анализа экономической необходимости и экологической допустимости освоения, добычи и переработки минерально-сырьевых ресурсов, рассмотрения альтернативных перспективных направлений видов деятельности, к которым относится индустрия туризма и для которых имеется необходимая ресурсная база, а также активное внедрение принципов «зеленой экономики».

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки РФ (№ АААА-А16-116110810013-5) при финансовой поддержке РФФИ (№ 20 – 55 – 18010).

Список литературы / References

1. Васильева И.О., Муратова М.Н. Развитие туризма в Арктике // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. С. 78–83.

- Vasilyeva I.O., Muratova M.N. Tourism development in the Arctic // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2016. P. 78–83 (in Russian).
2. Захаров Л.Н., Игнатьев А.А. Опыт Финляндии в области развития индустрии туризма // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2013. № 1. С. 28–41.
- Zakharov L.N., Ignatiev A.A. The experience of Finland in the development of the tourism industry // *Rossijskij Vneshneekonomicheskij vestnik*. 2013. No. 1. P. 28–41 (in Russian).
3. Kajan E. Arctic Tourism and Sustainable Adaptation: Community Perspectives to Vulnerability and Climate Change. *Scandinavian journal of hospitality and tourism*. 2014. Vol. 14. Issue 1. P. 60–79.
4. Степанько Н.Г. Методические подходы к оценке экологичности природопользования // *Труды ТГУ. Серия геолого-географическая*. Томск: ТГУ, 2012. С. 239–242.
- Stepanko N.G. Methodical approaches to assessing the environmental friendliness of natural resources // *Trudy TGU. Serija geologo-geograficheskaja*. Tomsk: TSU, 2012. P. 239–242 (in Russian).
5. Колесников С.И. Экономика природопользования: учебно-методическое пособие. Ростов н/Д., 2000. С. 14–15.
- Kolesnikov S.I. Environmental economics: study guide. Rostov n/D., 2000. P.14–15 (in Russian).
6. Степанько Н.Г., Мошков А.В. Природно-ресурсные и экологические факторы в развитии территориальных хозяйственных структур // *Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Территориальные социально-экономические структуры*. Владивосток: Дальнаука, 2012. Т. III. С. 99–111.
- Stepanko N.G., Moshkov A.V. Natural resource and environmental factors in the development of territorial economic structures // *Geosistemy Dalnego Vostoka Rossii na rubezhe XX–XXI vekov. Territorialnye socialno-ekonomicheskie struktury*. Vladivostok: Dalnauka, 2012. Vol. III. P. 99–111 (in Russian).
7. Соколов Э.М., Захаров Е.И., Волков А.В., Панферова И.В., Чаплыгин Н.Н. Природопользование. Учебное пособие для ВУЗов. М. Тула: ИПП «Гриф и К», 2002. 522 с.
- Sokolov E.M., Zakharov E.I., Volkov A.V., Panferova I.V., Chaplygin N.N. Nature management. Textbook for universities. M. Tula: IPP «Grif and K», 2002. 522 p. (in Russian).
8. Davies W., Van Alstine, Lovett J. C. 'Frame Conflicts' in Natural Resource Use: Exploring Framings Around Arctic Offshore Petroleum Using Q-Methodology. *Environmental Policy and Governance*. 2015. Vol. 26. Issue 6. P. 482–497.
9. Ecology of Murmansk. [Electronic resource]. URL: <http://ekovolga.com/nashi-goroda/760-ekologiya-murmanska.html> (date of access: 27.07.2021).
10. Степанько Н.Г., Ткаченко Г.Г. Перспективы эколого-экономической ситуации на прибрежной территории Тихоокеанской России // *МЭЖ*. 2021. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-1-2021-54/> (дата обращения: 27.07.2021).
- Stepanko N.G., Tkachenko G.G. Prospects for the ecological and economic situation in the coastal territory of Pacific Russia // *MEJ*. 2021. № 1. [Electronic resource]. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-1-2021-54/> (date of access: 27.07.2021) (in Russian).

УДК 553.982.2

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕНОСНОСТИ ВЕРХНЕФРАНСКО-ТУРНЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ УДМУРТСКО-ПЕРМСКОГО ПАЛЕОШЕЛЬФА

Чихирин А.А., Шостак А.В., Кириллов К.А.

ЗАО «Ижевский нефтяной научный центр», Ижевск, e-mail: aachihirin@udmurtneft.ru

В статье рассматриваются общие закономерности нефтеносности карбонатных отложений верхнефранско-турнейского нефтегазоносного комплекса в пределах северной части Удмуртской Республики. Верхнедевонско-турнейский мелководный палеошельф, традиционно относился к зоне с потенциальной нефтеносностью средне- и отчасти верхнекаменноугольных отложений. Слабая изученность верхнедевонско-турнейского карбонатного разреза, а также факт открытия нескольких месторождений с нефтеносностью фаменского разреза требует пересмотра взглядов на перспективы данных земель. Затронуты общие вопросы нефтеносности территории с позиции региональных геологических процессов, основных факторов деструкции или предпосылок для аккумуляции ловушками углеводородов. Отмечается значительная роль в процессе аккумуляции и переформирования залежей углеводородов масштабного предвизейского размыва. Приводится предположение, что все углеводородные залежи в пределах данной территории не сингенетичны вмещающим коллекторам. Предположен возможный механизм их деструкции и переформирования. Как одна из наиболее перспективных зон рассматриваемой территории палеошельфа выделяется его юго-восточная часть. Для выявления критериев аккумуляции и сохранности углеводородных залежей в карбонатном разрезе фаменских и турнейских отложений был проведен анализ более 80 продуктивных и «пустых» структур бортовой и шельфовой зон изучаемой территории. Сделаны выводы относительно влияния на сохранность нефтяных залежей таких параметров, как геоморфологические особенности ловушек, качество и распространение коллекторов и флюидоупоров, общей продуктивности и региональных предпосылок аккумуляции и консервации углеводородов, геохимических характеристик флюидов. Наличие пород черепетского горизонта является ключевым фактором экранирования и сохранения нефтяных залежей в верхнедевонско-турнейских разрезах. Наибольшие перспективы в отношении нефтеносности верхнефранско-турнейского разреза связываются с юго-восточной частью палеошельфа.

Ключевые слова: палеошельф, бортовой карбонатный массив, разрез, углеводороды, миграция, аккумуляция, размыв, покрывка, агглютигермы, критерии нефтеносности

PROSPECT OF OIL POTENTIAL OF LATE FRASNIAN-TOURNAISIAN SEDIMENTS WITHIN THE UDMURT-PERM PALEOSHELF

Chikhirin A.A., Shostak A.V., Kirillov K.A.

Izhevsk Petroleum Scientific Centre, CJSC, Izhevsk, e-mail: aachihirin@udmurtneft.ru

The article deals with the general regularities of the oil content of carbonate deposits of the Verkhnefransk-Tournaisky oil and gas complex within the northern part of the Udmurt Republic. The Upper Devonian-Tournaisian shallow paleoshelf traditionally belonged to the zone with potential oil content of middle and partly upper carboniferous deposits. The weak knowledge of the Upper Devonian-Tournaisian carbonate section, as well as the fact of the discovery of several fields with the oil content of the Famensky section, requires a revision of views on the prospects of these lands. The general issues of the oil content of the territory from the perspective of regional geological processes, the main factors of destruction or prerequisites for the accumulation of hydrocarbons by traps are touched upon. A significant role in the process of accumulation and reformation of hydrocarbon deposits of large-scale pre-Viséan erosion is noted. It is assumed that all hydrocarbon deposits within this territory are not syngenetic to the host reservoirs. A possible mechanism of their destruction and reformation is suggested. As one of the most promising zones of the considered territory of the paleoshelf, its south-eastern part is distinguished. To identify the criteria for the accumulation and preservation of hydrocarbon deposits in the carbonate section of the Famennian and Tournaisian deposits, an analysis of more than 80 productive and «empty» structures of the on-board and shelf zones of the territory under consideration was carried out. Conclusions are drawn regarding the influence of such parameters on the preservation of oil deposits, geomorphological features of traps, the quality and distribution of reservoirs and fluid barriers, the overall productivity and regional prerequisites for the accumulation and conservation of hydrocarbons, geochemical characteristics of fluids. The presence of rocks of the Cherepetsky horizon is a key factor in the screening and preservation of oil deposits in the Upper Devonian-Tournaisian section. The greatest prospects for the oil content of the Fransko-Tournaisky section are associated with the south-eastern part of the paleoshelf.

