

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

ISSN 2308–4758



Выпуск № 4, 2022 г.

Выходит 4 раза в год

	«Наука. Инновации. Технологии» Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета
Учредитель	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
Главный редактор:	д.г.н., проф. Белозеров В.С.
Заместитель главного редактора:	д.г.н., проф. Щитова Н.А.
Международный редакционный совет:	Абшаев М.Т., д-р физ.-мат. наук, профессор (Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик); Воробьева О.Д., д-р экон. наук, профессор (Московский государственный университет, г. Москва); Лиховид А.А., д-р геогр. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Герасименко Т.И., д-р геогр. наук, профессор (Оренбургский гос. университет, г. Оренбург); Диневич Л.А., д-р физ.-мат. наук, профессор (Тель-Авивский университет, г. Тель-Авив); Жакин А.И., д-р физ.-мат. наук, профессор (Юго-Западный гос. университет, г. Курск); Зырянов А.И., д-р геогр. наук, профессор (Пермский государственный университет, г. Пермь); Ибрагимов А.И., д-р геогр. наук, профессор (Эгейский Университет, Турция, г. Измир), Хани А.А.К., канд. техн. наук, профессор (Иорданский университет науки и технологии, Ирбид); Коляда А.А., д-р физ.-мат. наук, доцент (Белорусский гос. университет, г. Минск); Молодикова И.Н., канд. геогр. наук (Центрально-Европейский университет, г. Вена); Нефедова Т.Г., д-р геогр. наук, вед. науч. сотрудник РАН (ИГ РАН, г. Москва); Панин А.Н., к. геогр. н., доц. (Московский государственный университет, г. Москва); Рязанцев С.В., член-корреспондент РАН, д. экон. наук, профессор (Институт социально-политических исследований РАН, г. Москва); Тикунов В.С., д-р геогр. наук, профессор (Московский государственный университет, г. Москва)
Редакционная коллегия:	Белозеров В.С., д-р геогр. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Бекетов С.Б., д-р техн. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Беляев Н.Г., д-р биол. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Гасумов Р.А., д-р техн. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Керимов А.Г., д-р техн. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь); Губарева Л.И., д-р биол. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Джандарова Т.И., д-р биол. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь); Диканский Ю.И., д-р физ.-мат. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Ерин К.В., д-р физ.-мат. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Закинян А.Р., д-р физ.-мат. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь); Закинян Р.Г., д-р физ.-мат. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Котти Б.К., д-р биол. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Лукьянов В.Т., д-р техн. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь); Лысенко А.В., д-р геогр. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь); Полян П.М., д-р геогр. наук, вед. науч. сотрудник РАН (ИГ РАН, г. Москва); Разумов В.В., д-р геогр. наук, профессор (главный научный сотрудник ОАО «Российские космические системы», г. Москва); Тимченко Л.Д., д-р ветеринар. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Толпаев В.А., д-р физ.-мат. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь); Федорова Н.Г., д-р техн. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Шальнев В.А., д-р геогр. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Щитова Н.А., д-р геогр. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Соловьев И.А. (к. геогр. н., доцент (СКФУ, г. Ставрополь); Мишвелов Е.Г., д-р биол. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь), Бадов А.Д., д-р геогр. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь); Харченко В.М., д-р геол.-минерал. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь)
Ученый секретарь:	к. геогр. н., доц. Соловьев И.А.
Свидетельство о регистрации	ПИ № ФС77–52723 от 8.02.2013
Подписной индекс	Объединённый каталог. ПРЕССА РОССИИ. Газеты и журналы: 94011
Журнал	включен в БД «Российский индекс научного цитирования», перечень ВАК. Журнал «Вестник Ставропольского государственного университета» перерегистрирован в журнал «Наука. Инновации. Технологии» в связи с переименованием учредителя
Адрес	355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
Телефон	(8652) 33–07–32
Сайт	www.ncfu.ru
E-mail:	nit_ncfu@mail.ru
ISSN	2308–4758

	«Science. Innovations. Technologies» North Caucasus Federal University
Founder	Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Education "North-Caucasus Federal University"
Chief Editor:	Doctor of Geographical Sciences, prof. Belozеров V.S.
Deputy Chief Editor:	Doctor of Geographical Sciences, prof. Shchitova N.A.
International Editorial Board:	Abshaev M.T., Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor (High Mountain Geophysical Institute, Nalchik); Vorobieva O.D., Doctor of Economics Sciences, Professor (Moscow State University, Moscow); Likhovid A.A., Dr. of Geogr. Sciences, professor (NCFU, Stavropol); Gerasimenko T.I., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (Orenburg State University, Orenburg); Dinevich L.A., Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor (Tel Aviv University, Tel Aviv); Zhakin A.I., Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor (South-West State University, Kursk); Zyryanov A.I., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (Perm State University, Perm); Ibragimov A.I., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (Aegean University, Turkey, Izmir), Hani A.A.K., Cand. of Tech. Sciences, Professor (Jordan University of Science and Technology, Irbid); Kolyada A.A., Doctor of Phys.-Math. Sciences, Associate Professor (Belarusian State University, Minsk); Molodikova I.N., Cand. of Geogr. Sciences (Central European University, Vienna); Nefedova T.G., Dr. of Geogr. Sciences, led. scientific. RAS employee (IG RAS, Moscow); Panin A.N., Ph.D. of Geographical Sciences, Associate Professor (Moscow State University, Moscow); Ryazantsev S.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics Sciences, Professor (Institute of Social and Political Research RAS, Moscow); Tikunov V.S., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (Moscow State University, Moscow); Kharchenko V.M., Doctor of Geol.-Mineral. Sciences, Professor (NCFU, Stavropol)
Editorial team:	Belozеров V.S., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Beketov S.B., Dr. of techn. sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Belyaev N.G., Dr. of Biol. sciences, professor (NCFU, Stavropol); Gasumov R.A., Dr. of techn. sciences, professor (NCFU, Stavropol); Kerimov A.G., Dr. of Techn. Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol); Gubareva L.I., Dr. of Biol. sciences, professor (NCFU, Stavropol); Dzhandarova T.I., Dr. of Biol. Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol); Dikansky Yu.I., Dr. of Phys.-Math. sciences, professor (NCFU, Stavropol); Erin K.V., Dr. of Phys.-Math. sciences, professor (NCFU, Stavropol); Zakinyan A.R., Dr. of Phys.-Math. Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol); Zakinyan R.G., Dr. of Phys.-Math. sciences, professor (NCFU, Stavropol); Kotti B.K., Dr. of Biol. sciences, professor (NCFU, Stavropol); Lukyanov V.T., Dr. of Techn. Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol); Lysenko A.V., Dr. of Geogr. Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol); Polyan P.M., Dr. of Geogr. Sciences, led. scientific. RAS employee (IG RAS, Moscow); Razumov V.V., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (Chief Researcher of JSC Russian Space Systems, Moscow); Timchenko L.D., Dr. of Veterinary Medicine. sciences, professor (NCFU, Stavropol); Tolpaev V.A., Doctor of Phys.-Math. Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol); Fedorova N.G., Dr. of Techn. Sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Shalnev V.A., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Shchitova N.A., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Soloviev I.A., Ph.D. of Geographical Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol); Mishvelov E.G., Doctor of Biological Sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Badov A.D., Dr. of Geogr. Sciences, Professor (NCFU, Stavropol); Kharchenko V.M., Doctor of Geol.-Mineral. Sciences, Professor (NCFU, Stavropol)
Scientific Secretary:	Ph. D. of Geographical Sciences, Associate Professor Soloviev I.A.
Certificate	ПН № ФС77–52723 dated February 8th 2013
The Index	The Journal is included in the DB «Russian index of the scientist quoting» The Journal is included in the DB «Russian index of the scientist quoting» The journal «Bulletin of the Stavropol state University» renamed in the journal «Science. Innovations. Technologies» due to renaming of the founder
Address	355017, Stavropol, Pushkin street, 1
Phone	(8652) 33–07–32
Site	www.ncfu.ru
E-mail:	nit_ncfu@mail.ru
ISSN	2308–4758

СОДЕРЖАНИЕ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», № 4, 2022

1.6.12.	ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГ- РАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ	
	Белоус В.Н., Лысенко А.В., Шальнев В.А. Особенности флоры и раститель- ности среднегорных ландшафтов региона Кавказ- ских Минеральных Вод (на примере национального парка «Кисловодский»)	7
	Belous V.N., Lysenko A.V., Shalnev V.A. Features of Flora and Vegetation of the Middle-Mountain Landscapes of the Region of the Caucasian Mineral Waters (on the Example of the Na- tional Park "Kislovodskiy")	8
	Белюсов А.И., Михайлова Г.В. Анализ продуктивности земельных ресурсов отраслей растениеводства в системе тре- бований устойчивого развития	31
	Belousov A.I., Mikhailova G.V. Analysis of the Productivity of Land Resources of Crop Production Industries in the System of Sustainable Development Requirements	32
	Цапко Н.В., Ашибокhov У.М., Коржов П.Н., Ветошкин А.А. Фауна и распространение млекопи- тающих Ставропольского края	53
	Tsapko N.V., Aschibokov U.M., Korzhov P.N., Vetoshkin A.A. Fauna and Distribution of Mammals of the Stavropol Region	54

1.6.13.	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ Щитова Н.А., Белозеров В.С., Соловьев И.А. Концептуальные подходы и про- грамма полимасштабного исследования миграции иностранных студентов в России	97
	Shchitova N.A., Belozеров V.S., Soloviev I.A. Conceptual Approaches and the Prog- ram of Polimas-Stability Study of Migration of Foreign Students in Russia	98
1.6.18.	НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ (ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ) Афанасьев И.С., Слуцкая О.Ю., Закинян Р.Г. Колебательные режимы атмосферы Юпитера и Венеры	119
	Afanasyev I.S., Slutskaya O.Y., Zakinyan R.G. Oscillatory Modes of the Atmosphere of Jupiter and Venus	120
1.6.20.	ГЕОИНФОРМАТИКА, КАРТОГРАФИЯ Евсеев А.В., Красовская Т.М., Тикунов В.С., Тикунова И.Н. Урегулирование конфликтов в об- ласти землепользования на землях коренных на- родов на основе блокчейн-платформы на примере Российской Арктики.	139
	Evseev A.V., Krasovskaya T.M., Tikunov V.S., Tikunova I.N. Regulation of land use conflicts at indi- genous peoples lands based on blockchain platform, Russian arctic case study	141

2.8.2.	ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН	
	Акопов А.С., Каверзин С.А., Бекетов С.Б., Керимов А-Г.Г., Янукян А.П.	
	Анализ эффективности кислотных обработок скважин ПХГ	169
	Effectiveness Analysis of Acid Treat- ments in UGS Wells	170
	Гасумов Р.А., Гасумов Э.Р., Минченко Ю.С., Копченков В.Г., Федоренко В.В.	
	Повышение технологической эф- фективности глушения скважин с использованием инновационных технологий	187
	Gasumov R.A., Gasumov E.R., Minchenko Yu.S., Kopchenkov V.G., Fedorenko V.V.	
	Increasing the Technological Efficiency of Well Killing Using Innovative Tech- nologies	188
2.8.4.	РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	
	Дроздов А.С., Леонтьев С.А.	
	Определение пригодных моделей вязкости водонефтяных эмульсий месторождений Восточной Сибири	209
	Drozдов A.S., Leontiev S.A.	
	Determination of Suitable Viscosity Models of Oil-Water Emulsions in Eastern Siberia Fields	210
	Копытов А.Г., Левкович С.В., Назарова Н.В., Ковалев И.А., Паклинов Н.М.	
	Особенности проведения гидрораз- рыва пласта в отложениях с трудноизвлекаемыми запасами	231
	Kopytov A.G., Levkovich S.V., Nazarova N.V., Kovalev I.A., Paklinov N.M.	
	Features of Hydraulic Fracturing in Se- diments with Hard to Recover Reserves	232

1.6.12.
УДК 581.9 (470.630)

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ,
ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

Белоус В.Н.,
Лысенко А.В.,
Шальнев В.А.

Северо-Кавказский
федеральный университет,
г. Ставрополь, Россия

**ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ
СРЕДНЕГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ РЕГИОНА
КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД
(на примере национального парка «Кисловодский»)**

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.1

Введение.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения современного состояния растительного покрова и сохранения природных комплексов среднегорных ландшафтов Ставропольского края. В качестве наиболее репрезентативной территории исследован национальный парк «Кисловодский». Для выявления современного состояния флоры и растительности национального парка был изучен флористический состав и характерные растительные сообщества данной территории. Также были рассмотрены вопросы локализации и ландшафтной дифференциации горностепных и горнолесных фитоценозов национального парка «Кисловодский».

Материалы и методы
исследования.

В статье анализируются результаты полевых исследований национального парка в 2018–2021 годах. Маршрутными исследованиями были охвачены различные элементы рельефа, ландшафтные участки и растительные сообщества ООПТ «Национальный парк «Кисловодский» и его буферной зоны. В изучении находились флора и растительность, а также отдельные флористические объекты природного комплекса парка. Ценобитические изыскания, сбор и обработка полевого материала проведены по общепринятым геоботаническим методам. В основу работы положены геоботанические описания растительных сообществ на ключевых участках. Мониторинговые исследования касались изучения и сохранения раритетного компонента растительного мира ООПТ.

Результаты исследования
и их обсуждение.

В рамках изученных сообществ нами выделено четыре укрупнённых варианта естественной растительности, различающихся составом ценофлоры, господствующими видами, структурой, покрытием видов. Характеризуемые в статье фитоценозы отражают обобщённые экотопические единицы, сопряжённые с экологическим режимом и водно-физическими свойствами мест произрастания. Раритетный компонент флоры обследованной территории представлен не менее 21 редким видом, которые подлежат региональной и федеральной охране. Биоценотическая подсистема парка довольно хорошо сохранила природный генофонд. Она

Выводы.

представлена олигодоминантными лесами, остепнёнными лугами, горностепными разнотравно-злаковыми фитоценозами, древесно-кустарниковым редколесьем. Развита группировка кальцепетрофитов.

Ландшафты национального парка по своим биотическим характеристикам уникальны. Это связано со значительной расчлененностью, а в тепловлагообороте – увеличением увлажнения и уменьшением термических показателей. Ввиду формирования на значительных площадях лесопарковых зон здесь большое количество интродуцентов. При этом они испытывают значительную антропогенную нагрузку. На исследованной территории растительный покров ландшафтных местностей и урочищ представлен серией репрезентативных сообществ хорошей степени сохранности. Он служит целям действенной охраны и поддержания устойчивого экологического равновесия на основной охраняемой территории. Между тем, состояние флоры и растительности в связи с современными темпами их «освоения» требует дополнительных мер по ограничению хозяйственной деятельности и неблагоприятных антропогенных воздействий на природный комплекс ООПТ. Наблюдения показали, что в связи с характером освоения территории (рекреационная нагрузка, соседство с селитебной частью города-курорта) у подавляющего большинства зарегистрированных редких видов наблюдаются сложности в репродуктивной деятельности растений и низкая конкурентоспособность.

Ключевые слова:

среднегорные ландшафты, ландшафтно-экологические особенности растительности, природный комплекс, охраняемые растения, репрезентативные растительные сообщества, характерные виды, кальцепетрофиты.

**Belous V.N.,
Lysenko A.V.,
Shalnev V.A.**

North Caucasus Federal University,
Stavropol,
Russia

Features of Flora and Vegetation of the Middle-Mountain Landscapes of the Region of the Caucasian Mineral Waters (on the Example of the National Park "Kislovodskiy")

Introduction.

The relevance of the study is due to the need to study the current state of the vegetation cover and preserve the natural complexes of the middle-mountain landscapes of the Stavropol Territory. The Kislovodsky National Park was studied as the most representative territory. To identify the current state of the flora and vegetation of the national park, the floristic composition and characteristic plant communities of this territory were studied. The issues of localization and landscape differentiation of mountain-steppe and mountain-forest phytocenoses of the Kislovodsky National Park were also considered.

Materials and research**methods.**

The article analyzes the results of field studies of the national park in 2018-2021. Route studies covered various elements of relief, landscape areas and plant communities of the SPNA "National Park" Kislovodsky "and its buffer zone. The study included flora and vegetation, as well as individual floristic objects of the natural complex of the park. Coenotic surveys, collection and processing of field material were carried out according to generally accepted geobotanical methods. The work is based on geobotanical descriptions of plant communities in key areas. Monitoring studies concerned the study and conservation of a rare component of the flora of protected areas.

The results of the study and**their discussion.**

Within the studied communities, we identified four enlarged variants of natural vegetation, differing in the composition of the cenoflora, dominant species, structure, and coverage of species. The phytocenoses characterized in the article reflect generalized ecotopic units associated with the ecological regime and water-physical properties of habitats. The rare component of the flora of the surveyed area is represented by at least 21 rare species that are subject to regional and federal protection. The biocenotic subsystem of the park has quite well preserved the natural gene pool. It is represented by oligodominant forests, steppe meadows, mountain-steppe forb-grass phytocenoses, woody-shrub woodlands. Groups of calcepetrophytes are developed.

Conclusions.

The landscapes of the national park are unique in their biotic characteristics. This is due to significant dissection, and in heat and moisture circulation - an increase in moisture and a decrease in thermal performance. In view of the formation of large areas of forest park zones, there are a large number of introduced species. At the same time, they experience a significant anthropogenic load. In the study area, the vegetation cover of landscape areas and tracts is represented by a series of representative communities of a good degree of preservation. It serves the purposes of effective protection and maintenance of a sustainable ecological balance in the main protected area. Meanwhile, the state of flora and vegetation in connection with the current pace of their "development" requires additional measures to limit economic activity and adverse anthropogenic impacts on the natural complex of protected areas. Observations have shown that due to the nature of the development of the territory (recreational load, proximity to the residential part of the resort city), the vast majority of registered rare species have difficulties in the reproductive activity of plants and low competitiveness.

Key words:

mid-mountain landscapes, landscape-ecological features of vegetation, natural complex, protected plants, representative plant communities, characteristic species, calcepetrophytes.

Введение

Среднегорные ландшафты в Ставропольском крае занимают ограниченные площади в пределах передовых куэстовых хребтов Северо-Кавказской моноклинали. Среднегорные ландшафты выделяются в соответствии с классификацией горных ландшафтов как отдельный подкласс или ландшафтный ярус на абсолютных высотах в среднем от 1 000 до 2 000 метров [9].

По сравнению с низкогорьями они отличаются большей расчлененностью, а в тепловлагообороте – увеличением увлажнения и уменьшением термических показателей. В свою очередь, это приводит к формированию специфических особенностей флористического состава и растительного покрова, к значительной биоцентической пестроте, увеличению видового разнообразия.

В пределах изучаемой территории среднегорные ландшафты имеют свои специфические особенности, во многом определяющие характер флоры и растительности. Они занимают наиболее приподнятые участки водораздельных пространств куэстовых хребтов и их склоны, окружающие Кисловодскую котловину. Это один из участков межкуэстовой депрессии между Скалистым и Пастбищным хребтами. Вследствие орографической обособленности, растительный покров здесь имеет заметно выраженные ксерофитные черты.

Важно отметить, что изучаемые ландшафты по своим биотическим характеристикам уникальны. При этом они испытывают значительную антропогенную нагрузку, в виду нахождения в зоне влияния крупного рекреационного центра – города-курорта Кисловодска. Еще одной особенностью изучаемых ландшафтов является формирование на значительных площадях лесопарковых зон с большим количеством интродуцентов. В том числе к ним относятся и Кисловодский парк, который в настоящее время имеет статус особо охраняемой природной территории федерального значения.

Выше изложенные особенности среднегорных ландшафтов г. Кисловодска и его окрестностей определили актуальность исследования современного состояния флоры и растительности национального парка «Кисловодский», где сконцентрированы все уникальные черты среднегорных ландшафтов окрестностей города-курорта Кисловодска, отмечается максимальное фиторазнообразие и значительная антропогенная нагрузка.

Национальный парк «Кисловодский» – особо охраняемая природная территория (ООПТ) федерального значения в городе-курорте Кисловодск. Это крупнейший в Европе городской парк. Площадь Кисловодского курортного парка составляет 965,8 га.

Территория национального парка находится на восточном борту Кисловодской котловины в системе отрогов Пастбищного хребта – Джинальского и Кабардинского. Она расчленена долинами рек Ольховки и Кабардинки и их притоками, имеющими вид каньонов, на отдельные ступенчатые платообразные массивы, постепенно поднимающиеся в южном направлении. Абсолютные высоты в пределах парка и его буферной зоны колеблются от 860 м до 1100 м. Куэстовые хребты, окаймляющие котловину, со склонами крутизной от 3–5° до 20–30° и более, имеют плоские вершины. Поверхность водораздельных пространств – плоско-волнистая с уклонами до 5–7°. Склоны Джинальского и Кабардинского хребтов расчленены глубокими балками, что определило формирование межбалочных «мысов» на южных склонах Кисловодской котловины.

Основными формами рельефа на территории города и Курортного парка являются эрозионно-аккумулятивные. В образовании эрозионного рельефа Кисловодского парка принимают участие, главным образом, породы нижнего мела. В пределах изучаемого участка это известняки валанжинского яруса, слагающие днища и склоны каньонообразных долин с отвесными скалами, эрозионными останцами и водопадами, а также песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки готеривского, барремского, аптского и альбского ярусов, залегающие на верхних участках склонов Джинальского и Кабардинского хребтов. Аккумулятивные формы рельефа широко распространены на склонах хребтов, в речных долинах и представлены четвертичными отложениями аллювиального, эолового, пролювиального и делювиального генезиса. Делювиальными супесями и суглинками с дресвой и щебнем покрыты склоны гор. Подножья гор сложены делювиально-пролювиальными отложениями, чаще всего представленными скоплениями щебня и глыб, формирующих конусы выноса. В долинах рек отмечается узкая прерывистая пойма и две-три надпойменные террасы. Поверхность территории нередко нарушена оползнями и осыпями.

Геоморфологические особенности Кисловодского парка и его буферной зоны определяются их положением в депрессии структурно-денудационных моноклинальных куэст Пастбищного и Скалистого хребтов [7, 19].

Основными формами рельефа на территории города и Курортного парка являются эрозионно-аккумулятивные. В образовании эрозионного рельефа Кисловодского парка принимают участие, главным образом, породы нижнего мела. В пределах изучаемого участка это известняки валанжинского яруса, слагающие днища и склоны каньонообразных долин с отвесными скалами, эрозионными останцами и водопадами, а также песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки готеривского, барремского, аптского и альбского ярусов, залегающие на верхних участках склонов Джинальского и Кабардинского хребтов. Аккумулятивные формы рельефа широко распространены на склонах хребтов, в речных долинах и представлены четвертичными отложениями аллювиального, эолового, пролювиального и делювиального генезиса. Делювиальными супесями и суглинками с дресвой и щебнем покрыты склоны гор. Подножья гор сложены делювиально-пролювиальными отложениями, чаще всего представленными скоплениями щебня и глыб, формирующих конусы выноса. В долинах рек отмечается узкая прерывистая пойма и две-три надпойменные террасы. Поверхность территории нередко нарушена оползнями и осыпями.

Сравнительно небольшие высоты (800–1500 м над уровнем моря), орографическая изолированность Кисловодской котловины, создают особый климат с ясными безветренными погодами.

Горный климат Кисловодска характеризуется некоторым понижением атмосферного давления, солнечной радиацией с высоким напряжением ультрафиолетовой её части. Невысокая температура летом и мягкая почти безморозная погода зимой формируется благодаря обилию солнечных дней и ее низко-среднегорному положению. Температура января $-5...-8^{\circ}\text{C}$; июля $+16...+18^{\circ}\text{C}$. Количество осадков за год 600–800 мм, в т. ч. около 500 мм за период полной вегетации растений. Среднегодовое количество осадков в Кисловодске в среднем равно 620 мм. В распределении атмосферных осадков существует сезонная закономерность. Максимум осадков приходится на весенне-летний период [2].

Почвенный покров национального парка «Кисловодский» отличается мозаичностью, что обусловлено сложностью его орографической структуры экспозицией склонов, литологическим составом отложений. Значительные перепады высот способствуют проявлению высотной поясности.

На северных экспозициях залегают почвы северного типа – горные дерново-подзолистые, горные темно-серые и серые лесные почвы, и горные выщелоченные черноземы. Южные склоны занимают горные обыкновенные черноземы и другие разности.

Горный рельеф и климатические условия предопределили проявления высотной поясности растительного покрова. В долине Подкумка и Кисловодской котловине формировались злаково-разнотравные степи на типичных черноземах. Средние части северных склонов куэст занимают остепненные луга на горных черноземах, а также небольшие по площади участки березовых и дубовых лесов на деградированных черноземах и серых лесных почвах. Верхние участки Джинальского и Кабардинского хребтов занимают субальпийские и остепненные луга на черноземовидных горно-луговых почвах. На южных крутых склонах куэст произрастают нагорные ксерофиты. В настоящее время большие площади занимают искусственно выращенные леса.

Согласно ландшафтному районированию [1] изучаемая территория принадлежит провинции среднегорных ландшафтов лесостепей и остепнённых лугов Большого Кавказа. В ее составе, в пределах Кисловодской котловины и ее окрестностей выделяется Кубано-Малкинский ландшафтный район лесостепей среднегорий, структурно-денудационных моноклитных куэст, межкуэстовых эрозийно-тектонических депрессий и речных долин (рис. 1).

Компонентная подсистема представлена всем набором природных составляющих. Она лишь изменена в части увеличения площадей под древесными сообществами (лесополосы, хвойные насаждения, парки). В состав ландшафтного района входят следующие местности (рис. 1):

18.2. Средневысотные моноклинальные структурно-денудационные куэсты, сложенные породами верхнего мела (известняки, песчаники, мергели), с лесами на серых лесных почвах и остепненными лугами на горных черноземах;

тельного покрова, возникают многочисленные эрозионные промоины и оползни. Коэффициент антропогенного нарушения – 0,4 [11].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения современного состояния растительного покрова и сохранения природного комплекса национального парка «Кисловодский».

Материалы и методы исследования

В работе представлены результаты полевых исследований 2018-2021 годов. Маршрутными исследованиями были охвачены различные элементы рельефа, ландшафтные участки и растительные сообщества ООПТ «Национальный парк «Кисловодский» и его буферной зоны. В изучении находились флора и растительность, а также отдельные флористические объекты природного комплекса парка.

Ценоотические изыскания, сбор и обработка полевого материала проведены по общепринятым геоботаническим методам [13, 18, 20]. Участие того или иного вида в растительном сообществе оценивали по его обилию. Обилие-покрытие видов приводится по балльной шкале: г – вид на учётной площадке встречен в единичных экземплярах с незначительным покрытием; + – особи вида многочисленны, они покрывают менее 1 % площадки; 1 – особи вида многочисленны, они покрывают 1–5 % площадки; 2 – число особей вида велико, они покрывают 5–25 % площадки; 3 – проективное покрытие особей вида на площадке 25-50 %.

В основу работы положены геоботанические описания растительных сообществ на ключевых участках, которые вошли как укрупнённые варианты растительности в характеризующую таблицу 1.

Мониторинговые исследования касались изучения и сохранения редкого компонента растительного мира ООПТ.

Данное сообщение является продолжением изысканий по изучению природных особенностей, растительности, охраняемых растений особо охраняемого эколого-курортного региона «Кавказские Минеральные Воды» [3,6] и отдельных районов Ставропольской возвышенности [4–5]. Обобщённые сведения о флоре редких луговых, степных и субальпийских растительных сообществ региона Кавказских Минеральных Вод представлены в работе Л.А. Ковалёвой [12], а также в монографиях и обобщающих сводках [8, 10, 16–17].

Результаты исследования и их обсуждение

Горный рельеф и климатические условия предопределили формирование растительного покрова. В целом, обследованные участки растительности типичны для предгорной и среднегорно-низкогорной части региона Кавказских Минеральных Вод. Находясь в непосредственной близости к рекреационной и селитебной части Кисловодска, изученные растительные сообщества представляют собой либо антропогенно изменённые фитоценозы в стадии дигрессии, либо находящиеся на разных этапах сукцессии дериваты плакорной степной, лугово-степной и лесной растительности. Последние местами сохранили многие подзональные элементы и отличаются локальным разнообразием и существуют в соответствии с ныне действующими факторами природной среды. Их следует признать важными объектами особого внимания и научного мониторинга, нуждающимися в мерах региональной охраны.

В рамках изученных сообществ нами выделено четыре укрупнённых варианта естественной растительности, различающихся составом ценофлоры, господствующими видами, структурой, покрытием видов. Характеризуемые ниже фитоценозы отражают обобщённые экотопические единицы, сопряжённые с экологическим режимом и водно-физическими свойствами мест произрастания.

Таксоны селитебной части и рекреационных участков с антропогенно-изменённой растительностью с разнонаправленными сукцессионными трендами исследованиями были охвачены частично, отчего их ингредиенты не вошли в предлагаемый ниже повидовой список. Травяной покров подобных малоценных местоположений не представляет чего-либо константного и сильно варьирует по видовому составу и строению.

Вариант № 1. Участки низкогорного леса Кисловодского национального парка. Рельеф выположенный или склоновый (разноориентированные склоны средней крутизны (20–45°). Абсолютная максимальная высота местности 1200 м над ур. м. Характер использования территории – рекреационная или буферная зоны. Древостой разреженный (сомкнутость 0,8–1,0), местами с лесными окнами и экотонном с переходной полосой между смежными ландшафтными комплексами.

Сосновые фитоценозы представлены как искусственными лесонасаждениями (из *Pinus pallasiana*), так и естественными (из *Pinus sylvestris ssp. hamata*) древостоями. И если первые из них были заложены в парке без экологической привязки к географическим элементам мезорельефа, то природные сосновые сообщества тяготеют к скалистым местоположениям преимущественно южных склонов, образуя небольшие слабосомкнутые лески (древостой разновозрастный) на каменистых примитивных почвах с травяным покровом бедного флористического состава. В них разреженный травостой слагают лесные и опушечные виды мезоксероморфной природы (*Poa nemoralis*, *Brachypodium pinnatum*, *B. sylvaticum*, *Carex humilis*, *Teucrium chamaedrys*, *Lonicera caprifolium*, *L. caucasica*) и, отчасти, гемипетрофиты. Из подлесочных пород здесь обычны *Quercus petraea*, *Q. robur*, *Betula pendula*, *Acer campestre*, *Ligustrum vulgare* и др.

Для ландшафтов верхнелесного пояса парка характерны более влажные типы древесных сообществ из берёзы (*Betula litwinowii*, *B. pendula*) на относительно глубоких горнолесных почвах. Среди постоянных ингредиентов этих массивов следует отметить *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia*, *Alnus incana*, *Populus tremula*, *Salix cinerea*, *S. purpurea*, реже – *Rhododendron luteum*. Берёза почти всегда достигает границы субальпийского пояса.

Благоприятные условия влагообеспеченности и почвенного плодородия способствуют формированию более плотного травяного яруса в березняках. Его формируют *Poa nemoralis*, *Brachypodium sylvaticum*, *Bromopsis benekenii*, *Carex sylvatica*, *Festuca drymeja*, *Lapsana grandiflora*, *Platanthera chlorantha*, *Salvia glutinosa*, *Valeriana tiliifolia*, *Vicia abbreviata* и др.

Вариант №2. Участки подзональной луговой степи на относительно развитых хрящеватых (делювиальные дресвяно-щебенистые отложения, элювий коренных пород) и каменистых горно-луговых почвах с близким залеганием материнской породы. Обследованы фитоценозы платообразных массивов и соседние достаточно выположенные участки прилегающей территории. Абсолютная максимальная высота местности 860-1000 (до 1100) м над ур. м. Полидоминантные/ олигодоминантные сообщества луговой степи пребывают в достаточно высокой степени сохранности. В ус-

ловиях склонового рельефа со значительным разнообразием физико-географических условий (характер инсоляции, водно-температурные особенности, эдафические условия и т. п.) луговые степи заметно разнятся по строению и флористическому составу. Травостой их как правило сложно устроенный.

Характерными видами преобладающего числа лугово-степных сообществ выступают коротконожка (*Brachypodium rupestre*), трясушка (*Briza elatior*), осока низкая (*Carex humilis*), которые с различным обилием могут содоминировать. К ним примешиваются такие ингредиенты, как ежа (*Dactylis glomerata*), мятлик (*Poa pratensis*), овсяница (*Festuca regaliana*), овсец (*Helictotrichon pubescens*), лабазник (*Filipendula vulgaris*), мытник (*Pedicularis sibthorpii*, incl. *P. kaufmannii*), примула (*Primula macrocalyx*), реже – ветреница (*Anemone sylvestris*). Последние виды из числа разнотравья в соответствующий период аспектируют. В травостое определяется, как правило, три-четыре подъяруса. Второй и третий подъярусы формируют виды из группы лугово-степного разнотравья, среди которых наиболее обильны бобовые, астровые, сельдерейные, яснотковые, капустные и др., а также граминоиды (ксеромезофитные, мезоксерофитные злаки, осоки). Зачастую на наиболее влажных местоположениях северных склонов кустарниковый ярус слагает раkitничек (*Chamaecytisus ruthenicus*).

На наиболее дренированных и сухих каменистых склонах южной (и близкой к ней) экспозиции развит остепнённый травяной покров с господством ковыля красивейшего (*Stipa pulcherrima*). Такие сообщества характеризуются гемиксерофитным обликом и, по сути, являются одним из вариантов горностепных фитоценозов.

Вариант № 3. Субальпийские и послелесные луга из высокотравья и среднегорной луговой растительности на горных чернозёмных почвах. Приурочены к платообразным и склоновым поверхностям отрогов Джинальского хребта. Абсолютная максимальная высота местности 1000–1100 (до 1150) м над ур. м. Фитоценозы пребывают в достаточно хорошей степени сохранности. Нарушенность травостоя (в результате выпаса домашних животных) слабая, незначительная, либо вовсе отсутствует. Общее проективное покрытие травостоя 100 %.

В первом ярусе (120–120 см) господствует субальпийское крупнотравье из малообильных эумезофитных видов: борщевик (*Heracleum*), порезник (*Seseli libanotis*), колокольчики (*Campanula latifolia*, *C. rapunculoides*), девясил (*Inula helenium*), бутень (*Chaerophyllum aureum*), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*), борец восточный (*Aconitum orientale*), головчатка гигантская (*Cephalaria gigantea*), короставник горный (*Knautia montana*), дудник лесной (*Angelica sylvestris*) и др.

Второй ярус формируют буквица крупноцветковая (*Betonica grandiflora*), лютик (*Ranunculus meyerianus*), астранция наибольшая (*Astrantia maxima*), чистец (*Stachys balansae*), козлятник восточный (*Galega officinalis*), василёк укороченный (*Centaurea abbreviate*), чемерица Лёбеля (*Veratrum lobelianum*) и др. Нижний ярус слабо выражен.

В ряде случаев определяется древесный (самый верхний) ярус. Его слагают кустарники – виды рода *Rosa*, *Berberis vulgaris*, *Swida australis*, реже – кустарниковые формы или невысокие деревца ксероморфного облика (*Prunus divaricata*, виды родов *Crataegus*, *Betula*), лианоиды (*Rubus*).

Вариант №4. Кальцепетрофитные растительные группировки на выходах материнской породы (известняки, песчаники) и продуктах её разрушения, а также смытых и тощих почвах на неглубоко залегающей почвообразующей горной породе. Это особо интересный в регионе тип растительности, богатый редкими видами. Тяготеет к отвесным скалам-останцам (теневым и инсолируемым), крутым и обрывистым склонам (ниши, гроты, уступы), обвально-осыпным каменистым участкам. Коренные породы на части территории перекрыты чехлом рыхлых четвертичных аллювиальных, делювиальных, делювиально-пролювиальных отложений, отчего травяной покров имеет «кружевной» облик и представлен видами различной экологии и эдафических предпочтений, особым набором жизненных форм.

Мозаичный характер растительности и эдафотопов предопределяет внеярусное строение травостоя. Здесь соседствуют виды нижнегорного лесного и горностепного комплексов. Обильны как нагорные ксерофиты, так и лугово-степные и лесные виды ксероморфной природы.

Таблица 1.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОБИЛИЕ-ПОКРЫТИЕ
КОМПОНЕНТОВ ИССЛЕДОВАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ
СООБЩЕСТВ

Table 1. Species composition and relative abundance — coverage
of the components of the studied plant communities

Виды растений	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Деревья и кустарники				
<i>Acer campestre</i>	1	.	.	.
<i>A. platanoides</i>	1	.	.	.
<i>A. pseudoplatanus</i>	1	.	.	.
<i>Alnus incana</i>	1	.	.	.
<i>Berberis vulgaris</i>	.	+	.	+
<i>Betula litwinowii</i>	+	.	.	г
<i>B. pendula</i>	1	.	.	.
<i>Carpinus caucasica</i>	2	.	.	.
<i>Cerasus avium</i>	1	.	.	.
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	.	+	.	+
<i>Clematis integrifolia</i>	.	г	.	.
<i>C. vitalba</i>	.	+	.	.
<i>Corylus avellana</i>	1	.	.	.
<i>Crataegus monogyna</i>	+	.	.	.
<i>Euonymus verrucosa</i>	+	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	.	.	.
<i>Juglans regia</i>	+	.	.	.
<i>Juniperus oblonga</i>	.	.	.	+
<i>Ligustrum vulgare</i>	1	.	.	г
<i>Lonicera caprifolium</i>	+	.	.	.
<i>L. caucasica</i>	+	.	.	.
<i>Malus orientalis</i>	+	.	.	.
<i>Pinus pallasiana</i>	1	.	.	.
<i>P. sylvestris ssp. hamata</i>	2	.	.	.
<i>Populus tremula</i>	1	.	.	.
<i>Prunus divaricata</i>	1	.	.	г
<i>Pyrus caucasica</i>	г	.	.	.
<i>Rhododendron luteum</i>	+	.	+	.
<i>Rosa canina</i>	+	+	+	.
<i>R. pimpinellifolia</i>	.	+	г	+
<i>Rubus caesius</i>	2	+	1	.
<i>R. caucasicus</i>	+	.	+	.
<i>R. buschii</i>	2	.	+	.
<i>Quercus petraea</i>	1	.	.	г
<i>Q. robur</i>	1	.	.	г
<i>Salix cinerea</i>	2	.	.	.
<i>S. purpurea</i>	1	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	2	.	.	.
<i>Solanum pseudopersicum</i>	г	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	2	.	.	.