Keywords: paleoshelf, on-board carbonate array, section, hydrocarbons, migration, accumulation, erosion, cap, agglutagers, oil-bearing criteria

Позднедевонско-турнейский карбонатный палеошельф мелководного развития в региональном отношении развит в северной и западной частях Западного Прикамья. Данная территория в литературе имеет

различные названия: Удмуртско-Пермский палеошельф, Красногорско-Киенгопский шельф, зарифовый палеошельф и др. Под южной его границей нами принимается полого-песчаная терраса тыльных частей кар-

бонатных франско-фаменских бортовых массивов Камско-Кинельской системы некомпенсированных прогибов (Мишкинский, Киенгопский и др.). В сейсмическом поле для территории фиксируются франские одиночные биогермы в нижней части разреза и структуры их облекания в шельфовом слоистом разрезе фаменско-турнейского возраста. По мере продвижения на север для фаменского интервала характерно появление одиночных локальных относительно маломощных биогермов. Современная северная граница шельфовой части разреза связывается с зоной полного размыва верхнедевонской карбонатной толщи в пределах Камско-Вятского впадинного обрамления Сысольско-Коми-Пермяцкой палеосуши [1].

Рассматриваемый мелководный палеошельф, занимая около четверти территории Удмуртской Республики, традиционно оценивается как зона с потенциальной нефтеносностью средне- и отчасти верхнекаменноугольных отложений. Это в свою очередь обусловило целенаправленное изучение поисково-разведочным бурением именно этих отложений и довольно слабую изученность верхнедевонско-турнейского карбонатного разреза (не более 20% от пробуренного фонда скважин). При этом открытие многопластового Дебесского месторождения с продуктивностью средне-нижнефаменских пластов, а также недавнее подтверждение промышленной нефтеносности коллекторов заволжского надгоризонта на ряде площадей (Староягинское, Пихтовкинское и др.) очевидно, требует пересмотра взглядов на перспективы данных земель.

Целью работы являлось выделение основных факторов, определяющих потенциал нефтегазоносности отложений изучаемого разреза для снижения геологических рисков. Минимизация последних, как известно, является ключевым условием успешности геологоразведочных работ и экономической эффективности проектов [2–4].

Материалы и методы исследования

Для выявления критериев аккумуляции и сохранности углеводородных залежей в карбонатном разрезе фаменских и турнейских отложений был проведен статистический анализ более 80 продуктивных и «пустых» структур бортовой и шельфовой зон изучаемой территории. Исследуемые параметры включали

геоморфологические особенности, качество и распространение коллекторов и флюидоупоров, общей продуктивности и региональных предпосылок аккумуляции и консервации УВ, геохимических характеристик флюидов. Основная задача при этом состояла в систематизации общих критериев оценки перспективности ловушек и в первую очередь в переходе к их количественному выражению.

Результаты исследования и их обсуждение

Региональные особенности строения. Одной из основных особенностей данной территории являются значительные эрозионные процессы, затронувшие весь франско-турнейский карбонатный разрез большей части палеошельфа. На приблизительно половине последнего, визейские карбонатно-терригенные отложения залегают непосредственно на среднефаменских, южнее – на нижнекаменноугольных (малевско-упинских) и отчасти на верхнефаменских (рис. 1).

Природа этого процесса связана с воздыманием в конце турнейского века крупного тектонического элемента Волжско-Камской антеклизы – Камского свода, когда Сысольско-Коми-Пермяцкая палеосуша являлась источником масштабного сноса терригенного материала в южные и юго-западные районы региона. В целом размыв затронул порядка 50 тыс. км² земель, при этом для удмуртской части шельфа с юга на север эрозия верхнефаменских и турнейских карбонатных отложений составила от 30 до 100 м. Кроме того, в пределах этой территории ранее установлена обширная Глазовская зона развития верхнедевонской эрозионно-карстовой поверхности. При этом площадь палеошельфа расчленяется на несколько эрозионно-карстовых гряд северо-западного простирания, разделенных эрозионными впадинами, выполненных визейскими отложениями [1].

Условия миграции и аккумуляции УВ. По нашему мнению, предвизейский размыв северной части палеошельфа сыграл одну из ключевых ролей в отношении потенциала его нефтеносности и в первую очередь исходя из возможности аккумуляции углеводородов (УВ). Текущая изученность территории и определенная закономерность размещения открытых залежей позволяют предположить, что все залежи в пределах описываемой части региона не сингенетичны вмещающим коллекторам.

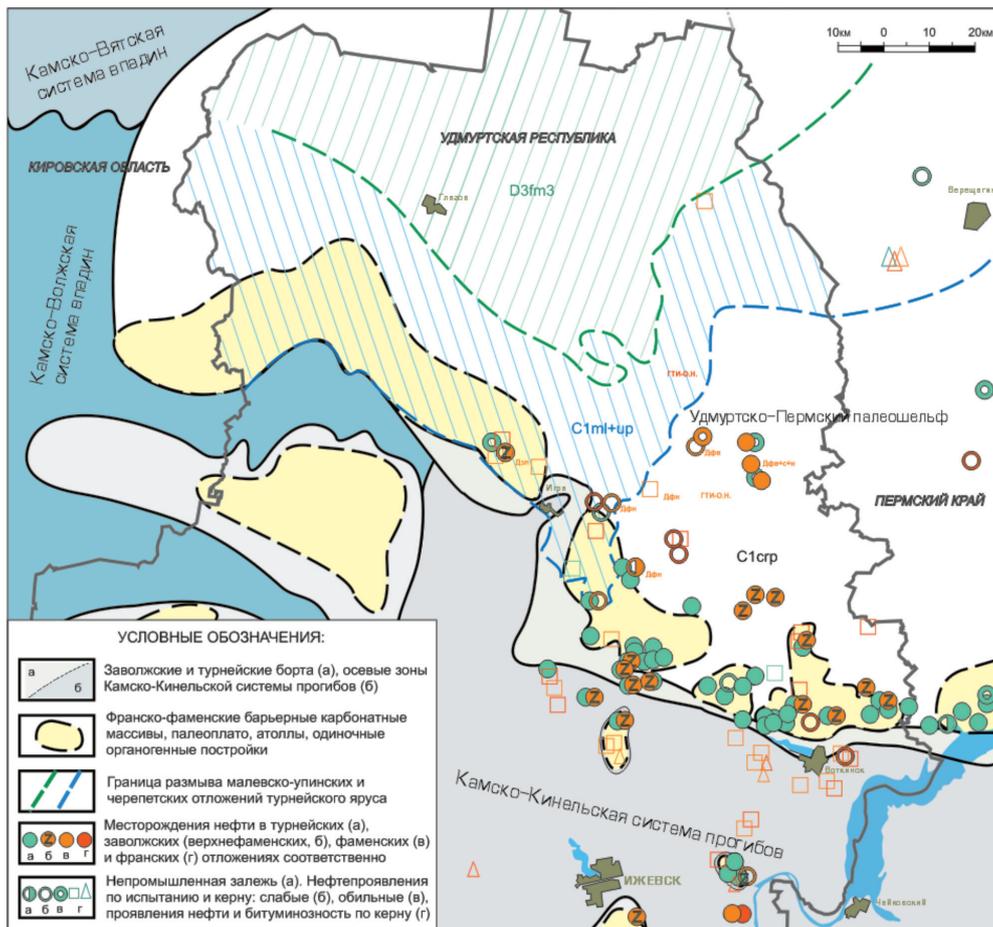


Рис. 1. Схема строения и нефтеносность верхнедевонско-турнейского палеошельфа (с учетом данных В.М. Проворова (2001), Н.М. Кузнецовой (2007), В.М. Неганова (2011) и др.)

Наиболее вероятными очагами или ближайшими транзитными участками для миграции УВ являлись два прогиба Камско-Кинельской системы (ККСП) – Можгинский и Сарапульский. Несмотря на значительные по площади и в разрезе интервалы пород обогащенных органическим веществом (ОВ), их роль как основных поставщиков УВ в последнее время оспаривается. Тем не менее близость и группировка ареала нефтяных месторождений к бортовым зонам прогибов указывает на то, что они являются возможными зонами транзита УВ флюидов и указывают на преобладающее направление миграции УВ в северном направлении.

Касаясь заполнения ловушек и общего тренда перемещения УВ флюидов в площадном отношении, следует указать на высокую степень заполнения ловушек, расположенных на внешнем бортовом склоне

карбонатных массивов. Здесь, в условиях значительных углов падения крыльев обращенных к указанным прогибам, формировались локальные одиночные склоновые рифы (Рудинский, Лудошурский и др.). Ввиду значительной амплитудной выраженности и обособленности последних, заполнение нефтью вышележащих ловушек облекания достигает порядка 90%. Данный факт также подтверждает преимущественную миграцию УВ из погруженных участков ККСП.