Виды растений	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
<i>S. caucasica</i>	+	.	.	.
<i>Swida australis</i>	1	.	.	г
<i>Tilia caucasica</i>	+	.	.	.
<i>Ulmus glabra</i>	+	.	г	.
<i>Viburnum lantana</i>	.	.	.	г
<i>V. opulus</i>	1	.	.	.
Граминиоды (злаки, осоки, ситниковые)				
<i>Alopecurus vaginatus</i>	.	.	+	.
<i>Carex contigua</i>	.	1	+	.
<i>C. humilis</i>	+	2	1	г
<i>C. sylvatica</i>	+	.	.	.
<i>Brachypodium pinnatum</i>	+	.	.	г
<i>B. rupestre</i>	.	2	1	.
<i>B. sylvaticum</i>	1	.	.	.
<i>Bromopsis benekenii</i>	1	.	.	.
<i>B. riparia</i>	.	г	1	г
<i>Briza elatior</i>	.	2	2	.
<i>Dactylis glomerata</i>	1	2	1	.
<i>Elytrigia trichophora</i>	.	+	г	г
<i>Festuca drymeja</i>	1	.	.	.
<i>F. regeliana</i>	.	+	2	.
<i>F. varia</i>	.	1	1	.
<i>Helictotrichon pubescens</i>	.	+	+	г
<i>Koeleria caucasica</i>	.	.	+	+
<i>Luzula pilosa</i>	.	+	.	.
<i>L. multiflora</i>	.	+	.	.
<i>Phleum pratense</i>	.	+	1	.
<i>Poa annua</i>	+	.	г	.
<i>P. compressa</i>	+	.	г	+
<i>P. pratensis</i>	.	1	1	.
<i>P. nemoralis</i>	1	.	.	.
<i>Sesleria heufleriana</i>	.	.	+	.
<i>Stipa pulcherrima</i>	.	1	1	.
Бобовые растения				
<i>Argyrobolium biebersteinii</i>	.	г	.	+
<i>Anthyllis macrocephala</i>	.	г	+	+
<i>Astragalus austriacus</i>	.	г	+	.
<i>A. danicus</i>	.	г	г	.
<i>A. demetrii</i>	.	+	+	1
<i>A. falcatus</i>	.	г	+	г

Виды растений	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
<i>A. galegiformis</i>	.	г	+	.
<i>A. lasioglottis</i>	.	.	.	г
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	.	+	.	.
<i>Coronilla varia</i>	+	1	+	г
<i>Galega orientalis</i>	+	.	г	.
<i>Lotus caucasicus</i>	.	1	1	+
<i>Medicago lupulina</i>	г	г	.	.
<i>M. minima</i>	.	г	.	.
<i>M. romanica</i>	.	2	г	+
<i>Melilotus officinalis</i>	.	+	г	г
<i>Onobrychis inermis</i>	.	2	1	г
<i>Ononis arvensis</i>	.	+	+	.
<i>Trifolium alpestre</i>	г	1	1	г
<i>T. ambiguum</i>	г	1	г	.
<i>T. medium</i>	+	+	г	+
<i>T. montanum</i>	.	г	+	г
<i>T. pratense</i>	г	+	+	.
<i>T. repens</i>	+	.	г	.
<i>Vicia abbreviata</i>	+	.	г	.
<i>V. cracca</i>	.	г	г	.
<i>V. sepium</i>	г	.	+	.
Разнотравье				
<i>Aconitum orientale</i>	.	.	+	.
<i>Adonis vernalis</i>	.	г	.	.
<i>Aegopodium podagraria</i>	2	.	.	.
<i>Angelica sylvestris</i>	.	.	г	.
<i>Anemone sylvestris</i>	.	+	.	.
<i>Anthriscus sylvestris</i>	1	.	+	.
<i>Achillea millefolium</i>	г	1	+	+
<i>Achillea nobilis</i>	.	+	г	.
<i>Aegonichon purpureo-caeruleum</i>	+	.	.	+
<i>Agrimonia eupatoria</i>	+	1	1	+
<i>Alchemilla tephrosERICA</i>	.	1	1	.
<i>Alliaria petiolata</i>	1	.	.	.
<i>Allium albidum</i>	.	.	.	+
<i>Allium saxatile</i>	.	.	.	+
<i>Alyssum trichostachyum</i>	.	.	.	+
<i>Anemonastrum fasciculatum</i>	.	.	+	.
<i>Anemone sylvestris</i>	.	+	.	.
<i>Anthemis dumetorum</i>	.	1	+	+
<i>Anthemis sosnovskyana</i>	.	.	+	+
<i>Anthriscus sylvestris</i>	г	.	1	.
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	г	.	г	г
<i>Arum orientale</i>	1	.	.	.

Виды растений	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
<i>Aruncus vulgaris</i>	1	.	г	.
<i>Asparagus verticillatus</i>	.	.	.	г
<i>Asperula biebersteinii</i>	.	1	г	+
<i>A. molluginoides</i>	.	.	+	.
<i>A. odorata</i>	+	.	.	.
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	.	.	.	г
<i>A. trichomanes</i>	.	.	.	г
<i>Athyrium filix-femina</i>	+	.	.	.
<i>Ballota nigra</i>	+	.	г	г
<i>Betonica grandiflora</i>	.	.	+	.
<i>Betonica officinalis</i>	г	1	1	.
<i>Calystegia silvatica</i>	г	.	.	.
<i>Campanula bononiensis</i>	+	.	+	г
<i>C. hohenackeri</i>	.	1	.	+
<i>Campanula alliariifolia</i>	.	.	.	+
<i>C. latifolia</i>	.	.	+	.
<i>Campanula rapunculoides</i>	г	+	+	.
<i>Cardamine impatiens</i>	+	.	+	.
<i>Carduus acanthoides</i>	.	.	.	.
<i>Carlina vulgaris</i>	.	г	.	.
<i>Carum carvi</i>	+	.	г	.
<i>Centaurea abbreviata</i>	.	.	+	+
<i>C. orientalis</i>	.	+	г	.
<i>Cephalanthera rubra</i>	г	.	.	г
<i>Cephalaria coriacea</i>	.	.	.	г
<i>Cephalaria gigantea</i>	г	.	+	.
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	.	+	.
<i>Chaerophyllum aureum</i>	.	.	+	.
<i>Ch. temulum</i>	1	.	+	.
<i>Chelidonium majus</i>	1	.	г	.
<i>Cicerbita racemosa</i>	2	.	г	.
<i>Cichorium intybus</i>	г	1	г	.
<i>Circaea lutetiana</i>	+	.	.	.
<i>Cirsium ciliatum</i>	.	.	г	.
<i>C. incanum</i>	.	.	г	.
<i>C. uliginosum</i>	г	г	г	.
<i>Clinopodium vulgare</i>	1	1	.	.
<i>Convallaria transcaucasica</i>	+	.	.	.
<i>Convolvulus arvensis</i>	г	г	.	.
<i>Corydalis caucasica</i>	1	.	.	.
<i>Cruciata laevipes</i>	.	1	+	+
<i>Daucus carota</i>	г	г	г	г
<i>Dianthus caucaseus</i>	.	.	.	+
<i>Dianthus fragrans</i>	.	.	.	+
<i>Dictamnus caucasicus</i>	.	.	.	+
<i>Diphelipaea coccinea</i>	.	г	.	.
<i>Draba nemorosa</i>	.	г	+	г

Виды растений	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
<i>D. sibirica</i>	.	г	+	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	+	.	.	.
<i>Echium russicum</i>	.	1	г	г
<i>Elisanthe noctiflora</i>	+	.	г	г
<i>Epipactis helleborinae</i>	г	.	.	.
<i>Erigeron acris</i>	+	.	+	.
<i>Erysimum aureum</i>	+	.	.	.
<i>Erysimum cuspidatum</i>	.	.	.	+
<i>Erysimum heiranthoides</i>	г	.	.	.
<i>Equisetum pratense</i>	1	.	.	.
<i>Euphorbia condilocarpa</i>	.	.	+	.
<i>E. iberica</i>	.	.	г	.
<i>E. procera</i>	+	.	+	.
<i>E. squamosa</i>	г	.	.	.
<i>E. stepposa</i>	.	+	г	.
<i>Euphrasia pectinata</i>	.	.	.	+
<i>Filipendula vulgaris</i>	+	1	2	.
<i>Fragaria vesca</i>	1	.	.	.
<i>Fragaria viridis</i>	.	1	1	.
<i>Galega officinalis</i>	.	.	1	.
<i>Galium aparine</i>	1	.	+	.
<i>G. rubioides</i>	+	г	+	г
<i>G. ruthenicum</i>	.	1	2	1
<i>G. valantioides</i>	.	г	г	+
<i>Gentiana cruciata</i>	.	+	.	.
<i>Geranium robertianum</i>	1	.	.	г
<i>Geranium sanguineum</i>	+	1	1	г
<i>Geum urbanum</i>	1	г	.	.
<i>Gladiolus caucasicus</i>	.	+	г	.
<i>Gymnadenia conopsea</i>	.	г	г	.
<i>Heracleum mantegazzianum</i>	1	.	+	.
<i>H. chorodanum</i>	.	г	г	г
<i>Hesperis caucasica</i>	1	.	+	.
<i>Hylotelephium caucasicum</i>	.	.	.	+
<i>Hypericum hirsutum</i>	г	.	.	.
<i>H. perforatum</i>	.	г	.	+
<i>Inula aspera</i>	.	+	.	+
<i>I. helenium</i>	г	.	+	.
<i>I. ensifolia</i>	.	+	.	+
<i>I. thapsoides</i>	.	+	+	.
<i>Iris furcata</i>	.	+	г	.
<i>I. pumila</i>	.	+	.	.
<i>Lamium album</i>	+	.	.	г
<i>Lapsana grandiflora</i>	1	г	.	г
<i>Laser trilobum</i>	.	+	.	г
<i>Laserpitium hispidum</i>	.	.	.	г

Виды растений	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
<i>Lavatera thuringiaca</i>	.	г	+	г
<i>Leontodon hispidus</i>	.	1	г	.
<i>Leucanthemum vulgare</i>	.	2	1	г
<i>Lilium monadelphum</i>	.	г	г	.
<i>Linum austriacum</i>	.	+	+	г
<i>L. nervosum</i>	.	+	+	.
<i>Listera ovata</i>	г	.	.	.
<i>Lysimachia verticillaris</i>	+	.	.	.
<i>L. vulgaris</i>	.	.	.	г
<i>Melampyrum argyrocomum</i>	.	г	.	г
<i>Melandrium album</i>	.	г	г	г
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	г	.	.	.
<i>Minuartia setacea</i>	.	.	.	+
<i>Moehringia trinervia</i>	г	.	.	.
<i>Myosotis lithospermifolia</i>	.	г	+	.
<i>Muscari neglectum</i>	.	.	.	г
<i>Orchis coriophora</i>	.	.	г	.
<i>O. mascula</i>	.	.	г	.
<i>O. picta</i>	.	.	г	.
<i>O. purpurea</i>	.	.	+	.
<i>O. tridentata</i>	.	г	г	.
<i>Origanum vulgare</i>	.	1	+	+
<i>Orobanche colorata</i>	+	.	.	.
<i>Parietaria elliptica</i>	.	.	.	+
<i>Pedicularis sibthorpii</i>	.	.	1	г
<i>Phalacroloma annuum</i>	+	.	г	г
<i>Phlomis tuberosa</i>	.	г	+	г
<i>Physospermum cornubiense</i>	.	.	.	г
<i>Papaver rhoeas</i>	.	г	.	.
<i>Plantago atrata</i>	.	+	+	.
<i>P. lanceolata</i>	.	1	.	г
<i>P. major</i>	+	г	г	.
<i>P. media</i>	.	1	+	.
<i>Platanthera chlorantha</i>	+	.	.	.
<i>Polygala caucasica</i>	.	+	+	г
<i>Polygala comosa</i>	.	+	.	г
<i>Polygonum aviculare</i>	г	.	.	.
<i>Polygonatum multiflorum</i>	1	.	.	г
<i>P. odoratum</i>	.	.	.	г
<i>Primula macrocalyx</i>	1	+	1	+
<i>P. ruprechtii</i>	.	.	1	.
<i>Prunella vulgaris</i>	1	1	1	г
<i>Psephellus dealbatus</i>	.	1	+	г
<i>P. ciscaucasicus</i>	.	.	+	г
<i>Pyrethrum coccineum</i>	+	.	.	г

Виды растений	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
<i>P. parthenifolium</i>	г	.	1	г
<i>Pulmonaria mollis</i>	+	.	.	.
<i>Ranunculus meyerianus</i>	г	1	+	.
<i>R. oreophilus</i>	.	1	2	.
<i>R. repens</i>	+	.	г	.
<i>Rhinanthus subulatus</i>	.	+	+	.
<i>Rumex obtusifolius</i>	+	.	г	.
<i>Salvia verticillata</i>	+	2	+	г
<i>S. glutinosa</i>	1	.	.	г
<i>Sanicula europaea</i>	1	.	.	.
<i>Sanguisorba officinalis</i>	.	1	г	.
<i>Scabiosa bipinnata</i>	.	1	.	г
<i>Scilla siberica</i>	+	.	.	.
<i>Sedum pallidum</i>	.	.	.	+
<i>Sedum spurium</i>	.	.	.	+
<i>S. stoloniferum</i>	.	.	.	+
<i>Seseli libanotis</i>	г	2	1	г
<i>Seseli petraeum</i>	.	.	.	1
<i>Silene saxatilis</i>	.	.	.	+
<i>Stachys atherocalyx</i>	.	.	.	+
<i>S. balansae</i>	.	.	г	.
<i>S. sylvatica</i>	+	.	.	.

Виды растений	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
<i>Stellaria media</i>	г	.	.	.
<i>Taraxacum officinale</i>	г	.	.	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	+	1	г	+
<i>Thalictrum minus</i>	г	+	+	.
<i>Thesium arvense</i>	.	.	.	г
<i>Thymus marschallianus</i>	.	+	+	.
<i>Tussilago farfara</i>	г	+	.	.
<i>Urtica dioica</i>	+	.	.	.
<i>Verathrum lobelianum</i>	г	.	г	.
<i>Verbascum phoeniceum</i>	.	+	+	.
<i>Veronica gentianoides</i>	.	г	+	.
<i>V. chamaedrys</i>	.	г	+	.
<i>V. jacquinii</i>	.	г	.	г
<i>V. magna</i>	г	.	.	.
<i>V. peduncularis</i>	+	.	г	г
<i>Valeriana officinalis</i>	г	.	г	.
<i>V. tilifolia</i>	1	.	г	.
<i>Vincetoxicum hircundinaria</i>	.	г	.	г
<i>Viola ambigua</i>	.	+	.	.
<i>V. odorata</i>	1	.	.	.
<i>V. rupestris</i>	.	.	+	.

Примечание. 1. № 1, № 2, № 3, № 4 – укрупнённые варианты растительности; 2. * – интродуцированные либо более-менее натурализовавшиеся виды.

Раритетный компонент флоры обследованной территории представлен не менее 21 редким видом, которые подлежат региональной и федеральной охране [14–15] (табл. 2).

Выводы

1. Среднегорные ландшафты по сравнению с низкогорьями имеют свои специфические особенности, во многом определяющие характер флоры и растительности. Они отличаются большей расчлененностью, а в тепловлагообороте – увеличением увлажнения и уменьшением термических показателей. В свою очередь, это приводит к формированию специфических особенностей флористического состава и растительного покрова, к значительной биоценотической разнотипности, увеличению видового разнообразия. Участки экотонной природы дифференцированы и адаптированы к локальным вариантам микроклимата.

Таблица 2. ОХРАННЫЙ СТАТУС РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ РАСТЕНИЙ
ФЛОРЫ ИЗУЧЕННЫХ СООБЩЕСТВ
Table 2. Protective status of rare and endangered plants of the flora
of the studied communities

№	Названия растений	Охранный статус
1.	<i>Rhododendron luteum</i> Рододендрон жёлтый, азалея	3 (R), сокращающийся вид, обрываемое на букеты декоративное растение
2.	<i>Convallaria transcaucasica</i> Ландыш закавказский	5 (Res), восстанавливающийся вид, усиленно эксплуатируемое лекарственное растение
3.	<i>Gladiolus tenuis</i> Шпажник тонкий	2 (V), уязвимый вид, собираемое на букеты декоративное растение
4.	<i>Iris furcata</i> Ирис вильчатый	3 (R), сокращающийся вид, собираемое на букеты декоративное растение
5.	<i>Adonis vernalis</i> Горицвет весенний	3 (R), сокращающийся вид, усиленно эксплуатируемое лекарственное растение
6.	<i>Clematis integrifolia</i> Ломонос цельнолистный	3 (R), сокращающийся вид, третичный реликт
7.	<i>Argyrobium biebersteinii</i> Аргиролобиум Биберштейна	2 (V), уязвимый вид, ксеротермический реликт
8.	<i>Astragalus galegiformis</i> Астрагал козлятниковый	3 (R), сокращающийся вид, находящийся в регионе на границе ареала
9.	<i>Astragalus lasioglottis</i> Астрагал волосистый	2 (V), уязвимый вид, ксеротермический реликт
10.	<i>Lilium monadelphum</i> Лилия однобратственная	2 (V), уязвимый вид, собираемое на букеты декоративное растение
11.	<i>Gymnadenia conopsea</i> Кокушник комарниковый	3 (R), сокращающийся вид, усиленно эксплуатируемое лекарственное растение
12.	<i>Orchis coriophora</i> Ятрышник клопоносный	2 (V), уязвимый, редкий вид
13.	<i>O. tridentata</i> Я. трёхзубчатый	3 (R), сокращающийся вид, усиленно эксплуатируемое лекарственное растение
14.	<i>O. mascula</i> Я. мужской	2 (V), уязвимый вид, усиленно эксплуатируемое лекарственное растение
15.	<i>O. picta</i> Я. раскрашенный	3 (R), сокращающийся вид, усиленно эксплуатируемое лекарственное растение
16.	<i>O. purpurea</i> Я. пурпурный	2 (V), уязвимый вид, усиленно эксплуатируемое лекарственное растение
17.	<i>Cephalanthera rubra</i> Пыльцеголовник красный	3 (R), сокращающийся, редкий вид
18.	<i>Epipactis helleborinae</i> Дремлик морозниковый	3 (R), сокращающийся вид, собираемое на букеты декоративное растение
19.	<i>Listera ovata</i> Тайник овальный	3 (R), сокращающийся в численности, редкий вид
20.	<i>Platanthera chlorantha</i> Любка зеленоцветная	3 (R), сокращающийся вид, усиленно эксплуатируемое лекарственное растение
21.	<i>Stipa pulcherrima</i> Ковыль красивейший	2 (V), уязвимый вид, исчезающий в связи с освоением территории

2. Ландшафты национального парка по своим биотическим характеристикам уникальны в виду формирования на значительных площадях лесопарковых зон с большим количеством интродуцентов. При этом они испытывают значительную антропогенную нагрузку, в виду нахождения в зоне влияния крупного рекреационного центра – города-курорта Кисловодска. Естественный растительный покров национального парка имеет заметно выраженные ксерофитные черты. Это связано с положением национального парка на склонах и водораздельных пространствах Кисловодской межуэстовой депрессии.

3. Пестрота ландшафтов национального парка «Кисловодский» определяет разнообразие и богатство флоры и растительности. Растительный покров парка (основная территория и буферная зона) формируется в виде высотного ряда довольно значительных по площади биоценологических группировок. Они изменяются по мере увеличения высоты, изменения крутизны и экспозиции склонов – от лесных, лугово-степных, скально-осыпных до субальпийских, в том числе остепненных луговых и лесных, которые формируются на склонах и водораздельных пространствах моноклинальных структурно-денудационных куэст и сами по себе являются довольно уникальными во многих своих аспектах. На исследованной территории растительный покров ландшафтных местностей и урочищ представлен серией репрезентативных сообществ хорошей степени сохранности. Он служит целям действенной охраны и поддержания устойчивого экологического равновесия на основной охраняемой территории. Между тем, состояние флоры и растительности в связи с современными темпами их «освоения» требует дополнительных мер по ограничению хозяйственной деятельности и неблагоприятных антропогенных воздействий на природный комплекс ООПТ.

4. Биоценотическая подсистема национального парка «Кисловодский» (в том числе её растительный компонент) довольно хорошо сохранила природный генофонд и представлена биоэкосистемами полидоминантных дубовых и берёзовых лесов, олигодоминантных остепнённых лугов, горностепных разнотравно-злаковых фитоценозов, древесно-кустарникового редколесья из ксеромезофитных и мезофитных древесных форм, а также

группировками кальцепетрофитов. Здесь происходит смешение европейского равнинного и кавказского горного комплексов, при этом достаточно высокую долю в нём занимают горные кавказские виды.

5. Наблюдения показали, что в связи с характером освоения территории (рекреационная нагрузка, соседство с селитебной частью города-курорта) у подавляющего большинства зарегистрированных раритетных видов наблюдаются сложности в репродуктивной деятельности растений (опыление, усиленное обрывание цветков, периодичность в плодоношении и т. п.), низкая конкурентоспособность, сбор растений на букеты. У ценопопуляций раритетных видов растений, в т. ч. с узкой экологической валентностью наблюдается фрагментация среды их обитания. При усилении антропогенной нагрузки, разрушении мест естественного произрастания и иных факторов крайней интенсивности, превосходящих пластичность видов, неминуемо приведут к гибели особей охраняемых таксонов. Важными мерами по-прежнему остаются: регламентация хозяйственной и рекреационной деятельности, стабилизация природно-ресурсного потенциала парка, как важнейшего звена формирования кисловодского природно-культурного ландшафта.

Библиографический список

1. Атлас земель Ставропольского края. Ставрополь, 2007. 108 с.
2. Бадахова Г.Х., Кнутас А.В. Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: «Краевые сети связи», 2007. 272 с.
3. Белоус В.Н., Елистратов О.А. Некоторые редкие растения предгорий Ставрополья (регион Кавказские Минеральные Воды) // Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы: Материалы V науч.-практ. конф. Самара: СГСПУ, 2016а. С. 45–50.
4. Белоус В.Н., Кухарук М.Ю. Растительные сообщества обнажений коренной породы северо-западных пределов Ставропольской возвышенности // Наука. Инновации. Технологии. 2016б. №4. С. 109–126.
5. Белоус В.Н., Лиховид Н.Г., Кухарук М.Ю., Лиховид А.А. Эколого-фитоценотическая структура растительного покрова междуречья Русской и Вербовки (Ставропольская

- возвышенность) // Наука. Инновации. Технологии. 2019. №4. С. 49–68.
6. Белоус В.Н. Особенности флоры и растительности нагорных степей Пятигорья (экорегion Кавказских Минеральных Вод) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. Т. 20. № 1. С. 61–65.
 7. Годзевич Б.Л. Тектоника и морфоструктура Ставрополя // Вестник Ставропольского государственного университета. 1996. №6. С. 24–32.
 8. Дзыбов Д.С. Аборигенно-интродукционные экосистемы в курортно-рекреационных регионах, их мониторинг и охрана на примере г. Кисловодска // Экологические аспекты развития растительных сообществ в ботанических садах ЮФО: Сборник материалов. Краснодар, 2008. С. 36–48.
 9. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.
 10. Камелин Р.В. Флороценотипы Кавказа и Закавказья // Ботанический журнал. 2017. Т. 102. №6. С. 717–732.
 11. Каторгин И.Ю. Анализ экологической стабильности ландшафтов Предгорного района // Вопросы географии и краеведения: Материалы 5-й конференции членов Русского географического общества, Ставропольского отдела. Ставрополь, 2012. Вып. 5. С. 126–133.
 12. Ковалёва Л.А. Редкие луговые, степные и субальпийские растительные сообщества региона Кавказских Минеральных Вод. Сочи: Принт, 2019. 256 с.
 13. Корчагин А.А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. Т. 3. М.; Л.: Наука, 1964. С. 39–62.
 14. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / сост. Р.В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
 15. Красная книга Ставропольского края. Т. 1 Растения. Ставрополь: ИП Андреев И. В., 2013. 400 с.
 16. Михеев А.Д. Конспект флоры сосудистых растений района Кавказских Минеральных Вод и прилегающих территорий. Пятигорск: Вестник Кавказа, 2009. 52 с.
 17. Михеев А.Д. Флора района Кавказских Минеральных Вод и прилегающих территорий (анализ и вопросы охраны): автореф. дис. ... доктора биологических наук. СПб., 2000. 54 с.
 18. Понятовская В.М. Учёт обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах //

- Полевая геоботаника. Т. 3. М.; Л.: Наука, 1964. С. 209–299.
19. Энциклопедический словарь Ставропольского края / Главный редактор В.А. Шаповалов. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2006. 458 с.
 20. Юнатов А.А. Типы и содержание геоботанических исследований. Выбор пробных площадей и заложение экологических профилей // Полевая геоботаника. Т. 3. М.; Л.: Наука, 1964. С. 9–36.

References

1. Atlas of the lands of the Stavropol Territory. Stavropol, 2007. 108 p. (In Russ.).
2. Badakhova G.Kh., Knutas A.V. Stavropol Territory: modern climatic conditions. Stavropol: «Regional communication networks», 2007. 272 p. (In Russ.).
3. Belous V.N., Elistratov O.A. Some rare plants of the foothills of the Stavropol region (Caucasus Mineralnye Vody region) // Bioecological local history: world, Russian and regional problems: Materials of the V scientific-practical. conf. Samara: SGSPU, 2016a. P. 45–50. (In Russ.).
4. Belous V.N., Kukharuk M.Yu. Plant communities of bedrock outcrops in the northwestern limits of the Stavropol Upland // Nauka. Innovation. Technologies. 2016b. No. 4. P. 109–126. (In Russ.).
5. Belous V.N., Likhovid N.G., Kukharuk M.Yu., Likhovid A.A. Ecological and phytocenotic structure of the vegetation cover between the Russian and Verbovka rivers (Stavropol Upland) // Nauka. Innovation. Technologies. 2019. No. 4. P. 49–68. (In Russ.).
6. Belous V.N. Peculiarities of flora and vegetation of the upland steppes of Pyatigorye (Caucasian Mineralnye Vody ecoregion) // Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia. 2021. T. 20. No. 1. P. 61–65. (In Russ.).
7. Godzevich B.L. Tectonics and morphostructure of Stavropol // Bulletin of the Stavropol State University. 1996. No. 6. P. 24–32. (In Russ.).
8. Dzybov D.S. Aboriginal and introduced ecosystems in resort and recreational regions, their monitoring and protection on the example of Kislovodsk // Ecological aspects of the development of plant communities in the botanical gardens of the Southern Federal District: Collection of materials. Krasnodar, 2008. P. 36–48. (In Russ.).

9. Isachenko A.G. Landscape science and physical-geographical zoning. M.: Higher School, 1991. 366 p. (In Russ.).
10. Kamelin R.V. Florocenotypes of the Caucasus and Transcaucasia // Botanical journal. 2017. T. 102, No. 6. P. 717–732. (In Russ.).
11. Katorgin I.Yu. Analysis of the ecological stability of the landscapes of the Piedmont region // Issues of geography and local history: Materials of the 5th conference of members of the Russian Geographical Society, Stavropol Department. Stavropol, 2012. Issue 5. P. 126–133. (In Russ.).
12. Kovaleva L.A. Rare meadow, steppe and subalpine plant communities of the Caucasian Mineral Waters region. Sochi: Print, 2019. 256 p. (In Russ.).
13. Korchagin A.A. Species (floristic) composition of plant communities and methods of its study // Field geobotany. T. 3. M.; L.: Nauka, 1964. P. 39–62. (In Russ.).
14. Red Book of the Russian Federation (plants and fungi) / Comp. R.V. Kamelin et al. M.: Association of Scientific Publications KMK, 2008. 384 p. (In Russ.).
15. Red Book of the Stavropol Territory. T. 1 Plants. Stavropol: IP Andreev I. V., 2013. 400 p. (In Russ.).
16. Mikheev A.D. Synopsis of the flora of vascular plants of the region of the Caucasian Mineral Waters and adjacent territories. Pyatigorsk: Vestnik Kavkaza, 2009. 52 p. (In Russ.).
17. Mikheev A.D. Flora of the Caucasus Mineralnye Vody region and adjacent territories (analysis and protection issues). Abstract of diss. ... Doctors of Biological Sciences. St. Petersburg: 2000. 54 p. (In Russ.).
18. Poniatovskaya V.M. Accounting for the abundance and distribution of species in natural plant communities // Field geobotany. T. 3. M.; L.: Nauka, 1964. P. 209–299. (In Russ.).
19. Encyclopedic Dictionary of the Stavropol Territory / Chief Editor V.A. Shapovalov. Stavropol: Publishing House of SGU, 2006. 458 p. (In Russ.).
20. Yunatov A.A. Types and content of geobotanical research. Selection of trial plots and establishment of ecological profiles // Field geobotany. T. 3. M.; L.: Nauka, 1964. P. 9–36. (In Russ.).

**Поступило в редакцию 08.10.2022,
принята к публикации 08.12.2022.**

Об авторах

- Белоус** Виктор Николаевич – доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры эволюционной экологии и биоразнообразия Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: viktor_belous@bk.ru
- Лысенко** Алексей Владимирович – доктор географических наук, доцент, заведующий кафедрой физической географии и кадастров Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: lysenkostav@yandex.ru
- Шальнев** Виктор Александрович – доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры физической географии и кадастров Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: v470524@yandex.ru

About the authors

- Belous** Viktor Nikolaevich – Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Evolutionary Ecology and Biodiversity of the North Caucasus Federal University. E-mail: viktor_belous@bk.ru
- Lysenko** Aleksey Vladimirovich – Doctor of Geography, Associate Professor, Head of the Department of Physical Geography and Cadastres of the North Caucasus Federal University. E-mail: lysenkostav@yandex.ru
- Shalnev** Viktor Aleksandrovich – Doctor of Geography, Professor, Leading Researcher at the Department of Physical Geography and Cadastres of the North Caucasus Federal University. E-mail: v470524@yandex.ru

1.6.12.
УДК 336.338

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ,
ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

Белоусов А.И.,
Михайлова Г.В.

Северо-Кавказский федеральный университет
г. Ставрополь, Россия

**АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ ОТРАСЛЕЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА
В СИСТЕМЕ ТРЕБОВАНИЙ УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ**

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.2

Введение.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с актуализацией проблемы получения экологически чистой продукции в контексте требований устойчивого развития и нарастающей нехватки продовольствия. Основой повышения уровня устойчивости в сельском хозяйстве должны выступать процессы валового сбережения потенциала продуктивности земельных ресурсов. С этих позиций необходима интеграция показателей рационального природопользования в систему оценки совокупного капитала хозяйствующих субъектов функционирующих на низовом территориальном уровне.

Материалы и методы
исследования.

Посредством использования балансовых обобщений, специализированной системы коэффициентов, картографических изысканий показана важность жесткого соблюдения нормативного подхода при оценке параметров продуктивности земельных ресурсов, как в части их искусственной так органической поддержки.

Результаты.

Используя процедуры моделирования, представлены варианты возмещения питательных веществ в почве, позволившие сформировать блочную модель прогноза аграрного природопользования, ориентированного на необходимость приращения капитала и прежде всего в части его земельной формы.

Выводы.

Использование такой модели позволяет сделать вывод о необходимости повышения интегрирующей значимости территориальных органов охраны окружающей среды, которые должны быть ориентированы на целостную систему мониторинга состояния земельных ресурсов, позволяющих повысить синергетическую роль информационных потоков низовых хозяйствующих и территориальных субъектов.

Ключевые слова:

природопользование, деградация земель, продуктивность, эколого-экономическая эффективность, удобрения, урожайность, баланс.

Belousov A.I.,
Mikhailova G.V.

North Caucasus Federal University
Stavropol, Russia

Analysis of the Productivity of Land Resources of Crop Production Industries in the System of Sustainable Development Requirements

- Introduction.** The article discusses issues related to the actualization of the problem of obtaining environmentally friendly products in the context of the requirements of sustainable development and the growing shortage of food. The basis for increasing the level of sustainability in agriculture should be the processes of gross savings of the productivity potential of land resources. From these positions, it is necessary to integrate environmental management indicators into the system of assessing the total capital of economic entities operating at the grassroots territorial level.
- Materials and methods of research.** Through the use of balance generalizations, a specialized system of coefficients, cartographic surveys, the importance of strict compliance with the normative approach in assessing the parameters of productivity of land resources, both in terms of their artificial and organic support, is shown.
- Results.** Using modeling procedures, variants of nutrient recovery in the soil are presented, which made it possible to form a block model of the forecast of agricultural nature management, focused on the need for capital increment and, above all, in terms of its land form.
- Conclusions.** The use of such a model makes it possible to conclude that it is necessary to increase the integrating importance of territorial environmental protection bodies, which should be focused on an integrated system of monitoring the state of land resources, allowing to increase the synergetic role of information flows of grassroots economic and territorial entities.
- Key words:** nature management, land degradation, productivity, ecological and economic efficiency, fertilizers, yield, balance.

Введение

Современное понимание принципов и требований устойчивого развития, основанных на сохранении и приумножении задействованного обществом ресурсного и, прежде всего, природного потенциала подвергается мощным экстерналиям внешнего и внутреннего воздействия. Классическим примером здесь служит проблема, связанная с зеленой революцией в АПК, попытка перехода на производство экологически чистой продукции [9]. Получение последней, как известно, связано с минимизацией использования интенсивных факторов производства, базирующихся на широком использовании искусственных стимуляторов продуктивности в части задействованных земельных ресурсов, включающих минеральные удобрения, средства защиты растений, повсеместное использо-

вание механизации и т.д. Резкое сужение их использования при выращивании экологически чистой продукции позволяет, хотя и с определённым временным лагом, достигнуть желаемого результата, но одновременно приводит и к существенному падению продуктивности задействованных земельных ресурсов. Это оказывается абсолютно неприемлемым в условиях нарастающего дефицита продовольствия, а высокие цены на органическую продукцию приводят к резкому снижению спроса на неё, не говоря уже об различных логистических осложнениях. Это требует существенного переосмысления качества задействованных природных и прежде всего земельных ресурсов как с точки зрения эффективности так и экологии.

Материалы и методы исследования

Исследование вопросов повышения эколого-экономической эффективности в землепользовании объективно ориентированы на территориальные их особенности с последующей дифференциацией на более мелкие зоны более полно учитывающие природно-климатические факторы. Последнее предопределило выбор земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения Ставропольского Края объектом исследования, по материалам которого и выполнялись расчёты. Он характеризуется достаточным объёмом показателей и параметров с различных сторон отражающих агро-экологические и экономические аспекты землепользования в системе требований устойчивого развития.

Интегральный, комплексный характер оценки уровня устойчивого развития землепользования обусловил необходимость широкого использования картографических схем, а также инструментария ориентированного как на естественно-научные оценки и изыскания так и на эколого-экономические. В этом отношении в работе широко использовались такие методы как различные вариации балансовых обобщений при оценке продуктивности земельных ресурсов, нормативный метод, инструменты оценки интегральной эффективности природопользования (коэффициентный и агрегатный), методы текущего мониторинга состояния почвы, многофакторное моделирование динамических рядов, экспоненциальное сглаживание, аппроксимирующие функции.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время интенсивность использования земельных ресурсов продолжает оставаться высокой и даже усиливается. К числу таких наиболее значимых факторов интенсивности земледелия относится использование минеральных и органических удобрений. Несмотря на определённый рост их применения в Ставропольском крае, ситуация с балансом основных питательных элементов в почвах сохраняет значительный дефицит и по азоту, и по фосфору, и по калию. Достаточно сказать, что по данным учёных СНИИСХ (Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства) такой разрыв составляет несколько раз и наблюдается уже на протяжении десятилетий [10]. Правда уровень декомпенсации по питательным веществам существенно разнится из-за разнообразия природных условий, пониженной естественной влагообеспеченности, неоднородности почв. Причём наиболее сложная ситуация наблюдается в засушливых природно-климатических зонах Ставропольского края, на долю которых приходится практически две трети пахотных угодий и где декомпенсация оказывается на 40–50% выше, чем в зонах более или менее устойчивого увлажнения, что приводит к дополнительным агротехническим осложнениям [8].

Ослабление засухоустойчивости во многом связывают с использованием паровых земель, позволяющих повысить запасы влаги на 12–15% от объема выпавших осадков. В процессе парования земель, возрастает накопление в почве легко усваиваемых форм азота.

Однако, широкое использование чистых паров, способствует обострению проблемы по сохранению органических веществ, что приводит к необходимости их расширенного использования, а также увеличивает посадки сидеральных культур. Ещё более сложным представляется восстановления питательных балансов на эродированных, засоленных и солонцовых почвах.

Следует иметь в виду и тот факт, что большинство земель края характеризуется низким содержанием подвижных форм фосфора, хотя его общие объёмы достаточно велики. Приблизительно один из миллиона гектаров пашни имеют содержание фосфора менее 15 мг/кг при норме 30–35 мг/кг, для ликвидации этого дефицита, непосредственная эффективность использования минеральных удобрений

ний характеризуется обратной зависимостью от уровня обеспеченности почв питательными элементами. При этом, уровень азотных удобрений тесно связан со спецификой севооборота, а фосфор и калий напрямую зависят от объема внесения соответствующих удобрений. Однако, рассматривая эффективность использования минеральных удобрений, следует отметить их пороговый характер, в соответствии с которым насыщать почву удобрениями можно только до определённого предела, после достижения которого начинается снижение продуктивности земель. С точки зрения оценки уровня экологической чистоты получаемой продукции отраслей растениеводства, именно порог предельной эффективности использования искусственного стимулирования продуктивности земель объективно может выступать определённым верхним критерием степени загрязнения получаемой продукции [10].

Использование органических удобрений требует соблюдения ряда условий. В частности производство сельскохозяйственной продукции должно располагаться недалеко от центров животноводства. При наличии удалённых территорий восполнения органических питательных веществ осуществляется за счёт т.н. пожнивно-корневых остатков использования сидератов и соломы. Причём внесение органических удобрений в объеме менее 3 тонн на 1 га используемых сельскохозяйственных земель малоэффективно. При сложившемся уровне урожайности, дефицит баланса питательных веществ в Ставропольском крае в части органических соединений достигает 0,5–0,7 тонны на 1 гектар. Однако в условиях недостаточного развития отраслей животноводства при потребности в навозе 12–14 млн тонн, его выход не превысил 5–7 млн тонн, что ухудшает показатели земельных балансов продуктивности. Правда использование навоза в качестве удобрения повышает риск загрязнения атмосферы газообразными соединениями [6, 10].

В процессе планирования величины потребляемых минеральных удобрений необходимо ориентироваться на нормативы их внесения рекомендованные соответствующими региональными научными организациями. Но даже эти нормы регионального характера объективно требуют корректировок, причём иногда очень существенных, на уровне конкретных хозяйствующих хозяйств. С этой целью учитывается обеспеченность почвы питательными элемен-

тами. Исходя из таких расчётов формируется объект дополнительных объемов внесения того или иного вида минеральных удобрений, позволяющих восстановить баланс питательных элементов как на микро-, так и на мезоуровнях.

При определении годовых норм внесения удобрений ориентированных на *i*-й вид растениеводческой продукции, следует скорректировать их объемы на величину элементов питания почвы, используемых севооборотов, а также структурных составляющих питательных веществ накопленных на более ранних стадиях.

Однако, использование балансовых методик продуктивности земельных ресурсов, подробно рассмотренных в работах [1, с. 71, 1, с. 11] имеет существенный недостаток, поскольку в любом случае он базируется на т.н. усреднённых данных. Эти данные весьма сильно варьируют в конкретных почвенно – климатических условиях гранулометрического состава выращиваемых культур и т.д. С этой точки зрения, балансовые расчёты требуют очень мощной поддержки по линии экспериментальных данных, более того дифференцированного подхода при определении норм внесения минеральных удобрений, так же необходимы подробные данные по генезису почвенного покрова, его химическому составу, характеру реакции удобрений и т.д. В результате, из-за постоянно изменяющихся факторов внешней среды, годовая потребность в удобрениях предполагает систему корректировок опирающейся на результаты почвенной и растительной диагностики, осуществляемой в предпосевной период и в течении всего вегетационного периода *i*-й растениеводческой культуры.

Наибольший эффект может быть достигнут только при использовании системного подхода к использованию удобрений, предполагающего последовательное выполнение ряда мероприятий, а именно:

- а) противоэрозионные и мелиоративные мероприятия;
- б) оценка величины накопленных органических удобрений;
- в) разработка плановых систем использования минеральных удобрений на ближайший год с определением потребностей в средствах производства и рабочей силы;

- г) расчёт экономической, а в ряде случаев экологической эффективности применяемых средств.

В том случае если речь идёт о многолетнем периоде, то следует принимать во внимание и схемы севооборота. Дело в том, что в каждом севообороте всегда выделяется ведущие культуры, на долю которых приходится основная масса получаемого хозяйствующими субъектами дохода, либо потребляемых для собственных нужд. Именно по этим культурам отдается приоритет в выделении необходимого объема минеральных удобрений. Что касается других сельскохозяйственных культур, то повышение их урожайности осуществляется в рамках последействия удобрений, уже внесённых под основные культуры. Более того, весьма часто объем внесения удобрений может быть значительно снижен, а многие хозяйства начинают прибегать к другим, зачастую альтернативным технологиям, например, использование биологического азота, фиксированного бобовыми культурами из атмосферы.

В конечном итоге процесс возмещения питательных веществ в почвенном покрове возможен в трех вариациях:

- а) полное возмещение питательных веществ в соответствии с разработанными агротехническими методиками ($\Sigma\Pi_0 = \Sigma\Pi_1$);
- б) частичное возмещение величины питательных веществ с последующим их истощением ($\Sigma\Pi_0 < \Sigma\Pi_1$);
- в) избыточное возмещение питательных веществ ($\Sigma\Pi_0 > \Sigma\Pi_1$),

где $\Sigma\Pi_0, \Pi_1$ – уровень питательных веществ в базовом и отчётном периодах.

Следует отметить, что в соответствии с действующими методиками отнесение расходов минеральных и органических удобрений относится на себестоимость выращиваемой сельскохозяйственной продукции [11]. Это, в значительной мере, искажает фактическое эколого-экономическое состояние производственной деятельности, поскольку весьма слабо увязывается с научно обоснованными нормативами по восстановлению уровня почвен-

ного плодородия. В частности, по данным учёных СНИИСХ при выращивании 1 центнера зерна расходуется 2,8 кг азотных удобрений, 2,3 кг фосфорных и 1,8 кг калийных. В итоге, при существующем диспаритете цен стоимостное отражение возмещения продуктивности земель часто не соответствует их натуральному эквиваленту [10].

В этом отношении принципиально важное значение имеет агромониторинговое обеспечение этого процесса. Особенно детально следует проводить такие мониторинговые исследования в части производства экологически чистой или, как её иногда называют, органической продукции [14]. Последнее связано с тем, что это производство имеет ряд особенностей по восстановлению баланса почвенного плодородия, а традиционные способы такого восстановления весьма часто малоэффективны. Получение здесь собственно экономического эффекта ещё не служит основанием для полного осуществления законченности воспроизводственного цикла, особенно в сельском хозяйстве. Здесь имеет место ярко выраженная сезонность хозяйственных процессов, разрыв между начальной величиной вложенных средств на начальном производственном цикле и финансовым возмещением [12].

Очень сложная ситуация возникает в том случае, когда активы, направляемые на восстановление почвенного плодородия, не позволяют обеспечить даже простое воспроизводство используемых в хозяйственных процессах природных ресурсов, что приводит к тому, что величина наносимого ущерба оказывается выше достигнутого финансового результата [13].

Обеспечение системного подхода к оценке эколого-экономической эффективности следует увязывать с эффективностью и в связанных с аграрным производством отраслях, поскольку поставляемая из них продукция имеет различный характер и уровень отрицательного воздействия на окружающую среду [7]. Поэтому необходима последовательная корректировка тех или иных отраслевых моделей природопользования, сопряженных с показаниями экологической чистоты используемых в АПК средств обеспечения производственной деятельности. В частности учёт потерь от выноса питательных веществ может осуществляться по итогам переоценки сельскохозяйственных ресурсов, включающих, в виде безу-

словной доказательной базы, информацию агрохимических служб. Текущие же изменения могут отражаться посредством использования расчётных методов и в частности балансов продуктивности земель, хотя такой учёт требует применения классических её вариантов, а не различных схем упрощения.

Программное обеспечение блочной модели аграрного природопользования дает возможность осуществлять многовариантные оценки и анализ складывающейся ситуации, что позволяет более точно определяться со специализацией хозяйственной деятельности, обосновывать наиболее адекватные технологические приемы возделывания сельскохозяйственных культур с учётом тех или иных экологических ограничений [19, 20].

В целом, необходимо констатировать, что рост капитала, составной частью которого, является увеличение величины тех или иных природных ресурсов, в том числе и посредством приращения их продуктивности приводит к росту эколого-экономической эффективности. Посредством использования интегрального подхода при отражении и адекватной оценки материально-вещественных, финансовых и природных ресурсов, выстраивается и алгоритм влияния улучшения результативности хозяйственной деятельности.

При оценке интегральной эффективности природопользования, логично решать и другую задачу, а именно отражение уровня загрязнения тех или иных составных частей окружающей природной среды, также мониторинг рекультивационных и почв восстановительных мероприятий. При этом выбор результативных показателей активов не представляет особых сложностей, лишь в части тех природных активов, которые носят как антропогенный характер, так и естественный. Это позволяет корреспондировать их с валовым сбережением.

Ориентации на критерии валового сбережения являющиеся основой расширенного типа воспроизводства позволяет обеспечить максимально возможный прирост активов хозяйствующих субъектов в аграрном секторе предприятий с учётом ограничительных средозащитных параметров.

Принимая во внимание последнее обстоятельство, следует иметь в виду неоднозначность расширения объема основных фондов природоохранного характера. С одной стороны, их использование мо-

жет считаться экстенсивной формой охраны природной среды, своеобразным отвлечением привлекаемого капитала в рамках хозяйственной деятельности, понимаемой в широком смысле слова, но, одновременно, их использование весьма целесообразно в том случае, если инвестиции в текущем измерении в соответствии с их функциональным назначением, оказываются меньше, чем величина предотвращённого ущерба в экологическом, социальном и, собственно экономическом ракурсах [17]. Сравнительная же оценка уровня эффективности работы природоохранных основных средств может осуществляться через такой показатель, как экологическая фондоотдача. Она равняется частному от деления величины очистки и нейтрализации токсичных элементов, как в натуральном, так и в денежном выражениях к средневременному объёму указанной категории основных фондов [16, 18].

Использование удобрений должно учитывать особенности агротехнологий и в частности применении энерго – и почвосберегающих мероприятий с поверхностной и нулевой обработкой почвы. Здесь речь идёт о большом снижении роли основных удобрений, что обусловлено малой глубиной обработки и сокращением продолжительности использования их растениями. Концентрация удобрений, в этом случае, увеличивается в верхнем почвенном слое, который всегда теряет много влаги, что приводит к падению эффективности удобрений, а в ряде случаев и угнетает растения. На практике это приводит к снижению почти наполовину доз внесения фосфора и калия. При этом, нельзя полностью заменить основное внесение удобрений какими-либо другими способами и приемами. Здесь возможна лишь частичная компенсация за счёт увеличения калийных и фосфорных удобрений под предшествующие культуры при глубокой зяблевой вспашке в будущем.

Данная минимальная обработка почвы при регулярном внесении удобрений способствует дифференциации верхнего слоя почвы по ряду агрохимических параметров, когда концентрация питательных веществ начинает проявляться в более глубоких уровнях почв.

Следовательно, такой подход более целесообразен на землях уже накопивших богатый объём питательных веществ. Основная опасность этой ситуации заключается в том, что такой процесс может осуществляться в достаточно долгом временном промежутке, иметь тенденцию к улучшению особенно в районах засушливого земледе-

лия. Все это приводит к необходимости регулярного возврата к классической обработке земли. Очень тщательно необходимо относиться, в условиях минимизации обработки почвы, к особенностям внесения азотных удобрений. Здесь обязательны и ранневесенняя подкормка озимых культур, четкое выявление неблагоприятных предшественников накопления в почве оптимальных объемов влаги

Кроме этого, эффективность новых агротехнических и агрохимических технологий, носящих экологощадящий характер требует максимального учета особенностей ландшафта, почвенно-климатических факторов, уровня обеспеченности сельскохозяйственных предприятий средствами искусственного стимулирования продуктивности земель.

С нашей точки зрения, при исчислении эколого-экономической эффективности землепользования необходима жестко-функциональная зависимость ее от конкретных форм и видов деградиционных процессов и прежде всего, как уже указывалось выше, четкая увязка с деградиационными процессами антропогенного и естественного характера.

Любые изменения качественных параметров почвенного покрова в обязательном порядке должны отражаться в стоимости, соответствующих земельных ресурсов. В свою очередь земельные ресурсы рассматриваются как составная часть природных активов и это предполагает использование отдельного подхода к возникновению деградиационных процессов и их причин. С точки зрения информационно-контрольного обеспечения этого процесса целесообразно одновременно использовать как расчетных балансов продуктивности так и текущий банк данных агрохимических мониторинговых исследований и оценок.

Для анализа степени влияния естественно-природных деградиационных процессов целесообразно, на наш взгляд, воспользоваться исчислением разности между начальной общей продуктивностью задействованных земельных угодий и потерей питательных элементов в результате получения i -ого урожая. Рассчитанная таким образом, разность, затем сравнивают с конечным объемом питательных веществ, измеренных на конец исследуемого отчетного периода, и указанное значение может характеризовать уровень деградиационных истощения земель от естественно-природных процессов.

Нейтрализация деградационных процессов, допущенных хозяйствующим субъектом должна возмещаться за счет источников этих же субъектов, что должно конкретизироваться в отчетности земельных активов. В том же случае, если ущерб получен из-за различных причин естественно-природного характера, то его целесообразно возмещать либо с помощью процедур страхования, либо за счет создания специализированных фондов экологического назначения.

При создании моделей, оптимизирующих движение материально-финансовых и природных потоков первичный приоритет необходимо отдавать отраслям растениеводства поскольку именно они определяют качество животноводства, особенно стойловое.

При построении рационального природопользования в отраслях сельского хозяйства следует соблюдать ряд ограничительных моментов:

- 1) величина земельных активов в части содержания питательных элементов должен соответствовать нормативным значениям;
- 2) потоки движения активов, их оценка должна осуществляться в сопоставимых оценках;
- 3) набор питательных веществ подлежащих мониторингу в обязательном порядке должны охватывать азот, фосфор, калий, гумус;
- 4) система расчетов должна осуществляться в расчете на 1 га используемых земельных угодий;
- 5) исчисление величины ущерба целесообразно вести в рамках нормативной стоимости земли;
- 6) внутреннее строение блоков, различных видов активов следует основывать на системе балансовых обобщений и уравнений.

Главной целью такого рода моделирования эколого-экономических процессов является решение двух групп вопросов:

- I. Соблюдение необходимых условий для обеспечения расширенного воспроизводственного цикла;
- II. Соблюдение и учет эколого-экономических ограничений в процессе расширенного воспроизводства.

Само же возникновение экологических издержек не должно противоречить принципам оптимальности себестоимости.

Оценка уровня деградационных процессов, касающихся земли, осуществляется посредством использования совокупности индикаторов как частной, так и общего порядка. Эти индикаторы характеризуются набором критических значений. Часть из этих индикаторов связаны с оценкой деградационных процессов в основе которых лежат естественно-природные факторы либо последствия т.н. экстенсивных форм природопользования (каменистость, земельных угодий, расчленённости местности, овражной сетью, каменистостью, величиной каких-то разливов и надводными обменными процессами. Индикаторы же ориентированные на интенсивный тип природопользования связаны с изучением мощности почвенного гумуса, величины токсичных солей в пахотном слое, роста токсичной щелочности, почвенной целостностью и т.д.

Введение совокупности выше перечисленных индикаторов в многофакторную модель природопользования в сельском хозяйстве должно учитывать и пространственные аспекты ориентированных на разные уровни иерархии в различные периоды времени. Пространственное информационное обеспечение позволяют оценивать влияние и прошедших периодов времени. Сами же многофакторные модели эколого-экономической направленности могут носить как статический так и динамический характер. Последнее в наибольшей степени будет соответствовать смыслу пространственно- временной информации [16].

Для формирования многофакторной модели динамического плана необходимо и изыскания нескольких видов зависимостей, которые раскрывают усреднённое влияние факторов-аргументов на изучаемый процесс за определенный период времени.

$$Y_t^l = f_1^l (X_1^l, X_2^l \dots X_m^l).$$

Степень указанного влияния может выражаться различными показателями, а именно: коэффициентами регрессии частными коэффициентами эластичности, β -коэффициентами, изменяющиеся от одного промежутка времени к другому. С целью выяснения влияния факторов инновационного характера необходимого

построение группы корреляционных функциональных зависимостей, которые дополнительно исследуются на степень влияние временных лаговых ограничений [3, с. 77].

Характерной чертой динамических рядов коэффициентов регрессии является раскрытие общей тенденции развития того или иного явления складывающегося под двойным влиянием, а именно:

- структурных факторных составляющих;
- изменение значений этих фактора во времени.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что провести четкое выделение влияния этих причин очень сложно поскольку они подчиняются закономерностям характерным при построение любых моделей регрессионного характера. Конкретное исчисление влияния факторов аргументов на изучаемый процесс в момент времени $t + 1$ t предполагает прогнозирование по одному из методов конкретного временного лага.

Исходной информацией при построении динамической модели выступали данные за 2009–2021 годы, с исключением организаций, условия деятельности которых существенно отличаются от типичных выращивающих зерновые культуры, а также где имелись маломерные аномальные показатели, либо их не хватало. Первичный анализ матриц парных коэффициентов корреляций дает основании утверждать, что между факторами нет мульти коллинеарной связи, поскольку значения коэффициентов оказывается меньше 0,8. В качестве основного результативного показателя мы взяли показатель совокупного капитала, включающего в себя не только его финансовую составляющую, но и понятия природный, прежде всего земельный капитал. Такой подход обусловлен тем что современная концепция устойчивого развития объективно предполагает необходимость сохранения и приумножения совокупности ценностей которыми должны обладать не только ныне живущие поколения, но и будущее [4, с. 90–96]. Это и предполагает то что интегрированный подход к оценке устойчивого развития, лучше всего представить посредством преобразования соответствующих денежных оценок различных форм капитала. Природный капитал наряду с социальным, человеческим, производственным являются частью данно-

го совокупного капитала. Такой подход самым существенным образом отличается от ориентации на прибыль, которая многие десятилетия и даже столетия была главными результативным показателем [5, с. 7–15].

В качестве же факторов нами выбрана урожайность $-a_1$; плодородие почвы, а именно содержание гумуса $-a_2$, содержание клейковины $-a_3$ и объем внесенных удобрений, как минеральных, так и органических $-(a_4)$.

Наиболее тесная связь наблюдалась в 2009 году между факторами a_1 и a_3 равной 0,654, в 2016 году между факторами a_2 и a_3 равный 0,643, в 2019 году между a_1 и a_4 равный 0,701. В целом величина каждого объекта корреляции колеблется в пределах от 0,302 до 0,588, что указывает на средний уровень зависимости между исследуемыми факторами-аргументами.

Более глубокий анализ парных коэффициентов корреляции производить не имеет смысла, поскольку в основе динамической модели лежит линейный регрессионный тип, позволяющий строить регрессионные модели по четырем факторным аргументам и результативному показателю по каждому из исследуемых лет. В справочном виде временная динамика основных статистических характеристик, опирающаяся на параметры корреляционно-регрессионного анализа, представлена в таблице 1.

Таблица 1.

ЧАСТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИРАЩЕНИЯ СОВОКУПНОГО КАПИТАЛА, ПО СОВОКУПНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Table 1. Particular parameters of the dynamic model of the increment of total capital, according to the aggregate of agricultural enterprises of the Stavropol Territory

Частный коэффициент эластичности	$K_{a1} = 0,705 + 0,0031t$ $K_{a2} = 0,349 + 0,0018t$ $K_{a3} = 0,740 + 0,00871t$ $K_{a4} = 0,189 + 0,0212t$
β = коэффициенты	$\beta_1 = 0,605 + 0,00029t$ $\beta_2 = 0,399 + 0,0072t$ $\beta_3 = 0,289 + 0,0059t$ $\beta_4 = 0,318 + 0,0022t$

Из таблицы видно, что уравнения регрессии носят корректный характер, поскольку параметры соответствуют стандартизированным требованиям.

Для повышения точности построения динамической модули совокупного капитала, дополнительно были разработаны прогнозные модели, касающиеся модели коэффициентов регрессии с использованием метода экспоненциального столкновения. В рамках этого метода вся динамика ряда соответствует экспоненциальному закону распределения, что существенно отличает их от симметричных весов касающихся средней величины. При этом взвешенная скользящая средняя базирующееся на экспоненциальных распределительных весах дает характеристику значений исследуемого эколого-экономического процесса в конечной точке столкновения, в качестве которой выступает средние характеристики следующих рядов. Указанные свойства имеет очень важное значение для объективного прогнозирования, поскольку в любых эколого-экономических процессах наблюдается очень значительная инерция.

В целом динамическая модель прогноза совокупного капитала подтверждает ранее сделанные выводы, что видно из таблицы 2.

Таблица 2. ВАРИАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГРЕССИИ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕНДЕНЦИЯ СОВОКУПНОГО КАПИТАЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ
Table 2. Variation of regression coefficients for constructing an exponential model of the trend of the total capital of agricultural enterprises of the Stavropol Territory

Коэффициент регрессии	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
Э0	830,24	10,21	12,01	19,62	2,81
Э1	11,31	0,18	0,080	41,16	0,269
Э2	15,05	0,043	0,001	-0,14	0,034

Наибольшее влияние удобрений наблюдается в тех районах, где имеет место определённое их снижение. С целью выявления влияния тенденции изменений коэффициентов регрессии, частных параметров эластичности и β коэффициентов осуществле-

но выравнивание временного ряда. Непосредственный выбор аппроксимирующей функций, был проведен на основе анализа трех групп функций

- 1) $Y_t = a_0 + a_{1t}$
- 2) $Y_t = a_0 + a_1t + a_2t^2$
- 3) $\ln_{y(t)} = a_0 + a_1\ln_t$

В качестве важнейшего принципа при выборе аппроксимирующей функции использовались значения средней квадратической ошибки. При использовании этих значений более целесообразно, на наш взгляд было использование более простых функций. В процессе детального анализа, частных коэффициентов эластичности было подтверждено, что особенное влияние эколого-экономической модели на изменение уровня совокупного капитала оказывает внесение удобрений, прежде всего минеральных. Менее существенное влияние плодородия почвы на содержание зерен клейковины. Это обусловлено тем, что полноценное использование удобрений приводит к росту доходности, выражаемой в увеличении прибыли и пополнению различных видов всего функционального капитала. Влияние заражённости почвенного покрова имеет замедленный временной лаг. Качественные же параметры зерна в настоящее время не оказывают существенного влияния на ценовую составляющую в условиях хронической нехватки зерновой продукции прежде всего на мировых рынках. При этом каждая группа сельскохозяйственных культур, включая зерновые, имеют свое экономическое воздействие на природную среду, а большое снижение питательных веществ следует увязывать с ухудшением показателей производства.

Выводы

Продуктивности земельных угодий на районном уровне можно осуществлять по трём главным информационным каналам.

1. Мониторингу деградационных процессов по земле, проводимых по инициативе территориальных органов Министерства природных ресурсов России,

- а также по инициативе физических и юридических лиц.
2. Посредством обобщение первичной информации о состоянии уровня продуктивности землепользователей административных образований. В качестве методической рекомендации здесь можно использовать предложенные выше балансы продуктивности земель.
 3. Проведение расчётов на уровне конкретных хозяйствующих субъектов.

Следует отметить, что первые два информационных источника носят справочный, корректировочный характер. Теоретически, ведущую информационно-аналитическую роль должны играть данные хозяйствующих субъектов. Но значительная их часть особенно мелких не обладают для этого необходимыми методическими, да и финансовыми ресурсами, проблеме сохранения коммерческой тайны.

Принципиально важно, в этих обстоятельствах является повышение интегрирующей значимости территориальных органов охраны окружающей среды и рационального природопользования, которые более активно должны использовать процедуры моделирования взаимозависимости продуктивности земельных ресурсов от характера и масштабов производственной деятельности. Последнее позволяет выяснить экологическую и экономическую целесообразность сложившихся на конкретных территориях структур хозяйствования. Оценить влияние плодородия на выход сельскохозяйственной продукции несложно, поскольку существует большое количество агрохимических методик. Используя же эти методики, и выше-рассмотренную нами модель целесообразно проводить регулярную оптимизацию движения материально-вещественных и собственно природных активов на различных иерархических уровнях.

Библиографический список

1. Ануфриев В.Е. Балансовая теория двойной записи // Бухгалтерский учет. 2002. № 11. С. 68–78.
2. Белоусов А.И. Бухгалтерская наука в современных эко-

- номических реалиях: монография. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2020. 211 с.
3. Белоусов А.И. Экономический инструментарий рационального природопользования в региональном АПК: монография. Ставрополь: Изд-во Московского открытого социального университета, Изд-во СтГАА, 1997. 99 с.
 4. Бобылев С.Н. Устойчивое развитие в интересах будущих поколений: экономические приоритеты // Мир новой экономики. 2017. № 3. С. 90–96.
 5. Бобылев С.Н., Горячева В.И., Немова С.Н., Бобылев А.А. Зеленая экономика: проектный подход // Государственное управление. Электронный вестник (Электронный журнал). 2017. № 64. С. 34–44.
 6. Власова О.И. Плодородие черноземных почв и приемы его воспроизводства в условиях Центрального Предкавказья: монография. Ставрополь: АГРУС. Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. 308 с.
 7. Данилов-Данильян В.И. Устойчивое развитие: 20 лет споров. Москва: Теис, 2007. 467 с.
 8. Дегтярева Т.В., Соляник Е.Н., Мельничук В.В., Ляшенко Е.А. Формирование микроэлементного состава почв полупустынных ландшафтов Ставропольского края // Наука. Инновации. Технологии. 2012. № 2. С. 73–88.
 9. Кирюшин П.А. Факторы экологической устойчивого развития и «зеленой» экономики в России // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2019. № 1. С. 122–138.
 10. Кулинцев В.В. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Российская акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Ставропольский науч.-исследовательский ин-т сельского хоз-ва. Ставрополь: АГРУС, 2013. 518 с.
 11. Плотников А.А., Шумратов Б.И. Опыт снижения себестоимости продукции. Саратов: Приволжское книжное издательство, 1988. 109 с.
 12. Прокофьев А.В. Справедливое отношение к будущим поколениям (нормативные основания и практические стратегии) // Этическая мысль: ежегодник. 2008. № 8. С. 229–253.
 13. Райтнерт Э.С. Как богатые страны стали богатыми и почему бедные страны остаются бедными. М.: ИД ГУ–ВШЭ, 2015. 224 с.

14. Сельскохозяйственная микроперепись – 2021. [электронный ресурс]. URL: <https://www.agro2021> (дата обращения: 01.11.2022).
15. Ткач В.И., Шумейко М.В., Ткач В.С. Бухгалтерский инжиниринг // Учет. Анализ. Аудит. 2015. №4. С. 7–15.
16. Фрэнке Б. Революция в аналитике: Как в эпоху Big Data улучшить ваш бизнес с помощью операционной аналитики / пер. англ. М.: Альпина Паблишер, 2016. 316 с.
17. Цели в области устойчивого развития [электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/> (дата обращения: 01.11.2022)
18. Якутии Ю. Становление цифрового управления на макро-, мезо- и макроэкономическом уровнях: возможности универсальной системы анализа кодированных показателей хозяйственной деятельности // Российский экономический журнал. 2017. №2. С. 27–35.
19. Alpysbayev K.S., Gridneva Y.E., Kaliakparova G.Sh. Green economy: realities and prospects in agriculture // Problems of AgriMarket. 2021. №3. С. 44–50.
20. Isakov B.M., Pyagay A.A., Rakhimbekova A.T. Global experience of transition to a «Green» economy // Problems of AgriMarket. 2021. №2. С. 62–69.

References

1. Anufriev V.E. Balansovaya teoriya dvojnoj zapisi// Buhgalterskij uchet. 2002. No. 11. P. 68–78. (In Russ.).
2. Belousov A.I. Buhgalterskaya nauka v sovremennyh ekonomicheskikh realiyah: monografiya. Stavropol' : Izd–vo SKFU, 2020. 211 p. (In Russ.).
3. Belousov A.I. Ekonomicheskij instrumentarij racional'nogo prirodopol'zovaniya v regional'nom APK: monografiya. Stavropol': Izd–vo Moskovskogo otkrytogo social'nogo universiteta, Izd-vo StGAA, 1997. 99 p. (In Russ.).
4. Bobylev S.N. Ustojchivoe razvitie v interesah budushchih pokolenij: ekonomicheskie priority // Mir novoj ekonomiki. 2017. No. 3. P. 90–96. (In Russ.).
5. Bobylev S.N. Zelenaya ekonomika: proektnyj podhod / S.N. Bobylev, A.A. Goryacheva, V.I. Nemova // Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik (Elektronnyj zhurnal). 2017. No. 64. P. 34–44. (In Russ.).
6. Vlasova O.I. Plodorodie chernozemnyh pochv i priemy ego vosproizvodstva v usloviyah Central'nogo Predkavkaz'ya:

- monografiya. Stavropol': AGRUS. Stavropol'skogo gos. agrarnogo un-ta, 2014. 308 p. (In Russ.).
7. Danilov-Danil'yan V.I. Ustojchivoe razvitie: 20 let sporov. Moskva: Teis, 2007. 467 p. (In Russ.).
 8. Degtyareva T.V., Solyannik E.N., Mel'nichuk V.V., Lyashenko E.A. Formirovanie mikroelementnogo sostava pochv polupustynnyh landshaftov Stavropol'skogo kraja // Nauka. Innovacii. Tekhnologii. 2012. No. 2. P. 73–88. (In Russ.).
 9. Kiryushin P.A. Faktory ekologicheskoy ustojchivogo razvitiya i «zelenoj» ekonomiki v Rossii // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika. 2019. No. 1. P. 122–138. (In Russ.).
 10. Kulincev V.V. i dr. Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraja : monografiya / Rossijskaya akad. s.-h. nauk, Gos. nauch. uchrezhdenie Stavropol'skij nauch.–issledovatel'skij in-t sel'skogo hoz-va. – Stavropol': AGRUS, 2013. 518 p. (In Russ.).
 11. Plotnikov A.A., Shumratov B.I. Opyt snizheniya sebestoimosti produkcii. Saratov: Privolzhskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1988. 109 p. (In Russ.).
 12. Prokof'ev A.V. Spravedlivoe otnoshenie k budushchim pokoleniyam (normativnye osnovaniya i prakticheskie strategii) // Eticheskaya mysl': ezhegodnik. 2008. No. 8. P. 229–253. (In Russ.).
 13. Rajtnert E.S. Kak bogatye strany stali bogatymi i pochemu bednye strany ostayutsya bednymi. Moskva: ID GU–VShE, 2015. 224 p. (In Russ.).
 14. Sel'skohozyajstvennaya mikroperepis' -2021. [electronic resource]. URL: <https://www.agro2021> (Accessed 01.11.2022). (In Russ.).
 15. Tkach V.I., Shumejko M.V., Tkach V.S., Tkach V.I. Buhgalterskij inzhiniring // Uchet. Analiz. Audit. 2015. No. 4. P. 7–15. (In Russ.).
 16. Frenke B. Revolyuciya v analitike: Kak v epohu Big Data uluchshit' vash biznes s pomoshch'yu operacionnoj analitiki / per. angl. M.: Al'pina Pablisher, 2016. 316 p. (In Russ.).
 17. Sustainable Development Goals: [electronic resource]. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment> (Accessed 01.11.2022). (In Russ.).
 18. Yakutii YU. Stanovlenie cifrovogo upravleniya na makro-, mezo- i makroekonomicheskom urovnyah: vozmozhnosti universal'noj sistemy analiza kodirovannyh pokazatelej hozy-

ajstvennoj deyatel'nosti // Rossijskij ekonomicheskij zhurnal. 2017. No. 2. P. 27–35. (In Russ.).

19. Alpysbayev K.S., Gridneva Y.E., Kaliakparova G.Sh. Green economy: realities and prospects in agriculture // Problems of AgriMarket. 2021. No. 3. P. 44–50.
20. Iskakov B.M., Pyagay A.A., Rakhimbekova A.T. Global experience of transition to a «Green» economy // Problems of AgriMarket. 2021. No. 2. P. 62–69.

Поступило в редакцию 25.09.2022,
принята к публикации 10.12.2022.

Сведения об авторах

Белоусов Анатолий Иванович, доктор экономических наук, профессор кафедры цифровых бизнес-технологий и систем учета, Северо-Кавказский федеральный университет.

E-mail: belousov04@yandex ru

Михайлова Галина Васильевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры цифровых бизнес-технологий и систем учета, Северо-Кавказский федеральный университет.

E-mail: mih-sgu@yandex ru

About the authors

Belousov Anatoly Ivanovich, Doctor of Economics, Professor of the Department of Digital Business Technologies and Accounting Systems, North Caucasus Federal University.

E-mail: belousov04@yandex.ru

Mikhailova Galina Vasilyevna, Candidat of Economics, Associate Professor of the Department of Digital Business Technologies and Accounting Systems, North Caucasus Federal University.

E-mail: mih-sgu@yandex.ru

1.6.12.
 УДК 599(470.63)

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ
 ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

Цапко Н.В.,
 Ашибоков У.М.,

Ставропольский научно-исследовательский
 противочумный институт Роспотребнадзора,
 г. Ставрополь, Россия

Коржов П.Н.,
 Ветошкин А.А.

Дагестанская противочумная станция
 Роспотребнадзора, г. Буденновск, Россия

ФАУНА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ
 МЛЕКОПИТАЮЩИХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.3

Введение.

Млекопитающие имеют большое практическое значение для че-
 ловека как охотничьи виды, сельскохозяйственные вредители, но-
 сители особо опасных инфекций. Только в Ставропольском крае
 около 20 видов из трех отрядов (грызуны, насекомоядные и зай-
 цы) известны как носители и резервуары таких опасных для чело-
 века заболеваний как чума, туляремия, Крымская геморрагичес-
 кая лихорадка. Последнее обобщающее издание по териофауне
 Ставропольского края было сделано в 2000 г. В нем приводится 89
 таксонов видового ранга. С тех пор в фауне млекопитающих реги-
 она произошли изменения как качественного, так и количественно-
 го характера. К тому же был пересмотрен таксономический статус
 ряда видов.

Материалы и методы
 исследования.

Список млекопитающих Ставропольского края составлен на осно-
 вании собственных многолетних исследований и анализа литера-
 турных источников в соответствии с современными систематичес-
 кими взглядами на данную группу животных.

Результаты.

Всего на настоящий период на территории Ставропольского края
 достоверно зарегистрировано 90 видов млекопитающих, относя-
 щихся к шести отрядам: насекомоядные – 9 видов, рукокрылые –
 19 видов, зайцеобразные – 1 вид, грызуны – 35 видов, хищные –
 19 видов и парнокопытные – 7 видов. Ряд видов мы не включили
 в список по причине недостоверности или отсутствия их находок в
 регионе как таковых.

Выводы.

Дополнительно к опубликованному ранее списку нами приводится
 9 новых видов (степная ночница, горный ушан, лесной нетопырь,
 степная мышь, кавказская мышь, восточноевропейская полевка,
 енот-полоскун, американская норка, сибирская косуля). Восемь
 видов являются чужеродными для фауны региона (обыкновенная
 белка, ондатра, байбак, енотовидная собака, енот-полоскун, аме-
 риканская норка, сибирская косуля, пятнистый олень).

Ключевые слова:

фауна, млекопитающие, распространение, Ставропольский край,
 Предкавказье.

Tsapko N.V., Stavropol Research Anti-Plague Institute,
Aschibokov U.M., Stavropol, Russia
Korzhov P.N., Dagestan Anti-Plague station,
Vetoshkin A.A. Budennovsk, Russia

Fauna and Distribution of Mammals of the Stavropol Region

Introduction. Mammals are of great practical importance for humans as hunting species, agricultural pests, carriers of especially dangerous infections. Only in Stavropol region, about 20 species from three orders (rodents, insectivores and hares) are known as carriers and reservoirs of such dangerous diseases for humans as plague, tularemia, Crimean-Congo Hemorrhagic Fever. The last generalizing publication on the mammals fauna of Stavropol region was made in 2000. It contains 89 taxa of the species rank. Since then, both qualitative and quantitative changes have taken place in the mammalian fauna of the region. In addition, the taxonomic status of a number of species has been revised.

Materials and methods
of research. The list of mammals of Stavropol region was compiled on the basis of our own long-term research and analysis of literary sources in accordance with modern systematic views on this group of animals.

Results. In total, 90 species of mammals belonging to six orders have been reliably registered on the Stavropol region territory so far: insectivores – 9 species, bats – 19 species, lagomorphs – 1 species, rodents – 35 species, carnivores – 19 species and artiodactyls – 7 species. We did not include a number of species in the list due to the unreliability or lack of their findings in the region as such.

Conclusions. In addition to the previously published list, we provide 9 new species (*Myotis davidii*, *Plecotus macrobullaris*, *Pipistrellus nathusii*, *Sylvaemus witherbyi*, *Sylvaemus ponticus*, *Microtus rossiaemeridionalis*, *Procyon lotor*, *Neovison vison*, *Capreolus pygargus*). Eight species are alien to the region's fauna (*Sciurus vulgaris*, *Ondatra zibethicus*, *Marmota bobac*, *Nyctereutes procyonoides*, *Procyon lotor*, *Neovison vison*, *Capreolus pygargus*, *Cervus nippon*).

Key words: fauna, mammals, distribution, Stavropol region, Ciscaucasia.

Введение

Фауна млекопитающих Ставропольского края изучена довольно хорошо. Помимо списков видов в большом объеме публикаций отражены обстоятельные сведения по экологии и распространению многих видов териофауны региона. Особенно это касается видов, имеющих большое практическое значение для человека: охотничьи виды, сельскохозяйственные вредители, носители особо опасных инфекций. Только в Ставропольском крае около 20 видов из трех отрядов (грызуны, насекомоядные и зайцы) известны как носители и резервуары таких опасных для человека заболеваний как чума, туляремия, Крымская геморрагическая лихорадка (КГЛ), геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС), лептоспироз. Хищные млекопитающие являются основными резервуарами вируса бешенства. Следует также отметить, что млекопитающие являются основными прокормителями практически всех видов иксодовых клещей – переносчиков целого ряда природно-очаговых инфекций [1].

Последнее обобщающее издание по териофауне Ставропольского края сделано А.Н. Хохловым в 2000 г. [2]. В нем автор приводит 89 таксонов видового ранга. С тех пор в фауне млекопитающих региона произошли изменения как качественного, так и количественного характера. К тому же был пересмотрен таксономический статус ряда видов. Список млекопитающих, представленный в работе А.Н. Хохлова [2], является базовым для перечня, представленного в настоящей работе. В список включены таксоны диких млекопитающих, существующих на территории Ставропольского края в виде устойчивых самовоспроизводящихся популяций, а также виды известные по единичным регистрациям (как некоторые виды рукокрылых, хищников). Кроме того, в списке фигурируют таксоны, исчезнувшие на территории региона в последние десятилетия. Однако в результате естественных подвижек ареала или природоохранной деятельности человека, возможно, их повторное появление на территории Ставропольского края.

Формирование териофауны происходит зачастую под прямым или косвенным влиянием человека. В 20 столетии в результате проводимых акклиматизационных мероприятий фауна Ставропольского края пополнилась 5 новыми видами млекопитающих (ондатра,

степной сурок, енотовидная собака, сибирская косуля, пятнистый олень). Не понятна акклиматизация сибирской косули, изюбра и пятнистого оленя в исконных местах обитания косули европейской и благородного оленя. В данном случае обогащение фауны никак не оправдывает засорение уникального генофонда популяций исконных млекопитающих фауны Северного Кавказа. Появление новых видов происходит и естественным путем, в результате увеличения численности и расселения с прилегающих территорий (белка, лось, енот-полоскун, американская норка). Не меньшее число видов затронули и обратные процессы. Так в результате браконьерства полностью исчез на территории края сайгак, регулярные заходы которого ранее отмечались с прилегающей территории Калмыкии. По невыясненным причинам практически везде на юге России (в Ставропольском крае в частности) исчезла степная пеструшка. Под угрозой исчезновения находится и ряд других видов млекопитающих региона.

Материалы и методы исследований

Представленный ниже список составлен как по материалам, полученным авторами лично во время многолетних полевых исследований, так и с использованием данных литературы и интернет источников. Помимо этого, использовалась териологическая коллекция ФКУЗ Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора (СПЧИ) и база данных отловов млекопитающих. Учитывались также личные сообщения зоологов, охотников и местных жителей. Такие сообщения принимались во внимание только в том случае, если эти находки были хорошо задокументированы и позволяли избежать ошибок в видовой идентификации. Для оценки роли отдельных видов в эпизоотологии и эпидемиологии зоонозов использовались данные полученные на базе СПЧИ, а также литературные данные касающиеся описываемой территории. Для некоторых редких и малоизученных видов приведены карты ареалов и точки находок на территории края.

В представленном списке названия млекопитающих приведены в соответствии с существующими современными представлениями о структуре таксономического разнообразия териофауны Рос-

сии [3] с некоторыми новейшими изменениями. Помимо этого, для ряда видов приведены их синонимы.

Результаты и обсуждения

Одной из проблем региональной фауистики млекопитающих является неразбериха в таксономических названиях [4]. В последние годы в представлениях о разнообразии различных групп животных (в том числе и млекопитающих) произошли заметные изменения. Связаны они не только с уточнением систематического статуса отдельных видов и описанием новых таксонов разных уровней, но и с полной ревизией некоторых систематических групп и перестройкой таксономической системы на основе достижений современной молекулярной генетики. Касательно фауны млекопитающих Ставропольского края такие изменения затронули роды *Erinaceus*, *Sicista*, *Myotis*, *Arvicola*, *Apodemus*, *Felis*, *Cervus*.

Не внесены в список восточные формы благородного оленя (марал и изюбрь), неоднократные попытки акклиматизации, которых проводились в Предкавказье. К тому же, проведенные молекулярно-генетические исследования показали, что эти формы оленей должны рассматриваться в рамках другого таксона. Они ближе к североамериканскому вапиту *Cervus canadensis* и с собственно европейским благородным оленем *C. elaphus* состоят в дальнем родстве [5]. В последние годы в восточных районах края стала отмечаться степная кошка *Felis lybica*, ранее признаваемая за отдельный вид. В настоящее время сведена в один вид с лесной кошкой *F. silvestris*. Систематические замечания касательно некоторых других групп млекопитающих (*Myotis*, *Sicista*, *Microtus*, *Sylvaemus*, *Capreolus*) оговорены в представленном ниже списке отдельно.

ОТРЯД НАСЕКОМОЯДНЫЕ – EULIPOTYPHILA СЕМЕЙСТВО ЕЖОВЫЕ – ERINACEIDAE

Белогрудый еж *Erinaceus roumanicus* Barrett-Hamilton, 1900. До недавнего времени рассматривался в составе вида *E. concolor*. В настоящее время эти таксоны рассматриваются в рамках двух близких видов, что подтверждено морфологическими



Рис. 1.

Распространение кавказского крота *Talpa caucasica* и ушастого ежа *Hemiechinus auritus* в Ставропольском крае.

Fig. 1. Distribution of *Talpa caucasica* and *Hemiechinus auritus* in Stavropol region

и молекулярно-генетическими методами. В Ставропольском крае белогрудый еж обитает в разнообразных ландшафтах на всей территории края. В степях и полупустынях восточных районов встречается реже. Установлено участие в циркуляции возбудителя туляремии и Крымской геморрагической лихорадки (КГЛ).

Ушастый еж *Hemiechinus auritus* Gmelin, 1770. Характерный обитатель сухостепной и полупустынной зоны на севере и востоке края (рис. 1). На запад ранее был известен по единичным находкам в окрестностях г. Георгиевск и Изобильный [6, 7]. В последние годы стал встречаться реже. Отмечено смещение границы ареала на восток. Много ежей обоих видов гибнет под колесами автомобилей на дорогах края.

СЕМЕЙСТВО КРОТОВЫЕ – TALPIDAE

Кавказский крот *Talpa caucasica* Satunin, 1908.

На западе края в типичных биотопах обычен от Предгорного района на юге до Красногвардейского на севере. На восток известен до Ипатовского, Петровского, Александровского и Советского районов (рис. 1). Обитает в лесных массивах, по долинам рек, на лугах, в садах и парках.

СЕМЕЙСТВО ЗЕМЛЕРОЙКОВЫЕ – SORICIDAE

Белобрюхая белозубка *Crocidura leucodon* Hermann, 1780. Немногочисленный вид. Спорадично распространена на большей части края, но чаще встречается в западных более увлажненных районах. На Ставропольской возвышенности населяет как сплошные лесные массивы, так и лесополосы.

Малая белозубка *Crocidura suaveolens* Pallas, 1811. Широко распространенный вид. Населяет разнообразные ландшафты от предгорий до полупустынь на всей территории края. Вовлекается в эпизоотии туляремии, чумы.

Кутора Шелковникова *Neomys teres* Miller, 1908. Обитает по берегам небольших ручьев и рек в лесных массивах западной части края. В коллекции СПЧИ хранится тушка зверька, добытого в пойме р. Кумы у с. Величаевского Левокумского района (рис. 3). Вероятно, населяет долину р. Кумы вплоть до полупустынной зоны.



Рис. 2.

Распространение бурозубки Волнухина *Sorex volnuchini* ■
и бурозубки Радде *S. raddei* ■

Fig. 2. Distribution of *Sorex volnuchini* ■
and *S. raddei* ■ in Stavropol region.

Немногочисленна. Ранее вид назывался *N. schelkovnikovi*. Вовлекается в эпизоотии туляремии.