На последнем этапе формирования системы некомпенсированных ветвей прогибов Камско-Кинельской системы в связи с воздыманием Северо-Татарского и Коми-Пермяцкого сводов территория была подвержена региональному воздыманию северной удаленной части. Это условие определило общий тренд начального латерального перемещения УВ. При масштабной мигра-

ции УВ из ККСП, очевидно, до замковых точек заполнялись амплитудные крупные ловушки бортовых карбонатных массивов (Мишкинское, Чутырско-Киенгопское, Красногорское и др.). В дальнейшем боковая миграция привела к заполнению ловушек-сателлитов прибортовых зон и более мелких структур непосредственно в пределах обширной части палеошельфа. В предвизейское время, относительно кратковременный перерыв осадконакопления привел к деструкции большей части турнейско-фаменских залежей северной области. Вероятно, данная зона служила определенным «окном» для эмиграции УВ, которая, возможно, продолжается вплоть до настоящего времени.

Последующая палеозойская история развития территории была связана с новыми событиями трансгрессий и краткосрочных регрессий моря и сопровождалась общим субгоризонтальным залеганием пластов в региональном плане. Площадное перераспределение залежей носило локальный характер при подавляющей роли межрезервуарной (вертикальной) миграции УВ. Однако эродированная территория погребенного палеошельфа по-прежнему имела северный тренд подъема с продолжающимся процессом эвакуации УВ из ниже- и верхнефранско-фаменских отложений.

По нашему мнению, последний масштабный процесс переформирования палеоскоплений УВ в регионе связан с послепермским воздыманием Южно-Татарского сводового поднятия и сопутствующей эрозией пермских отложений (более 600 м). В этот период залегание горизонтов палеозойского чехла изменилось на противоположное, одновременно началось перераспределение и ремиграция УВ в сторону уже бортовых участков палеошельфа. При этом немаловажно, что значительный объем УВ переместился и дозаполнил ловушки южной части шельфа, другой, посредством вертикальной миграции через эрозионные зоны сформировал залежи в отложениях среднего карбона (рис. 2). В настоящий момент в разрезе последнего выявлено порядка 15 месторождений.

О возможности вертикальной миграции в пределах северной зоны свидетельствуют, прежде всего, полное отсутствие или уменьшение толщины черепетских отложений, а также незначительная мощность перекрывающих глинистых пород бобриковского горизонта нижнего карбона. Совместное наличие пород этих стратиграфических горизонтов, при прочих благоприятных факторах, является залогом экранирования большинства залежей в разрезе малевско-упинского и верхнедевонского возраста.

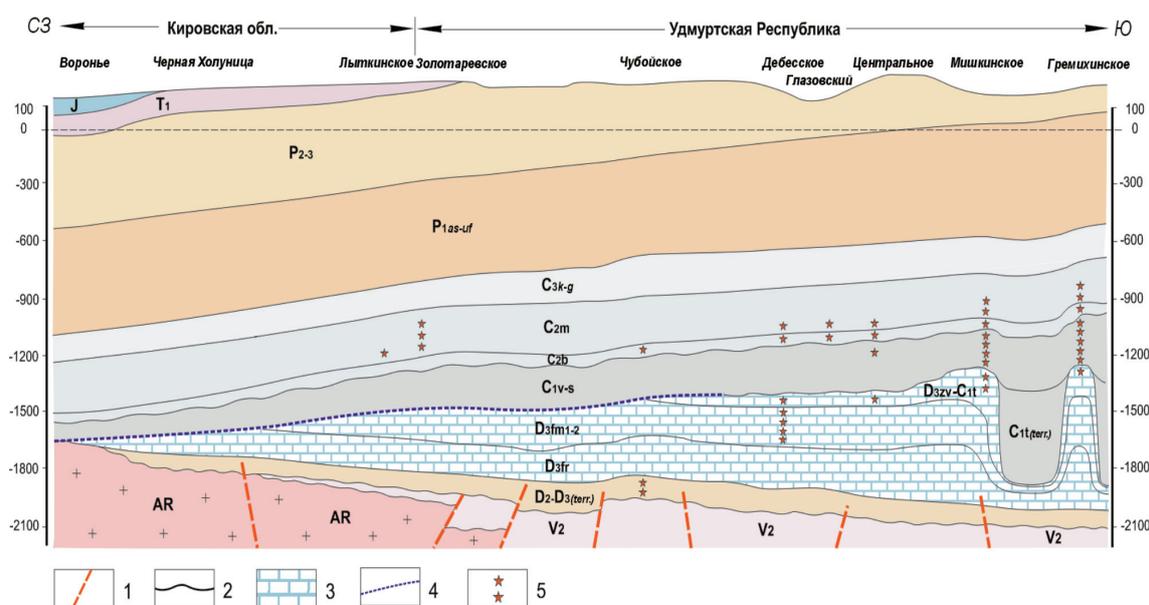


Рис. 2. Схематический геологический разрез по линии Воронье – Гремиха [5].
Условные обозначения: 1 – разрывные нарушения, 2 – стратиграфическое несогласие,
3 – франско-турнейская карбонатная толща, 4 – зона размыва, 5 – нефтяные залежи

Мощность глинистых прослоев подошвенной части бобриковского горизонта изменчива даже в пределах соседних скважин и локально достигает на ряде участков 17–19 м. Однако, как показывает общий анализ, в пределах каждого поискового участка фиксируются участки уменьшения мощности глинистых пластов до 1–2 м (Золотаревское, Кезское, Поломское и др. месторождения), т.е. каналы для эмиграции УВ отмечаются практически повсеместно.

Черепетские уплотненные карбонатные разности также рассматриваются как экраняющие. Степень их размыва значительно шире, чем эрозия малевско-упинских карбонатов нижнего карбона. На юго-востоке удмуртской части шельфа мощность пород черепетского горизонта изменяется от 10 до 20 м (рис. 1).

Влияние черепетского горизонта на продуктивность турнейского и верхнедевонского разреза фиксируется в пределах отдельных участков бортовых карбонатных массивов. Наиболее показательным примером является Чутырско-Киенгопское месторождение, где нефтяные залежи турнейских резервуаров сосредоточены на Киенгопском участке. Здесь мощность покрывки черепетского возраста в среднем составляет 12 м. На Чутырском участке отложения черепетского горизонта размывы практически повсеместно и, несмотря на наличие ряда амплитудных структур с относительно хорошими фильтрационно-емкостными свойствами, все коллекторы водонасыщенны. В пределах соседнего, Красногорского месторождения, в одной из скважин была выявлена непромышленная (остаточная) УВ скопление в заволжских отложениях, при этом мощность перекрывающей бобриковской покрывки составляет около 3 м.

В целом в пределах зон размыва турнейских отложений в открытом стволе проведено опробование фаменско-турнейских отложений в 15 скважинах, в 11 получен приток пластовой воды, в 4 притока не получено, признаки нефтеносности по керну получены только на Кулигинской площади. Следует отметить, что в нескольких скважинах при прохождении фаменского разреза были зафиксированы поглощения бурового раствора (до 45 м³ в час), в трех наблюдался периодический провал бурильных колонн до метра и более, одну скважину так и не смогли довести до проектного забоя из-за катастрофических по-

глощений промывочной жидкости и провалов бурового инструмента. Эти данные свидетельствуют о немаловажной роли процессов выщелачивания карбонатов фаменской толщи и определяющей роли вторичного порообразования.

Все вышесказанное, в отношении мелководного палеошельфа, позволяет сделать вывод о низких перспективах нефтеносности верхнедевонско-турнейского комплекса в зоне полного размыва турнейско-заволжских отложений, неясных перспективах для участков размыва черепетских отложений и достаточно высоком потенциале его юго-восточной части.

В результате региональных сейсмических работ, высказывались предположения о наличии в пределах палеошельфа малоамплитудных фаменских рифогенных построек перспективных в отношении нефтеносности (профили Шуни-Лытка, Уни-Кленовка). На наш взгляд, основные перспективы рассматриваемого разреза связаны с выявлением структур облекания специфичных позднедевонских построек, так называемых «иловых холмов» (рис. 3). Последние, ввиду почти полного отсутствия каркасных рифостроителей, в литературе относят к псевдобиогермам микробильно-водорослевой природы или «массивам особого типа». Их формирование связывается с глобальными перерывами каркасного рифообразования, наиболее масштабное из которых протекало в фамене – среднем визе [6, 7]. Структуры выражены в виде небольших изометричных поднятий (Вукошурское, Западно-Вукошурское, Пихтовкинское и др.). Размеры построек в среднем составляют 1–2 км в диаметре, высота от 20 до 60 м. При этом нефтеносность разреза, как правило, связана с заволжскими и турнейскими облекающими отложениями. Для этого типа структур характерна слабая выраженность по кровле турнейских отложений и практически отсутствие выраженной морфологии по вышележащим отложениям. Очевидно, данное обстоятельство необходимо учитывать при обработке сейсмических материалов.