Кавказская бурозубка *Sorex satunini* Ognev, 1922. Ранее рассматривалась в составе вида обыкновенная бурозубка *S. araneus*. В ряде литературных источников упоминалась под названием *S. caucasicus*, что не верно. На территории края кавказская бурозубка обитает в лесостепной зоне. В последние годы отмечено расселение вида в северном направлении. Если ранее вид был известен к северу до Ставрополя, то недавно найден нами гораздо севернее (в лесополосах Красногвардейского района) на границе с Калмыкией и Ростовской областью. В 2020 г. найдена в лесополосах степной зоны (Ипатовский район). По руслам рек и каналов проникает в полупустыни Терско-Кумского междуречья. Неоднократно отлавливалась в окрестностях с. Иргаклы Степновского района (рис. 3).

Бурозубка Волнухина *Sorex volnuchini* Ognev, 1922. Населяет западные и центральные районы края (рис. 2). Границы ареала схожи с таковыми предыдущего вида, но в отлогах бурозубка Волнухина встречается сравнительно чаще. Ранее рассматривалась в составе вида малая бурозубка *S. minutus*. Установлено участие в циркуляции возбудителя ГЛПС.

Бурозубка Радде *Sorex raddei* Satunin, 1895. Из всех землероек края имеет наименьший ареал. Населяет лесные биотопы в предгорной части края (рис. 2).

ОТРЯД РУКОКРЫЛЫЕ – CHIROPTERA

СЕМЕЙСТВО ПОДКОВОНОСОВЫЕ –

RHINOLOPHIDAE

Большой подковонос *Rhinolophus ferrumequinum* Schreber, 1774. Обитает в предгорной части края (рис. 4), где населяет пещеры, гроты и штольни [7]. В настоящее время численность неизвестна. Ранее в пещерах Пятигорья по данным Верещагина [8] был обычным видов.

Малый подковонос *Rhinolophus hipposideros* Borkhausen, 1797. Известен по находкам в пещерах и штольнях окрестностей Пятигорска и Кисловодска [8, 9] (рис. 4).



Рис. 3.

Распространение кавказской бурозубки
Sorex satunini ■
и кутуры Шелковникова *Neomys teres* ■
в Ставропольском крае.

Fig. 3. Distribution of *Sorex satunini* ■
and *Neomys teres* ■ in Stavropol region

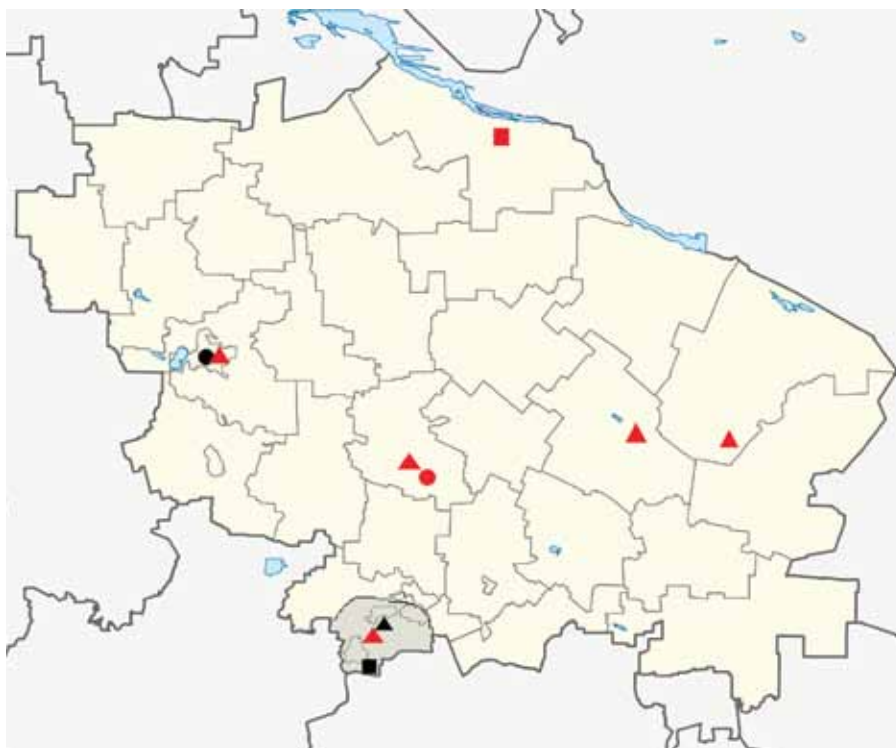


Рис. 4.

Распространение и точки находок рукокрылых в Ставропольском крае: большой *Rhinolophus ferrumequinum* ■

и малый подковоносы *R. hipposideros* ■,

остроухая ночница *Myotis blythii* ▲,

трехцветная ночница *M. emarginatus* ▲,

длинноухая ночница *M. bechsteini* ●,

Степная ночница *M. davidii* ●,

бурый ушан *Plecotus auritus* ▲,

горный ушан *P. macrobullaris* ■,

европейская широкоушка *Barbastella barbastellus* ▲,

гигантская вечерница *Nyctalus lasiopterus* ●,

лесной нетопырь *Pipistrellus nathusii* ■,

широкоухий складчатогуб *Tadarida teniotis* ■

Fig. 4. Distribution of *Rhinolophus ferrumequinum* ■, *R. hipposideros* ■, *Myotis blythii* ▲, *M. emarginatus* ▲, *M. bechsteini* ●, *M. davidii* ●, *Plecotus auritus* ▲, *P. macrobullaris* ■, *Barbastella barbastellus* ▲, *Nyctalus lasiopterus* ●, *Pipistrellus nathusii* ■, *Tadarida teniotis* ■ in Stavropol' region

СЕМЕЙСТВО ГЛАДКОНОСЫЕ –
VESPERTILIONIDAE**Остроухая ночница *Myotis blythii* Tomes, 1857.**

В Предгорном районе известна по находкам в г. Ессентуки и Пятигорске (рис. 4). Найдена также в г. Ставрополе, в верховьях р. То-музловка и на восток до среднего течения р. Кумы [9, 10]. Поселяется как в пещерах, так и на чердаках строений. Внесена в Красную книгу России.

Ночница Наттерера *Myotis nattereri* Kuhl, 1817. Обитает на Ставропольской возвышенности [10]. Помимо этого, эта ночница отлавливалась в Кировском (с. Советское) и Петровском (г. Светлоград) районах [9].

Трехцветная ночница *Myotis emarginatus* E. Geoffroy, 1806. Редкий краснокнижный вид. Известна по одной находке в г. Пятигорске, где добыты 4 особи [8] (рис. 4).

Длинноухая ночница *Myotis bechsteini* Kuhl, 1817. Редкий вид, несколько раз отмеченный только в г. Ставрополе [9] (рис. 4).

Усатая ночница *Myotis mystacinus* Kuhl, 1817. Известна по находкам в г. Ставрополе [10, 11, 12].

Степная ночница *Myotis davidii* Peters, 1869. По данным Кожуриной [10] широко населяет территорию Предкавказья, в том числе и Ставропольский край (рис. 4). Этот вид долгое время рассматривался в составе вида усатая ночница *M. mystacinus*.

Бурый ушан *Plecotus auritus* Linnaeus, 1758. Обитает в Предгорном районе (рис. 4). Найден в районе г. Пятигорск [9].

Горный ушан *Plecotus macrobullaris* Kuzyakin, 1965. Населяет среднегорья Кавказа. В регион заходит край ареала (рис. 4). По единичным находкам приводится для окрестностей г. Кисловодска [13]. До недавнего времени горного ушана рассматривали в рамках вида серый ушан *P. austriacus*.

Европейская широкоушка *Barbastella barbastellus* Schreber, 1774. Обитает только в Предгорном районе (рис. 4). Известна по сборам Темботова [6] из окрестностей г. Пятигорска.

Рыжая вечерница *Nyctalus noctula* Schreber, 1774. Обычный и широко распространенный вид. Селится обычно в населенных пунктах [9].

Гигантская вечерница *Nyctalus lasiopterus* Schreber, 1780. Редкий краснокнижный вид. Однажды была добыта в г. Ставрополе [14] (рис. 4).

Лесной нетопырь *Pipistrellus nathusii* Keiserling et Blasius, 1839. Единственное упоминание о находке этого вида есть в работе Стрелкова и Ильина [12]. Лесной нетопырь отловлен в с. Вознесенском Апанасенковского района (рис. 4).

Нетопырь-карлик *Pipistrellus pipistrellus* Schreber, 1774. Синантропный вид. Зверьки отлавливались в г. Пятигорске и Ставрополе [9, 15]. Нетопырь-карлик – двойник малого нетопыря *P. pygmaeus*, обитание которого известно в прилежащих регионах (Краснодарский край, Ростовская область, Дагестан, Чечня). Возможно нахождение и на территории Ставропольского края

Средиземноморский нетопырь *Pipistrellus kuhlii* Kuhl, 1817. Синантропный вид. Известен по находкам в Апанасенковском (Дивное, Рагули, Апанасенковское, Дербетовка) и Туркменском районах (Красный Маныч) [9, 12]. В 2020 г. найден нами в г. Ставрополь.

Двухцветный кожан *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758. Обнаружен в г. Ставрополь, с. Дербетовка (Апанасенковский р-н), с. Подлесное (Труновский р-н) [2, 9, 12, 16].

Поздний кожан *Eptesicus serotinus* Schreber, 1774. Широко распространен в западном и центральном Предкавказье на восток до г. Буденновск и пос. Левокумский [12]. Известны находки из Пятигорска, Ставрополя, верховьев р. Томузловки, Староизобильного, х. Сухой, Смыков [2, 9, 16].

СЕМЕЙСТВО БУЛЬДОГОВЫЕ – MOLOSSIDAE

Широкоухий складчатогуб *Tadarida teniotis* Rafinesque, 1814. Одного самца в июле 1949 г. нашли в ущелье р. Березовая южнее г. Кисловодск [17]. Традиционно эту находку относят к территории Ставропольского края, хотя возможно, что зверька добыли в Карачаево-Черкесии (рис. 4).

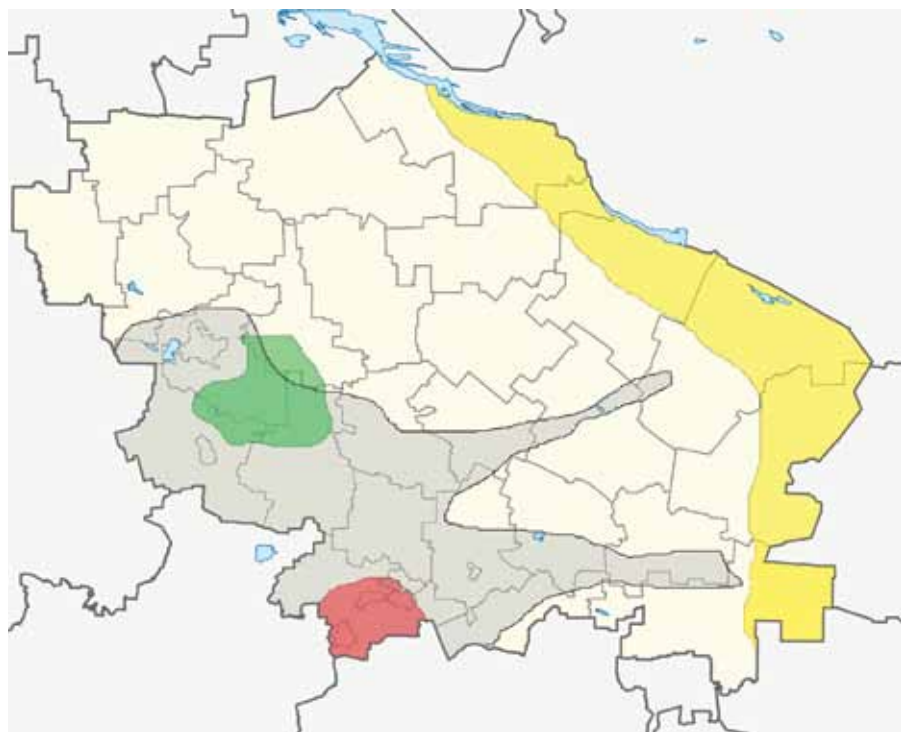


Рис. 5.

Распространение обыкновенной
 белки *Sciurus vulgaris* ■,
 малого суслика *Spermophilus pygmaeus* ■,
 байбака *Marmota bobac* ■
 и полчка *Glis glis* ■ в Ставропольском крае.
 Fig. 5. Distribution of *Sciurus vulgaris* ■,
Spermophilus pygmaeus ■,
Marmota bobac ■
 and *Glis glis* ■ in Stavropol region

ОТРЯД ЗАЙЦЕОБРАЗНЫЕ – LAGOMORPHA

СЕМЕЙСТВО ЗАЙЦЕВЫЕ – LEPORIDAE

Заяц русак *Lepus europaeus* Pallas, 1778. Обычный вид. Обитает практически по всей территории края. Заселяет самые разнообразные биотопы, но наиболее обычен в степной и полупустынной зоне. Играет важную роль в циркуляции возбудителя туляремии и КГЛ.

ОТРЯД ГРЫЗУНЫ – RODENTIA

СЕМЕЙСТВО БЕЛИЧЬИ – SCIURIDAE

Обыкновенная белка *Sciurus vulgaris* Linnaeus, 1758. Вид вселенец. После акклиматизации в Тебердинском заповеднике в 1937 г. белка стала активно расселяться за его пределы. В настоящее время широко распространена в лесах Северного Кавказа (за исключением восточной его части). В Ставропольском крае белка обычна в Предгорном районе. Севернее заселяет лесные массивы Ставропольской возвышенности вплоть до окрестностей г. Ставрополь (в том числе обычна и в черте города). На восток известна до Александровского района. По пойменным лесам р. Кумы доходит до Буденновского и Левокумского районов (рис. 5).

Малый суслик *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1779. Ранее широко населял территорию края, но в результате тотальной распашки степи, численность и ареал сильно сократились. В настоящее время населяет плотнотрунговые целинные участки (в основном в окрестностях населенных пунктов и животноводческих стоянок) на востоке и северо-востоке края (Апанасенковский, Туркменский, Арзгирский, Левокумский, Нефтекумский и Курский районы) (рис. 5). Разрозненные поселения местами сохранились и по балкам на Ставропольской возвышенности. Основной носитель чумы. Известен также как носитель возбудителя туляремии.

Байбак *Marmota bobac* Muller, 1776. Акклиматизированный вид. В настоящее время обитает на Ставропольской возвышенности в пределах 4 районов (Андроповский, Грачевский, Шпаковский, Кочубеевский) (рис. 5). Населяет целинные степные участки по склонам оврагов и балок. Численность постепенно увеличивается и в настоящее время ведется ограниченный промысел.

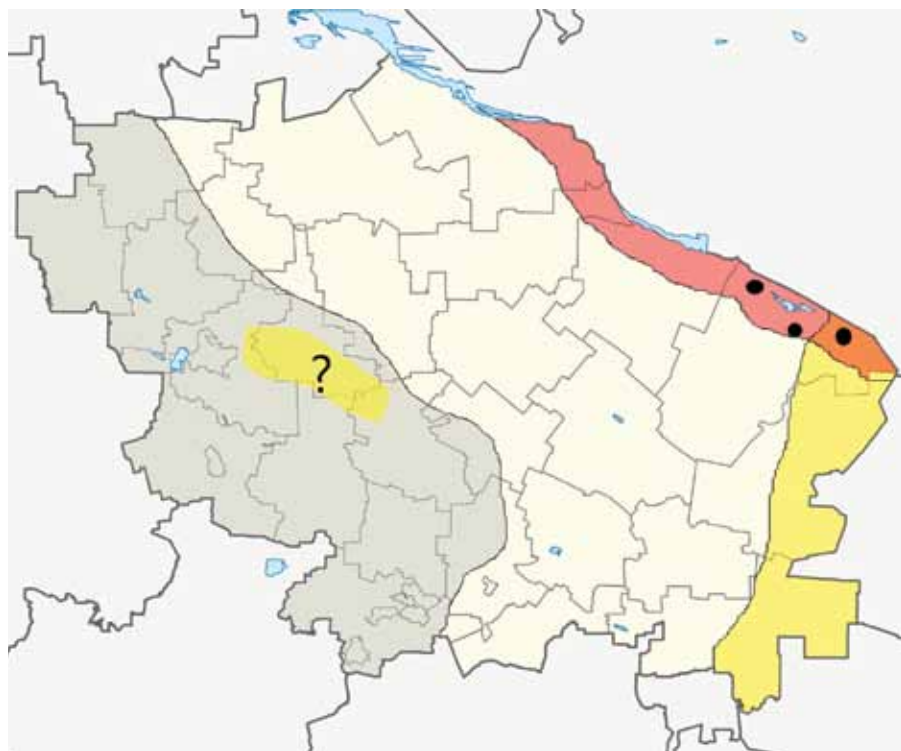


Рис. 6.

Распространение мышовки Штранда *Sicista strandi* ■, степная мышовки *S. subtilis* ■, малого тушканчика *Allactaga elater* ■ и обыкновенного емуранчика *Stylodipus telum* • в Ставропольском крае.

Fig. 6. Distribution *Sicista strandi* ■, *S. subtilis* ■, *Allactaga elater* ■ and *Stylodipus telum* • in Stavropol region.

СЕМЕЙСТВО СОНЕВЫЕ – GLIRIDAE

Полчок *Glis glis* Linnaeus, 1766. Редкий вид. Населяет широколиственные леса с преобладанием бука, дуба и фруктовых деревьев. Эта соня известна только с территории Предгорного района, где добыта в буковом лесу на г. Бештау [6] (рис. 5).

Лесная соня *Dryomys nitedula* Pallas, 1778. Широко населяет территорию края от лесостепных районов на западе до сухих степей и полупустынь на востоке. Пластичный вид. Заселяет как естественные, так и искусственные лесные массивы, кустарниковые заросли и садовые участки в западной части края (обычна на Ставропольской возвышенности). В степной и полупустынной зоне края поселяется в лесополосах, пойменных лесных массивах, тростниковых зарослях (известны находки из Апанасенковского, Ипатовского, Буденовского, Новоселицкого, Курского, Степновского районов). Часто отлавливалась в песках Курского района.

СЕМЕЙСТВО МЫШОВКОВЫЕ – SMINTHIDAE

Степная мышовка *Sicista subtilis* Pallas, 1773. Редкий вид. Тяготеет к злаково-разнотравным степям, залежам и остепненным пескам. Известна по находкам в Шпаковском, Грачевском и Александровском и районах [18, 19, 20]. В последние годы наиболее часто встречается в Терских песках Курского района. Единичные зверьки отлавливались также в Степновском, Нефтекумском и Левокумском районах (рис. 6).

Мышовка Штранда *Sicista strandi* Formosov, 1931. Населяет преимущественно древесно-кустарниковые биотопы, в том числе поλεзащитные лесополосы на Ставропольской возвышенности и в предгорьях Ставропольского края (рис. 6). Мышовки этого вида известны по отловам из Красногвардейского, Шпаковского, Грачевского, Петровского, Александровского, Новоселицкого, Минераловодского и Предгорного районов [18, 19, 20]. Вид-двойник лесной мышовки *S. betulina*, в рамках которой ранее и рассматривалась.

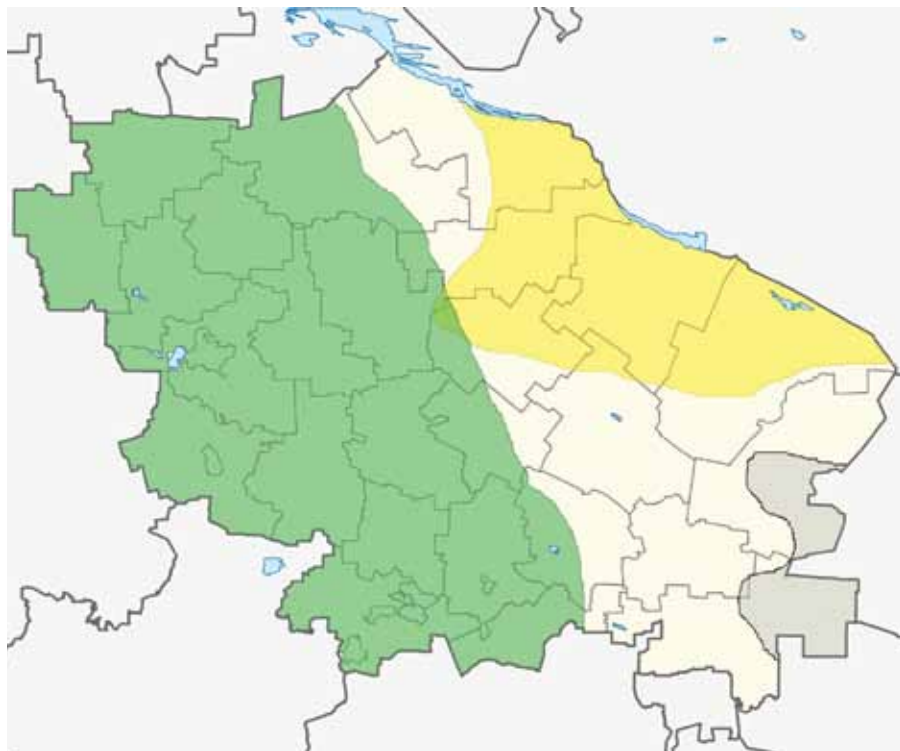


Рис. 7.

Распространение обыкновенного *Spalax microphthalmus* ■, и гигантского слепышей *S. giganteus* ■, тарбаганчика *Pygeretmus pumilio* ■ и мохноногого тушканчика *Dipus sagitta* ■ в Ставропольском крае.

Fig. 7. Distribution *Spalax microphthalmus* ■ and *S. giganteus* ■, *Pygeretmus pumilio* ■ and *Dipus sagitta* ■ in Stavropol region

СЕМЕЙСТВО ТРЕХПАЛЫЕ ТУШКАНЧИКИ – DIPODIDAE

Мохноногий тушканчик *Dipus sagitta* Pallas, 1773. Распространен на крайнем востоке края в пределах Терского и Бажиганского песчаных массивов. Этот тушканчик тесно связан с участками незакрепленных или слабо закрепленных песков, сохранившимся в Нефтекумском, Степновском и Курском районах (рис. 7). По наблюдениям в Курском районе вид встречается довольно часто.

Обыкновенный емуранчик *Stylodipus telum* Lichtenstein, 1823. Обитает в восточной части региона (рис. 6). Современное состояние численности неизвестно. В последние годы вид в уловах отсутствует. Заселяет широкий спектр местообитаний, но предпочитает селиться на супесчаных почвах с полынно-злаковыми ассоциациями.

СЕМЕЙСТВО ПЯТИПАЛЫЕ ТУШКАНЧИКИ – ALLACTAGIDAE

Большой тушканчик *Allactaga major* Kerr, 1792. Самый обычный и широко распространенный вид тушканчиков. Населяет значительную часть территории Ставропольского края, но наиболее обычен большой тушканчик в степной и полупустынной зоне (Апанасенковский, Ипатовский, Арзгирский, Туркменский районы). Предпочитает целинные участки с твердой почвой и разреженным травянистым покровом. Избегает песчаных местообитаний. Ранее использовалось название *A. jaculus*.

Малый тушканчик *Allactaga elater* Lichtenstein, 1825. Обитает на плотногогрунтовых сухостепных участках с редкой растительностью в пределах Кумо-Манычской впадины (рис. 6).

Тарбаганчик *Pygeretmus pumilio* Kerr, 1792. Населяет участки с разреженной растительностью на глинистых почвах в северных и восточных районах края (Кумо-Манычская впадина). На запад известен по находкам из Петровского и Благодарненского районов [21] (рис. 7). Ранее был известен под видовым названием *P. acontion*.

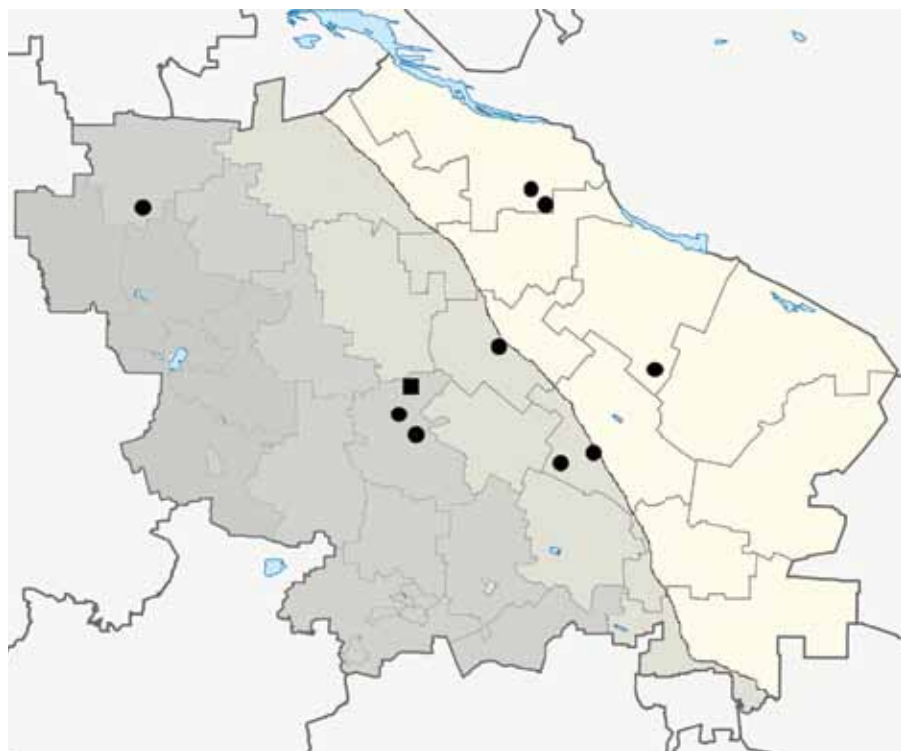


Рис. 8.

Распространение и точки находок обыкновенного *Cricetus cricetus* ■ и предкавказского хомяков *Mesocricetus raddei* ●, степной пеструшки *Lagurus lagurus* ■ в Ставропольском крае.

Fig. 8. Distribution *Cricetus cricetus* ■, *Mesocricetus raddei* ●, *Lagurus lagurus* ■ in Stavropol region.

СЕМЕЙСТВО СЛЕПЫШОВЫЕ – SPALACIDAE

Гигантский слепыш *Spalax giganteus* Nehring, 1898. Обитает на востоке края в пределах Нефтекумского, Курского и Степновского районов (рис. 7). Наиболее часто встречается в различного типа увлажненных песках и прилегающих территориях с супесчаными почвами, где придерживается озерных котловин и относительно увлажненных понижений рельефа, межбарханных понижений, различных лесонасаждений. В типичных местообитаниях обычен [22].

Обыкновенный слепыш *Spalax microphthalmus* Guldenstaedt, 1770. Обитатель степной и лесостепной зоны западной части края. На восток доходит до Ипатовского, Туркменского и Благодарненского районов. В последние годы следы жизнедеятельности отмечены в Новоселицком, Кировском и Советском районах (рис. 7). В результате тотальной распашки степей численность и ареал значительно сократились, но все еще обычен на не возделываемых участках по Ставропольской возвышенности и в Предгорном районе.

СЕМЕЙСТВО ХОМЯКОВЫЕ – CRICETIDAE

Предкавказский хомяк *Mesocricetus raddei* Nehring, 1894. Обитает на большей части края, но более обычен в лесостепных районах Ставропольской возвышенности [21, 23]. На восток известен по находкам их Апанасенковского, Арзгирского и Буденовского районов (рис. 8). Населяет злаково-разнотравные степи, лесополосы, сельскохозяйственные угодья. Отмечена тенденция к снижению численности. Вовлекается в эпизоотии туляремии.

Обыкновенный хомяк *Cricetus cricetus* Linnaeus, 1758. Широко распространен в западных районах края на восток до Ипатовского, Благодарненского и Петровского районов [8, 21]. В 2018 г. отловлен в Курском районе на востоке края (рис. 8). Населяет степные и лесостепные ландшафты. В связи с тотальной антропогенной трансформацией ландшафтов чаще всего встречается в лесополосах у полей и садах. Селится, в том числе и в черте населенных пунктов. Вовлекается в эпизоотии туляремии.

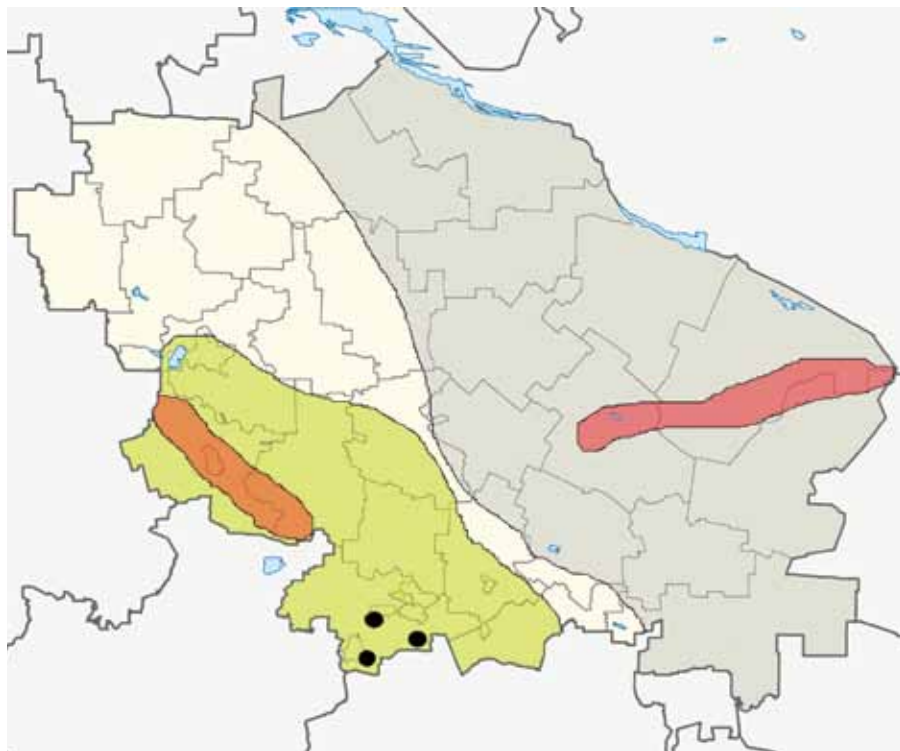


Рис. 9.

Распространение и точки находок обыкновенной слепушонки *Ellobius talpinus* ■, кустарниковой полевки *Microtus majori* ■, водяной полевки *Arvicola amphibius* ■ и гудаурской полевки *Chionomys gud* • в Ставропольском крае.

Fig. 9. Distribution *Ellobius talpinus* ■, *Microtus majori* ■, *Arvicola amphibius* ■ and *Chionomys gud* • in Stavropol region.

Серый хомячок *Cricetulus migratorius* Pallas, 1773. Обычный и широко распространенный вид. Обитает во всех зонах края: от полупустынной на востоке до предгорий лесостепи на западе, занимая самые разнообразные биотопы. Носитель возбудителя туляремии.

Ондатра *Ondatra zibethicus* Linnaeus, 1766. Североамериканский вид, акклиматизированный в Ставропольском крае 1960-70 гг. В настоящее время ондатра обычна и встречается на водоемах практически по всей территории края (в том числе в зоне полупустыни). Населяет различного рода пресноводные водоемы: озера, пруды, водохранилища. Носитель возбудителя туляремии.

Обыкновенная слепушонка *Ellobius talpinus* Pallas, 1770. Характерный обитатель полупустынных ландшафтов северных и восточных районов края. Ранее ареал слепушонки простирался далеко на запад и охватывал большую часть степного Предкавказья. В настоящее время сохранилась в типичных биотопах по Кумо-Манычской впадине и в Терско-Кумском междуречье от Апанасенковского и Ипатовского районов на севере до Курского на юго-востоке. Кое-где изолированные поселения сохранились и в центральных районах края (рис. 9).

Степная пеструшка *Lagurus lagurus* Pallas, 1773. В настоящее время информация об обитании степной пеструшки на территории Ставропольского края отсутствует. Последняя находка (отловлено 4 зверька) сделана в июне 1982 г. на севере Александровского района (рис. 8). Судя по всему, вид здесь вымер также как, и на прилегающей территории Калмыкии и Ростовской области. Хотя в первой половине 20-го века в некоторых районах края (Петровский, Туркменский, Благодарненский, Апанасенковский) степная пеструшка была обычна [21] и составляла значительную долю в населении мышевидных грызунов.

Водяная полевка *Arvicola amphibius* Linnaeus, 1758. Поселения носят ленточный характер, так как приурочены в основном к берегам рек и других водоемов. Относительно часто встречается только в нижнем течении р. Кумы и долине р. Кубань (рис. 9). Ранее вид был известен под названием *A. terrestris*. Носитель возбудителя туляремии.

Гудаурская полевка *Chionomys gud* Satunin, 1909. Эта полевка известна по находкам с г. Развалка и Бештау в Предгорном

районе [6, 8]. Здесь гудаурская полевка обитает в отрыве от основного ареала (рис. 9). Современное состояние популяции неизвестно, но вероятно полевка будет найдена и в других местах Предгорного района, так как на прилегающей территории КЧР и КБР это обычный вид.

Общественная полевка *Microtus socialis* Pallas, 1773. Обитает на большей части края за исключение крайних западных районов. Населяет сухостепные и полупустынные ландшафты. В Терско-Кумском междуречье поселяется в закрепленных барханных песках. Известна как носитель возбудителя туляремии.

Обыкновенная полевка *Microtus arvalis* Pallas, 1778. Детали распространения этого вида не совсем ясны, так как в Ставропольском крае помимо собственно обыкновенной полевки установлено обитание ее вида двойника – восточноевропейской полевки *Microtus rossiaemeridionalis*. Серые полевки подрода *Microtus* широко населяет территорию края, но на востоке региона редки и распространены мозаично. Обитает в самых разнообразных биотопах: целинные участки разнотравно-злаковых и луговых степей, лесополосы, кустарниковые заросли, поймы рек, окраины полей, сады. В сухостепную и полупустынную зону проникает по интразональным биотопам и орошаемым полям. Достоверно (доказано кариотипированием) обыкновенная полевка известна из Предгорного (окрестности г. Пятигорск и Ессентуки), Грачевского (Сергиевское) и Александровского (Саблинское) районов [24, 25, 26]. Основной носитель возбудителя туляремии.

Восточноевропейская полевка *Microtus rossiaemeridionalis* Ognev, 1924. Вид-двойник обыкновенной полевки, от которой по внешним признакам практически неотличима. Достоверно отличаются только по кариотипу. В Ставропольском крае найдена в окрестностях г. Ипатово [24, 25].

Кустарниковая полевка *Microtus majori* Thomas, 1906. Населяет западные лесостепные районы края. Распространение пятнистое и связано с различного рода лесными массивами. На Ставропольской возвышенности населяет леса в окрестностях г. Ставрополь, обитает на г. Стрижамент, в лесных массивах Александровского, Георгиевского и Предгорного районов (рис. 9).

СЕМЕЙСТВО МЫШИНЫЕ – MURIDAE

Мышь-малютка *Micromys minutus* Pallas, 1771.

Спорадически распространена на большей части края (рис. 10), но на востоке редка и заселяет в основном интразональные биотопы. Чаще встречается в западной части края, где населяет высокотравные участки по окраинам лесополос, кустарниковые заросли. В отловах встречается редко. Вовлекается в эпизоотии туляремии.

Малая лесная мышь *Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811. Фоновый вид грызунов на большей части края. В полупустынной зоне на востоке региона встречается спорадично. Населяет самые разнообразные биотопы: широколиственные леса, кустарниковые заросли, лесополосы, бровки каналов, поля. Часто встречается в черте населенных пунктов, где поселяется, в том числе и в жилых постройках. До недавнего времени систематика лесных мышей Северного Кавказа была весьма запутанной и всех мышей рода *Sylvaemus* рассматривали в рамках рода *Apodemus* и сводили в один вид *A. sylvaticus*. В качестве более распространенных синонимов для малой лесной мыши стоит указать *S. ciscaucasicus*, *S. microps*, *S. microtis*. *Носитель туляремии*.

Степная мышь *Sylvaemus witherbyi* Thomas, 1902. Характерный вид в центральных и восточных районах края, где численно преобладает над малой лесной мышью. Основными местами обитания являются полевые лесополосы. В безлесной местности поселяется по берегам небольших ручьев и бровкам каналов, а также на открытых степных участках. Синонимы: *fulvipectus*, *planicola*, *falzfeini*. *Носитель туляремии*.

Кавказская мышь *Sylvaemus ponticus* Sviridenko, 1936. Обнаружена недавно на юге Курского района в припойменных лесонасаждениях реки Терек (окрестности станиц Стодереvской и Галюгаевской) [27]. В 2020 г. кавказская мышь найдена в лесонасаждениях Кировского района (рис. 10).

Полевая мышь *Apodemus agrarius* Pallas, 1771. Спорадично распространена по всей территории края, но более обычна в западных лесостепных районах. В Предгорном районе и на Ставропольской возвышенности обитает в лесополосах, кустарниковых и тростниковых зарослях, по опушкам лесов. Отлавливалась нами и в глу-

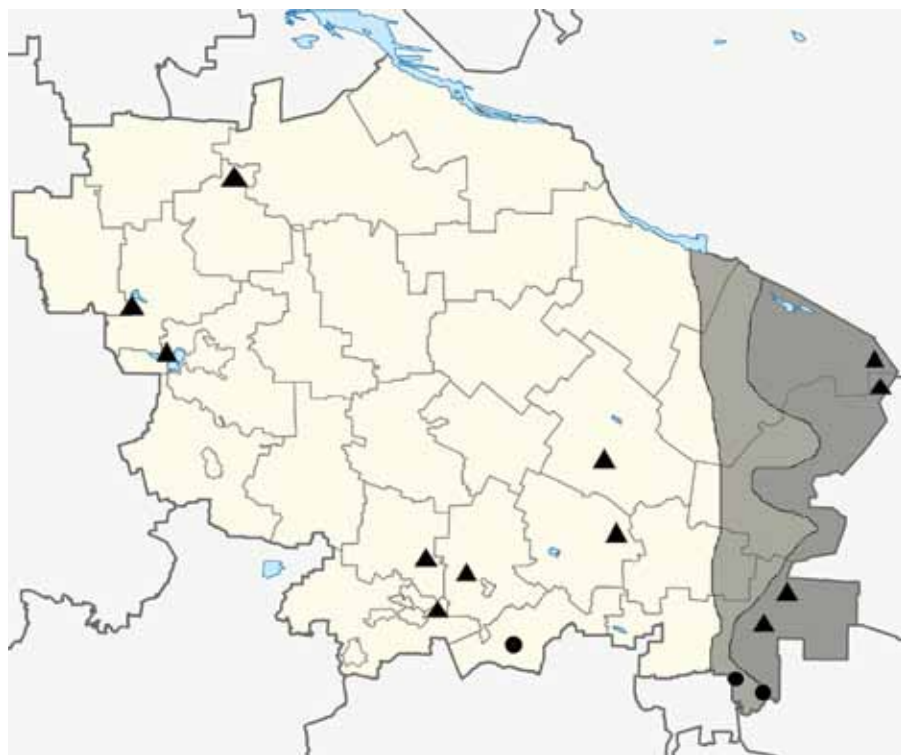


Рис. 10.

Распространение и точки находок тamarисковой *Meriones tamariscinus* ■, и полуденной песчанок *M. meridianus* ■, мыши-малютки *Micromys minutus* ▲ и кавказской мыши *Sylvaemus ponticus* ● в Ставропольском крае.

Fig. 10. Distribution *Meriones tamariscinus* ■ and *M. meridianus* ■, *Micromys minutus* ▲ and *Sylvaemus ponticus* ● in Stavropol region.

бине лесных массивов. На востоке края поселяется в долинах рек. Носитель туляремии.

Домовая мышь *Mus musculus* Linnaeus, 1758. Обитает в населенных пунктах по всей территории края. Часть популяции круглогодично обитает в естественных местообитаниях, населяя самые разнообразные биотопы. Носитель туляремии.

Серая крыса *Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769. Обитает в населенных пунктах по всей территории края. Носитель туляремии.

Тамарисковая песчанка *Meriones tamariscinus* Pallas, 1773. Распространение этой песчанки определяется наличием песчаных массивов на различной стадии зарастания. Чаше встречается в мелкобугристых закрепленных песках, поросших тамариском и джугуном. На востоке края обитает в Нефтекумском, Курском, Степновском, Левокумском и Арзгирском районах (рис. 10). Основной носитель возбудителя чумы.