Критерии нефтеносности ловушек и оценка рисков. При исследовании геоморфологии ловушек учитывались значения амплитуд, площади, углов падения крыльев, а также простирание структур относительно общего тренда погружения поверхности фаменского палеошельфа. Проведенный анализ показывает, что при опоскова-

нии структур в прибортовой и палеошельфовой зоне в отношении их морфологических особенностей следует учитывать следующие аспекты:

– для нижнекаменноугольных и верхнедевонских структур определенная минимальная граничная величина амплитуды составляет 10 м, ловушки с меньшими значениями амплитуд не содержат УВ флюидов даже непромышленного значения;

– при равнозначных амплитудах и площади резервуаров приоритетными для опознания с позиции транзита и аккумуляции УВ флюидов являются многокупольные структуры, состоящие из нескольких локальных структур;

– наблюдается общий тренд уменьшения площадей ловушек с увеличением глубины залегания опорного турнейского горизонта;

– ввиду регионального уклона территории в северном направлении (около 7 м/км), одним из ключевых факторов сдерживающих процессы деструкции залежей является наличие амплитудного гидравлического

замка (критической седловины) в пределах более ближнего к бортовым массивам крыла структуры;

– при учете рисков по амплитудному фактору, особенно для малоамплитудных структур, стоит учитывать среднюю статистическую погрешность сейсмических данных для нижнекаменноугольных отложений (5–6 м).

Коллекторские характеристики пород включают такие их параметры, как тип емкостного пространства, пористость, проницаемость, расчлененность и доля эффективной мощности коллекторов.

Турнейско-фаменский разрез палеошельфовой зоны может быть представлен различными типами карбонатных пород: микрозернистыми, органогенно-детритовыми, детрито-фораминиферовыми, водорослевыми или вторично-микромковатыми известняками, а также известковистыми доломитами. В общем, для рассматриваемого карбонатного разреза характерен поровый и смешанный тип коллекторов.

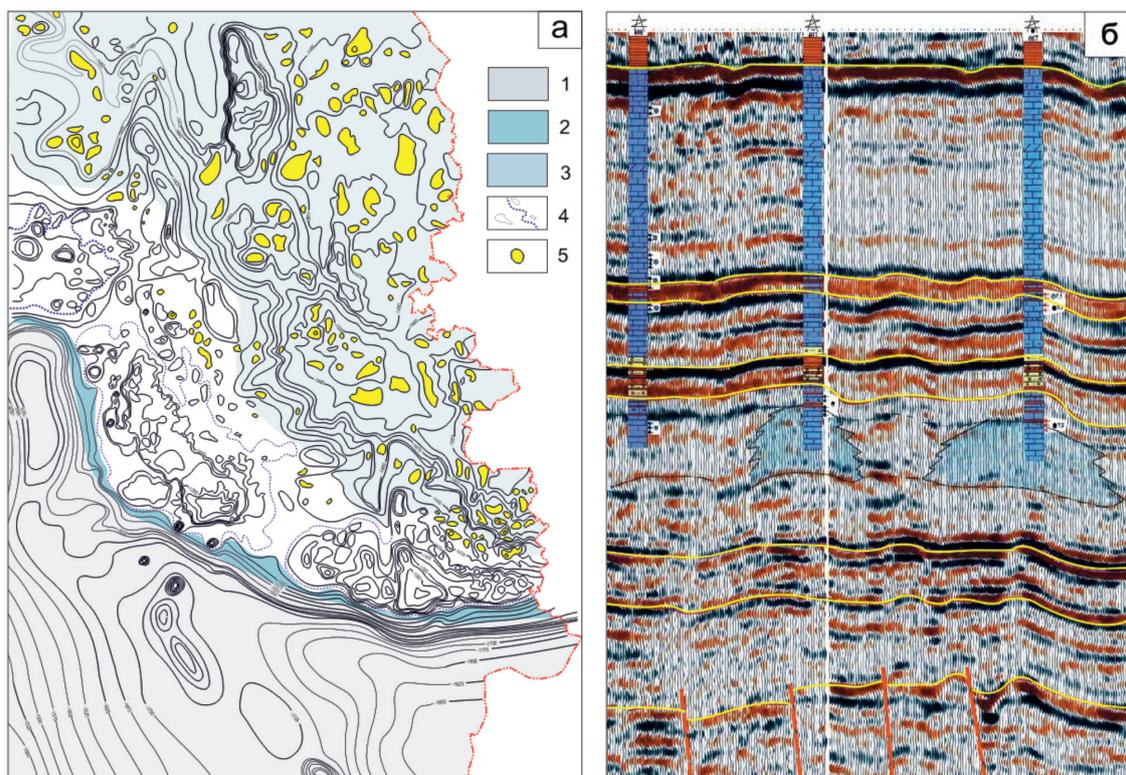


Рис. 3. Структурная карта кровли турнейского яруса юго-восточной части палеошельфа (а) и пример облекания иловых холмов по данным сейсморазведки (б).
Условные обозначения: 1 – впадинная часть ККСП, 2 – внутренний борт ККСП, 3 – мелководный палеошельф, 4 – зона бортовых карбонатных массивов, 5 – перспективные поднятия

Основные выводы касательно оценки рисков, связанных с коллекторскими свойствами изучаемого разреза, следующие:

– однотипность осадконакопления для шельфовой части территории определяет большую изменчивость ФЕС коллекторов не по площади, а по глубине залегания;

– с абсолютных глубин 1,5 и 1,6 км прогнозируется ухудшение общей пористости коллекторов турнейского и фаменского разреза соответственно;

– снижение эффективной пустотности карбонатных пород, при граничных значениях для порового типа коллекторов (6 и 8% для известняков и доломитов соответственно), может быть компенсировано с глубиной кавернозной составляющей (смешанным типом коллектора);

– расчлененность не является определяющим фактором насыщения коллектора, в связи с этим при обрисовании структур является косвенным показателем;

– прогнозное значение эффективной доли коллектора менее 0,3 несет значительную неопределенность по нефтенасыщенности резервуара;

– проницаемость и, соответственно, потенциал нефтеотдачи для фаменского разреза на порядок ниже турнейского (среднее значение 0,02 против 0,07 мкм²).

Экранирующие свойства пород-покрышек определяются, прежде всего, их типом и мощностью. Для отложений изучаемого разреза покрышками служат карбонатно-глинистые породы черепетского горизонта, а также перекрывающие их глины косьвинского и радаевского горизонтов. Для заволжских коллекторов, как правило, экранами для флюидов являются уплотненные карбонатные прослои, залегающие в кровельной части заволжского надгоризонта и в подошвенной части малевско-упинского горизонта. В пределах барьерных массивов заволжские резервуары практически не имеют покрышек и содержат залежи, гидродинамически связанные с турнейскими. Улучшение качества флюидоупоров в зоне палеошельфа связано с более спокойной гидродинамической обстановкой и, вследствие этого, появлением глинистых разностей в разрезе. Обобщенно, при обрисовании структур и резервуаров по качеству флюидоупоров целесообразно учитывать ряд аспектов:

– нижняя граничная величина толщины покрышки для удержания УВ в турнейско-фаменских резервуарах по статистическим данным составляет 4–5 м;

– наиболее надежные покрышки приурочены к структурам во впадинной зоне, наименее – к зоне барьерных карбонатных массивов;

– наличие «ложной» или отсутствие надежной покрышки, для продуктивных ловушек в пределах барьерных массивов, может косвенно свидетельствовать о возможных перспективах нижележащих отложений в присводовых частях данных массивов (залежи с единой гидродинамической связью);

– при оценке рисков по потенциалу экранирования залежей в карбонатных ловушках необходимо учитывать наличие и толщину глинистых разностей в перекрывающем разрезе.

Наиболее информативными показателями общей продуктивности и региональных предпосылок аккумуляции УВ являются такие параметры, как высота залежей, степень заполнения ловушек УВ, тренды снижения гипсометрических водонефтяных контактов залежей, общий этаж нефтеносности разреза в зависимости от удаленности от барьерного карбонатного массива, а также региональный уклон поверхностей палеошельфа.

Относительно выделенных особенностей общей продуктивности разреза и региональных предпосылок аккумуляции УВ (на основе информации по 71 установленной залежи), целесообразно отметить следующее:

– один из последних этапов перераспределения и переформирования залежей УВ в пределах палеошельфа связан с общим погружением (порядка 300 м) северной части территории в послепермский период;

– наблюдается тренд опускания этажа нефтеносности в зависимости от удаления от бортовой зоны в погруженные участки шельфовой части (рост перспектив для отложений фаменского яруса и снижение – для турнейского);

– при оценке структур с позиции аккумуляции УВ следует акцентировать внимание, прежде всего на истории развития ловушки в послепермский период (анализ карт интервальных скоростей между отражающими сейсмическими горизонтами);

– при гидравлическом градиенте, равном 0,007 ед., к группе поднятий, требующих большего обрисования по углам падения периклиналей, относятся пологие ловушки с углами падения менее одного градуса (риск механического разрушения залежей УВ).

Заключение

Таким образом, наиболее перспективной зоной в отношении нефтеносности верхнефранско-турнейского разреза является юго-восточная часть палеошельфа, включая территорию Пермского края. При этом наличие пород черепетского горизонта является ключевым фактором экранирования и сохранения нефтяных залежей в верхнедевонско-турнейском разрезе. Основными объектами поиска в пределах палеошельфа являются структуры облекания построек типа иловых холмов и органогенных франских построек в наиболее погруженных участках палеошельфа.

Список литературы / References

1. Проворов В.М. Особенности геологического строения верхнедевонско-турнейского палеошельфа и нефтеносности территории Западного Прикамья // *Технология ТЭК*. Изд. Дом «Нефть и капитал». 2003. № 5 (12). С. 9–13.
2. Проворов В.М. Features of the geological structure of the Upper Devonian-Tournaisian paleoshelf and the oil content of the territory of the Western Kama region // *Tekhnologiya TEK*. Izd. Dom «Nef't' i kapital». 2003. No. 5 (12). P. 9–13 (in Russian).
3. Евстафьев И.Л., Долинский И.Г. Оценка геологических рисков при планировании геологоразведочных работ на стадии поиска месторождений // *Научно-технический сборник Вести газовой науки*. 2018. № 4 (36). С. 19–23.
4. Evstafyev I.L., Dolinsky I.G. Assessment of geological risks when planning geological exploration at the stage of field search // *Nauchno-tekhnicheskiiy sbornik Vesti gazovoy nauki*. 2018. No. 4 (36). P. 19–23 (in Russian).
5. Керимов В.Ю., Бондарев А.В., Мустаев Р.Н., Хоштария В.Н. Оценка геологических рисков при поиске и разведке месторождений углеводородов // *Нефтяное хозяйство*. 2017. № 8. С. 36–41.
6. Kerimov V.Yu., Bondarev A.V., Mustaev R.N., Khoshtariya V.N. Assessment of geological risks in the search and exploration of hydrocarbon deposits // *Neftyanoye khozyaystvo*. 2017. No. 8. P. 36–41 (in Russian).
7. Истратов И., Бондарев А. Риски ГПП на нефть и газ и оценка геологических рисков // *Offshore Russia*. 2018. № 5. С. 14–19.
8. Istratov I., Bondarev A. Risks of exploration for oil and gas and assessment of geological risks // *Offshore Russia*. 2018. No. 5. P. 14–19 (in Russian).
9. Шеходанов В.А., Проворов В.М., Федорчук З.А. Геология и нефтеносность Удмуртской АССР. Ижевск: «Удмуртия», 1976. 128 с.
10. Shekhodanov V.A., Provorov V.M., Fedorchuk Z.A. Geology and oil content of the Udmurt ASSR. Izhevsk: «Udmurtia», 1976. 128 p. (in Russian).
11. Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Геологические и биологические причины прекращения рифообразования, палеозой // *Литология и полезные ископаемые*. 2019. № 2. С. 119–129.
12. Kuznetsov V.G., Zhuravleva L.M. Geological and Biological Reasons for the Cessation of Reef Formation: Evidence from the Paleozoic // *Litologiya i poleznye iskopaemye*. 2019. No. 2. P. 119–129 (in Russian).
13. Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Асинхронность развития рифов и рифостроящей биоты. Палеозой // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2020. № 1. С. 54–62.
14. Kuznetsov V.G., Zhuravleva L.M. Asynchrony of reef development and reef-building biota. Paleozoic // *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka*. 2020. No. 1. P. 54–62. (in Russian).

СТАТЬИ

УДК 528.21

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕОИДА НА ТЕРРИТОРИИ ЕГИПТА
ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАЗЕМНЫХ И ГЛОБАЛЬНЫХ
НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ДАННЫХ**^{1,2}Елшеви М.А.¹Университет Аль-Азхар, Каир;²Государственный университет по землеустройству, Москва, e-mail: mimoelshewy@gmail.com

Сегодня концепция модернизации геодезических сетей включает определение модели геоида. Почти все геодезические работы в Египте, особенно определение местоположения, выполняются с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Тем не менее для большинства геодезических и инженерных изысканий геометрическое нивелирование по-прежнему является основным методом определения высоты реперов. По сравнению с методами ГНСС эта технология довольно дорога. Из-за широкого использования ГНСС в Египте требуется модель геоида для преобразования геодезических высот в ортометрические, особенно в промышленных и стратегических областях Египта. В результате построение модели геоида с сантиметровой точностью для территории Египта значительно улучшит возможности измерений ГНСС и сэкономит материальные ресурсы и время. В этом исследовании метод среднеквадратической коллокации был использован в качестве технического метода для создания египетской национальной модели геоида. Выбор лучшей глобальной модели геоида в областях, при отсутствии данных очень важен. В работе использовались глобальные модели EGM2008 и XGM2019e_2159. Дополнительно модель высоты Shuttle Radar Topography Mission (SRTM30_PLUS) использовалась для коррекции остаточного рельефа местности. Для лучшей корреляции на основе расстояния между данными было определено, что идеальное сферическое расстояние составляет 10 угловых минут. Согласно результатам, внешняя точность модели геоида была со среднеквадратичной погрешностью (СКП) равна 0,08 м по сравнению с независимыми ГНСС/нивелирования пунктами. Модель XGM2019e_2159 показала лучшие результаты в Египте, чем модель EGM2008, с точки зрения удаления длинноволновых компонентов из аномалий силы тяжести.

Ключевые слова: среднеквадратическая коллокация, ковариационная функция, ГНСС/нивелирование, региональная модель геоида, техника удаления-восстановления, глобальные модели геоида

**DEVELOPMENT OF A GEOID MODEL IN EGYPT WITH THE INTEGRATED
USE OF GROUND AND GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS DATA**^{1,2}Elshevy M.A.¹Al-Azhar University, Cairo;²State University of Land Use Planning, Moscow, e-mail: mimoelshewy@gmail.com

Today, the concept of modernization of geodetic networks includes the definition of a geoid model. Almost all geodetic work in Egypt, particularly positioning, is done utilizing Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Nonetheless, for most geodetic and engineering surveys, geometric leveling is still the primary approach for estimating the heights of benchmarks. When compared to GNSS methods, this technology is quite expensive. Due to the widespread use of GNSS in Egypt, a geoid model is required to convert geodetic heights to orthometric heights, especially in the industrial and strategic areas of Egypt. As a result, building a geoid model with centimeter accuracy for the territory of Egypt will significantly improve the capabilities of GNSS measurements and save material resources and time. In this study, the least-squares collocation approach was employed as a technical method for creating an Egyptian national geoid model. Selecting the best global geoid model in areas where data is not available is very important. The global models EGM2008 and XGM2019e_2159 were used. Additionally, the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM30_PLUS) elevation model was used to correct the residual terrain. For better correlation based on data spacing, the ideal spherical distance has been determined to be 10 arc minutes. According to the results, the external accuracy of the geoid model was with a standard deviation of 0.08 m when compared to independent GNSS/leveling points. The XGM2019e_2159 model performed better in Egypt than the EGM2008 model in terms of removing long-wave components from gravity anomalies.

Keywords: least-squares collocation, covariance function, GNSS/levelling, regional geoid model, local geoid model, remove-restore technique, global geoid models

Появление спутниковых систем глобального позиционирования оказало огромное влияние на геодезию и инженерные приложения. Высоты, полученные с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), отличаются от традиционно получаемых ортометрических высот, которые задаются относительно гео-

ида. В результате точное определение местного геоида имеет решающее значение для геодезических приложений. Форма геоида была предметом ряда работ и исследований во всем мире [1–4].

Различные геодезические сети в Египте не охватывали всю территорию, а были сосредоточены в таких важных и населенных

районах, как дельта и долина Нила и побережье Египта. Распределение по территории Египта гравиметрических и ГНСС/нивелирования пунктов неравномерно и содержит пробелы как показано на рис. 1. Следовательно, для Египта и подобных регионов надежная модель геоида с точки зрения пространственного разрешения и точности должна быть определена с использованием доступной гравиметрической информации в сочетании с высотами геоида из ГНСС/нивелирования пунктов [5].