Полуденная песчанка *Meriones meridianus* Pallas, 1773. Обитает в тех же районах (кроме Арзгирского) что и тамарисковая песчанка, но более стенотопна. Привязана к открытым развееваемым барханам, у основания которых устает свои норы. Западная граница ареала ограничена Терско-Кумским и Кумо-Маньчским каналами (рис. 10). Основной носитель возбудителя чумы.

ОТРЯД ХИЩНЫЕ – CARNIVORA

СЕМЕЙСТВО ПСОВЫЕ – CANIDAE

Шакал *Canis aureus* Linnaeus, 1758. В настоящее время населяет большую часть территории края. Обычен в лесах по Ставропольской возвышенности и в Предгорном районе. Часто встречается также по пойменным лесам р. Кубань и Кума.

Волк *Canis lupus* Linnaeus, 1758. Широко распространен на территории края, но чаще встречается на востоке и северо-востоке региона – в местах с развитым животноводством. При наличии и доступности корма, волк способен селиться в самых разнообразных биотопах: от глухих высокоствольных лесов до бурунов в песчаной полупустыне.

Енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834. Акклиматизированный вид. Первые звери начали встречаться на тер-

ритории края в 1950-е годы. Сейчас населяет большую часть региона. Поселяется в тростниковых зарослях и лесах по долинам рек, побережьям озер. Обычна по берегам водоемов в Кумо-Манычской впадине.

Корсак *Vulpes corsac* Linnaeus, 1768. Населяет нераспаханные степные и полупустынные пространства на востоке и северо-востоке края (рис. 11). Более обычен в районах, прилежащих к Кумо-Манычской впадине. Норы устраивает по оврагам и балкам в степи, в береговых обрывах, бурунах. Численность снижается.

Обыкновенная лисица *Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758. Обычный и широко распространенный вид. Обитает на всей территории края, заселяя самые разнообразные ландшафты.

СЕМЕЙСТВО КУНЫ – MUSTELIDAE

Лесная куница *Martes martes* Linnaeus, 1758. Редкий вид, проникающий на территорию Ставропольского края лишь краем ареала. Имеются немногочисленные данные о ее находках в лесонасаждениях Предгорного района и в пойменных лесах по долине Кубани и Терека [6, 28, 29] (рис. 11). Лишь в одной известной нам работе [23] имеются указания об обитании лесной куницы в лесу на г. Стрижамент, при этом зверь по данным автора многочислен.

Каменная куница *Martes foina* Erxleben, 1777. Встречается на большей части края. Достаточно обычна [30]. В лесостепных районах населяет плакорные и байрачные леса, пойменные лесные массивы по Кубани и Куме, лесополосы. В Предгорном районе населяет лесные массивы по склонам лакколитов. В степной и полупустынной зоне часто поселяется в населенных пунктах.

Европейский барсук *Meles meles* Linnaeus, 1758. Встречается на большей части территории края, но в восточных районах редок и встречается спорадически. Более обычен барсук в лесостепных районах на западе края и в Предгорном районе, где поселяется в различного рода лесных массивах.

Горностай *Mustela erminea* Linnaeus, 1758. На территории края вид обитает в низовьях р. Кума в пределах Левокумского района (рис. 12). Присутствие горностая подтверждено серией шкурок

и тушек, хранящихся в коллекции СПЧИ и Буденновского ПЧО. На остальной части края известны единичные находки.

Ласка *Mustela nivalis* Linnaeus, 1766. Обитает по всей территории края. Населяет самые разнообразные биотопы. В том числе поселяется в населенных пунктах. Достаточно обычный вид.

Европейская норка *Mustela lutreola* Linnaeus, 1761. Ранее была обычна и обитала по долинам рек и ручьев в лесах Ставропольской возвышенности, а также по долинам Калауса, Кумы, Золки, Кубани и Егорлыка [2, 31]. В настоящее время редкий вид.

Степной хорь *Mustela eversmanii* Lesson, 1827. Распространение степного хоря определяется наличием его основного объекта питания – малого суслика. Вслед за исчезновением последнего на большей части Ставропольского края, сократился и ареал хоря. В настоящее время обитает на целинных участках степи и полупустыни в Кумо-Манычской впадине и Терско-Кумском междуречье, где еще обычны песчанки. В других районах края редок.

Американская норка *Neovison vison* Schreber, 1777. Вид вселенец. В последние годы появилась информация о встречах на востоке края в низовьях в. Кумы. Видимо происходит самостоятельное расселение зверьков из низовий р. Волги.

Перевязка *Vormela peregusna* Gldenstdt, 1770. Редкий спорадично распространенный хищник. В последние годы регулярно отмечается только в Терско-Кумском междуречье (Нефтекумский и Курский районы), а также в Шпаковском районе на западе края (рис. 11).

Речная выдра *Lutra lutra* Linnaeus, 1758. Встречается по р. Кубань (Новоалександровский и Кочубеевский районы) и Терек (Курский район). Возможно, обитает в р. Кума [32] и Егорлык. По магистральным каналам иногда проникает в степные районы [29]. В апреле 2018 г. выдра встречена нами у одного из каналов в Красногвардейском районе (рис. 11).

СЕМЕЙСТВО ЕНотовые – PROCYONIDAE

Енот-полоскун *Procyon lotor* Linnaeus, 1758. Вид вселенец. На Ставрополье проник из Краснодарского края, где был удачно акклиматизирован. В настоящее время населяет пойменные

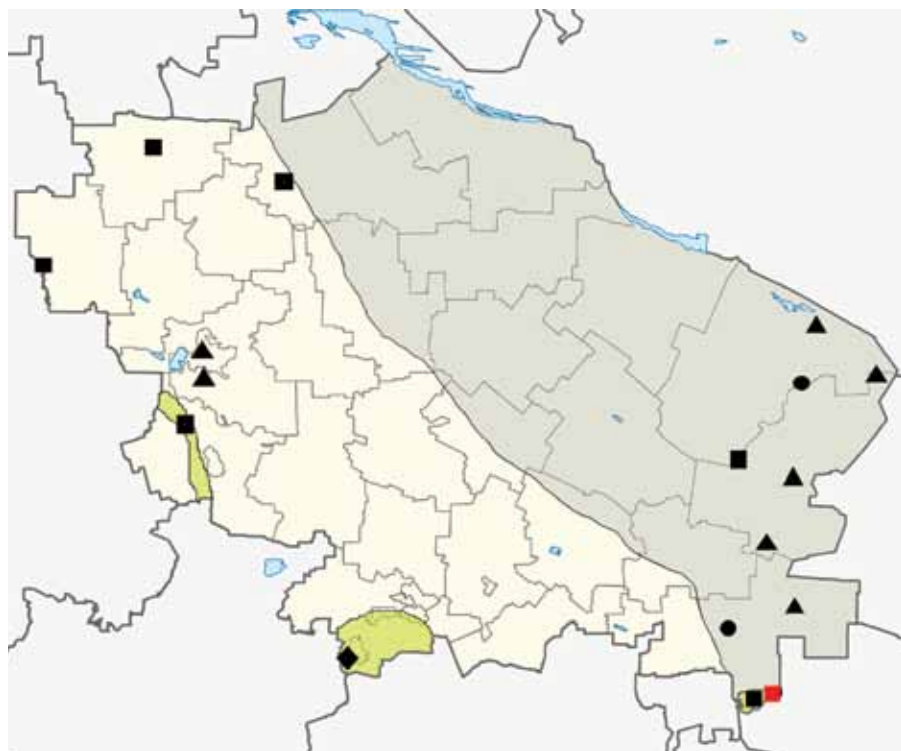


Рис. 11.

Распространение и точки находок корсака *Vulpes corsac* ■, лесной куницы *Martes martes* ■, перевязки *Vormela peregusna* ▲, выдры *Lutra lutra* ■, камышового кота *Felis chaus* ■ и рыси *Lynx lynx* ◆ в Ставропольском крае.
Fig. 11. Distribution *Vulpes corsac* ■, *Martes martes* ■, *Vormela peregusna* ▲, *Lutra lutra* ■, *Felis chaus* ■ and *Lynx lynx* ◆ in Stavropol region.

леса по Кубани в Новоалександровском и Кочубеевском районах, лесные массивы в окрестностях города Ставрополя. Возможно, также обитает в лесах по долине Терека в Курском районе, а также в Предгорном районе. Осенью 2020 г. енот найден нами в Курском районе у с. Эдиссия (рис. 12).

СЕМЕЙСТВО КОШАЧЬИ – FELIDAE

Дикая (лесная) кошка *Felis silvestris* Schreber, 1777. Редкий вид. Населяет широколиственные леса на Ставропольской возвышенности, в Предгорном и Минераловодском районе, а также возможно пойменные леса по Кубани и Куме. Имеются данные, что ранее дикая кошка водилась в низовьях Кумы и Бажиганских песках на востоке края [33]. На прилежащей территории Калмыкии дикая кошка в настоящее время обычный вид и возможно уже проникла на восток Ставрополя.

Камышовый кот *Felis chaus* Schreber, 1777. Очень редкий вид. Достоверные находки с территории края отсутствуют. Возможно, обитает в пойме Терека (Курский район), так как известен на запад по этой реке до г. Моздок [31] (рис. 11). Сообщения о наблюдениях камышового кота в тростниковых и кустарниковых зарослях Нефтекумского и Левокумского районов, очевидно, относятся к предыдущему виду.

Рысь *Lynx lynx* Linnaeus, 1758. В первой половине прошлого века рысь добывалась в лесах в окрестностях города Ставрополя, но ее нахождение здесь объяснялось случайными заходами [6, 31]. В крае постоянно не обитает. Отмечаются единичные заходы из приграничных районов Карачаево-Черкесии [2, 29] (рис. 11).

ОТРЯД ПАРНОКОПЫТНЫЕ – ARTIODACTYLA СЕМЕЙСТВО СВИНЫЕ – SUIDAE

Кабан *Sus scrofa* Linnaeus, 1758. Немногочисленный вид. Населяет многие районы края. На западе поселяется в различного типа лесных массивах, древесно-кустарниковых зарослях по долинам рек, в балках и на склонах гор (Шпаковский, Кочубеевский, Предгорный, Георгиевский). В безлесных районах на востоке края обитает в тростниковых крепях в поймах рек и озер.



Рис. 12. Распространение и точки находок енота-полоскуна *Procyon lotor* , горностая *Mustela erminea*  и пятнистого оленя *Cervus nippon*  в Ставропольском крае.
Fig. 12. Distribution *Procyon lotor* , *Mustela erminea*  and *Cervus nippon*  in Stavropol region.

СЕМЕЙСТВО ОЛЕНИИ – CERVIDAE

Пятнистый олень *Cervus nippon* Temminck, 1838.

В целях акклиматизации завозился в некоторые районы края. Единственная сохранившаяся самовоспроизводящаяся группировка в настоящее время обитает в лесных массивах Александровского района (рис. 12). Численность медленно растет и приближается к 200 особей [34].

Европейский благородный олень *Cervus elaphus* Linnaeus, 1758. По учетным данным последних лет [34] единственная сохранившаяся группа оленей населяет пойменный лес по р. Терек (Курский район). Периодически отмечаются заходы в лесные массивы Предгорного района. Таксономический статус остальных групп оленей, регистрировавшихся в различных районах края сомнителен, так как это могут быть и маралы, которые в настоящее время рассматриваются в рамках другого вида и к тому же содержатся в полувольном состоянии.

Европейская косуля *Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758. Населяла леса Ставропольской возвышенности и Предгорного района, но была уничтожена. В результате не продуманной «реакклиматизации» места бывшего обитания европейской косули в настоящий момент населены близким видом – сибирской косулей *Capreolus pygargus* [35]. Возможно, европейская косуля обитает в южных и юго-восточных районах края.

Сибирская косуля *Capreolus pygargus* Pallas, 1771. Акклиматизированные во второй половине 20 века животные размножились и теперь населяют лесные массивы Предгорного района, Ставропольской возвышенности и долины Кумы [35].

Европейский лось *Alces alces* Linnaeus, 1758. В результате естественного расселения во второй половине 20 века лось заселил западные и центральные районы края. В 1980–1990 гг. прошлого века обитал в Советском, Георгиевском, Ипатовском, Александровском, Новоалександровском районах [36, 37]. В настоящее время это редкий вид. Возможно, сохранился и населяет естественные и искусственные лесонасаждения, а также широкие лесополосы в Ипатовском, Новоалександровском, Красногвардейском и Труновском районах.

СЕМЕЙСТВО ПОЛОРОГИЕ –
BOVIDAE

Сайга *Saiga tatarica* Linnaeus, 1766. Ранее встречался в восточных районах края во время заходов с прилегающей территории Калмыкии. Последние встречи известны в конце XX века. В настоящее время в связи с сокращением численности в основной части ареала, заходы на территорию края прекратились.

Виды, не включенные в список

В некоторых литературных источниках имеется информация о встречах на территории края еще нескольких видов млекопитающих, которых мы не включили в список по причине недостоверности или отсутствия их находок в регионе как таковых [2, 28, 38, 39]. Это не касается видов, с изменившимся таксономическим статусом или приведенных явно ошибочно: обыкновенный еж, обыкновенная и малая бурозубки, длиннохвостая белозубка, обыкновенная кутора, лесная мышовка, лесная и желтогорлая мышь, снеговая полевка.

Малый крот *Talpa levantis* Thomas, 1906. В крае не отмечался. Обитает на сопредельных территориях Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкесии и Краснодарского края.

Малая вечерница *Nyctalus leisleri* Kuhl, 1817. Достоверные находки со Ставропольского края отсутствуют. Зверек известен по встречам на сопредельных территориях Краснодарского края и Карачаево-Черкесии.

Обыкновенный длиннокрыл *Miniopterus schreibersi* Kuhl, 1817. Все находки зверьков сделаны на прилегающей территории Карачаево-Черкесии. В границах Ставропольского края ни разу не отмечался.

Европейский кролик *Oryctolagus cuniculus* Linnaeus, 1758. Акклиматизированные в 1970-х годах в нескольких районах края зверьки к концу 20 века полностью вымерли.

Нутрия *Myocastor coypus* Molina, 1782. Попытка акклиматизации окончилась неудачно, так как животные не приспособлены к холодному климату. В связи с замерзанием водоемов стойких поселений в природе в условиях нашего климата не образуют. В России обитает, вероятно, только на юге Дагестана.

Лесной хорь *Mustela putorius* Linnaeus, 1758. Единственная находка в отрыве от основного ареала и в несвойственном биотопе [6], очевидно, говорит не в пользу естественного происхождения зверька (возможно, сбежал со зверофермы).

Бурый медведь *Ursus arctos* Linnaeus, 1758. Указания на встречи медведей в различных районах края не достоверны, либо относятся к сбежавшим из бродячих цирков животным. Этот зверь не встречается даже в прилежащих районах соседних регионов. В настоящее время вся популяция обитает в горах Большого Кавказа и на равнину животные не спускаются.

Европейская лань *Dama dama* Linnaeus, 1758. Попытка акклиматизации окончилась неудачно. В настоящее время на территории края звери не встречаются.

Выводы

Таким образом, всего на настоящий период на территории Ставропольского края достоверно зарегистрировано 90 видов млекопитающих, относящихся к шести отрядам (насекомоядные – 9 видов, рукокрылые – 19 видов, зайцеобразные – 1 вид, грызуны – 35 видов, хищные – 19 видов и копытные – 7 видов). Дополнительно к списку А.Н. Хохлова [2] нами приводится 9 новых видов (степная ночница, горный ушан, лесной нетопырь, степная мышь, кавказская мышь, восточноевропейская полевка, енот-полоскун, американская норка, сибирская косуля). Восемь видов являются чужеродными для фауны региона (обыкновенная белка, ондатра, байбак, енотовидная собака, енот-полоскун, американская норка, сибирская косуля, пятнистый олень). Их акклиматизация (или самостоятельное расселение из соседних регионов) закончилась успешно, у некоторых видов наблюдается даже расширение ареала, и они прочно укоренились в териофауне края. Для двух видов (европейский кролик и нутрия) акклиматизация закончилась неудачно, и виды исчезли из фауны региона (не включены в список). Некоторые ранее многочисленные и широко распространенные в Ставропольском крае виды (степная пеструшка, европейская косуля, сайгак) уже долгое время не отмечаются в границах края и, вероятно, исчезли. Однако в результате естественных подвижек ареала

возможно ожидать их повторное появление. Устойчивая группировка сайгака с тенденцией к увеличению численности существует на территории прилежащих районов Калмыкии [41]. Положительный тренд популяции в будущем, возможно, будет способствовать расселению сайгака на близлежащие территории и его повторному появлению в Ставропольском крае. Ряд видов хищных, копытных, рукокрылых периодически заходят (залетаю) на территории региона и известны по единичным находкам. Это может быть, как результатом их естественной редкости и обитанием на краю ареала, так и слабой изученностью этих видов.

Библиографический список

1. Цапко Н.В. Иксодовые клещи (Acari, Ixodidae) Северного Кавказа: видовое разнообразие, паразито-хозяйинные отношения // Паразитология. 2017. Т. 51. Вып. 2. С 104–120.
2. Хохлов А.Н. Животный мир Ставрополя. Ставрополь, 2000. 200 с.
3. Павлинов И.Я., Лисовский А.А. Млекопитающие России: систематико-географический справочник. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 604 с.
4. Цапко Н. В. Об унификации названий таксонов носителей и переносчиков особо опасных инфекций // Актуальные проблемы эпидемиологии и профилактической медицины. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора. Ставрополь, 2014. С. 46–48.
5. Кузнецова М.В., Данилкин А.А., Холодова М.В. Филогеография благородного оленя (*Cervus elaphus*): данные анализа полиморфизма митохондриального гена цитохрома В // Известия РАН. 2012. №4. С. 391–398.
6. Темботов А.К. География млекопитающих Северного Кавказа. Нальчик: Эльбрус, 1972. 245 с.
7. Соколов В.Е., Темботов А.К. Млекопитающие Кавказа: Насекомоядные. М.: Наука, 1989. 548 с.
8. Верещагин Н.К. Млекопитающие Кавказа. История формирования фауны. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959. 704 с.
9. Гаранжа Т.А., Долечек Л.Л., Таранушенко А.И. К фауне рукокрылых Ставрополя // Животный мир Предкавказья и сопредельных территорий. Ставрополь: Ставропольский пед. ин-т., 1988. С. 34–42.

10. Кожурина Е.И. Конспект фауны рукокрылых России: систематика и распространение // *Plecotus et al.* 2009. Вып. 11–12. С. 71–105.
11. Стрелков П.П. Места находок *Myotis brandti* Eversmann, 1845 и *Myotis mystacinus* Kuhl, 1819 (Chiroptera, Vespertilionidae) по материалам музеев СССР // *Тр. Зоол. ин-та АН СССР*. 1983. Т. 119. С. 38–42.
12. Стрелков П.П., Ильин В.Ю. Рукокрылые (Chiroptera, Vespertilionidae) юга Среднего и Нижнего Поволжья // *Тр. Зоол. ин-та АН СССР*. 1990. Т. 225. С. 42–167.
13. Газарян С.В. Распространение *Plecotus macrobullaris* Kuzyakin, 1965 на Российском Кавказе // *Позвоночные. Животный мир горных территорий*. Нальчик, 2009. С. 259–263.
14. Резник П.А. О значении летучих мышей (Chiroptera) в борьбе с малярией // *Природа*. 1936. Вып. 10. С. 126–127.
15. Крускоп С.В. К распространению нетопырей комплекса *Pipistrellus pipistrellus* / *pygmaeus* (Chiroptera, Vespertilionidae) в России // *Plecotus et al.* 2007. Вып. 10. С. 36–46.
16. Лабунец Н.Ф., Дегтярева Л.В. О блохах летучих мышей на Северном Кавказе // *Паразитология*. 1985. Т. 19. Вып. 3. С. 177–180.
17. Корнеев О.П., Марисова И.В. Новая находка в СССР широкоухого складчатогуба (*Tadarida teniotis* Rafin.) // *Наук. зап. Киевского ун-та*. 1950. Т. 9. Вып. 6. С. 159–160.
18. Даль С.К., Чугунов Ю.Д. Лесная мышовка в Ставропольском крае // *Труды научно-исследовательского противочумного института Кавказа и Закавказья*. Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 1956. Вып. 1. С. 354–371.
19. Пилипенко В.Г., Щекина Т.А., Голубев П.Д., Тифлова Л.А. О факторах природной очаговости туляремии в зоне интенсивного земледелия Ставропольского края // *Труды научно-исследовательского противочумного института Кавказа и Закавказья*. Ставрополь, 1959. Вып. 2. С. 295–339.
20. Пилипенко В.Г., Щекина Т.А., Тифлова Л.А. О механизме устойчивости природных микроочагов туляремии в связи с проблемой их ликвидации // *Зоологический журнал*. 1965. Т. 44. Вып. 4. С. 494–505.
21. Кистяковский А.Б. Материалы по распространению грызунов в степях Предкавказья // *Борьба с грызунами в степях Предкавказья*. Ростов-на-Дону. 1935. С. 188–195.

22. Цапко Н.В. Гигантский слепыш (*Spalax giganteus*, Rodentia, Spalacidae) в Ставропольском крае: распространение, численность, лимитирующие факторы // Зоологический журнал. 2016. Т. 95. Вып. 7. С. 860–868.
23. Морозова-Турова Л.Г. Материалы по фауне млекопитающих степей Ставропольского края // Бюллетень МОИП. Отд. биологии. М., 1953. Т. 8 (4). С. 3–8.
24. Малыгин В.М. Систематика обыкновенных полевков. М.: Наука, 1983. 207 с.
25. Мейер М.Н., Голенищев Ф.Н., Раджабли С.И., Саблина О.Л. Серые полевки фауны России и сопредельных территорий. СПб.: Изд-во РАН, 1996. 320 с.
26. Баскевич М.И., Малыгин В.М., Окулова Н.М., Сапельников С.Ф., Опарин М.Л., Крысанов Е.Ю., Саварин А.А. Кариотип как маркер популяционно-генетической структуры вида на примере обыкновенных и подземных полевков (*Microtus*, Arvicolinae, Rodentia) из Восточной Европы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2010. Т. 15 (86), Вып. 12. С. 109–117.
27. Ашибоков У.М., Коржов П.Н., Ветошкин А.А., Сурхаев Д.Б., Халидов А.Х., Григорьев М.П. Таксономический состав носителей и переносчиков микроба чумы в пределах ставропольской части Прикаспийского песчаного природного очага чумы: современное состояние // Наука. Инновации. Технологии. 2021. №2. С. 59–72.
28. Федоров С.М. Млекопитающие Ставропольского края // Материалы по изучению Ставропольского края. Ставрополь, 1954. Вып. 6. С. 177–192.
29. Следы каменной куницы. Южный рыболовно-охотничий клуб. [Электронный ресурс] URL: <https://yurok-club.ru/viewtopic.php?f=152&t=11918&p=419471&hilit=%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BD%D0%B0%D1%8F+%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0#p419471> (дата обращения 15.12.2021).
30. Гинеев А.М. К экологии каменной куницы Северо-Кавказского региона // Экология, охрана и воспроизводство животных Ставропольского края и сопредельных территорий: Материалы научно-практической конф., Ставрополь. 1991, С. 69–72.
31. Гептнер В.Г., Наумов Н.П., Юргенсон П.Б., Слудский А.А. Млекопитающие Советского Союза / Т. 2 (1). Морские коровы и хищные. М.: Высшая школа, 1967. 1003 с.

32. Гинеев А.М., Абдурахманов М.Г., Спасская Т.Х., Батхиев А.М., Дубень А.В. и др. К современной численности и распространению некоторых редких и исчезающих млекопитающих Северного Кавказа // Ресурсы животного мира Северного Кавказа. Тез. докл. науч.-практ. конф. Ставрополь, 1988. С. 42–49.
33. Даль С.К. Динамика видового состава группировок млекопитающих Терско-Кумских песков // Материалы по изучению Ставропольского края. Ставрополь. 1954. Вып. 6. С. 193–207.
34. Материалы, обосновывающие лимиты и квоты добычи охотничьих ресурсов на территории Ставропольского края на период с 01 августа 2018 года до 01 августа 2019 года. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mpr26.ru/docs/download.php?ID=7490> (дата обращения 15.12.2021).
35. Звычайная Е.Ю., Плахина Д.А., Данилкин А.А., Холодова М.В., Траутвайн И.Г., Друп А.И. О генофонде ставропольской группировки косули // Вестник охотоведения. 2014. Т. 11, № 1. С. 31–36.
36. Оноприенко Л.Г., Хохлова З.И. Размещение и численность лося на Ставрополье // Ресурсы животного мира Северного Кавказа. Тез. докл. науч.-практ. конф. Ставрополь. 1988. С. 133–135.
37. Гинеев А.М. Лось в Предкавказье // Экология, охрана и воспроизводство животных Ставропольского края и сопредельных территорий: Материалы научно-практической конф. Ставрополь, 1991, С. 73–77.
38. Горовая В.И., Лиховид А.А., Тertyшников М.Ф., Харченко Л.Н. Позвоночные животные Ставрополья. История формирования, современное состояние фауны и населения. Ставрополь: Ставропольсервисшкола, 2002. 224 с.
39. Красная книга Ставропольского края (животные), Т. 2. Ставрополь: Астерикс. 2013. 256 с.
40. Близнюк А.И., Любаева Л.И., Любаев В.Л. Животный мир Калмыкии. Млекопитающие. Элиста Калмыцкое кн. изд-во, 1980. 127 с.
41. Красная книга Республики Калмыкия. Т. 1. Животные. Элиста, 2013. 200 с.

References

1. Tsapko N.V. Ticks (Acari, Ixodidae) of the North Caucasus: species diversity, host-parasite relationships // *Parasitology*. 2017. Vol. 51. Issue. 2. P. 104–120. (In Russ.).
2. Khokhlov A.N. The animal of Stavropol region. Stavropol, 2000. 200 p. (In Russ.).
3. Pavlinov I.Ya., Lisovsky A.A. Mammals of Russia: systematic and geographical reference. Moscow: Association of scientific publications of the CMC, 2012. 604 p. (In Russ.).
4. Tsapko N.V. On the unification of the names of taxa of carriers and vectors of particularly dangerous infections // *Actual problems of epidemiology and preventive medicine. Materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference of young scientists and specialists of Rospotrebnadzor*. Stavropol, 2014. P. 46–48. (In Russ.).
5. Kuznetsova M.V., Danilkin A.A., Kholodova M.V. Phylogeography of the red deer (*Cervus elaphus*): data from the analysis of polymorphism of the mitochondrial cytochrome B gene // *Izvestiya RAS*. 2012. No. 4. P. 391–398. (In Russ.).
6. Tembotov A.K. Geography of mammals of the North Caucasus. Nalchik, "Elbrus", 1972. 245 p. (In Russ.).
7. Sokolov V.E., Tembotov A.K. Mammals of the Caucasus: Insectivores. M.: Nauka, 1989. 548 p. (In Russ.).
8. Vereshchagin N.K. Mammals of the Caucasus. The history of the formation of fauna. M.-L.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1959. 704 p. (In Russ.).
9. Garanzha T.A., Dolechek L.L., Taranushenko A.I. To the bat fauna of Stavropol region // *Animal world of the Pre-Caucasus and adjacent territories*. Stavropol: Stavropol Pedagogical Institute, 1988. P. 34–42. (In Russ.).
10. Kozhurina E.I. Synopsis of the bat fauna of Russia: Taxonomy and distribution // *Plecotus et al*. 2009. Issue 11–12. P. 71–105. (In Russ.).
11. Strelkov P.P. Places of finds of *Myotis brandti* Eversmann, 1845 and *Myotis mystacinus* Kuhl, 1819 (Chiroptera, Vespertilionidae) based on materials of museums of the USSR // *Tr. Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences*. 1983. Vol. 119. P. 38–42. (In Russ.).
12. Strelkov P.P., Ilyin V.Yu. Bats (Chiroptera, Vespertilionidae) of the South of the Middle and Lower Volga region // *Tr. Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences*. 1990. Vol. 225. P. 42–167. (In Russ.).

13. Gazaryan S.V. Distribution of *Plecotus macrobullaris* Kuzyakin, 1965 in the Russian Caucasus // *Vertebrates. Wildlife of mountain territories*. Nalchik, 2009. P. 259-263.
14. Reznik P.A. On the importance of bats (Chiroptera) in the fight against malaria // *Nature*. 1936. Issue 10. P. 126–127. (In Russ.).
15. Kruskop S.V. On the distribution of *Pipistrellus pipistrellus* / *pygmaeus* (Chiroptera, Vespertilionidae) bats in Russia // *Plecotus et al.* 2007. Issue 10. P. 36–46. (In Russ.).
16. Labunets N.F., Degtyareva L.V. About fleas of bats in the North Caucasus // *Parasitology*. 1985. Vol. 19. Issue 3. P. 177–180. (In Russ.).
17. Korneev O.P., Marisova I.V. A new find in the USSR of a wide-eared folded tooth (*Tadarida teniotis* Rafin.) // *Science. zap. Kiev University*. 1950. T. 9. Issue. 6. P. 159–160. (In Russ.).
18. Dal S.K., Chugunov Yu.D. Forest myshovka in the Stavropol Territory // *Proceedings of the Research Anti-Plague Institute of the Caucasus and Transcaucasia*. Stavropol: Stavropol Book Publishing House, 1956. Issue 1. P. 354–371. (In Russ.).
19. Pilipenko V.G., Shchekina T.A., Golubev P.D., Tiflova L.A. On the factors of natural foci of tularemia in the zone of intensive agriculture of the Stavropol Territory // *Proceedings of the Scientific Research Anti-Plague Institute of the Caucasus and Transcaucasia*. Stavropol, 1959. Issue. 2. P. 295–339. (In Russ.).
20. Pilipenko V.G., Shchekina T.A., Tiflova L.A. On the mechanism of stability of natural micro-foci of tularemia in connection with the problem of their elimination // *Zool. journal*. 1965. Vol. 44. Issue 4. P. 494–505. (In Russ.).
21. Kistyakovsky A.B. Materials on the spread of rodents in the steppes of the Pre-Caucasus // *Fighting rodents in the steppes of the Pre-Caucasus*. Rostov-on-Don. 1935. P. 188–195. (In Russ.).
22. Tsapko N.V. Giant blind mole rat (*Spalax giganteus*, Rodentia, Spalacidae) in Stavropol territory: distribution, number, and limiting factors // *Zoological Journal*. 2016. Vol. 95. Issue 7. P. 860–868. (In Russ.).
23. Morozova-Turova L.G. Materials on the mammalian fauna of the steppes of the Stavropol Territory // *Bulletin of the MOIP. Department of Biology*. M., 1953. Vol. 8 (4). P. 3–8. (In Russ.).
24. Malygin V.M. Systematics of common voles. M.: Nauka, 1983. 207 p. (In Russ.).

25. Meyer M.N., Golenishchev F.N., Radzhabli S.I., Sablina O.L. Gray voles of the fauna of Russia and adjacent territories. St. Petersburg: Publishing House of the Russian Academy of Sciences, 1996. 320 p. (In Russ.).
26. Baskevich M.I., Malygin V.M., Okulova N.M., Sapelnikov S.F., Oparin M.L., Krysanov E.Yu., Savarin A.A. Karyotype as a marker of the population-genetic structure of a species on the example of common and underground voles (*Microtus*, *Arvicolinae*, *Rodentia*) from Eastern Europe // Scientific Bulletin of Belgorod state university. Natural sciences. 2010. Vol. 15 (86), Vol. 12. P. 109–117. (In Russ.).
27. Ashibokov U.M., Korzhov P.N., Vetoshkin A.A., Surkhaev D.B., Khalidov A.H., Grigoriev M.P. Taxonomic composition of plague microbe hosts and vectors within the Stavropol area of the Pre-Caspian sandy natural plague focus: current state // Nauka. Innovation. Technologies. 2021. No. 2. P. 59–72. (In Russ.).
28. Fedorov S.M. Mammals of the Stavropol Territory // Materials on the study of the Stavropol Territory. Stavropol, 1954. Issue. 6. P. 177–192. (In Russ.).
29. Traces of a stone marten. Southern Fishing and Hunting Club. [Electronic resource]. URL: <https://yurok-club.ru/viewtopic.php?f=152&t=11918&p=419471&hilit=%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BD%D0%B0%D1%8F+%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0#p419471> (accessed 12/15/2021). (In Russ.).
30. Guineev A.M. On the ecology of the stone marten of the North Caucasus region // Ecology, protection and reproduction of animals of the Stavropol Territory and adjacent territories: Materials of the scientific and practical conference. Stavropol. 1991. P. 69–72. (In Russ.).
31. Heptner V.G., Naumov N.P., Jurgenson P.B., Sludsky A.A. Mammals of the Soviet Union, Vol. 2 (1). Sea cows and carnivores. Moscow: Higher School, 1967. 1003 p. (In Russ.).
32. Guineev A.M., Abdurakhmanov M.G., Spasskaya T.H., Bathiev A.M., Duben A.V., etc. Towards the current abundance and distribution of some rare and endangered mammals of the North Caucasus // Resources of the animal world of the North Caucasus. Tez. dokl. sci.-prakt. conf. Stavropol, 1988. P. 42–49. (In Russ.).
33. Dal S.K. Dynamics of the species composition of mammalian groupings of the Tersko-Kuma sands // Materials on the study

- of the Stavropol Territory. Stavropol. 1954. Issue. 6. P. 193–207. (In Russ.).
34. Materials justifying the limits and quotas of hunting resources extraction on the territory of the Stavropol Territory for the period from August 01, 2018 to August 01, 2019. Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Stavropol Territory. [electronic resource]. URL: <http://www.mpr26.ru/docs/download.php?ID=7490> (accessed 15.12.2021). (In Russ.).
35. Zvychnaya E.Yu., Plakhina D.A., Danilkin A.A., Kholodova M.V., Trautvayn I.G., Drup A.I. About Stavropol roe deer gene pool // Bulletin of hunting studies. 2014. Vol. 11, No. 1. P. 31–36. (In Russ.).
36. Onoprienko L.G., Khokhlova Z.I. Placement and number of moose in Stavropol // Resources of the animal world of the North Caucasus. Tez. dokl. nauch.-prakt. conf. Stavropol. 1988. P. 133–135. (In Russ.).
37. Guineev A.M. Moose in the Pre-Caucasus // Ecology, protection and reproduction of animals of the Stavropol Territory and adjacent territories: Materials of scientific and practical conference. Stavropol, 1991, P. 73–77. (In Russ.).
38. Gorovaya V.I., Likhovid A.A., Tertyshnikov M.F., Kharchenko L.N. Vertebrate animals of Stavropol. The history of formation, the current state of fauna and population. Stavropol: Stavropol Service School, 2002. 224 p. (In Russ.).
39. The Red Book of the Stavropol Territory (animals), Vol. 2. Stavropol: Asterix. 2013. 256 p. (In Russ.).
40. Bliznyuk A.I., Lyubaeva L.I., Lyubaev V.L. The animal world of Kalmykia. Mammals. Elista Kalmyk publishing house, 1980. 127 p. (In Russ.).
41. Red Book of the Republic of Kalmykia. Vol. 1. Animals. Elista. 2013. 200 p. (In Russ.).

**Поступило в редакцию 01.12.2021,
принята к публикации 07.10.2022.**

Об авторах

Цапко Николай Владимирович, кандидат географических наук, биолог лаборатории медицинской паразитологии Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора,

г. Ставрополь, Россия. 89034138667. E-mail: sapko-1982@yandex.ru

Ашибок Умар Мухадинович, кандидат биологических наук, биолог лаборатории медицинской зоологии, Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ставрополь, Россия.

Коржов Петр Николаевич, зоолог, Дагестанская противочумная станция Роспотребнадзора, г. Буденновск, Россия.

Ветошкин Андрей Анатольевич, заведующий зоологическим отделом, Дагестанская противочумная станция Роспотребнадзора; г. Буденновск, Россия

About the authors

Tsapko Nikolay Vladimirovich, candidate of geographical sciences, biologist, laboratory of medical parasitology of the Stavropol plague control research institute of the Rospotrebnadzor. Stavropol, Russia. 89034138667. E-mail: sapko-1982@yandex.ru

Ashibokov Umar Mushadinovich, candidate of biological Sciences, biologist, laboratory of medical Zoology of the Stavropol plague control research institute of the Rospotrebnadzor. Stavropol, Russia.

Korzhov Petr Nikolaevich, zoologist, of Dagestan plague control station of Rospotrebnadzor, Budennovsk, Russia

Vetoshkin Andrey Anatolyevich, head of the Zoological Department, Dagestan plague control station of Rospotrebnadzor, Budennovsk, Russia

1.6.13.
УДК 314.7

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

**Щитова Н.А.,
Белозеров В.С.,
Соловьев И.А.**

Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь,
Россия

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ И ПРОГРАММА
ПОЛИМАСШТАБНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
МИГРАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ
В РОССИИ**

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.4

Введение.

Студенческая иммиграция рассматривается как одна из наиболее активных форм пространственной мобильности молодежи. Главная задача исследования заключается в разработке концептуальных подходов и программы исследования пространственных особенностей иммиграции студентов в России.

Материалы и методы
исследования.

Исследование основано на анализе обширных литературных материалов, раскрывающих основные теоретико-методологические положения анализа образовательных миграций. Установлены их сильные и слабые стороны, доказана необходимость выработки новых подходов, связанных с выявлением пространственных аспектов международной студенческой миграции.

Результаты исследования

и их обсуждение.

На основании ключевых теоретико-методологических положений и выявленных фактов, с учетом собственных предложений и накопленного опыта разработаны концептуальная схема и программа исследования особенностей пространственной дифференциации студенческой миграции в России. В качестве стержневых направлений исследования предложены: выявление пространственно-временных особенностей развития и дифференциации процессов, связанных с иммиграцией иностранных студентов на мировом, страновом и регионально-локальном уровнях; установление позиционных факторов оказывающих влияние на принятие решений при выборе мест получения высшего образования за рубежом; раскрытие внутристранового неравенства в распределении иностранных студентов в зависимости от особенностей отдающих стран и принимающих регионов; обнаружение страновых и региональных моделей адаптационного поведения иностранных студентов. В соответствии с логикой разработанной концепции представлена программа исследования пространственных особенностей иммиграции иностранных студентов в России. Пошаговый алгоритм

программы исследования включает несколько этапов, отражающих характер и содержание основных решаемых задач.

Выводы. Анализ состояния теоретико-методологической базы по проблеме миграции иностранных студентов позволил установить недостаточность проработанности аспектов, связанных с пространственными особенностями их трансформации и, в частности, адаптации иностранных студентов в принимающих странах. Предложенные концептуальные подходы и программа исследования нацелены на ликвидацию выявленных пробелов.

Ключевые слова: концептуальные подходы, программа исследования, иностранные студенты, студенческая иммиграция.

**Shchitova N.A.,
Belozеров V.S.,
Soloviev I.A.** North Caucasus Federal University,
Stavropol,
Russia

Conceptual Approaches and the Program of Polimas-Stability Study of Migration of Foreign Students in Russia

Introduction. Student immigration is considered as one of the most active forms of youth spatial mobility. The main task of the study is to develop conceptual approaches and a program for studying the spatial features of student immigration in Russia.

Materials and research methods. The study is based on the analysis of extensive literature materials that reveal the main theoretical and methodological provisions of the analysis of educational migrations. Their strengths and weaknesses have been established, the need to develop new approaches related to identifying the spatial aspects of international student migration has been proved.

Results of the study and their discussion. Based on the key theoretical and methodological provisions and the revealed facts, taking into account our own proposals and accumulated experience, a conceptual scheme and a program for studying the features of the spatial differentiation of student migration in Russia have been developed. As core areas of research, the following are proposed: identifying spatio-temporal features of development and differentiation of processes associated with the immigration of foreign students at the global, country and regional-local levels; establishing positional factors influencing decision-making when choosing places to receive higher education abroad; disclosure of intra-country inequality in the distribution of foreign students depending on the characteristics of the sending countries and receiving regions; detection of country and regional models of adaptive behavior of foreign students. In accordance with the logic of the developed concept, a program for studying the spatial features of the immigration of foreign students in Russia is presented. The step-by-step

algorithm of the research program includes several stages, reflecting the nature and content of the main tasks to be solved.

Conclusions. An analysis of the state of the theoretical and methodological base on the problem of migration of foreign students made it possible to establish the lack of elaboration of aspects related to the spatial features of their transformation and, in particular, the adaptation of foreign students in host countries. The proposed conceptual approaches and research program are aimed at filling the identified gaps.

Key words: conceptual approaches, research program, foreign students, student immigration.