Одна из стандартных процедур моделирования локального гравитационного поля основана на сочетании метода удаления-восстановления и метода среднеквадратической коллокации [6]. Принцип удаления-восстановления – одна из самых известных стратегий, используемых для определения регионального и местного гравитационного поля. Он основан на предположении, что гравитационные сигналы можно разделить на длинноволновую, среднюю и коротковолновую составляющие. Длинноволновая составляющая может быть правильно учтена с помощью глобальных моделей гравитационного поля Земли (ГПЗ), которые оцениваются с использованием спутниковых наблюдений и наземных гравиметрических данных [7]. Удаление эффекта ГПЗ соответствует высокочастотной фильтрации данных. На этом этапе редукиции гравитационные сигналы, обусловленные средней корой, верхней мантией и длинноволновым топографическим сигналом, удаляются из наблюдаемых значений. После сокращения для глобальной модели, помимо средних частот, в остаточных данных все еще присутствуют высокочастотные компоненты. В основном они связаны с высокочастотными особенностями топографии, которые не могут быть надлежащим образом описаны глобальными моделями [8]. Остаточный топографический сигнал удаляется из наблюдаемых данных путем вычисления так называемой модели остаточного рельефа (RTM). Остаточные данные, полученные путем применения редукиции для глобальной модели и соответствующей RTM, содержат только промежуточные длины волн, которые будут использоваться для моделирования локального гравитационного поля. Обычно они имеют среднее значение, близкое к нулю, и стандартное отклонение, которое значительно меньше стандартного отклонения нередуцированных данных. К этим сокращенным данным можно подходящим обра-

зом применить совместное использование, чтобы получить оценки локальных характеристик гравитационного поля. Окончательная высота геоида затем получается путем восстановления модели геопотенциала и эффектов RTM, которые добавляются к этой локальной остаточной составляющей.

Цели данной работы: 1) оценка использования глобальных моделей EGM2008 и XGM2019e_2159 для удаления длинноволновых компонентов из аномалий силы тяжести в свободном воздухе; 2) разработка методики построения модели геоида на территории Египта путем интеграции наземных и ГНСС данных.

Материалы и методы исследования

Область исследования и измерения

Распределение гравиметрических данных неравномерно по Египту со значительными пробелами, особенно в восточных и западных пустынях. Наборы данных, используемые в исследовании, включают: 1378 гравиметрических пунктов (Δg) с СКП $\pm 0,2$ мГал со средним расстоянием между пунктами 10 км; 455 ГНСС/нивелирования пунктов и погрешность определения высот геоида в этих пунктах не превышает 2 см, со средним расстоянием между пунктами 5 км; глобальные модели геоида (EGM2008 и XGM2019e_2159); цифровая модель рельефа SRTM30_PLUS. На рис. 1 показаны распределение пунктов гравиметрических и ГНСС/нивелирования. Для вычисления модели геоида использовался программный комплекс GRAVSOFТ.

Методика исследования

1. Процесс Удаления:

Первым шагом является вычисление аномалий силы тяжести в свободном воздухе (Δg_{Fa}) и высот геоида (ζ) для наблюдаемых локальных геодезических данных вместе с соответствующими значениями, связанными с Глобальной моделью геоида. На этом этапе использовалась программа GEOEGM. Затем длинноволновые компоненты гравитационного поля Земли удаляются из Δg_{Fa} с помощью сигнала ГПЗ ($\Delta g_{ГПЗ}$). В этом исследовании использованы глобальные модели EGM2008 и XGM2019e_2159 для представления глобальных вариаций или длин волн гравитационного поля Земли. Кроме того, очень коротковолновые составляющие гравитационного сигнала (Δg_{RTM}) вычислены и удалены с использованием метода остаточной модели рельефа (RTM).

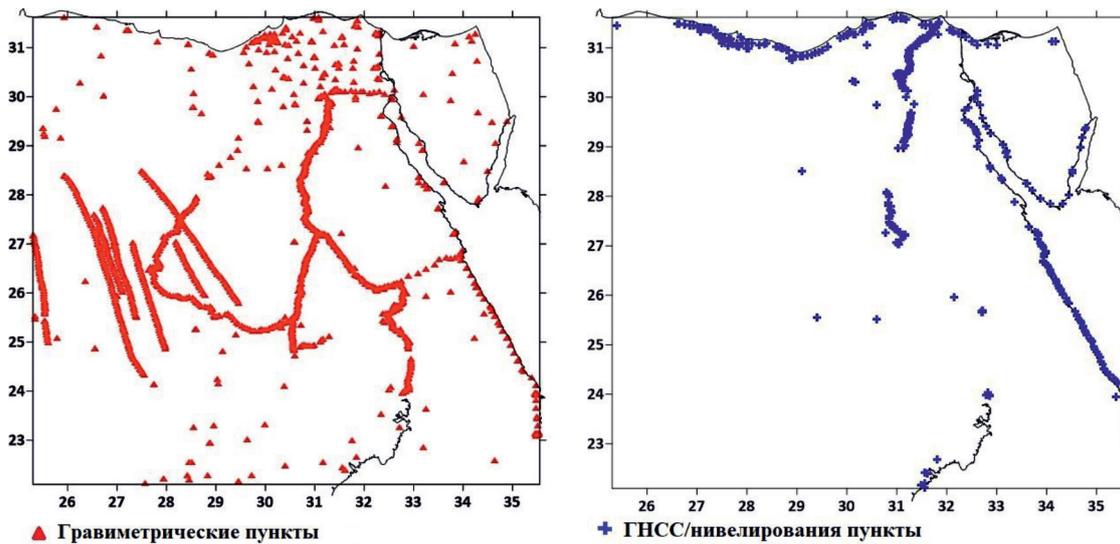


Рис. 1. Распределение пунктов гравиметрических и ГНСС/нивелирования

На этом этапе среднее значение сетки получается простым усреднением с помощью программы TCGRID. Эта сетка используется позже, когда вклад RTM вычисляется с помощью программы TC. На этом этапе обработки данных входным файлом является набор данных о высоте 30" * 30", который соответствует ЦМР SRTM, покрывающей территорию Египта. В конце шага удаления, остаточные аномалии силы тяжести ($\Delta g_{\text{ост}}$) и остаточные высоты геоида ($\zeta_{\text{ост}}$), получаются согласно по уравнениям (1) и (2):

$$\Delta g_{\text{ост}} = \Delta g_{Fa} - \Delta g_{\text{ГПЗ}} - \Delta g_{\text{RTM}} \quad (1)$$

$$\zeta_{\text{ост}} = \zeta_{\text{ГНСС/нив}} - \zeta_{\text{ГПЗ}} - \zeta_{\text{RTM}} \quad (2)$$

2. Процесс Вычисления

Вычисление эмпирической и аналитической ковариационной функции

На этом этапе $\Delta g_{\text{ост}}$ использовалось для вычисления эмпирической ковариационной функции с помощью программы EMPCOV. Глобальная ковариационная функция, используемая на методе коллокации, равна тройному интегралу:

$$COV(P, Q) = \frac{1}{8\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_0^{2\pi} T(P)T(Q) d\alpha \cos\phi d\phi d\lambda, \quad (3)$$

где α – азимут между P и Q и ϕ, λ – координаты P . Точка Q имеет фиксированное сферическое расстояние от P . Обратите внимание, что это глобальное выражение и будет зависеть от радиальных расстояний r , и r'

точек P и Q соответственно и сферического расстояния (ψ) между двумя точками.

В локальной области мы неявно будем рассматривать все данные за пределами области как имеющие те же статистические характеристики, что и данные в области, чтобы мы могли оценить ковариационную функцию гравитационной аномалии, взяв сумму произведений данных в сгруппированной области в соответствии с интервалом $\Delta\psi$ сферического расстояния (также обозначаемым размером интервала выборки):

$$\psi_i - \Delta\psi/2 \leq \psi \leq \psi_i + \Delta\psi/2. \quad (4)$$

Эти два интервала могут быть объединены, так что интервал выборки становится удвоенным. Следовательно, вычисленная ковариация равна

$$COV_{est}(\psi_i, r_m, r_m) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Delta g(P) \Delta g(Q), \quad (5)$$

где M – количество продуктов из i -го интервала выборки, а r_m – средняя высота. Ковариация будет использоваться в расчетах для обозначения средней высоты.

Определение параметров аналитических ковариационных функций

Если обнаружены отклонения степени гравитационной аномалии, то можно также найти потенциальные отклонения степени. Однако для ковариационной функции также необходимо определить бесконечно много величин. Решением этой проблемы является использование так называемой модели дис-

перии степеней, то есть функциональной взаимосвязи между степенью и дисперсией степени. Чернинг и Рапп (1974) вывели три различные модели, которые можно использовать. Основное различие связано с тем, стремятся ли (потенциальные) дисперсии степеней к нулю, например, n^2 , n^3 или n^4 . Лучшая модель относится к типу 2 [9]:

$$\sigma_n^2 = \frac{A}{(n-1)(n-2)(n+B)} \left(\frac{R_B}{R} \right)^{2n+2}, \quad (6)$$

где R_B – радиус сферы Бьерхаммара, A – константа в единицах $(\text{m/s})^4$, а B – целое число. Если используется расширение серии сферических гармоник, B обычно принимается равным небольшому числу, например 4, тогда как в исходной работе оно принималось равным 24, чтобы можно было смоделировать низкую степень и дисперсию степеней соответственно. Эта модель одновременно является Воспроизводящим Кernels в Гильбертовом пространстве функций, гармонических вне сферы Бьерхаммара. Используемая полная модель:

$$\text{COV}(\psi, r, r') = \alpha \sum_{n=2}^N (\sigma_i^{\text{err}})^2 \left(\frac{\bar{R}^2}{rr'} \right)^{n+1} P_n(\cos \psi) + \sum_{n=N+1}^{\infty} \frac{A}{(n-1)(n-2)(n+4)} \left(\frac{R_B^2}{rr'} \right)^{n+1} P_n(\cos \psi). \quad (7)$$

Определение высот геоида по остаточным данным

Для использования метода средневариационной коллокации доступны все инструменты: остаточные данные и ковариационной модели. Остальное – установить нормальные уравнения и вычислить прогнозы и оценки ошибок. Это делается с помощью программы GEOCOL. Основная функция этой программы – вычисление

приближения к аномальному потенциалу Земли (T) с использованием метода коллокации. Программа GEOCOL (geocol17) запускается с выбранными гравиметрическими данными ($\Delta g_{\text{ост}}$) для прогнозирования высот геоида ($\delta \zeta_{\text{ост}}$) и сравнивает входные и прогнозируемые значения. Набор пунктов ГНСС/нивелирования использовался в процессе подгонки поверхности созданной модели к поверхности пунктов ГНСС/нивелирования, а остальные пункты использовались для оценки внешней точности модели.

3. Процесс Восстановления

На этом этапе влияние остаточной топографии с использованием программы ТС и вклад глобальной модели с помощью программы GEOEGM восстановлены и добавлены к прогнозируемой $\delta \zeta_{\text{ост}}$ в расчетных пунктах, чтобы получить окончательную высоту геоида (ζ_F) как

$$\zeta_F = \delta \zeta_{\text{ост}} + \zeta_{\text{ГПЗ}} + \zeta_{\text{RTM}} \quad (8)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Выбор наиболее совместимой глобальной гравитационной модели имеет большое влияние на вычисление геоид в районах, страдающих от отсутствия однородных и точных данных о гравитационных аномалиях. В этом исследовании были использованы глобальные модели EGM2008 и XGM2019e_2159 для удаления длинноволновых компонентов из аномалий силы тяжести в свободном воздухе.

1. Процесс Удаления

Данные табл. 1 показывают, что удаление длинноволновых компонентов ($\Delta g_{\text{ГПЗ}}$) из аномалий силы тяжести (Δg_{Fa}) приводит к существенному сглаживанию, о чем свидетельствует уменьшение СКП на 38% и 36% при использовании EGM2008 и XGM2019e_2159 соответственно.

Таблица 1

Статистика аномалий остаточной силы тяжести [мГал]

	Модель EGM2008				Модель XGM2019e_2159			
	Среднее	СКП	Мин.	Макс.	Среднее	СКП	Мин.	Макс.
Δg_{Fa}	-10.38	18.31	-67.69	110.72	-10.38	18.31	-67.69	110.72
$\Delta g_{\text{Fa}} - \Delta g_{\text{GGM}}$	0.85	11.63	-55.28	72.80	0.90	11.75	-28.68	31.16
$\Delta g_{\text{Fa}} - \Delta g_{\text{GGM}} - \Delta g_{\text{RTM}}$	1.63	11.93	-53.08	70.45	1.68	12.05	-27.38	34.28

2. Процесс Вычисления

$\Delta g_{\text{ост}}$ использовались в качестве входных данных для программы EMPCOV для вычисления эмпирической ковариационной функции. Для лучшей корреляции на основе расстояния между данными было определено, что идеальное сферическое расстояние (ψ) составляет 10 угловых минут. Фактическое моделирование эмпирически определенных значений выполняется с помощью программы COVFIT и было вычислено аналитическое представление для эмпирической ковариационной функции. При использовании программы COVFIT трем параметрам ковариации α , A и R_B сначала даются приблизительные значения, а затем с помощью итерационной нелинейной регулировки для определения окончательных параметров ковариационной функции (Knudsen, 1988). На рис. 2 показаны эмпирические и ана-

литические подобранные ковариационные функции EGM2008 и XGM2019e_2159.

Следующие параметры ковариации при использовании EGM2008 и XGM2019e_2159 были получены и применены в процессе коллокации: $RB = -5.586$ км и -3.088 км, Дисперсия силы тяжести на нулевой высоте 100.78 мГал² и 111.78 мГал², масштабный коэффициент дисперсии степени ошибки 1.00. Эти параметры использовались для расчета $\delta\zeta_{\text{ост}}$.

355 пунктов ГНСС/нивелирования использовались в процессе подгонки поверхности созданной модели к поверхности пунктов ГНСС/нивелирования, а 100 пунктов использовались для оценки внешней точности модели. Сравнение между прогнозируемыми остаточными высотами геоида $\delta\zeta_{\text{ост}}$ и $\zeta_{\text{ост}}$ в 355 пунктах ГНСС/нивелирования показано в табл. 2.

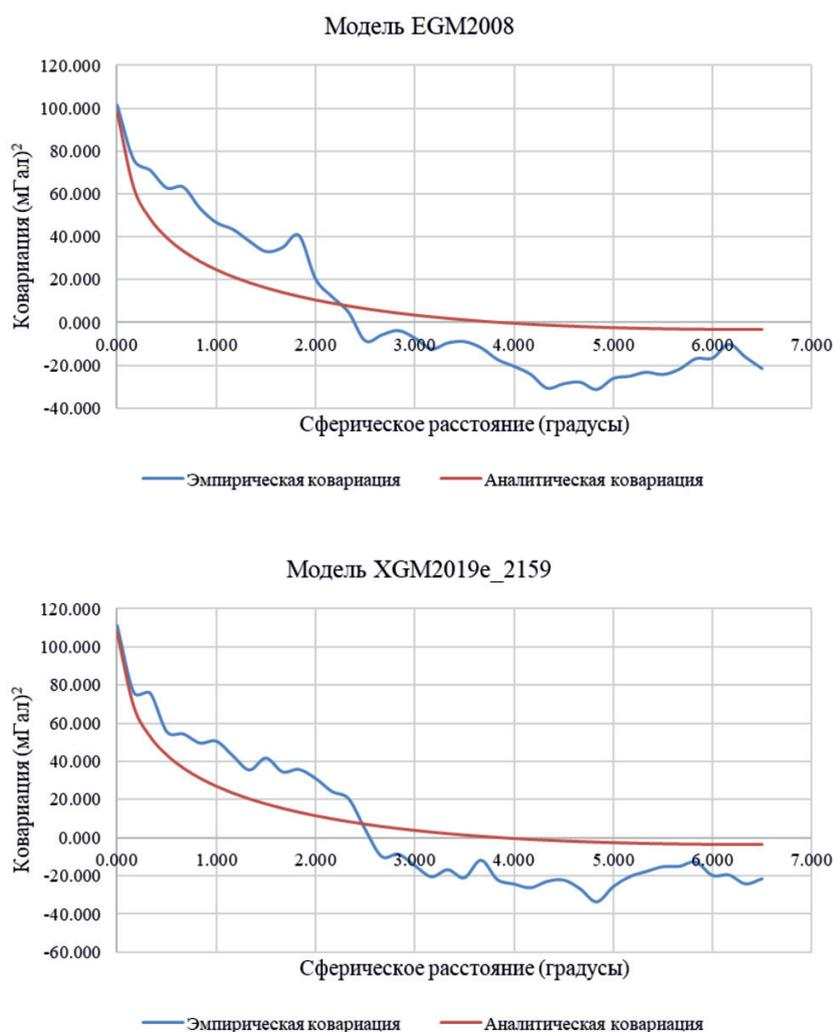


Рис. 2. Эмпирические и аналитические подобранные ковариационные функции

Таблица 2

Статистика прогнозируемых и наблюдаемых высоты геоида в 355 пунктах ГНСС/нивелирования (использованы в процессе подгонки)

	Модель EGM2008				Модель XGM2019e_2159			
	Среднее	СКП	Макс.	Мин.	Среднее	СКП	Макс.	Мин.
Наблюдения (м)	-0.643	0.375	1.536	-1.707	-0.581	0.394	0.695	-1.532
Прогнозы (м)	-0.643	0.367	1.533	1.708-	-0.581	0.388	0.676	-1.531
Разница (м)	0.000	0.071	0.288	-0.350	0.000	0.060	0.246	-0.375

Результаты показывают различия между прогнозируемой и наблюдаемой высотой геоида с ошибкой около ± 7 см и ± 6 см при использовании EGM2008 и XGM2019e_2159 соответственно.