Введение

Существенное место в росте миграционных потоков XXI в. занимают международные образовательные миграции, под которыми понимаются все виды межгосударственных перемещений, связанные с получением образовательных услуг. Наибольшей миграционной подвижностью среди всех образовательных мигрантов отличаются студенты. В данном исследовании под студенческой иммиграцией понимается прибытие молодых людей в другую страну на длительный срок для получения высшего образования (по программам бакалавриата, магистратуры или аспирантуры) с возможным последующим выбором жизненной траектории за пределами своей страны. Большинство развитых стран мира, принимающих на обучение иностранных студентов, испытывают негативные тренды демографического развития и поэтому рассматривают иностранных студентов как перспективный трудовой ресурс. В современной демографической ситуации РФ также преобладают крайне тревожные тенденции, создающие угрозы ее национальной безопасности – нарастание естественной убыли, высокая смертность мужчин в рабочем возрасте, невысокие показатели продолжительности жизни населения и очень большая разница их у женщин и у мужчин, старение трудовых ресурсов и др. [1; 9; 15]. Одним из важнейших источников преодоления демографического кризиса может стать иммиграция молодых образованных людей, усвоивших основные социокультурные поведенческие нормы.

Россия сравнительно недавно вышла на мировой рынок образовательных услуг, однако заняла в нем свою собственную нишу, что обеспечило довольно стремительный рост иностранных студентов в РФ. Только за четыре года с 2016 по 2021 г. численность инос-

трантных студентов увеличилась с 406 до 633,5 тыс. чел. [19]. Наибольшей привлекательностью российские высшие учебные заведения обладают для молодых людей из, так называемого, ближнего зарубежья – государств бывших советских республик. Очевидно, что едут в Россию учиться молодые люди не из самых обеспеченных слоев, плохо владеющие иностранными европейскими языками. Важными вопросами в связи с этим являются выявление пространственных особенностей распределения студентов по регионам страны, протекания процессов их адаптации и формирования дальнейших миграционных намерений.

В теоретическом плане особенности развития образовательной иммиграции, ход и содержание адаптации и интеграции образовательных мигрантов требуют своего осмысления и углубления. Их связь с процессами глобализации, нарастанием территориальных контрастов во всех сферах жизнедеятельности между странами и регионами, несомненно, являются факторами, влияющими на формирование интеграционных моделей и стратегий. Неопределенность социально-экономических перспектив отдельных регионов, демографическая и этнокультурная асимметрия российского пространства, усиленные кризисными явлениями, будут влиять на миграционную мобильность, выбор моделей миграционного поведения.

Цель данного исследования – разработать концептуальные подходы и программу исследования пространственных особенностей иммиграции студентов в России в целях выработки эффективных мер управления иммиграционными процессами на региональном и локальном уровнях.

Материалы и методы

Информационной базой исследования послужили опубликованные материалы отечественных и зарубежных авторов по проблеме образовательной миграции. Анализируемая проблематика достаточно широко представлена в разнообразных публикациях за последние десять лет. В связи с этим анализ литературных источников был сосредоточен на рассмотрении четырех основных групп проблем.

1. Формирование понятийно-категориального аппарата, раскрытие содержания ключевых понятий исследования.
2. Развитость методологии и методического обеспечения пространственного анализа образовательной миграции.
3. Изученность пространственной неоднородности и контрастности исследуемых процессов на мировом, страновом и регионально-локальном уровнях.
4. Глокализации адаптационно-интеграционных процессов. Соотношение глобальных и локальных факторов, влияющих на адаптацию и интеграцию образовательных мигрантов.

Понятийно-категориальный аппарат образовательной миграции до конца не сформирован. Предлагаются разные трактовки и соотношения понятий «учебная миграция», «образовательная миграция», «студенческая миграция\иммиграция». Отсутствуют термины, позволяющие отражать логику пространственно-временных параметров миграционного процесса. Большинство авторов разделяют понятия «учебная» и «образовательная» миграция. Первый термин более узкий, чем последний, т.к. к учебной миграции относят только потоки, связанные с получением профессионального образования, а к образовательным миграциям, помимо студенческих потоков относят миграцию аспирантов, докторантов, слушателей с образовательными целями (дополнительное образование, курсы, стажировки и др.) [15, с. 123; 23, с. 95]. Исходя из содержания терминов «учебные» и «образовательные» миграции, первые из них, отличаются более длительным сроком миграции, чем последние, т.к. на получение профессионального образования, как правило, требуется несколько лет. Политолог Д.Н. Митин, образовательную и учебную миграции наряду с другими формами пространственных перемещений людей (религиозную, туристическую, этническую и др.) относит к социальной миграции. По географическому признаку разновидностями образовательной миграции является международная и внутригосударственная. По мнению авто-

ра, «международная образовательная миграция представляет перемещения людей между странами с целью получения образования и на различные сроки» [14, с. 123]. Имеются предложения использования наряду с категорией «иностранные студенты» категории «зарубежный студент». По мнению А.С. Зуевой, зарубежный студент – «это студент, получающий высшее образование в стране, в которой не является гражданином» [11, с. 40]. Однако некоторые «зарубежные студенты» к концу обучения приобретают российское гражданство или находятся на пути его получения.

Накоплен некоторый исследовательский опыт выявления особенностей студенческой миграции на различных пространственных уровнях (глобальном, страновом, региональном). На мировом уровне чаще всего анализируется проявления глобализационных процессов и влияние на миграцию разнообразных факторов. Так в исследовании Е.В. Фурсы и Т.М. Роговой делается вывод об усилении интернационализации академической мобильности студентов и тенденций увеличения объемов международной учебной миграции, по сравнению с ростом численности всех студентов в мире, причем отмечается значительное увеличение доли иностранных студентов из стран Азии и Западной Европы. Основными факторами, влияющими на выбор университета иностранными студентами являются язык, на котором ведется обучение; качество образования; стоимость обучения; иммиграционная политика принимающих стран; исторические, культурные и торговые связи между странами; политика, ограничивающая поступление в вузы в странах выхода студентов; академический престиж образовательных учреждений принимающих стран [21]. Экономисты Е.А. Трофимов и Т.И. Трофимова, считают, что учебная миграция – один из наиболее динамично развивающихся видов территориального движения населения. Авторы пришли к выводу, что именно интеллектуальный потенциал государства является главным фактором и ресурсом процветания каждой страны [20]. Аналогичные выводы получены при исследовании образовательной миграции в отдельных странах.

Особый интерес представляют исследования, посвященные развитию образовательных миграций в России. В ряде работ рас-

смаатриваются проблемы, связанные с интернационализацией российского образования. Например, отмечается, что «в настоящее время мало возможностей и низкая заинтересованность в академической мобильности научно-преподавательского состава региональных российских вузов. Необходимы специальные программы академической мобильности, ориентированные на ученых и преподавателей региональных вузов России [17]. В монографии А.Л. Арефьева и Ф.Э. Шереги проводятся сопоставления вклада экспорта высшего образования в национальную экономику России с некоторыми развитыми странами (США, Канадой, Великобританией и Австралией). Проанализировав динамику темпов прироста иностранных студентов, авторы пришли к выводу, что в обозримом будущем российские вузы не смогут занять лидирующие позиции на международном рынке образовательных услуг. Самыми престижными вузами России они назвали МГУ и СПбГУ. Негативным фактором, влияющим на узнаваемость российских вузов, по мнению авторов, является частая смена названий [3]. В статье Д.Н. Митина, говорится о необходимости разработки государственной программы стимулирования учебной миграции в Россию [14].

Регионально-локальный уровень в российских публикациях представлен фрагментарно. Исследуя учебные миграции в регионах Сибири и Дальнего Востока, Е.А. Трофимов и Т.И. Трофимова пришли к выводу о недостаточной развитости здесь системы информационных, правовых, консультационных и других сервисов [20]. В исследовании А.В. Рябиченко и Т.Ю. Кузнецовой говорится о том, что российские вузы Северо-Запада с трудом включаются в процесс интернационализации высшей школы. Наиболее активны в этом направлении университеты Санкт-Петербурга и некоторых других регионов, имеющих длительный опыт международного сотрудничества (Калининград, Мурманск, Петрозаводск, Архангельск). Большинство вузов этого федерального округа не рассматривают расширение границ научно-образовательного пространства университета как фактор его успешного развития, что, безусловно, снижает их конкурентоспособность на современном рынке образовательных услуг [16]. В исследовании Хаджаева З.Ф. подчеркивается необходимость акцентировать внимание руководства универ-

ситетов на разработку мер, направленных на успешную социокультурную адаптацию иностранных студентов [22].

Необходимо обратить внимание на развитость методологии конкретных эмпирических исследований, в которых используется широкая палитра разнообразных методов и информационных источников. Заметно проявляется инновация в использовании новых источников информации, новейших исследовательских методик и технологий. В работе Н.К. Габдрахманова и Т.С. Бабкиной, на основе анализа цифровых следов выпускников в социальной сети «ВКонтакте» разработана карта студенческих миграций [10]. В исследовании А.В. Рябиченко и Т.Ю. Кузнецова на основе информации официальных сайтов высших учебных заведений СЗФО РФ, Швеции и Финляндии представлены карты партнерские связей данных университетов [16]. На основе гравитационной модели рассматриваются студенческая миграция в Грузии [25].

Таким образом, следует отметить, что исследования образовательной миграции характеризуются мультидисциплинарностью и множественностью подходов с явным преобладанием гуманитарных (экономических, социологических, культурологических) аспектов. Наиболее хорошо проработаны вопросы, связанные с выявлением тенденций и факторов образовательной миграции [6; 18]. Вместе с тем, следует отметить превалирование методологии, акцентирующей внимание на мировых или общестрановых факторах и феноменах, и практическое отсутствие кросс-страновых или кросс-региональных исследований, позволяющих выявить степень пространственной неоднородности и контрастности исследуемых процессов. Недостаточно изучены пространственные особенности поведения, адаптации и интеграции иностранных студентов в принимающих странах. Чаще всего анализ выполняется либо на примере адаптации студентов из одной страны (китайских студентов в России Арефьева А.Л. (2010); афганских студентов Г.А. Краснова, Г.А. Арефьева (2021); либо одного университета (Ваулина Т. А., Сахарова К. Н. (2015), пример Томского университета и др.) [2; 4; 5; 7; 8; 12; 13; 24]. Вместе с тем, нет работ, выполняющих сравнительный анализ моделей и стратегий адаптивного поведения студентов из разных стран в разных регионах и вузах страны.

Результаты и их обсуждение

На основе анализа литературных материалов с учетом собственных предложений разработаны концептуальные подходы и программа исследования особенностей пространственной дифференциации студенческой миграции в России.

В ходе исследования необходимо дать ответы на следующие вопросы:

- Каковы современные особенности и тенденции развития российского иммиграционного пространства высшего образования?
- Каковы региональные особенности успешности/неуспешности адаптации иностранных студентов в Российских университетах?
- Каковы перспективы пополнения человеческого капитала России средствами студенческой иммиграции?

Исследование нацелено на решение ряда проблем:

- 1) место России в мировом пространстве высшего образования, динамика, интенсивность, география иммиграционных потоков студентов из разных стран мира в Россию;
- 2) формирование и трансформации российского иммиграционного образовательного пространства;
- 3) неравномерность и факторы распределения иностранных студентов по регионам, городам и вузам России;
- 4) критерии и показатели присутствия иностранных студентов в регионах, городах, вузах России;
- 5) анализ перспектив иммиграции студентов в Россию, оценка иммиграционного потенциала иностранных студентов для устойчивого развития регионов России.

Поиск ответов на поставленные вопросы следует осуществлять с опорой на ряд научно-исследовательских подходов.

1. Опора на современные теории и концепции в изуче-

нии миграционных процессов, адаптации и интеграции мигрантов.

2. Полимасштабный подход предполагает изучение проблем студенческой иммиграции на разных пространственных уровнях (глобальном, страновом, региональном, локальном).
3. Сравнительно-географический подход позволит проводить межрегиональные и межвузовские сопоставления всех параметров, связанных с иностранной студенческой иммиграцией.
4. С помощью факторного подхода будет выявлена роль притягивающих и выталкивающих факторов в формировании у иностранных студентов особенных адаптационных стратегий, моделей миграционного поведения, выбора места постоянного жительства и предложить меры по их корректировке с учетом практической необходимости.
5. Интегративный подход предполагает консолидацию объективных и субъективных источников информации, применение качественных и количественных методов, сочетание возможностей многогранного статистического аппарата и социологического инструментария.
6. Междисциплинарный подход позволит осуществить интеграцию гуманитарных и естественно-научных методик исследования, с учетом концептуально-методологических построений, выработанных в различных научных дисциплинах (социальной географии, миграциологии, социологии, демографии, культурологии).

В пространственном отношении исследование ориентировано на разные пространственные уровни – страновой, макрорегиональный (ФО), региональный, поселенческий (город), локальный (университет). Временные рамки исследования ограничены последними пятью годами.

Для решения поставленных задач требуется сочетание как традиционных (статистических, социологических, географических, картографических) так и инновационных (анализа социальных медиа, геоинформационного моделирования) методов.

Статистические методы позволяют систематизировать данные об объемах и динамике студенческой иммиграции в разные российские вузы в разрезе стран-поставщиков, структуре подготовки студентов, их временной трудовой занятости. Обработка статистики выполняется с помощью методов сводки, группировки и типологии. Статистическая база исследования включает данные Росстата и ведомственной статистики (Министерства науки и образования РФ, университетов).

Решение задачи выявления пространственных особенностей адаптации и интеграции иностранных студентов требует разработки программы широкомасштабного социологического исследования, сочетающего количественные и качественные методы исследования. Сбор информации будет проводиться с помощью массовых анкетных опросов иностранных и российских студентов (в т.ч. в онлайн формате), экспертных интервью с сотрудниками вузов, имеющих непосредственное отношение к обучению иностранных студентов, фокус-групп и нарративные интервью с различными по составу студенческими аудиториями, а также с выпускниками разных лет, интегрированными в российские социумы. Сочетание географических принципов с социологическими технологиями позволит установить пространственные особенности формирования адаптационно-интеграционных моделей, миграционных настроений студентов из разных стран и в разных регионах России. Представляется целесообразным проводить социологические исследования не только в разных регионах, но и в вузах разного типа (столичный; крупный, многопрофильный, федеральный; отраслевой региональный).

Метод анализа официальных документов направлен на выявление специфики национальной, региональной и университетской миграционной политики относительно интеграции иностранных студентов, выявление структурных несоответствий между предложениями российского рынка труда и подготовкой иностр-

ранных студентов, предложить мероприятия по ориентации иностранных студентов на выбор России как страны постоянного места жительства.

Ключевой стратегией пространственного анализа является разработка детальной схемы геоинформационного мониторинга иммиграции иностранных студентов. Методы геоинформационно-картографического моделирования, обеспечивают интеграцию всей информации в виде тематических баз данных их визуализацию и аналитическую интерпретацию, демонстрируя территориальные различия в интенсивности иммиграционных процессов, интеграционной комфортности российских регионов для иностранных студентов, направлениях поствузовской миграции студентов и т.п. Модели изменения центра тяжести иностранной студенческой иммиграции позволят уловить тенденции вовлечения российских регионов в процессы принятия иностранных студентов, динамики зон выхода иммиграционных студенческих потоков и т.п.

Методы анализа социальных медиа (блоги, форумы, группы в социальных сетях, твиты и др.) и университетских сайтов, в т.ч. с применением метода контент-анализа, будут использоваться в качестве дополнительных технологий установления стратегий миграционного поведения, адаптационно-интеграционных моделей.

Необходимым компонентом построения концепции исследования является выдвижение гипотез исследования, среди которых следует выделить пять основных:

1. Под влиянием социально-экономических и геополитических факторов в мировом пространстве привлечения иностранных студентов идут процессы поляризации и секториализации;
2. Поздний выход России на мировой рынок образовательных услуг обусловил специфику географии стран, ее образовательных доноров;
3. Одним из важных факторов пространственной дифференциации российского образовательного пространства является конкуренция по привлечению иностранных студентов;
4. Модели адаптационного поведения иностранных

студентов во многом обусловлены природно-экологическими и этнокультурными параметрами страны выхода;

5. Успешная социокультурная адаптация и интеграция иностранных студентов создает предпосылки для их эмиграции в Россию на ПМЖ.

Разработанные концептуальные подходы позволяют определить основные положения программы исследования.

В связи с междисциплинарностью видения проблем иностранной иммиграции студентов, необходимо четко локализовать собственное исследовательское поле и очертить круг проблем географической направленности.

1. Проведение инвентаризации и анализа исследовательских подходов и выработку собственной позиции к выявлению:
 - пространственно-временных особенностей развития и дифференциации процессов, связанных с иммиграцией иностранных студентов на мировом, страновом и регионально-локальном уровнях;
 - позиционных факторов оказывающих влияние на принятие решений при выборе мест получения высшего образования за рубежом;
 - внутристранового неравенства в распределении иностранных студентов зависимости от особенностей отдающих стран и принимающих регионов;
 - страновых и региональных моделей адаптационного поведения иностранных студентов;
 - ключевых географических факторов, обуславливающих формирование жизненных траекторий после получения высшего образования.
2. Разработка типологии региональных университетов России с акцентом на проводимую ими политику по привлечению и адаптации иностранных студентов, предполагающая:

- анализ эффективности информационного обеспечения;
 - анализ механизмов привлечения иностранных студентов;
 - выявление путей и способов решения проблем включения иностранных студентов в региональную и университетскую среду с учетом их этнокультурных особенностей;
 - составление портретов университетов с активной иммиграционной политикой.
3. Проведение на основе составленной типологии локального исследования с точки зрения рациональности предпринимаемых мер по развитию миграционных связей, усилению политического и культурного российского влияния и привлечения выпускников на региональные рынки труда России.

В соответствии с представленной логикой предлагается пошаговый алгоритм исследования пространственного анализа иммиграции иностранных студентов в России, включающий шесть этапов:

1. Подготовительный. Подразумевает формирование структуры баз данных, подготовку картографической основы. Методика исследования предполагает широкое применение картографических и геоинформационных методов, что, в первую очередь, обусловлено полимасштабностью поставленных задач и необходимостью анализа множества показателей. Автоматизация процессов сбора и систематизации данных, вариативность формы их представления обеспечивается использованием методологии и технологий геоинформационного мониторинга.
2. Инвентаризационный. Включает поиск, верификацию данных об иммиграции иностранных студентов, наполнение баз данных статистическими, со-

циологическими, документально-публикационными и социомедийными материалами. Используются методы качественной социологии, контент-анализа, математической обработки данных.

3. Пространственно-аналитический. Производится анализ данных о состоянии и динамике изменения процессов иностранной иммиграции студентов на разных пространственных уровнях на основе использования картографических и геоинформационных методов.
4. Типологический. С помощью сравнительно-географического, математико-статистического и социально-географического анализа, методов сводки и группировки данных, балльно-рейтинговой оценки выстраиваются типологии стран, регионов и университетов на основе критериев участия в обучении иностранных студентов, разработке мер адаптационно-интеграционной политики; разрабатываются модели адаптационного поведения студентов из разных стран с учетом регионально-локальных особенностей принимающих сообществ.
5. Факторно-аналитический. С помощью корреляционного и регрессионного анализа пространственных данных устанавливаются факторы, влияющие на адаптацию и интеграцию иностранных студентов, выбор выпускниками жизненных траекторий и территорий проживания.
6. Праксиологический. Определение перспектив пополнения трудовых ресурсов РФ посредством привлечения иностранных выпускников из российских вузов, разработка практических рекомендаций по повышению эффективности мер образовательной иммиграционной политики.

Выводы

Проведённый комплексный анализ многочисленных отечественных и зарубежных публикаций по заявленной проблематике был сосредоточен на рассмотрении содержания понятийно-категориального аппарата, методической обеспеченности исследований в области образовательной миграции, изученности пространственных аспектов и факторов образовательной миграции. Несмотря на обширность литературных источников по проблеме образовательной миграции, наиболее слабо проработаны направления, связанные с анализом пространственно-временных трансформаций и выявлением особенностей, обусловленных пространственно-ориентированными факторами. Анализ литературных источников по проблеме образовательных миграций позволил очертить границы собственного исследовательского поля и определить концептуальные подходы и программу пространственного анализа иммиграции студентов России. Концепция выстроена в соответствии с основной целью исследования, содержит постановку основных вопросов, требующих поиска ответов, выдвижение гипотез, определение научных подходов и инструментальной базы исследования. Программа отражает логику исследования и предусматривает выполнение шести основных этапов в соответствии с решаемыми задачами.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-27-00186.

Библиографический список

1. Алексеева Е.Н. Особенности и перспективы образовательной миграции в эпоху глобальных трансформаций // Вестник Московского университета. Социология и политология. 2012. № 4. С. 113–136.
2. Антонова Н.Л., Борзова А.Ю., Булатова Т.А. и др. Образовательная миграция. Школы, вузы, музеи России как агенты адаптации и интеграции. Томск: Национальный ис-

- следовательский Томский государственный университет, 2019. 248 с.
3. Арефьев А.Л., Шереги Ф.Э. Иностранные студенты в российских вузах. Раздел первый: Россия на международном рынке образования. Раздел второй: Формирование контингента иностранных студентов для российских вузов / Министерство образования и науки Российской Федерации. М.: Центр социологических исследований, 2014. 228 с.
 4. Арефьев А.Л. Китайские студенты в России // Высшее образование в России. 2010. № 12. С. 54–66.
 5. Белозеров В.С., Щитова Н.А., Чихичин В.В., Соловьев И.А. Иностранные студенты на Северном Кавказе: региональные различия и проблемы адаптации (на примере Северо-Кавказского федерального университета) // Наука. Инновации. Технологии. 2017. № 4. С. 79–92.
 6. Вартанян А.А. Международная образовательная миграция: региональный аспект // Мировая экономика и международные отношения. 2016. Т. 60. № 2. С. 113–121.
 7. Ваулина Т.А., Сахарова К.Н. Организационные аспекты адаптации иностранных студентов, обучающихся в российском вузе // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 400. С. 267–272.
 8. Витковская М.И., Троцук И.В. Адаптация иностранных студентов к условиям жизни и учебы в России (на примере РУДН) // Вестник РУДН. Серия Социология. 2004. № 6–7. С. 267–283.
 9. Воробьева О.Д., Кулаков В.М., Мкртчян Н.В. Проблемы кадрового обеспечения и экспорт образовательных услуг в Российской Федерации // Проблемы прогнозирования. М.: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2004. С. 109–124.
 10. Габдрахманов Н.К., Бабкина Т.С. Цифровые следы образовательной миграции // Межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов им. Е.В. Арменского. М.: Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ, 2019. С. 87–88.
 11. Зуева А.С. Международная студенческая миграция: основные понятия, риски и перспективы / III Чтения памяти В.Т. Лисовского: Сборник научных трудов под ред. Т.К. Ростовской, М.: Изд-во «Экон-Информ», 2020. С. 39–43.

12. Краснова Г.А., Арефьев А.Л. Афганские студенты в России // Аккредитация в образовании. 2021. №7. С. 39–41.
13. Лучко О.Н., Мухаметдинова С.Х., Патласов О.Ю. Инструментарий когнитивного моделирования в анализе векторной образовательной миграции // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2017. Т. 7. №6. С. 232–248.
14. Митин Д.Н. Образовательная (учебная) миграция: понятие, проблемы и пути решения // Вестник Российского университета дружбы народов. Политология. 2010. №3. С. 123–134.
15. Мичурина Ф.З., Фотина О.В. Тенденции образовательной миграции в составе конструктивных направлений развития высшей школы // Географический вестник. 2019. №2. С. 56–66.
16. Рябиченко А.В., Кузнецова Т.Ю. Университеты Северо-Западного федерального округа в российско-шведском и российско-финском научном сотрудничестве // Балтийский регион. 2012. №3. С. 161–168.
17. Рязанцев С.В., Ростовская Т.К., Скоробогатова В.И., Безвербный В.А. Международная академическая мобильность в России: тенденции, виды, государственное стимулирование // Экономика региона. 2019. Т. 15. №2. С. 420–435.
18. Сафонова М.А. Институционально-исторические основания системы международной студенческой мобильности // Социология науки и технологий, 2012. С. 98–121.
19. Сопнев Н.В., Соловьев И.А. Картографическое обеспечение исследования территориальных особенностей студенческой иммиграции в России // ИнтерКарто. ИнтерГИС, 2022. Т. 28. №2. С. 126–145.
20. Трофимов Е.А., Трофимова Т.И. Особенности учебной миграции в условиях глобализации // Тенденции и проблемы в экономике России: теоретические и практические аспекты. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск: Байкальский государственный университет, 2017. С. 219–224.
21. Фурса Е.В., Рогова Т.М. Международная учебная миграция: тенденции и особенности современного развития // Вопросы регулирования экономики. 2012. Т. 3. №3. С. 42–51.

22. Хаджаев З.Ш. Образовательная иммиграция в Россию: сущность и проблемы адаптации // Миграция как ресурс социально-экономического и демографического развития. Серия Демография. Социология. Экономика. 2019. Т. 5. № 3. С. 380–386.
23. Шпет Е.Н. Учебная миграция студентов вузов и подходы к ее организации // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2014. № 1. С. 94–99.
24. Щитова Н.А., Чихичин В.В. Теоретико-методологические аспекты географического исследования процессов адаптации и интеграции иностранных мигрантов // Наука. Инновации. Технологии. 2016. № 4. С. 225–238
25. Alm J., Winters J.V. Distance and intrastate college student migration // Economics of Education Review. 2009. V. 28. P. 728–738.

References

1. Alekseeva E.N. Peculiarities and prospects of educational migration in the era of global transformations // Bulletin of Moscow University. Sociology and political science. 2012. No. 4. P. 113–136. (In Russ.).
2. Antonova N.L., Borzova A.Yu., Bulatova T.A. etc. Educational migration. Schools, universities, museums of Russia as agents of adaptation and integration. Tomsk: National Research Tomsk State University, 2019. 248 p. (In Russ.).
3. Arefiev A.L., Sheregi F.E. Foreign students in Russian universities. Section one: Russia in the international education market. Section two: Formation of a contingent of foreign students for Russian universities / Ministry of Education and Science of the Russian Federation. M.: Center for Sociological Research, 2014. 228 p. (In Russ.).
4. Arefiev A.L. Chinese students in Russia // Higher education in Russia. 2010. No. 12. P. 54–66. (In Russ.).
5. Belozеров V.S., Shchitova N.A., Chikhichin V.V., Soloviev I.A. Foreign students in the North Caucasus: regional differences and problems of adaptation (on the example of the North Caucasus Federal University) // Science. Innovation. Technology. 2017. No. 4. P. 79–92. (In Russ.).
6. Vartanyan A.A. International educational migration: regional aspect // Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya. 2016. V. 60. No. 2. P. 113–121. (In Russ.).

7. Vaulina T.A., Sakharova K.N. Organizational aspects of the adaptation of foreign students studying at a Russian university // Bulletin of the Tomsk State University. 2015. No. 400. P. 267–272. (In Russ.).
8. Vitkovskaya M.I., Trotsuk I.V. Adaptation of foreign students to the conditions of life and study in Russia (on the example of PFUR) // Bulletin of PFUR. Series Sociology. 2004. No. 6–7. P. 267–283. (In Russ.).
9. Vorob'eva O.D., Kulakov V.M., Mkrtchyan N.V. Problems of staffing and export of educational services in the Russian Federation // Problems of forecasting. Moscow: Institute of National Economic Forecasting RAS, 2004. P. 109–124. (In Russ.).
10. Gabdrakhmanov N.K., Babkina T.S. Digital traces of educational migration // Interuniversity scientific and technical conference of students, graduate students and young specialists named after E.V. Armenian. Moscow: Moscow Institute of Electronics and Mathematics NRU HSE, 2019. P. 87–88. (In Russ.).
11. Zueva A.S. International student migration: basic concepts, risks and prospects / III Readings in memory of V.T. Lisovsky: Collection of scientific papers, ed. T.K. Rostovskaya, M.: Ekon-Inform Publishing House, 2020. P. 39–43. (In Russ.).
12. Krasnova G.A., Arefiev A.L. Afghan students in Russia // Accreditation in education. 2021. No. 7. P. 39–41. (In Russ.).
13. Luchko O.N., Mukhametdinova S.Kh., Patlasov O.Yu. Tools of cognitive modeling in the analysis of vector educational migration // Bulletin of the Novosibirsk State Pedagogical University. 2017. V. 7. No. 6. P. 232–248. (In Russ.).
14. Mitin D.N. Educational (training) migration: concept, problems and solutions // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Political science. 2010. No. 3. P. 123–134. (In Russ.).
15. Michurina F.Z., Fotina O.V. Trends in educational migration as part of constructive directions for the development of higher education // Geographical Bulletin. 2019. No. 2. P. 56–66. (In Russ.).
16. Ryabichenko A.V., Kuznetsova T.Yu. Universities of the North-western Federal District in the Russian-Swedish and Russian-Finnish scientific cooperation // Baltiyskiy region. 2012. No. 3. P. 161–168. (In Russ.).
17. Ryazantsev S.V., Rostovskaya T.K., Skorobogatova V.I., Bez-

- verbny V.A. International academic mobility in Russia: trends, types, government incentives // *Economics of the region*. 2019. V. 15. No. 2. P. 420–435. (In Russ.).
18. Safonova M.A. Institutional and historical foundations of the system of international student mobility // *Sociology of science and technology*, 2012. P. 98–121. (In Russ.).
 19. Sopnev N.V., Soloviev I.A. Cartographic support for the study of territorial features of student immigration in Russia // *Inter-Karto. InterGIS*, 2022. V. 28. No. 2. P. 126–145. (In Russ.).
 20. Trofimov E.A., Trofimova T.I. Features of educational migration in the context of globalization // *Trends and problems in the Russian economy: theoretical and practical aspects. Materials of the All-Russian scientific-practical conference*. Irkutsk: Baikal State University, 2017. P. 219–224. (In Russ.).
 21. Fursa E.V., Rogova T.M. International educational migration: trends and features of modern development // *Questions of regulation of the economy*. 2012. V. 3. No. 3. P. 42–51. (In Russ.).
 22. Khadzhaev Z.Sh. Educational immigration to Russia: the essence and problems of adaptation // *Migration as a resource for socio-economic and demographic development. Series Demography. Sociology. Economy*. 2019. V. 5. No. 3. P. 380–386. (In Russ.).
 23. Shpet E.N. Educational migration of university students and approaches to its organization // *Bulletin of the Tomsk State Pedagogical University*. 2014. No. 1. P. 94–99. (In Russ.).
 24. Shchitova N.A., Chikhichin V.V. Theoretical and methodological aspects of the geographical study of the processes of adaptation and integration of foreign migrants // *Nauka. Innovation. Technology*. 2016. No. 4. P. 225–238. (In Russ.).
 25. Alm J., Winters J.V. Distance and intrastate college student migration // *Economics of Education Review*. 2009. V. 28. P. 728–738.

Поступило в редакцию 10.09.2022,
принята к публикации 16.11.2022.

Сведения об авторах

- Щитова** Наталия Александровна, доктор географических наук, профессор кафедры социально-экономической географии Северо-Кавказского федерального университета.
E-mail: stavgeo@mail.ru
- Белозеров** Виталий Семенович, доктор географических наук, профессор кафедры социально-экономической географии Северо-Кавказского федерального университета.
E-mail: vsbelozеров@yandex.ru
- Соловьев** Иван Алексеевич, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии Северо-Кавказского федерального университета.
E-mail: soloivan@mail.ru

About the authors

- Shchitova** Nataliya Aleksandrovna, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Socio-Economic Geography, North Caucasus Federal University.
E-mail: stavgeo@mail.ru
- Belozеров** Vitaly Semenovich, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Socio-Economic Geography, North Caucasus Federal University.
E-mail: vsbelozеров@yandex.ru
- Soloviev** Ivan Alekseevich, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Socio-Economic Geography, North Caucasus Federal University.
E-mail: soloivan@mail.ru

1.6.18.
 УДК 551.51

НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ
 (ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Афанасьев И.С.,
 Слуцкая О.Ю.,
 Закинян Р.Г.

Северо-Кавказский федеральный университет,
 г. Ставрополь,
 Россия

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ АТМОСФЕРЫ
 ЮПИТЕРА И ВЕНЕРЫ

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.5

Введение.

В статье проводится исследование колебательных режимов атмосфер двух планет (Юпитер, Венера) при учёте осевого вращения, которое оказывает влияние на возникновение биений и резонансов, сравниваются параметры атмосфер этих планет с параметрами атмосферы Земли.

Материалы и методы исследований.

Рассматриваются колебания в атмосфере, изначально находившейся в состоянии статики, вызванные начальным превышением температуры вблизи поверхности земли и суточным вращением Земли. Для их описания используется система, в которую входят уравнение движения в форме Эйлера и выражения, учитывающие распределение температуры и давления воздуха с высотой. Подробно рассматривается случай, когда вращение Земли вокруг своей оси приводит к значимым периодическим изменениям температуры.

Результаты исследований и их обсуждения.

Находятся значения основных параметров атмосферы Юпитера и Венеры с целью исследования колебательных режимов атмосфер на этих планетах и построения соответствующей математической модели. В начале мы находим стандартные параметры амплитуд скоростей, температур, частот Брента–Вяйсяля для того, чтобы рассчитывать величины, входящие в систему уравнений, описывающую колебания воздуха в атмосфере и строить соответствующие графики этих уравнений с целью их дальнейшего анализа. Получены решения для колебательных процессов, когда учитываются суточные изменения температуры воздуха.

Выводы.

Показано, что в стандартной атмосфере осевое вращение планеты не сказывается на колебательных процессах в атмосфере, при этом учитывается рельеф местности. Однако имеет место быть случай, когда разница между вышеуказанными частотами крайне мала или нулевая (это возможно при $\Delta \gamma = \Delta \gamma_{\text{станд}}$). Если частота Брента – Вяйсяля совпадает с частотой суточного вращения Земли или их разница незначительна, то возникают такие явления, как резонанс или биения, которые рассматриваются подробно.

Ключевые слова:

частота Брента–Вяйсяля, разность температур, разность градиентов температур, скорость, частота суточного вращения, амплитуда, биения, резонанс.

**Afanasyev I.S.,
Slutskaya O.Y.,
Zakinyan R.G.**

North Caucasus Federal University,
Stavropol,
Russia

Oscillatory Modes of the Atmosphere of Jupiter and Venus

Introduction. The article studies the oscillatory modes of the atmosphere of two planets (Jupiter, Venus), taking into account the influence of axial rotation, which affects the occurrence of beating and resonance, and comparing their parameters with the parameters of the Earth's atmosphere.

Materials and research methods. We consider fluctuations in the atmosphere, which was initially in a state of statics, caused by the initial temperature rise near the earth's surface and the daily rotation of the earth. To describe them, a system is used that includes the equation of motion in the Euler form and expressions that take into account the distribution of temperature and air pressure with height. The case when the rotation of the Earth around its axis leads to significant periodic temperature changes is considered in detail.

Research results and their discussion. The values of the main parameters of the atmosphere of Jupiter and Venus are found in order to study the oscillatory regimes of the atmospheres on these planets and build an appropriate mathematical model. At the beginning, we find the standard parameters of velocity amplitudes, temperatures, Brunt-Väisälä frequencies in order to calculate the quantities included in the system of equations describing the fluctuations of air in the atmosphere and build the corresponding graphs of these equations for the purpose of their further analysis. Solutions for oscillatory processes are obtained when daily changes in air temperature are taken into account.

Conclusions. It is shown that in the standard atmosphere the axial rotation of the planet does not affect the oscillatory processes in the atmosphere, while the terrain is taken into account. However, there is a case when the difference between the above frequencies is extremely small or zero (this is possible at). If the frequency of Brunt – Väisälä coincides with the frequency of the daily rotation of the Earth or their difference is insignificant, then phenomena such as resonance or beats occur, which are considered in detail.

Key words: Brunt – Väisälä frequency, temperature difference, temperature gradient difference, velocity, daily rotation frequency, ascending flows, amplitude, beats, resonance.

Введение

В статье проводится исследование колебательных режимов атмосфер двух планет (Юпитер, Венера) при учёте осевого вращения, которое оказывает влияние на возникновение биений и резонансов, сравниваются параметры атмосфер этих планет с параметрами атмосферы Земли.

Актуальность выбранной темы заключается в том, что в атмосфере планет периодически наблюдаются колебательные процессы высокой интенсивности. Мы хотим сравнить характеристики атмосфер двух планет, одна из которых принадлежит к планетам земной группы (Венера), а другая – к планетам-гигантам (Юпитер) с характеристиками земной атмосферы и сделать соответствующие выводы.

Задачей исследовательской работы является расчет основных параметров атмосферы Юпитера и Венеры с целью исследования колебательных режимов атмосфер на этих планетах и построения соответствующей математической модели. В начале мы находим стандартные параметры амплитуд скоростей, температур, частот Брента–Вяйсяля для того, чтобы рассчитывать величины, входящие в систему уравнений, описывающую колебания воздуха в атмосфере и строить соответствующие графики этих уравнений с целью их дальнейшего анализа.

Если происходит синхронизация колебательного режима атмосферы с осевым вращением планет, то наблюдаются такие явления, как биения и резонанс. Они довольно редкие на Земле, поэтому интересно узнать вероятность их возникновения на других планетах, их периодичность, особенности и характеристики. При расчетах и построении математической модели не будем учитывать сопротивление воздуха и рельеф (если он имеется).

Цель работы – изучение колебательных процессов, происходящих в атмосферах вышеуказанных планет, исследование таких явлений, как биения и резонанс, изучив условий их возникновения.

Материалы и методы исследования

Влияние суточного вращения планет

Вследствие вращения планеты вокруг своей оси возникают суточные колебания температур (по гармоническому за-

кону) [13;15]. Тогда для разности температур, исходя из зависимости (5), получим [1]:

$$\Delta T = \Delta_0 T + \Delta T_0 \cos(\omega_0 t + \psi_0) - \Delta \gamma z, \quad (1)$$

где $\Delta_0 T = T_{i0} - T_{e0}$ – разность температур вблизи поверхности $z = 0$;
 T_{i0} – температура возникшего в атмосфере воздушного потока;

T_{e0} – статичная температура окружающей среды [10],

$\Delta_0 \gamma = \gamma_a - \gamma$ – разность сухадиабатического и вертикального градиента температур [9],

ψ_0 – начальная фаза, определяемая временем суток.

Учитывая зависимость (10), аналогично получим систему уравнений, описывающую колебания воздуха в атмосфере, исходя из уравнения движения сухого воздуха:

$$\frac{dw}{dt} = \alpha g \Delta T, \quad (2)$$

$$\frac{d\Delta T}{dt} = -\Delta \gamma w - \omega_0 \Delta T_0 \sin(\omega_0 t + \psi_0).$$

Тогда уравнения колебаний, учитывающие внешние воздействия, имеют вид:

$$\frac{d^2 \Delta T}{dt^2} + N_{BV}^2 \Delta T = -\omega_0^2 \Delta T_0 \cos(\omega_0 t + \psi_0), \quad (3)$$

$$\frac{d^2 w}{dt^2} + N_{BV}^2 w = -\alpha g \omega_0 \Delta T_0 \sin(\omega_0 t + \psi_0).$$

где $N_{BV} = \sqrt{\alpha g \Delta \gamma}$ – частота Брента – Вайсяля.