3. Процесс Восстановления

Остающийся шаг моделирования геоида включает: 1) восстановление эффекта остаточной топографии с помощью программы ТС; и 2) восстановление вклада глобальных ГПЗ EGM2008 и XGM2019e_2159 с помощью программы GEOEGM. Сетка точек (5' x 5') была извлечена из ЦМР SRTM30_PLUS для прогнозирования высот геоида в этих точках программой Select. Затем программа Fcontp использовалась для расчета окончательных высот геоида (ζ_F) для этих то-

чек сетки в соответствии с уравнением 8. Результаты модели геоида представлены на рис. 3 в виде трехмерных графиков распределения высот геоида при использовании EGM2008 и XGM2019e_2159 соответственно.

Оценка окончательной модели геоида

Чтобы проверить точность созданной модели геоида для территории Египта, высоты геоида из 100 пунктов ГНСС/нивелирования ($\zeta_{\text{ГНСС/нивл}}$), которые не были включены в процесс моделирования геоида, сравнивались с соответствующей высотой геоида этих пунктов из модели (ζ_F). Результаты статистически проанализированы и представлены в табл. 3.

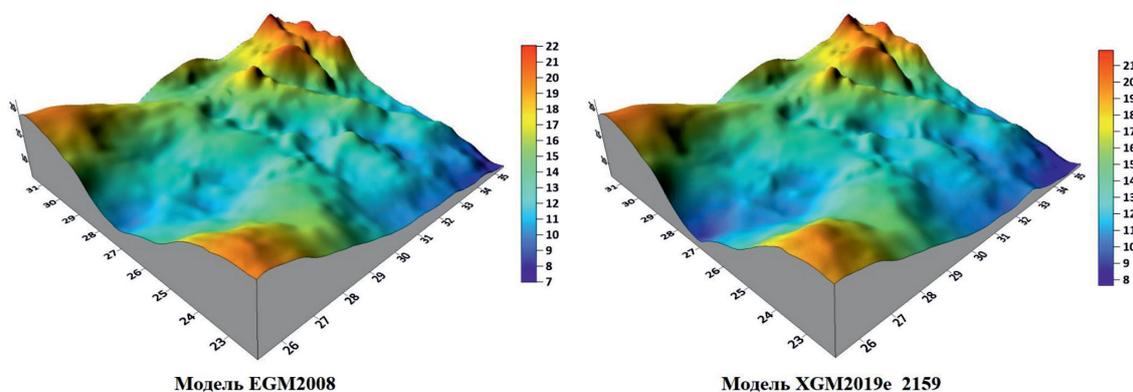


Рис. 3. Графическое представление ЦМГ для территории Египта

Таблица 3

Статистика прогнозируемых и наблюдаемых высот геоида в 100 пунктах ГНСС/нивелирования (использованы для оценки внешней точности модели)

	Модель EGM2008				Модель XGM2019e_2159			
	Среднее	СКП	Макс.	Мин.	Среднее	СКП	Макс.	Мин.
Наблюдения (м)	-0.609	0.400	1.370	-1.225	-0.573	0.390	0.538	-1.257
Прогнозы (м)	-0.596	0.428	1.500	-1.252	-0.570	0.383	0.442	-1.175
Разница (м)	-0.014	0.107	0.209	-0.472	-0.003	0.079	0.195	-0.221

Результаты показывают различия между прогнозируемой и наблюдаемой высотой геоида с ошибкой около ± 11 см и ± 8 см при использовании EGM2008 и XGM2019e_2159 соответственно.

Заключение

Для Египта разработана новая национальная модель геоида с использованием интеграции имеющихся гравитационных аномалий и ГНСС данных. Чтобы выполнить решение задачи создания модели геоида на территории Египта, и был применен метод коллокации из-за способности использовать гетерогенные данные в качестве входных. Результаты показывают, что внешняя точность моделей геоида по сравнению с независимыми пунктами ГНСС/нивелирования составляла с СКП равно ± 11 см и ± 8 см при использовании EGM2008 и XGM2019e_2159 соответственно. Окончательная национальная модель геоида для всех территорий Египта представлена в виде цифровой модели геоида (ЦМГ) с сеткой точек ($5' \times 5'$). Модель XGM2019e_2159 показала лучшие результаты в Египте, чем модель EGM2008, с точки зрения удаления длинноволновых компонентов из аномалий силы тяжести. Количество и распределение гравиметрических и ГНСС/нивелирования пунктов в Египте недостаточно. Поэтому рекомендуется установить дополнительные пункты, чтобы заполнить недостающие пробелы в информации о гравитации. Следует продолжить усилия по моделированию геоида, чтобы создать национальную сантиметровую модель геоида, которая заменит традиционные, трудоемкие и дорогостоящие методы нивелирования.

Исследователь Елшеви М.А. финансируется за счет частичной стипендии Министертства высшего образования Арабской Республики Египет.

Список литературы / References

1. Ака Блаш Ульфред, Непоклонов В.Б. Оценка возможности использования геодезической сети для создания региональной модели геоида на территории Республики Кот д'Ивуар // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2017. Т. 61. № 3. С. 68–73.
2. Ака Блаш Ульфред, Непоклонов В.Б. Evaluation of the possibility to use the geodesic network for the creation of the geoid regional model in the territory of the Republic Côte d'Ivoire // Izvestiya Vuzov. Geodeziya i aerofotosyemka. 2017. V. 61. № 3. P. 68–73 (in Russian).
3. Непоклонов В.Б., Половнев О.В., Абакушина М.В. Таксономическая и дескриптивная идентификация моделей геоида // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2018. Т. 62. № 1. С. 5–14. DOI: 10.30533/0536-101X-2018-62-1-5-14.
4. Непоклонов В.Б., Половнев О.В., Абакушина М.В. Taxonomic and descriptive identification of geoid models // Izvestiya Vuzov. Geodeziya i aerofotosyemka. 2018. V. 62. № 1. P. 5–14 (in Russian). DOI: 10.30533/0536-101X-2018-62-1-5-14.
5. Баранов В.Н., Елшеви М.А., Эль Мокдад Б.Р., Фунг Ч.Т. Исследования по созданию локальных моделей геоида для прибрежных территорий Египта // Успехи современного естествознания. 2021. № 1. С. 32–38. DOI 10.17513/use.37561.
6. Baranov V.N., Elshevi M.A., El Mokdad B.R., Fung T.T. Research on creating local geoid models for the coastal territories of Egypt // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2021. № 1. P. 32–38 (in Russian). DOI: 10.17513/use.37561.
7. Sobh M., Mansi A.H., Campbell S. and Ebbing J. Regional gravity field model of Egypt based on satellite and terrestrial data. Pure and Applied Geophysics. 2019. V. 176 (2). P. 767–786.
8. Smith D.A., Milber D.G. The GEOID96 high-resolution geoid height model for the United States. Journal of Geodesy. 1999. V. 73 (5). P. 219–236.
9. Sansò F., Sideris M.G. The local modelling of the gravity field by collocation. In Geoid Determination, Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. P. 203–258.
10. Pavlis N.K., Holmes S.A., Kenyon S.C., Factor J.K. The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). Journal of geophysical research: solid earth. 2012. V. 117 (B4). P. 1–38.
11. Forsberg R. Terrain effects in geoid computations. Lecture Notes, International School for the Determination and Use of Geoid. International Geoid Service, DIAR Politecnico Di Milano, Italy, 1994. P. 159–181.
12. Tscherning C.C., Rapp R.H. Closed covariance expressions for gravity anomalies, geoid undulations, and deflections of the vertical implied by anomaly degree variance models. Scientific Interim Report Ohio State University, 1974. P. 94.