Решения уравнений (3) можно представить в виде:

$$\overline{\Delta T}(t) = \Delta_0 T \cos(N_{BV} t + \varphi_0) - \frac{\omega_0^2}{N_{BV}^2 - \omega_0^2} \Delta T_0 \cos(\omega_0 t + \psi_0) \quad (4)$$

$$\bar{w}(t) = w_{\max} \sin(N_{BV} t + \varphi_0) - \frac{\omega_0}{N_{BV}^2 - \omega_0^2} \alpha g \Delta T_0 \sin(\omega_0 t + \psi_0). \quad (5)$$

Учитывая связь, удобно ввести параметр $\varepsilon = \frac{N_{BV}^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2}$, тогда уравнение колебаний разности температур (4) можно представить в виде:

$$\overline{\Delta T}(t) = \Delta_0 T \cos(N_{BV}t) - \frac{1}{\varepsilon} \Delta T_0 \cos(\omega_0 t). \quad (6)$$

Аналогично для скорости получим:

$$\overline{w}(t) = w_{\max} \sin(N_{BV}t) - \frac{1}{\varepsilon} \alpha g \Delta T_0 \sin(\omega_0 t). \quad (7)$$

Биения возникают в результате сложении двух колебаний с близкими по значению частотами [12]. При определенных значениях частоты Брента-Вяйсяля в атмосфере планет могут наблюдаться биения. Для этого должно выполняться условие:

$$N_{BV} = \omega_0 + \Delta\omega, \quad \left| \Delta\omega / \omega_0 \right| = 1.$$

Если $N_{BV} = \omega_0$ (условие резонанса) [3], то $\Delta\omega = 0$, тогда для $\Delta\gamma_{\text{рез}}$ получим:

$$\Delta\gamma_{\text{рез}} = \frac{\omega_0^2}{\alpha g}. \quad (8)$$

С учётом (8), для ε можно также установить связь с разностью градиентов температур:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\gamma - \Delta\gamma_{\text{рез}}}{\Delta\gamma_{\text{рез}}}.$$

Основные параметры атмосфер

1. Градиент автоконвекции:

$$\gamma = g/R_d,$$

где R_d — удельная газовая постоянная для планеты,
 g — ускорение свободного падения.

Так как в состав атмосферы входят несколько химических элементов, то R_d будем рассчитывать для газовой смеси:

$$R_d = \sum \varphi_i R_i = R^* \sum \frac{\varphi_i}{M_i},$$

где φ – массовая доля отдельно взятого газа,
 M – молярная масса,
 R^* – универсальная газовая постоянная [2; 5; 20].

2. Коэффициент α – характеристика, обратная температуре. Для приземного слоя справедливо:

$$\alpha = \frac{1}{T_0},$$

где T_0 – температура на высоте $z = 0$.
 Для некоторого слоя атмосферы получаем среднее значение коэффициента $\bar{\alpha}$:

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{\bar{T}} = \frac{1}{\left(\frac{T_i + T_{i-1}}{2}\right)},$$

где T_i – температура верхней границы зоны,
 T_{i-1} – температура нижней границы зоны.

3. Сухоадиабатический градиент:

$$\gamma_a = \frac{g}{c_p},$$

где c_p – удельная теплоемкость смеси газов атмосферы планеты, которую мы будем искать по следующей формуле [4; 18]:

$$(c_p)_{\text{см}} = \frac{(c_p)_{\text{см}}}{M_{\text{см}}} = \frac{\sum \varphi_i c_{pi}}{M_{\text{см}}},$$

где $c_p = \frac{i+2}{2} R^*$.

4. Вертикальный градиент температуры: $\gamma = -\frac{dT}{dz}$.

5. Частота N_{BV} и период колебаний Брента-Вяйсяля.

Результаты исследований и обсуждение

Атмосфера Юпитера преимущественно состоит из водорода (89 %) и гелия (10 %), атмосфера Венеры – из углекислого газа (96,5 %) и азота (3,5 %) [8; 16]. Определим удельную газовую постоянную смеси газов, составляющих атмосферу планет.

Молярная масса водорода $M_{H_2} = 0,002$ кг/моль,

гелия – $M_{He} = 0,004$ кг/моль,

углекислого газа – $M_{H_2} = 0,002$ кг/моль,

азота – $M_{Ne} = 0,028$ кг/моль [14].

Массовые доли основных газов на Юпитере:

$\varphi_{Ne} = 0,89$, $\varphi_{Ne} = 0,1$,

на Венере – $\varphi_{CO_2} = 0,965$, $\varphi_{N_2} = 0,035$.

Для смеси газов в атмосфере Юпитера и Венеры соответственно получим:

$R_d = 3905,7$ Дж/(кг · К) и $R_d = 192,64$ Дж/(кг · К).

Ускорение свободного падения на Юпитере

$g \approx 25,8$ м/с², на Венере – $g \approx 8,6$ м/с², тогда для градиента автоконвекции получим соответственно:

$\gamma_A = 0,0066$ К/м, $\gamma_A = 0,0446$ К/м.

Для того, чтобы определить численные значения градиента температуры, воспользуемся графиками зависимости температуры от высоты (рис. 1, а).

Рассмотрим параметры атмосферы Юпитера более подробно.

Условно разделим график (рис. 1, а) на три зоны:

- 1) 0 км – 182 км;
- 2) 182 км – 452 км;
- 3) 452 км – 1132 км.

Найдем температурный градиент для каждой из них. Обозначим через T_1 температуру нижней границы зоны, а через T_2 – верхней границы. Направление движение по графику снизу-вверх.

Для первой области (0 км – 182 км) получим:

$\gamma_1 = 0,0019$ К/м;

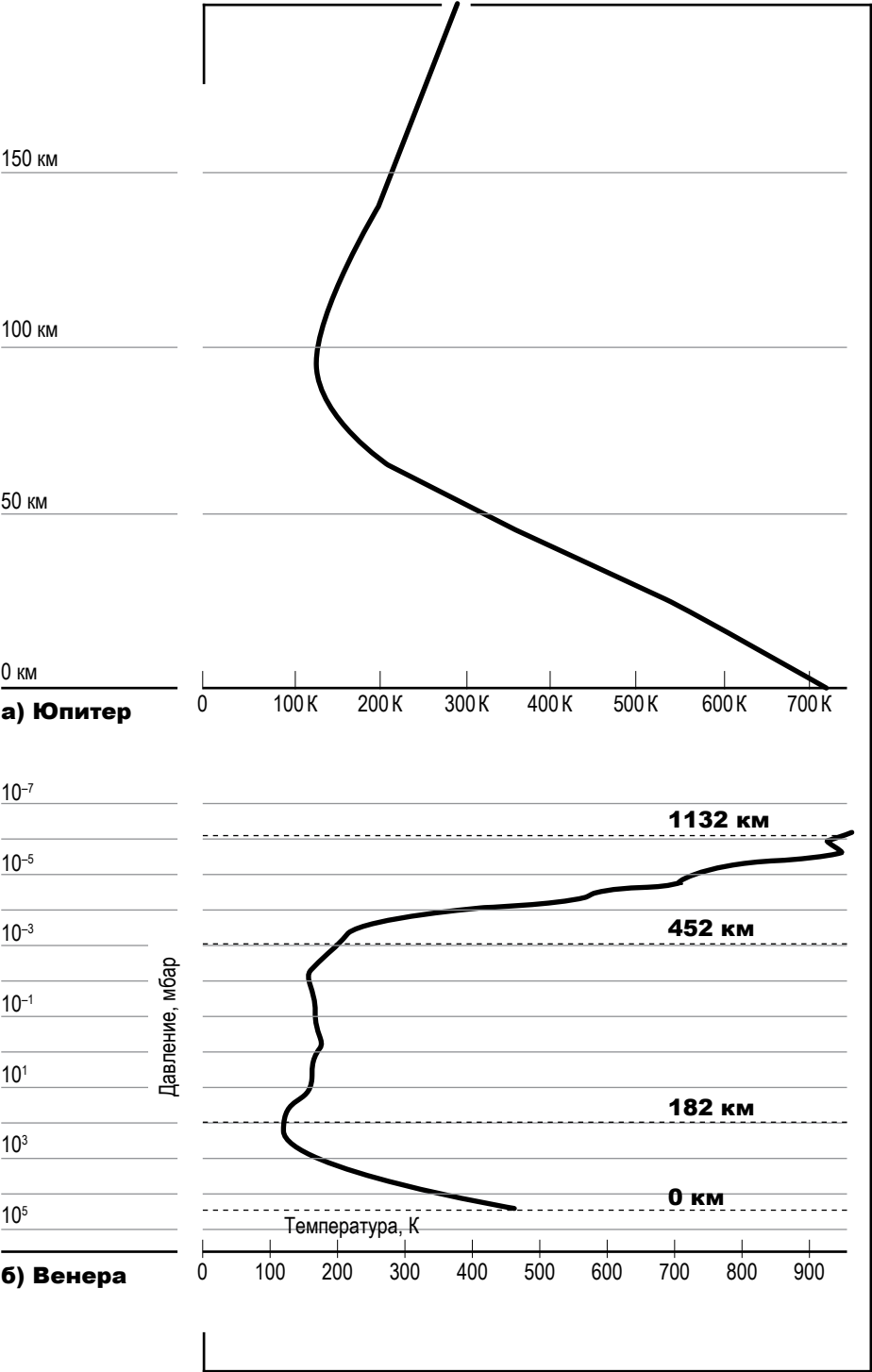


Рис. 1. Графики распределения температуры по высоте [17; 19].
Fig. 1. Temperature distribution graphs by height [17; 19].

Для второй области (182 км – 452 км) получим:

$$\gamma_2 = -0,00033 \text{ К/м};$$

Для третьей области (452 км – 1132 км) получим:

$$\gamma_3 = -0,00114 \text{ К/м}.$$

Можем видеть, что градиент изменяется, принимая как положительные, так и отрицательные значения [7].

Температура вблизи поверхности $T_0 \approx 470 \text{ К}$, следовательно $\alpha = 0,00212 \text{ К}^{-1}$. Молярная масса смеси газов – $M_{\text{см}} = 0,00212 \text{ кг/моль}$, отсюда удельная теплоемкость смеси $c_p = 10093,5 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, и тогда $\gamma_a = 0,0025 \text{ К/м}$.

Рассчитаем частоту Брента–Вяйсяля и период для каждой из выделенных на графике зон. В данном случае мы находим среднее значение $\bar{\alpha}$. Аналогично рассчитаем все параметры для Венеры. Температура из рисунка 1, б вблизи поверхности $T_0 \approx 720 \text{ К}$, тогда $\alpha = 0,0013 \text{ К}^{-1}$.

Определим вертикальный градиент температуры. Разобьем график (рис. 1, б) на две зоны и определим γ для каждой из них. Движение по графику аналогично будем осуществлять снизу-вверх. Для первой зоны (0 км – 100 км) получим: $\gamma_1 = 0,0061 \text{ К/м}$;

Для второй зоны (100 км – 150 км) получим: $\gamma_2 = -0,0022 \text{ К/м}$;

Рассчитаем значение сухоадиабатического градиента. Молярная масса смеси газов, составляющих атмосферу Венеры – $M_{\text{см}} = 0,0431 \text{ кг/моль}$. Удельная теплоемкость, согласно расчётам, $c_p = 767,8 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$. Тогда для сухоадиабатического градиента получим: $\gamma_a = 0,0112 \text{ К/м}$.

По аналогии предыдущим примером определим численные значения частоты Брента–Вяйсяля и периода для каждой из выделенных на графике зон. Все основные параметры атмосферы занесены в таблице 1.

При сравнении соответствующих зон у планет можем видеть, что частота Брента–Вяйсяля, коэффициент α и период колебаний меняются незначительно, разность градиента температуры у Юпитера меньше, чем у Венеры.

Угловые скорости суточного вращения Юпитера и Венеры соответственно равны:

Таблица 1.

ЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЖДОЙ ЗОНЫ
АТМОСФЕРЫ ЮПИТЕРА И ВЕНЕРЫ
Table 1. Values of the main parameters of each zone of the Venus
atmosphere

Планета	Зона, км	α , К ⁻¹	Δy , К/м	N_{BV} , с ⁻¹	T_{BV} , МИН
Юпитер	0–182	0,0033	0,0006	0,00714	14,6
	182–452	0,00606	0,00283	0,02103	4,97
	452–1132	0,00165	0,00364	0,0124	8,44
Венера	0–100	0,00229	0,0051	0,01	10,4
	100–150	0,0055	0,0134	0,0392	2,67

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_{Ю}} = 1,75 \cdot 10^{-4} \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_{В}} = 2,991 \cdot 10^{-7} \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Разность температур определяется по формуле (4). Будем считать, что $\varphi_0 = 0$ и $\psi_0 = 0$ (учтем, что нет орографии). На Юпитере примем $\Delta_0 T = 10$ К. Далее определим $\Delta_0 T = \bar{T}_0 - \bar{T}_{e0}$, где $\bar{T}_0$ – температура поверхности днем, $\bar{T}_{e0}$ – температура поверхности ночью. Так как температура «поверхности» практически не меняется из-за того, что Юпитер находится на значительном расстоянии от Солнца, то примем $\Delta T_0 = 1$ К. У Венеры же разница дневной и ночной температур незначительна, поэтому примем

$$\Delta T_0 = 743-733 = 10 \text{ К [6].}$$

Определим значение w_{max} по следующей формуле:

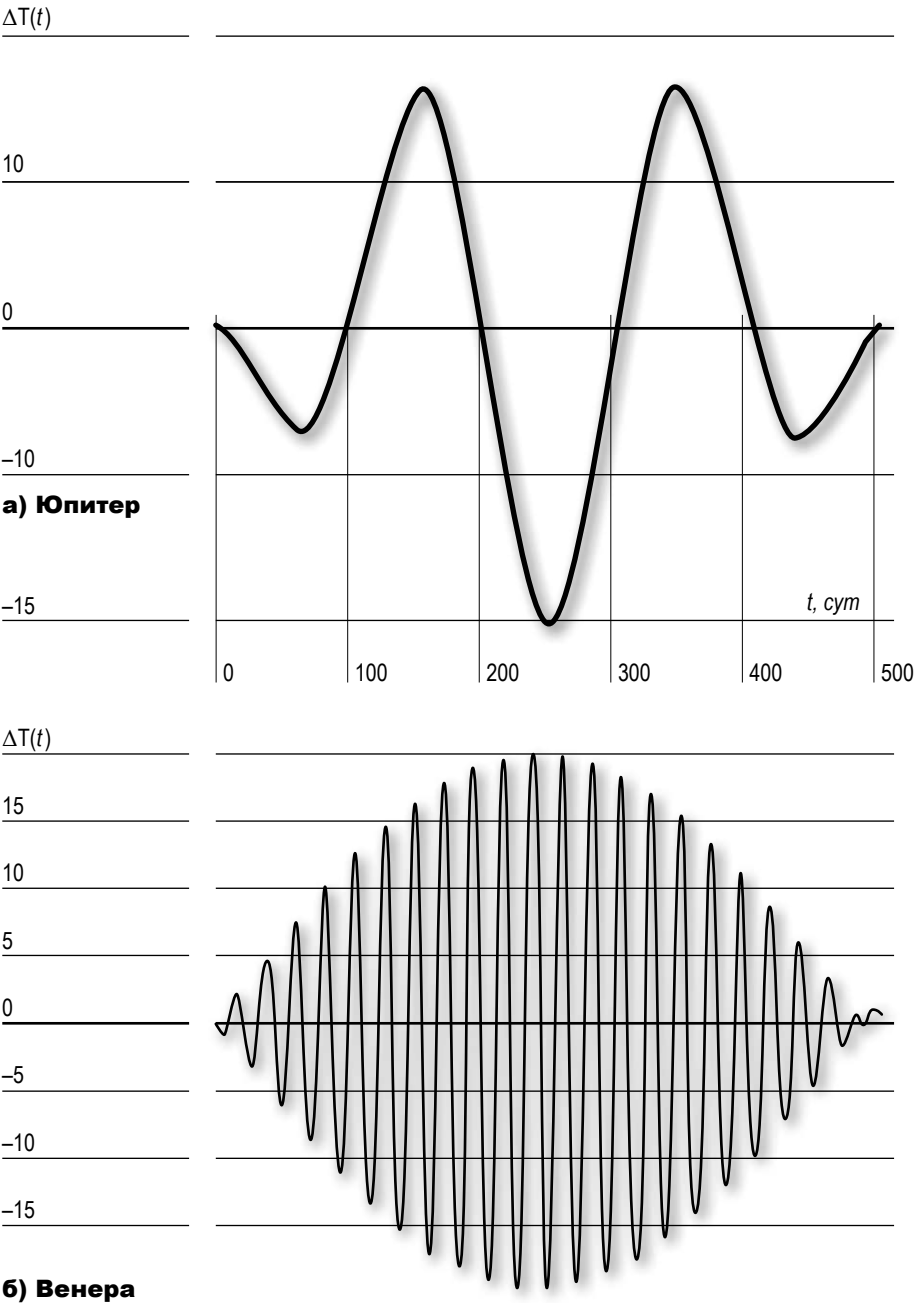


Рис. 2. Графики биения колебаний температуры при равных амплитудах (время по оси x в сутках).
Fig. 2. Graphs of beating temperature fluctuations at equal amplitudes (time along the x – axis per day).

$$w_{\max} = N_{\text{BV}} h_{T0} = \Delta_0 T \sqrt{\frac{\alpha g}{\Delta \gamma}},$$

где $h_{T0} = \frac{\Delta_0 T}{\Delta \gamma}$ – уровень выравнивания температур вертикального воздушного потока и окружающей атмосферы [11].

У Юпитера для первой зоны:

$$w_{\max 2} = 119,1 \text{ м/с};$$

$$\text{для второй зоны: } w_{\max 2} = 74,3 \text{ м/с};$$

$$\text{для третьей зоны: } w_{\max 3} = 34,3 \text{ м/с}.$$

$$\text{У Венеры для первой зоны: } w_{\max 1} = 19,6 \text{ м/с};$$

$$\text{для второй зоны: } w_{\max 2} = 18,7 \text{ м/с}.$$

Определим резонансную разность градиента температуры для Юпитера и Венеры по формуле (12).

$$\text{Для Юпитера: } \Delta \gamma_{\text{рез}} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ К/м};$$

$$\text{для Венеры: } \Delta \gamma_{\text{рез}} = 8 \cdot 10^{-12} \text{ К/м}.$$

Проведем сравнение параметров

Юпитера и Венеры:

1. Угловая скорость суточного вращения Юпитера в 580 раз больше угловой скорости вращения Венеры вокруг своей оси.
2. Скорости перемещения вертикальных воздушных потоков на Юпитере значительно больше, чем на Венере. На это влияют следующие факторы: ускорение свободного падения (на Юпитере в 3 раза больше, чем на Венере), средняя разность градиента температур $\Delta \bar{\gamma}$ (на Венере в 3,9 раза больше, чем на Юпитере), градиент автоконвекции (на Юпитере в 4,48 раз меньше, чем на Венере). Коэффициент α примерно одинаков для обеих планет.
3. Так как резонансная разность градиента температуры связана с угловой скоростью суточного вращения, то на Юпитере $\Delta \gamma_{\text{рез}}$ в $6,8 \cdot 10^4$ раз больше, чем на Венере.

БИЕНИЯ ПРИ РАВНЫХ АМПЛИТУДАХ***Юпитер***

При биениях с равными амплитудами, описываемых в общем случае уравнением (4), справедливо равенство

$$\Delta_0 T = \frac{\omega_0^2}{N_{BV}^2 - \omega_0^2} \Delta T_0.$$

Выразим частоту Брента-Вайсяля и найдем $\Delta\omega$ для данного случая:

$$N_{BV} = \omega_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta T_0}{\Delta_0 T}}.$$

Тогда:

$$\begin{aligned} N_{BV} &= 1,83 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}, \\ \Delta\omega &= 8,10^{-6} \text{ с}^{-1}, \\ \Delta\gamma &= 6,1 \cdot 10^{-7} \text{ К/м}, \\ \varepsilon &= 0,0935. \end{aligned}$$

Уравнение колебаний можно представить в виде:

$$\Delta T(t) = -2 \cdot \Delta_0 T \sin\left(\frac{\Delta\omega}{2} t\right) \sin(\omega_0 t) = 2 \cdot \Delta_0 T \sin\left(\frac{\varepsilon\omega_0}{4} t\right) \sin(\omega_0 t).$$

Определим период биений:

$$T_{\text{биен}} = 18,1 \text{ сут.}$$

Амплитуда биений меняется в пределах:

$$\Delta_0 T \pm \frac{1}{\varepsilon} \Delta T_0 = (10 \pm 10) \text{ К}.$$

Венера

Найдем частоту Брента-Вайсяля для данного случая при равных амплитудах:

тогда

$$\begin{aligned} N_{BV} &= 4,22 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}, \\ \Delta\gamma &= 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ К/м}, \\ \varepsilon &= 0,989. \end{aligned}$$

Определим период биений: $T_{\text{биен}} = 3,2 \text{ года}.$

Амплитуда биений меняется в пределах:

$$\Delta_0 T \pm \frac{1}{\varepsilon} \Delta T_0 = (10 \pm 10) \text{ К}.$$

Так как амплитуды колебаний равны, то можем видеть четкое биение.

У Юпитера одно полное биение укладывается в несколько суток, на Венере – в несколько лет. Так как резонансные частоты Брента-Вяйсяля (или циклические частоты вращения планет) и соотношение разности температур отличаются, то различны условия биений. Однако амплитуды биений меняются в тех же диапазонах.

Резонанс

При резонансе частота Брента-Вяйсяля равна циклической частоте вращения планеты вокруг своей оси ($N_{BV} = \omega_0$), тогда уравнение (3) принимает вид:

$$\frac{d^2 \Delta T}{dt^2} + \omega_0^2 \Delta T = -\omega_0^2 \Delta T_0 \cos(\omega_0 t + \psi_0). \quad (9)$$

При сдвиге ψ_0 на $\pi/2$ решение уравнения (9) представим в следующем виде (где $n = \frac{\Delta_0 T}{\Delta T_0}$):

$$\overline{\Delta T}(t) = \Delta_0 T \cos(\omega_0 t) - \frac{\omega_0 t}{2} \Delta T_0 \cos(\omega_0 t) = \Delta T_0 \left[n - \frac{\omega_0 t}{2} \right] \cos(\omega_0 t).$$

По графикам можем видеть резкое возрастание амплитуды при равенстве частоты Брента-Вяйсяля циклической частоте вращения планет вокруг своей оси. Так как мы не учитывали вязкость воздуха, то в нашей идеальной модели амплитуда растет до бесконечности. Скорость возрастания амплитуды на Юпитере во много раз больше скорости возрастания амплитуды на Венере.

Сравнение параметров атмосферы Юпитера и Венеры с параметрами атмосферы Земли

- 1) При разных частотах суточного вращения планет вокруг своей оси, будут отличаться и условия возникновения резонанса и биений.
- 2) Частоты Брента-Вяйсяля планет не имеют существенных отличий при стандартных условиях, хотя их составные характеристики (α , g , $\Delta\gamma$) различны.

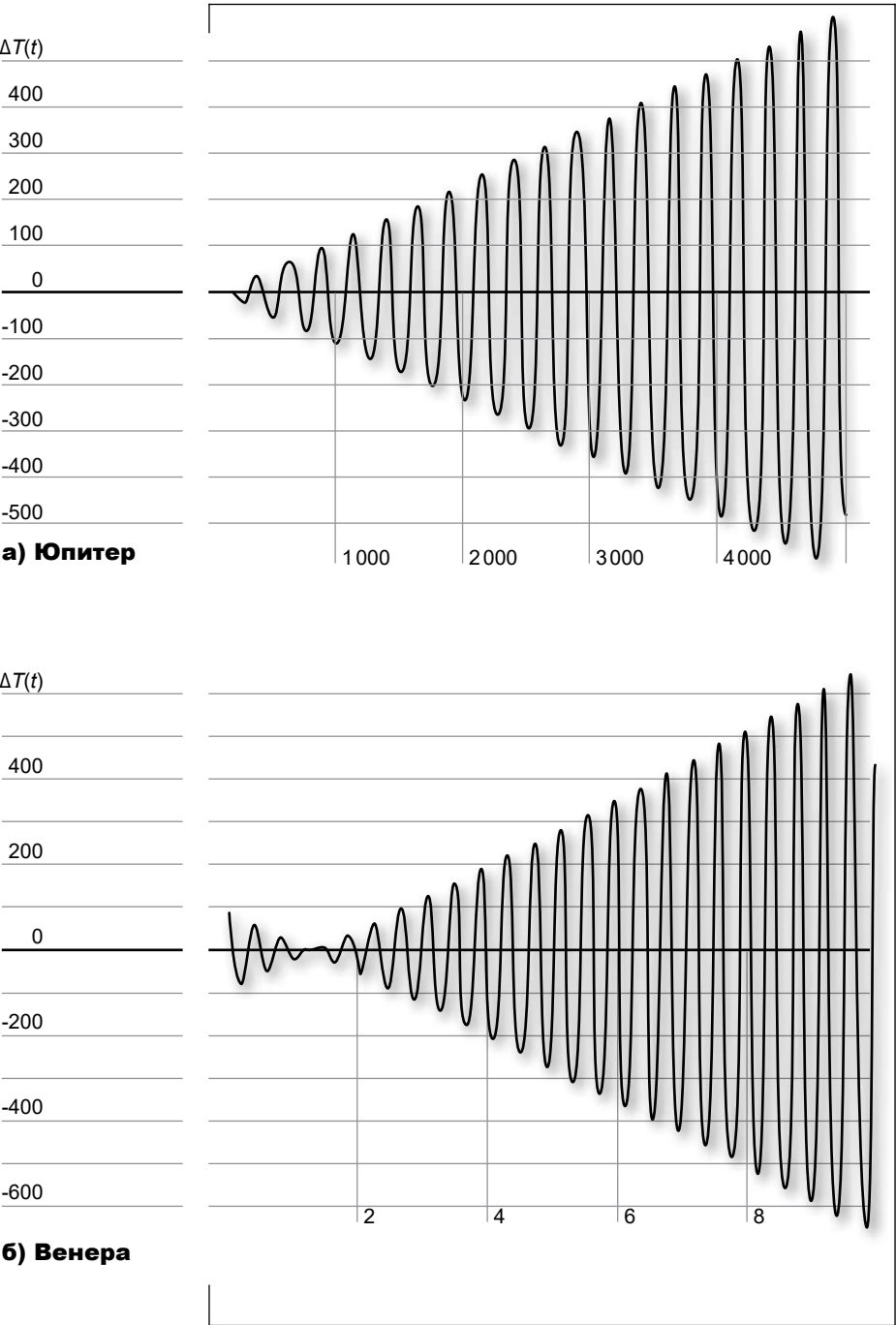


Рис. 3. Графики колебаний температуры при резонансе $N_{\text{BN}} = \omega_0$ (время по оси x в сутках).
Fig. 3. Graphs of temperature fluctuations during resonance (time along the x – axis per day).

Таблица 2. ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛАНЕТ
Table 2. General parameters of planets

Планета	Юпитер	Венера	Земля
1. Циклическая частота суточного вращения вокруг своей оси, ω_0 (рад/с)	$1,75 \cdot 10^{-4}$	$2,991 \cdot 10^{-7}$	$7,27 \cdot 10^{-5}$
2. Коэффициент $\alpha(K^{-1})$	0,00212	0,0013	0,0034
3. Сухоадиабатический градиент, $\gamma_a(K/m)$	0,0025	0,0112	0,0101
4. Градиент автоконвекции, $\gamma_A(K/m)$	0,0066	0,0446	0,035
5. Разность градиента температур, $\Delta \bar{\gamma}$	0,00235	0,00925	0,0018
6. Градиент разности температуры, $\bar{\gamma}$ (K/m)	0,000143	0,00195	0,0119
7. Частота Брента–Вяйсяля, $\bar{N}_{BV}(c^{-1})$	0,0106	0,0246	0,012
8. Разность частот, $\Delta \bar{\omega}(c^{-1})$	0,01042	0,02459	0,01192

Вывод

- 1) Атмосфера Юпитера более нестабильна, чем у планет земной группы, так как амплитуды скоростей вертикальных воздушных потоков гораздо выше;
- 2) Вероятность возникновения резонансов и биений у Венеры меньше по сравнению с Юпитером. Это связано с частотой суточного вращения планеты вокруг своей оси. Чем больше ω_0 , тем больше планета подвержена вышеуказанным явлениям.
- 3) Период биений при равных амплитудах у Венеры в 64,5 раза больше, чем у Юпитера, следовательно, биения на Венере происходят медленнее. При резонансе амплитуда у Юпитера растет с большей скоростью, чем у Венеры;
- 4) При стандартных условиях существенных различий колебаний в атмосфере нет, резонансы и биения сравнительно редки, их частоты зависят от расстояния планеты до Солнца в соответствии с третьим законом Кеплера;

- 5) Так как частоты вращения Земли и Юпитера не сильно отличаются (разница на один порядок) по сравнению с частотой вращения Венеры, то биения и резонансы будут происходить на Земле приблизительно с той же вероятностью и тем же периодом, что и на Юпитере.

Библиографический список

1. Афанасьев И.С., Закинян Р.Г. Колебания сухого воздуха в атмосфере // Наука. Инновации. Технологии. 2022. № 1. С. 65–86.
2. Берд Г. Молекулярная газовая динамика. Москва: Мир, 1981. 320 с.
3. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. Москва: Наука, 1971. 896 с.
4. Вегенер А. Термодинамика атмосферы: перевод с немецкого и дополнения В. Белинского и Ш. Гофштейн. Москва: Объединенное научно-техническое издательство НКТП СССР-главная редакция общетехнической литературы и номографии, 1935. 284 с.
5. Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 192 с.
6. Кондратьев К.Я., Крупенин Н.Н., Селиванов А.С. Планета Венера. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. 280 с.
7. Моханакумар К. Взаимодействие стратосферы и тропосферы. Москва: Физматлит, 2011. 452 с.
8. Маров М.Я. Планеты Солнечной системы. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 320 с.
9. Полянская Н.Е., Закинян Р.Г. Исследование влияния рельефа Ставропольского края на динамику тепловой конвекции // Наука. Инновации. Технологии. 2013. № 2. С. 35–42.
10. Рыжков Р.Д., Аванесян К.С., Смирнова Л.Н., Закинян Р. Г. Двумерная модель тепловой конвекции сухого воздуха в атмосфере // Наука. Инновации. Технологии. № 1. 2019. С. 117–130.
11. Симахина М. А. Условия возникновения и методика расчета параметров конвекции в атмосфере: дис. ... кандида-

та физико-математических наук. Ставрополь: Высокогор. геофиз. ин-т., 2010. 181 с.

12. Сидоренков Н.С. Небесно-механические причины изменений погоды и климата // Геофизические процессы и биосфера. 2015. №3. Т. 14. С. 5–26.
13. Sidorenkov N.S. The interaction between Earth's rotation and geophysical processes. Weinheim. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009. 317 p.
14. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. Ленинград: Гидрометеоздат, 1969. 645 с.
15. Хайруллина Г.Р., Астафьева Н.М. Квазидвухлетние колебания в атмосфере Земли: обзор: наблюдение и механизмы формирования. Москва: Институт космических исследований, 2011. 58 с.
16. Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер. Москва: Мир, 1981. 352 с.
17. Galspace. Jupiter is a formidable giant [Электронный ресурс]. URL: <http://galspace.spb.ru/index515.html> (Дата обращения 25.02.2022).
18. Mydocx.ru. Statics and thermodynamics of the atmosphere [Электронный ресурс]. URL: <https://mydocx.ru/9-110945.html> (Дата обращения 14.02.2022).
19. V-kosmose. Atmosphere of Venus [Электронный ресурс]. URL: <https://v-kosmose.com/planeta-venera-interesnyie-fakty-i-osobennosti/atmosfera/>. (Дата обращения 28.02.2022).
20. X-Term.ru. Mixtures of gases [Электронный ресурс]. URL: https://x-term.ru/primer/tech_termodinam/raschet_smesi (Дата обращения 06.02.2022).

References

1. Afanasyev I.S., Zakinyan R.G. Fluctuations of dry air in the atmosphere // Nauka. Innovation. Technologies. 2022. No. 1, P. 65–86. (In Russ.).
2. Byrd G. Molecular gas dynamics. M.: Mir, 1981. 320 p. (In Russ.).
3. Blekhman I.I. Synchronization in nature and technology. M.: Nauka, 1971. 896 p. (In Russ.).
4. Wegener A. Thermodynamics of the atmosphere: translated from German and supplemented by V. Belinsky and S. Hofstein. M.: United Scientific and Technical Publishing House of the NKTP of the USSR – the main editorial office of general technical literature and nomography, 1935 284 p. (In Russ.).

5. Karol I.L., Rozanov V.V., Timofeev Yu.M. Gas impurities in the atmosphere. L.: Gidrometeoizdat, 1983. 192 p. (In Russ.).
6. Kondratiev K.Ya., Krupenio N.N., Selivanov A.S. Planet Venus. L.: Hydrometeoizdat, 1987. 280 p. (In Russ.).
7. Mohanakumar K. Interaction of stratosphere and troposphere. M.: Fizmatlit, 2011. 452 p. (In Russ.).
8. Marov M.Ya. Planets of the Solar system. 2nd ed., reprint. and additional. M.: Nauka, Gl. ed. phys.-mat. lit., 1986. 320 p. (In Russ.).
9. Polyanskaya N.E., Zakinyan R.G. Research of influence of a relief of Stavropol Krai on dynamics of thermal convection // Science. Innovations. Technologies. 2013. No. 2. P. 35–42. (In Russ.). (In Russ.).
10. Ryzhkov R.D., Avanesyan K.S., Smirnova L.N., Zakinyan R.G. To the two-dimensional model of heat convection of dry air in the atmosphere // Science. Innovations. Technologies. 2019. No. 1. P. 117–130. (In Russ.).
11. Simakhina M.A. Conditions of occurrence and method of calculating the parameters of convection in the atmosphere: dissertation of the candidate of physical and mathematical sciences: 25.00.30. Vysokogor. geophys. in-t]. Stavropol, 2010. 181 p. (In Russ.).
12. Sidorenkov N.S. Celestial-mechanical factors of the weather and climate change // Geophysical Processes and the Biosphere. 2015, No. 3. Vol. 14. P. 5–26. (In Russ.).
13. Sidorenkov N.S. The interaction between Earth's rotation and geophysical processes. Weinheim. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009. 317 p. (In Russ.).
14. Khragian A.H. Physics of the atmosphere. L., Gidrometeoizdat, 1969. 645 p.
15. Khairullina G.R., Astafyeva N.M. Quasi-two-year fluctuations in the Earth's atmosphere: review: observation and mechanisms of formation. Moscow: Institute of Space Research, 2011. 58 p. (In Russ.).
16. Chamberlain J. Theory of planetary atmospheres. M.: Mir, 1981. 352 p. (In Russ.).
17. Galspace. Jupiter is a formidable giant [Electronic resource]. <http://galspace.spb.ru/index515.html> (Accessed 25.02.2022).
18. Mydocx.ru. Statics and thermodynamics of the atmosphere. [Electronic resource]. <https://mydocx.ru/9-110945.html> (Accessed 14.02.2022).
19. V-kosmose. Atmosphere of Venus. [Electronic resource].

<https://v-kosmose.com/planeta-venera-interesnyie-faktyi-i-osobennosti/atmosfera/>. (Accessed 28.02.2022).

20. x-Term.ru. Mixtures of gases. [Electronic resource]. https://x-term.ru/primer/tech_termodinam/raschet_smesi (Accessed 06.02.2022).

Поступило в редакцию 06.09.2022,
принята к публикации 19.11.2022.

Об авторах

- Афанасьев** Игорь Сергеевич, студент направления 03.04.02 Физика, физико-технического факультета Северо-Кавказского федерального университета.
E-mail: afanasevigor278@gmail.com.
- Слуцкая** Ольга Юрьевна, студент направления 03.03.02 Физика, физико-технического факультета Северо-Кавказского федерального университета.
E-mail: olgaslyscaya@bk.ru.
- Закинян** Роберт Гургенович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры теоретической и математической физики физико-технического факультета Северо-Кавказского федерального университета.
E-mail: zakinyan@mail.ru.

About the authors

- Afanasyev** Igor Sergeevich, student of the direction 03.04.02 Physics, Faculty of Physics and Technology of the North Caucasus Federal University.
E-mail: afanasevigor278@gmail.com.
- Slutskaya** Olga Yuryevna, student of the direction 03.03.02 Physics, Faculty of Physics and Technology of the North Caucasus Federal University.
E-mail: olgaslyscaya@bk.ru.
- Zakinyan** Robert Gurgenovitch, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department of Theoretical and Mathematical Physics of the Faculty of Physics and Technology of the North Caucasus Federal University.
E-mail: zakinyan@mail.ru.

1.6.20.

ГЕОИНФОРМАТИКА, КАРТОГРАФИЯ
УДК 922.3:33,004.75 (332.3+911.9)

Евсеев А.В.,
Красовская Т.М.,
Тикунов В.С.,
Тикунова И.Н.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
географический факультет,
кафедра рационального природопользования,
г. Москва, Россия

**УРЕГУЛИРОВАНИЕ КОНФЛИКТОВ В ОБЛАСТИ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЗЕМЛЯХ КОРЕННЫХ
НАРОДОВ НА ОСНОВЕ БЛОКЧЕЙН-ПЛАТФОРМЫ
НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ**

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.6

Вступление.

Территории традиционного природопользования (ТПП) коренного населения относятся к числу наиболее уязвимых к природопользовательским конфликтам различного происхождения: социально-экономическим, экологическим, институциональным. Эти риски связаны с грядущими изменениями практики природопользования в пределах 8 зон опережающего развития, предусмотренных недавно принятой Стратегией социально-экономического развития Российской Арктики до 2035 года.

Материалы и методы
исследования.

Исследование основано на недавно опубликованных социально-экономических, экологических, экологических статистических и пространственных данных, полевом опыте в регионе, а также на совместных международных проектах с RAIPON. Теоретические основы работы базируются на нескольких концепциях построения блокчейна ВЭФ, подходах к системному анализу в экологии и эколого-экономических базовых концепциях.

Результаты исследований и

их обсуждение.

Возникновение конфликтов природопользования, как правило, связано с чрезмерной эксплуатацией пулов регулирующих и обеспечивающих экосистемных услуг. Федеральное законодательство гарантирует права коренных малочисленных народов, но для их защиты необходимо учитывать различные данные. Подобные данные необходимы им для управления ТТНУ с учетом современных климатических изменений. Эта информация необходима для содействия адаптивному региональному развитию, полезному для региональной устойчивости. В настоящее время региональные наборы данных централизованы, часто не обновляются вовремя, и их нелегко получить. Блокчейн-структура может быть полезна, чтобы из-

бежать таких препятствий, особенно когда определенная база данных будет использоваться для записи операционных процессов и текущих изменений в землепользовании, связанных с их новыми моделями и изменением климата. Разработана модель блокчейн-транзакций для природопользования в ТТНУ. Были проанализированы данные о возможных переходах земного покрова и их результаты в ТТНУ. Были определены пользователи блокчейна и описаны необходимые наборы данных. Технологии блокчейна оказались полезными во многих сферах экономической деятельности. Представленная здесь структура блокчейна отличается от «исключительно экологического» направления использования блокчейна. Междисциплинарное решение включает в себя информацию о специфических факторах «бунта» в панархических социально-экологических системах природопользования (когда быстрые, мелкие события подавляют большие, медленные). Эта информация часто связана с развитием производственной и транспортной инфраструктуры и должна учитываться для обеспечения устойчивости коренного населения, проживающего на территориях опережающего экономического освоения, а также демонстрировать риски для ТТП, связанные с изменением климата и другими опасными природными явлениями.

Выводы.

Технология блокчейн характеризует четвертую промышленную революцию, отвечающую вызовам настоящего и будущего. К преимуществам использования блокчейн-подхода в ТТНУ можно отнести следующее:

- обеспечение многофункциональной платформы, необходимой для обеспечения интересов многих заинтересованных сторон.
- формирование баз данных для практики территориального и местного (в пределах ТТП) планирования, способствующего устойчивому развитию и адаптации к современным изменениям климата.
- поддержка независимого хранения временно-пространственных данных и их постоянное обновление, доступное для коренных общин (и других заинтересованных сторон).
- предоставление новых данных, необходимых для прогнозирования природопользования конфликтов в ТТНУ.

Представленное здесь блокчейн-решение может способствовать устойчивой модели экономического развития Арктической зоны в отношении благосостояния коренного населения и обеспечения оптимального использования его природного капитала посредством государственного и частного сотрудничества.

Ключевые слова: блокчейн; Арктика; коренные народы; конфликты.

Evseev A.V.,	Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Rational Nature management department, Moscow, Russia
Krasovskaya T.M.,	Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, World Physical Geography and Geoecology department, Moscow, Russia
Tikunov V.S.,	Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, World Data Center for Geography, Moscow, Russia
Tikunova I.N.	Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Geography of World Economy department, Moscow, Russia

**Regulation of land use conflicts
at indigenous peoples lands based
on blockchain platform,
russian arctic case study**

Introduction.	Territories of traditional nature use (TTNU) of indigenous population are among the most vulnerable to nature management conflicts of different origin: socioeconomic, ecological, institutional. These risks are connected with future changes of nature management practices within the 8 advanced development zones foreseen by the recently adopted Strategy of socioeconomic development of the Russian Arctic till 2035. This document mentions indigenous population rights in the course of the planned land use changes. Nevertheless, indigenous communities may be involved in land use conflicts at TTNU because of the overlapping by new land use patterns of new stakeholders. Another problem concerns land use adaptation to modern climate change. Accumulation of appropriate information for indigenous communities' decision making is very often a difficult process: it is very diverse and scattered. Modern approaches to database composition enable to elaborate a statistical, institutional and spatial data platform for information support of territorial planning procedures at TTNU, especially helpful for indigenous communities living at remoted territories. The goal of this investigation is the elaboration of a multi-functional information platform based on blockchain principles needed to achieve adaptive development of TTNU involved in the process of land use patterns transformation. Blockchain methodology helps to arrange the accumulated data connected with nature management practice and receive a new knowledge for practical use and scientific research development independent from stakeholders lobby groups.
Study area.	The study area includes territories of the 8 advanced development zones in the Russian Arctic with Saami, Komi-Izma, Nenets, Enets, Nganasan, Sel'kups, Evenk, Reindeer Yakut, Cuckchi, Dolgans population living there. It is about 3,2% from the region's population. Up to 25% of the indigenous population is occupied in traditional

economy. The study area is situated in the Subarctic and Arctic geographical zones with severe climatic conditions. The dominant environment includes tundra of different types and forest-tundra with rare patches of northern taiga at the southern limit. The geological and tectonic structure of the territory provokes a possibility of earthquakes. Permafrost disruptions are typical. It is stimulated by climatic warming which also causes a risk of radical changes in traditional occupations :loss of hunting and fishing resources, reindeer pastures productivity, etc. Changes of ecological situation may be mainly connected with modern air and water pollution in industrial impact zones and mechanical disruptions. This diverse information is needed for adaptive spatial planning procedures at TTNU to follow the principles of sustainable development disclosed by the Arctic Council documents.

Materials and methods.

The investigation is based on the recently published socioeconomic, environmental, ecological statistical and spatial data, field experience in the region as well as in joint international projects with RAIPON. The theoretical fundamentals of the work are based on several concepts of WEF blockchain building, approaches to system analysis in ecology and ecological-economic basic concepts.

Results.

The origin of nature management conflicts, is usually connected with an excessive exploitation of regulation and provisioning ecosystem services' pools. Patterns of such conflicts were presented. Rare are relevant remarks concerning information (spiritual) ecosystem services supporting social cohesion, cultural traditions, sense of place, etc., important for indigenous communities to preserve their identities. This topic was discussed separately. The Federal legislation guarantees the rights of indigenous communities, but to protect themselves they need to consider various data. Similar data is necessary for them to manage TTNU, regarding present climatic changes. This information is necessary to promote adaptive regional development beneficial for regional sustainability. The procedure of conflict detection and forecast for a certain territory is based on separate data sets analysis by independent stakeholders. But nowadays regional data sets are centralized, often not updated in time, not easy to reach. Blockchain structure may be useful to avoid such obstacles, especially when a certain database will be used to record operational processes and ongoing changes in land use connected with their new patterns and climate change. Blockchain methodology may be used to elaborate a distributed register of large various data sets, including visualization of statistics, which may be very helpful for decision making by stakeholders at TTNU and reliable accounting of ongoing land use changes. Blockchain transaction model for nature management at TTNU was elaborated. Data on possible land cover transitions and their results at

Discussion.

TTNU were analyzed. Blockchain users were outlined and necessary datasets were described. The structure composition of the suggested model was connected with available information for sets saturation and may be enlarged in future. Obstacles in blockchain approach use at TTNU were discussed.

Conclusion.

Blockchain technologies proved to be useful in many spheres of economic activities. Examples of blockchain use in nature conservation practice, green energy development, pollution control, etc. were presented as well as blockchain technologies use to solve ecological problems highlighted by the Fourth World Economic Forum. The presented here blockchain structure corresponds to these challenges. But its structure at the same time it is different from the “entirely ecological” direction of blockchain use. Additional information is necessary for nature management, i.e. integrated data processing concerning economic, ecological, environmental, ethnic-cultural, etc. data. The proper nature management needs interdisciplinary solutions which are reflected in our assets structure. Interdisciplinary solution includes information about specific “revolt” factors in panarchy social-ecological nature management systems (when fast, small events overwhelm large, slow ones). This information is often connected with industrial and transport infrastructure development and should be considered to provide sustainability to indigenous population living at the territories of the advanced economic development as well as demonstrate risks to TTNU connected with climate change and other natural hazards.

Blockchain technology characterize the Fourth Industrial Revolution meeting the challenges of present and future time. The advantages of blockchain approach use at TTNU include the following:

- providing a multi-functional platform necessary to ensure multi-stakeholders’ interests, indigenous communes being among them.
- arranging data bases for territorial and local (within TTNU) planning practice contributing to sustainable development and adaptation to modern climate change.
- supporting temporal-spatial data assets independent storage and their constant updating available for indigenous communities (and other stakeholders).
- supplying new data necessary to forecast nature management conflicts at TTNU.

Blockchain solution presented here may promote sustainable pattern of the Arctic zone pioneer economic development regarding indigenous population well-being and ensure optimal use of its nature capital via public-private collaboration.

Key words:

blockchain; Arctic; indigenous peoples; conflicts.

1. Introduction

The modern economic development of the Russian Arctic zone is connected with a risk to provoke nature management conflicts of different origin: socioeconomic, ecological, institutional. Territories of traditional nature use (TTNU) of indigenous population are among the most vulnerable to such risks. Modern climatic changes in the Russian Arctic complicate the situation even more. These risks are connected with future changes of nature management practices within 8 advanced development zones foreseen by the recently adopted Strategy of socioeconomic development of the Russian Arctic till 2035. This document contains special references concerning observance of indigenous population rights in the course of the planned land use changes. Among the main goals— improvement of the life quality and protection of the Arctic zone population. Nevertheless, indigenous communities may be involved in land use conflicts at TTNU because of the expected process of overlapping by land use patterns of new stakeholders. Another problem concerns land use adaptation to modern climate change. Accumulation of appropriate information for indigenous communities' decision making is very often a difficult process: it is very diverse and scattered. It should be mentioned that the adopted economic development plans are subjects to public discussion at different levels, in which NGO and local populations are involved as well.

The realization of the adopted Strategy demanded centralized activities of many ministries and departments involved in this process: Ministries of Economy, Nature resources and Ecology, for the Development of the Far East and the Arctic, Transport, Energy, etc. These activities were declared in a special Government Resolution adopted in 2016. Their integrated diverse information provides mechanisms for the strategic plans' realization. In order to provide an access to this information the Federal Plan of Statistics Works in 2016 was completed by a special program devoted to the Arctic zone and the program implementation is underway.

Nowadays important for nature management available statistical data concerns mainly GRP economic parameters, meteorological monitoring data, exploitation characteristics connected mainly with mineral resources extraction. exploitation of the Northern Sea Route and trans-

port infrastructure development, etc. Statistical information concerning ecological, ethnological, nature capital regional assessments (excluding mineral and hydrocarbons resources), nature management patterns, culture issues is still inadequate and scattered. There are only few examples of system approach for this information presentation and visualization, which may be very helpful for Federal and local decision-makers, stakeholders, public organizations, etc. [National atlas of the Arctic, 2017, Ecological Atlas of Russia, 2017, The Laptev Sea, 2018, Evseev et al., 2019, Zamyatina, Goncharov, 2020, etc.]. Modern approaches to database composition enable to elaborate a statistical, institutional and spatial data platform for information support of territorial planning procedures at TTNU, especially helpful for indigenous communities living at remotest territories [Evseev et al., 2018]. The goal of this investigation is the elaboration of a multi-functional information platform based on blockchain principles needed to achieve adaptive development of TTNU involved in the process of land use patterns transformation connected with the planned socioeconomic development of the Russian Arctic zone. This is of vital importance to promote cooperation among stakeholders and prevent nature management conflicts at TTNU thus saving nature capital and indigenous communities in the changing modern World. Blockchain methodology helps to arrange the accumulated data connected with nature management practice and receive a new knowledge for practical use and scientific research development independent from stakeholders lobby groups.

2. Study area

The study area includes territories of 8 advanced development zones in the Russian Arctic (fig. 1) with Saami, Komi-Izma, Nenets, Enets, Nganasan, Sel'kups, Evenk, Reindeer Yakut, Cuckchi, Dolgans etc. (17 indigenous peoples in total) living there. It is about 82 500 or 3,2% from the region's population [Tishkov., et al., 2015]. 9–25 % of the indigenous population is occupied in traditional economy. Regional administrations have special departments dealing with indigenous population issues. Russian Association of Indigenous Peoples of the North (RAIPON) presents their central NGO. On economic reasons several parts of the ancestral territories of the indigenous population may be in-

involved in the planned economic development, mainly due to the Northern Sea Route infrastructure construction and renovation in Tiksi, Pevek, Amderma and other sea ports, new mineral resources and hydrocarbons extraction sites in Northern Yakutia, Taimyr-Turukhansk advanced development zones etc. (fig. 1).

The study area belongs to the Subarctic and Arctic geographical zones with severe climatic conditions, where the dominant environment includes tundra of different types and forest-tundra with rare patches of northern taiga at the southern limit. The geological and tectonic structure of the territory provokes a possibility of earthquakes. Permafrost disruptions changing the environment are actual nowadays but this process is variable in space. It is stimulated by climatic warming which also causes a risk of radical changes in hunting and fish resources, reindeer pastures productivity important for indigenous population. Changes of ecological situation may be mainly connected with modern air and water pollution in industrial impact zones and mechanical disruptions, they are also variable [Evseev et al., 2021]. They are broad and active, for example, in Taimyr-Turukhansk advanced development zone (see No. 6, fig. 1) and very local in Northern Yakutia advanced development zone (No. 7, fig. 1). Thus, quite diverse information is needed for adaptive spatial planning procedures at TTNU to follow the principles of sustainable development disclosed by the Arctic Council documents [Arctic – Including Good Practice Recommendations, 2018]. It is evident, that sooner or later environment transformation processes will seize the majority of TTNU. This stipulates the necessity of adaptive nature management elaboration supporting TTNU development. Their variants are still not clear now. Nevertheless, among them are: enlarging of nature reserves territories with different nature protection regimes, location of carbon capture polygons, sites for windfarms, etc. at TTNU. Traditional indigenous population knowledge provides practical activities to withstand many natural hazards, but they are not adequate for adaptive management at TTNU at the background of modern socioeconomic and ecological changes. Permanent processing of new reliable information is needed for decision making by indigenous communities and regional authorities.

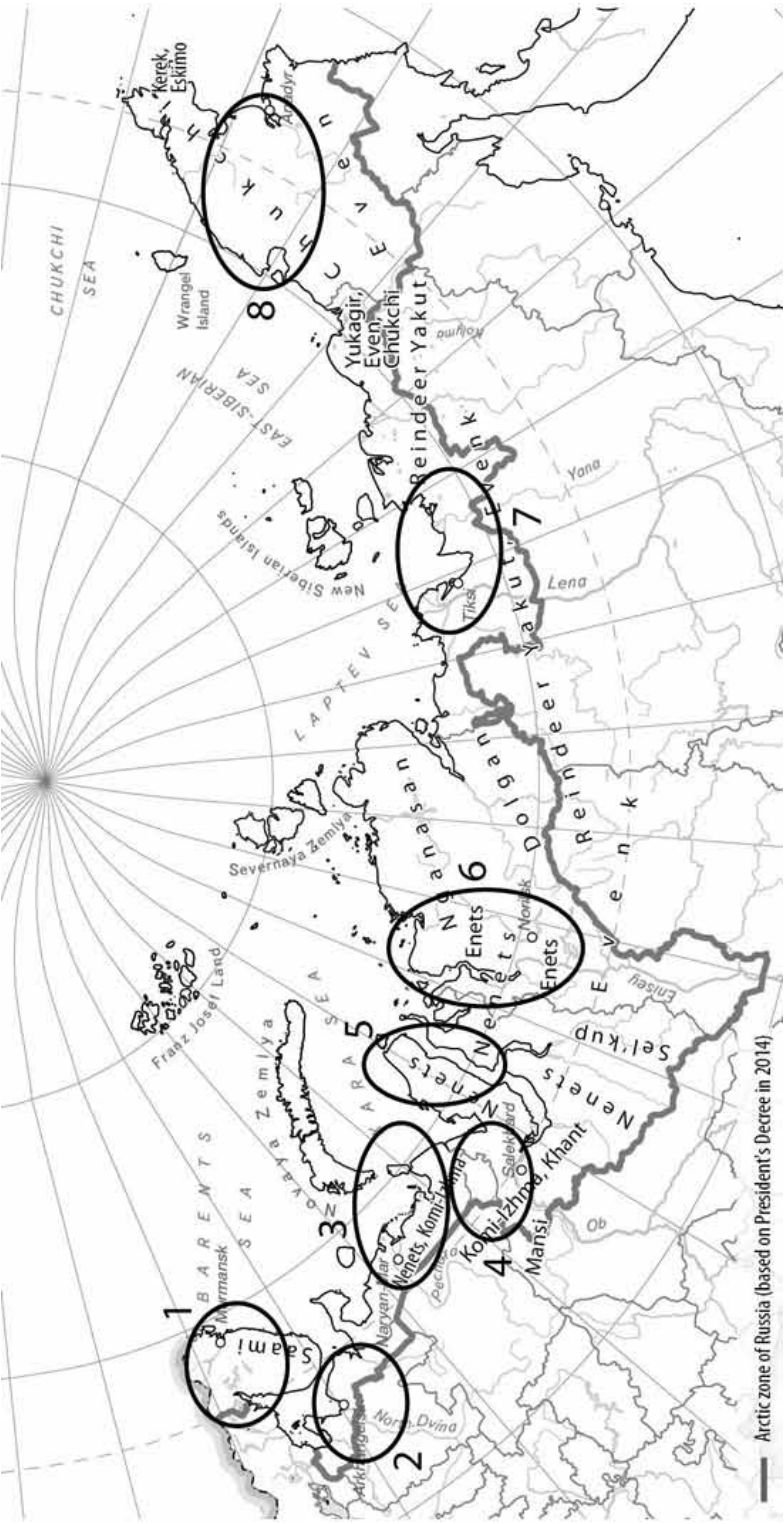


Fig. 1. Basic territories for the advanced economic development in the Russian Arctic at the background of indigenous population territories:
1-Kola, 2 - Archangelsk, 3 - Nenets, 4 - Vorkuta 5 - Yamal-Nenets, 6 - Taimyr-Turukhansk, 7 - Northern Yakutia, 8 - Chukchi [Based on the Ministry of Economic Development documents, (2016)].

3. Materials and methods

The investigation is based on the recent socioeconomic, environmental, ecological statistical and spatial data [Rosstat, 2018, Nazional'ny atlas., 2017, Ecologicheskyy atlas., 2018, More Laptevyh, 2018, etc.], publications [official documents of the Russian Government, Evseev et al., 2018, 2019, Tishkov et al., 2020, etc.] as well as field experience in the region and experiences in joint international projects with RAIPON. The theoretical fundamentals of the work are based on several concepts of WEF blockchain building [Building., 2018], ECORA Program, 2009, practical achievements in blockchain technology use in ecological projects [Building Blockchains for a Better Planet, 2018, DAO IPCI, 2017, Stefanović M., et al., 2018, etc.], approaches to system analysis in ecology [Gvishiany, et al., 2019, Odum and Odum, 2000] and ecological-economic basic concepts [Costanza et al., 2014, Dixon et al., 1994, De Groot et al., 2002, etc.].

4. Results

4.1. Nature capital transformation at TTNU and competition for exploitation of ecosystem services

Land use changes within the limits of the advanced development zones are mainly connected with overlapping of its new types, mostly often- industrial, transport and TTNU. This phenomenon means joint exploitation of different ecosystems services (see details below) at a limited space, competition for their use, thus provoking land-use conflicts [De Groot et al., 2002, Evseev et al., 2018]. At TTNU they are not only economic, but ethnic-ecological and ethnic-cultural as well. TTNU are territories preserving indigenous population culture and traditions, but not only productive territories for indigenous communities. It is necessary to mention climatic changes (up to the forecasted 6°C warming for some regions) as another important factor leading to natural capital transformation (mainly biological resources) followed by induced changes at TTNU [Climate change, 2009, Tishkov et al., 2020, etc.]. The origin of nature management conflicts, is usually connected with an excessive exploitation of regulation and provisioning ecosystem services pools, thus destroying regional nature capital [GEO5, 2012]. Rare are remarks concerning information (spiritual) ecosystem services supporting social cohesion, cultural tra-

ditions, sense of place, which are important for indigenous communities to preserve their identities. The Federal legislation guarantees the rights of indigenous communities, but to protect themselves they need to consider various data. Similar data is necessary for them to manage TTNU in an optimal way regarding present climatic changes. The same is needed for other stakeholders as well to promote adaptive regional development beneficial for regional sustainability.

4.2. Diversity of information for spatial planning procedures

TTNU nowadays experience many changes connected with both technological modernization of traditional activities and overlapping by industrial/transport land use. Our previous research [Evseev et al., 2018, 2019] showed that in case of overlapping of different stakeholders' lands various conflicts, based on ecosystem services joint exploitation, were possible (fig. 2). Most often regulating and provisioning ecosystem services were at the core of such conflicts.

The map demonstrates the diversity of different information needed to prevent land use conflicts and provide an adequate nature management. Sustainable economic development in the Arctic region is based on balancing of different stakeholders' activities concerning nature capital.

4.3. Blockchain technology use to avoid nature management / land use conflicts at TTNU

The procedure of conflict detection and forecast for a certain territory is based on separate data sets analysis by independent stakeholders. But nowadays regional data sets are centralized, often not updated in time, not easy to reach. Blockchain structure may be useful to avoid such obstacles, especially when a certain database will be used to record operational processes and ongoing changes in land use connected with their new patterns and climate change. The development of a mathematical model of a decentralized, large-scale protected array of data and infrastructure will increase the level of security and simplify the process of remote processing of documents, which may transform the way of nature management, eliminating the hidden conflicts and nature management inefficiency.

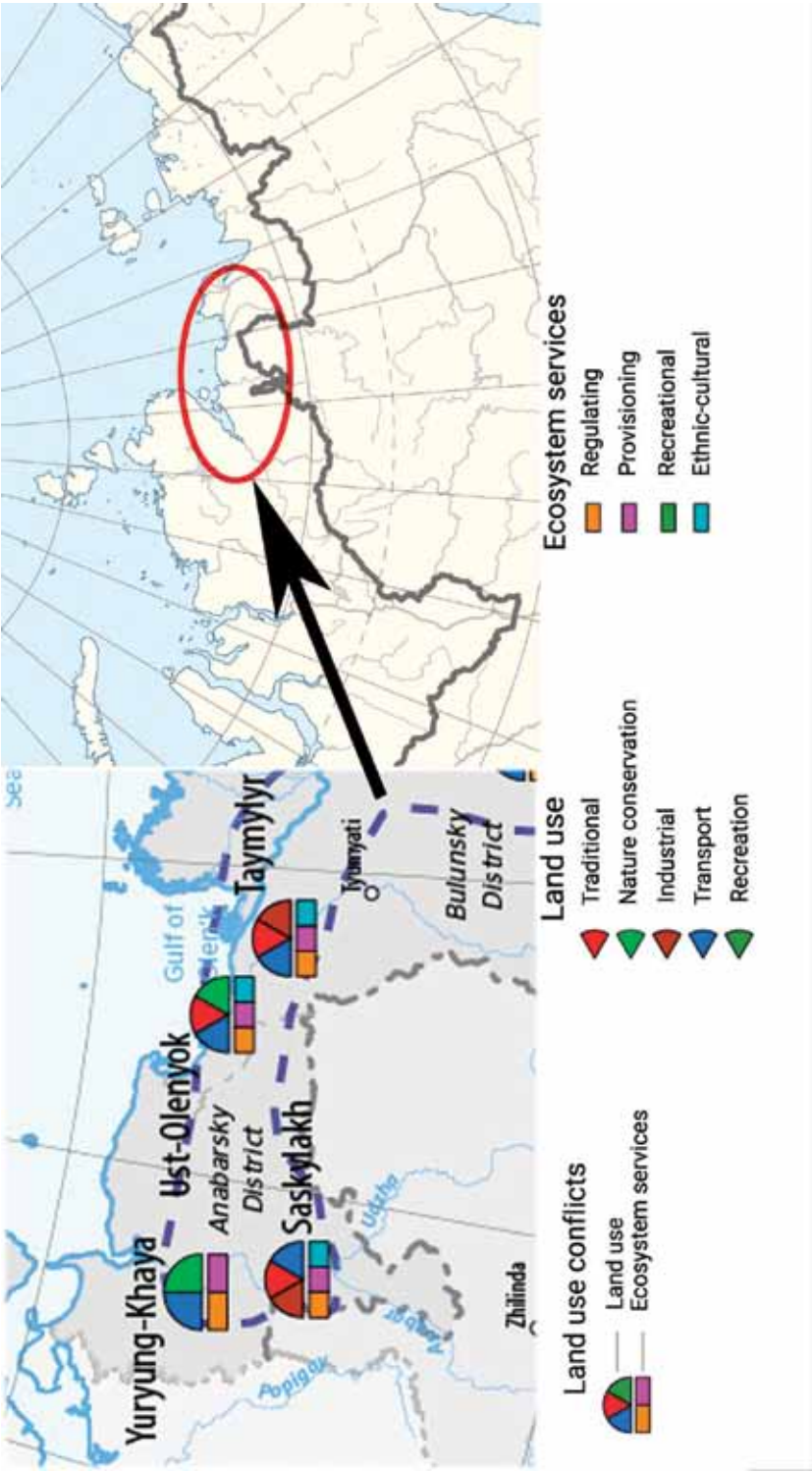


Fig. 2. Forecast of possible land use conflicts based on ecosystem services exploitation analysis for the Northern Yakutia (No 7 at Fig.1).

In 2018 the World Economic Forum Summit in California identified more than 65 ways blockchain approaches to the world's most-pressing environmental challenges and marked their advantages in the development of the technology that may fundamentally transform the way the world manages its natural resources [Building., 2018]. This technology enables to create a decentralized electronic ledger system that record any transaction with nature capital at TTNU and make them transparent for different stakeholders.

Nowadays under the auspices of the Federal program "Digital Economy of Russia until 2025", adopted in 2017, more and more central and even individual campsites in the Arctic region receive satellite communication antennas. This enables local communities to use distant data bases. Blockchain technologies are promising to solve many problems of excessive management centralization limiting possibilities for indigenous communities to adapt to modern socioeconomic and ecological changes. Blockchain methodology may be used to elaborate a distributed register of large various data sets, including visualization of statistics, which may be very helpful for decision making by stakeholders at TTNU and reliable accounting of ongoing land use changes. Nowadays blockchain methodology is being implemented in the Federal cadaster service ("Rosreestr") in Russia. Similar activities exist in Germany, India, Serbia, etc. [Gundelsweileri et al., 2007, Oprunenco, Akmeemana, 2018, Stefanović et al., 2018, etc.].

4.4. Information blocks arrangement

According to the main concept, concerning the sustainable development of the Arctic indigenous population adopted in ECORA Project (ECORA, 2009), approaches of the SDWG [Good practices..., 2019, Sustainable development Working Group] of the Arctic Council [Arctic Council, 2019] 4 principle groups of factors should be considered in environmental management plans:

- environment (natural) factors;
- interference of economic structures;
- bi-cultural development (neo-traditionalism);
- institutional.

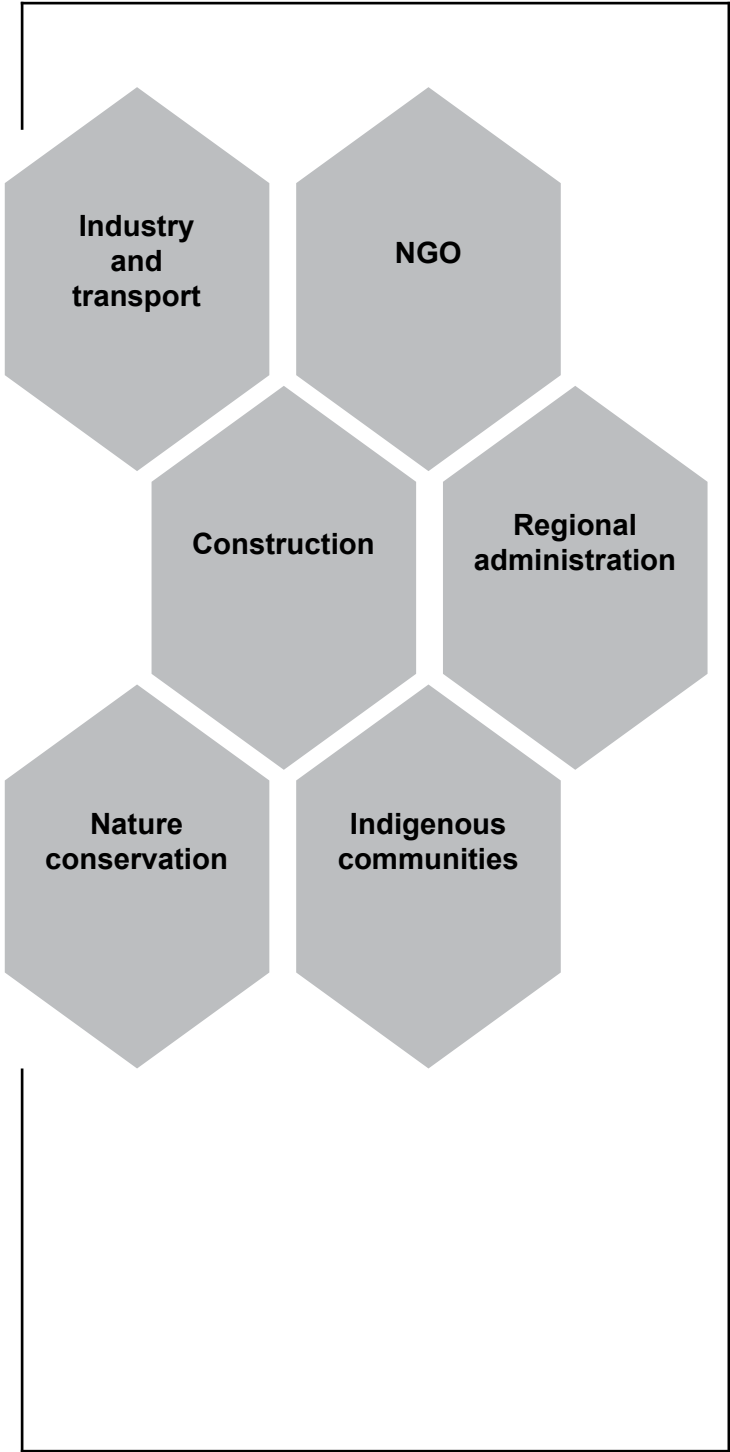


Fig. 3. Blockchain users.

We added another factor – ecological regarding the present ecological situation at the indigenous population lands and active climate change in several regions. We also expanded consideration of ECORA factors by changing the neo-traditionalism group by ethnic-cultural. Typical independent users and possible composition of blockchain data sets for the study area are presented in Figures 3 and 4. It must be mentioned, that data sets composition presents only the common view and maybe enlarged regionally especially for the environment, ecological and ethnic-cultural sets. Independent users may include not only stakeholders, but public organizations: indigenous, ecological etc.

As far as data sets composition is concerned only generalized data titles are given. Further details are described below.

4.4.1. Environment (nature) assets

These assets include general regional information relevant to temporal and spatial features of nature background for economic development. Environment (natural) factors include those which may create obstacles/risks for economic development and should be taken into account. The most often risks for the studied region are the following: nature disasters (earthquakes, windstorms, etc.), rapid air temperatures rise connected with climatic warming, permafrost instability. It is also necessary to consider land cover type (tundra, forest-tundra, taiga forests, bogs, etc.) which determinates available for exploitation ecosystem services pools, day-light duration, climate comfort index, mean summer/winter temperatures, average wind speed, snow cover depth, etc. which are important for nature management practices. Some of these assets include issues which are regarded in traditional economy at TTNU due to traditional knowledge, but often ignored by new stakeholders. Ranking of the most possible obstacles/risks may be provided [Evseev et al., 2019].

4.4.2. Economic assets

Temporal-spatial data presents modern state of economic development, the role of indigenous economy in GRP, land use structure, its spatial and functional changes (fig. 5), existing and possible competitive relations of different stakeholders for natural (biological, water) resources and ecosystem services exploitation, available and needed

BLOCKCHAIN DATA SETS

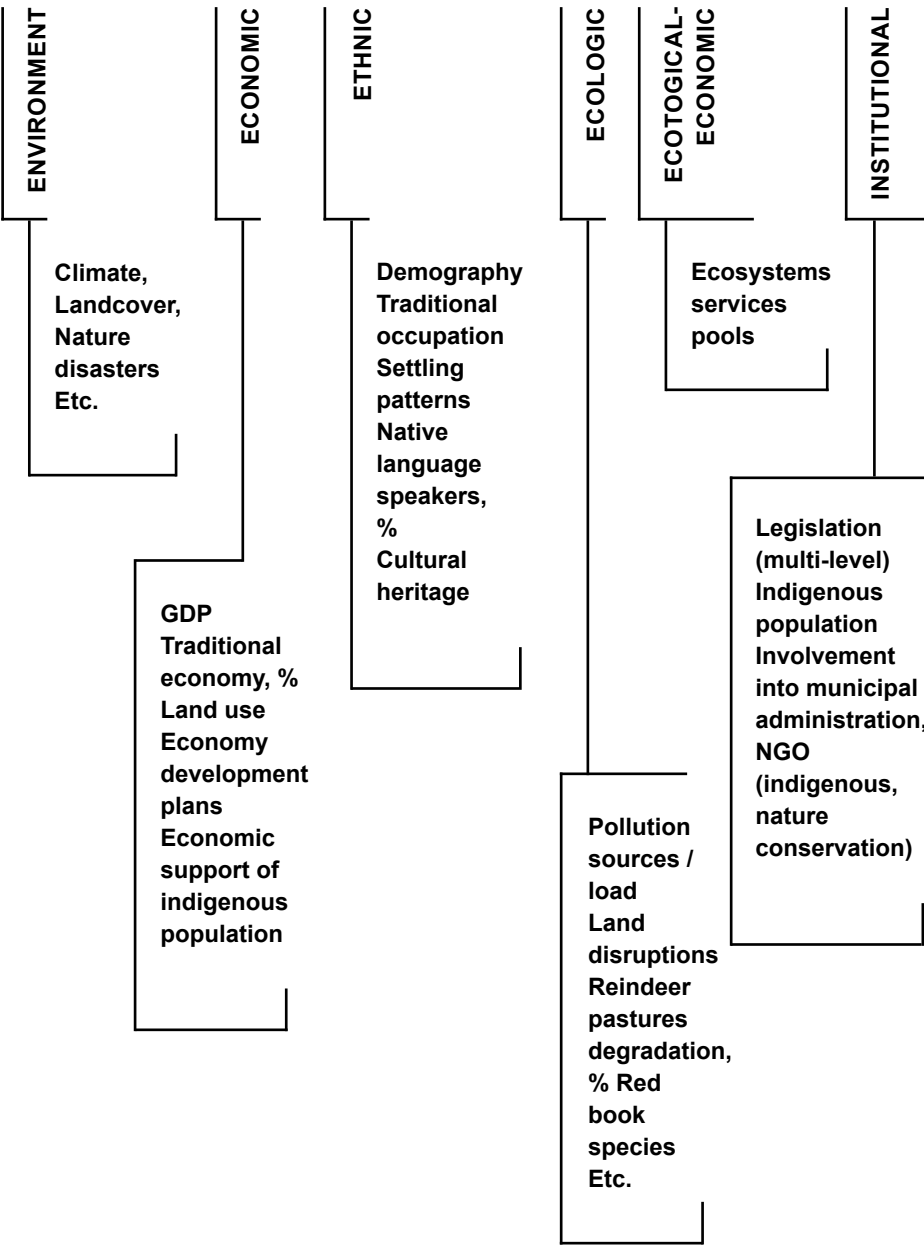


Fig. 4. Blockchain datasets (assets).

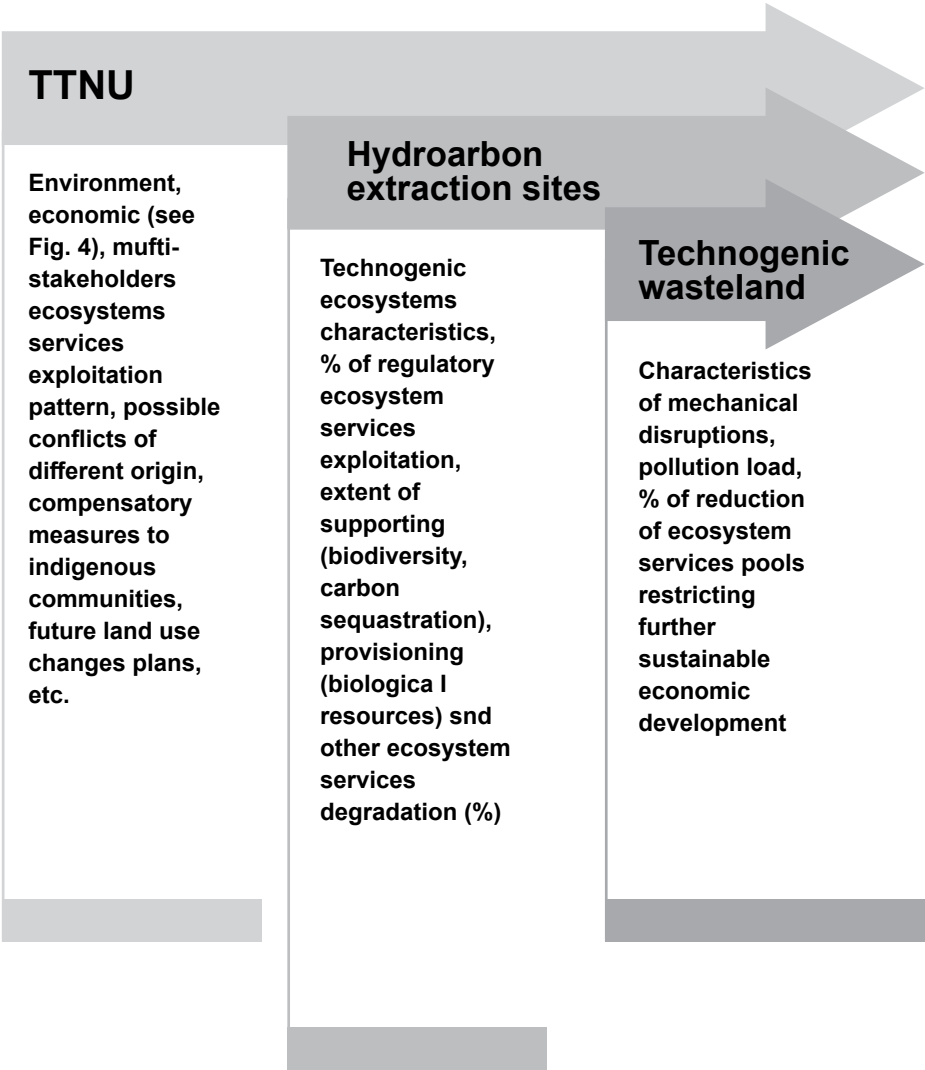


Fig. 5. Data on possible land cover transitions and their results at TTNU.

compensatory mechanisms. Information on Federal and regional economic development plans, possible investors and expected incomes are also included into this set.

4.4.3. Ethnic assets

Ethnic-cultural factors explain what is necessary to consider managing a territory in a modern way without destroying traditional culture thus preserving indigenous population. Bi-cultural development is a form of neo-traditionalism explaining the necessity to exist in modern European and traditional indigenous culture for local communities. Demographic data, native speakers' number, reflecting ethnic identity, indigenous ethnic culture and desire to preserve it, types of traditional occupation (reindeer-breeding, hunting, fishing etc.), cultural heritage objects, including sacral places, etc. This information enables to make a primary forecast of possible social problems connected with economic development.

4.4.4. Ecological assets

These data composition is highly changeable in time and space and demonstrates existing and potential ecological problems originated by economic development. Ecological factors reveal the existing sources of ecosystems degradation and natural heritage loss, undermining indigenous population welfare. Ecological data is needed for environment impact assessments of different economic development projects to meet sustainable development goals

4.4.5. Ecological-economic assets

This information concerns measuring of ecosystem's multifunctionality relevant to available ecosystem services [De Groot et al., 2020, MacKtnna at al., 2019, Holting et al., 2019]. Risks of nature management conflicts caused by interference of different stakeholder's interests for exploitation of ecosystem services pools are shown in Table 1 (Evseev et al., 2020). Regional data basis relevant to ecosystem services pools are still limited, but rough assessment may be done using average data for similar ecosystems from the World's list, or regional field

research [Costanza et al., 2014, Elsakov et al., 2003, Liss et al., 2000), etc.]. This may be enough at the initial stage for their rational management. It should be mentioned that customary laws of indigenous population for centuries regulated ecosystem services exploitation in order to avoid their depletion: bans on hunting and fishing during certain periods, grazing restrictions on unproductive pastures etc. Modern understanding of traditional knowledge may be helpful in this respect.

Table 1.

COMPETING PATTERNS OF ECOSYSTEM
SERVICES EXPLOITATION AT THE RUSSIAN COASTAL ZONE
OF THE ARCTIC OCEAN

Land use / environment management type	Industrial	Transport	Settlement / residential (nucleus)	TTNU
TTNU	Regulating, supporting	Regulating	Regulating, provisioning, supporting, cultural/ information	—
Industrial	—	Regulating	Regulating, supporting	Regulating, supporting
Transport	Regulating	—	Regulating	Regulating
Settlement	Regulating, supporting	Regulating	—	Regulating, provisioning, supporting, cultural / information

4.4.6. Institutional assets

Adequate management of indigenous lands is regulated nowadays by the Federal and Regional legislation (which appears to be more advanced sometimes). International obligations should be presented as well. Indigenous population public activities are reflected by several NGO, participation in municipal social activities. The preserved indigenous customary laws data is a specific part of this set.

Spatial-temporal databases for these diverse factors are needed for different independent stakeholders involved in economic activities at TTNU. The multi-functional information platform to supply adequate data for practical use will be in demand by Federal and regional authorities (planning, control etc.), business structures of different levels, indigenous communities, and public organizations, nature conservation groups, etc. It is obvious, that this platform should be multi-level in temporal and spatial dimensions and renewable. The suggested information assets may include statistical, descriptive and spatial information as well as results of this information-analytical processing. Assets may be used in two ways: data transferring and new data creation, meaning integration of separate data from assets to create new data helpful for stakeholders. For example, revealing of nature management conflicts is at least based on the analysis of ecosystem services pools (environment/ecological-economic assets), different ecosystem services consumption by stakeholders (economic assets) and institutional limitations for their exploitation (institutional assets). The integrated data may be very helpful at the initial planning stage [Evseev et al., 2019, Swetnam et al., 2011]. Blockchain technology provides full traceability of data history and excludes data manipulation. Such transparency creates an opportunity for better management practice, regarding goals of sustainable development.

4.5. Prospects of blockchain use

The nature management transactions model for TTNU in case of the emergence of new overlapping land-use patterns is presented at fig.6. Regarding the principle users – indigenous communities, it should be mentioned that visualized data maybe recommended. Ethnologists note “visual perception” psychological type typical for indigenous peoples of the North. In case of information uncertainty and inadequacy, it enables them to control the situation keeping in mind the whole scenery. Integrated impact assessments may include both socio-economic and ecological data [Evseev et al., 2019; Ecological Atlas of Russia, 2017, etc.]. Visualized data sets most valuable for users are already available due to recent publications devoted to the study area [Ecological Atlas of Russia, 2017, The National Atlas of the Arctic, 2018, Evseev et al., 2018, 2019, etc.].

It is planned to test solutions based on blockchain technology for their applicability in for a model territory in order to elaborate platforms for building a distributed network of self-verified blocks of data, protected from unauthorized changes, and storing the history of entering data into the register. The main criteria for the platforms in question are:

1. Applicability of the assigned tasks solution. The block platform contains a single register of operations, each block of which contains information about the object, date, and time of changes, its author, as well as connection with the previous block (except for the primary block), verified using symmetric and asymmetric encryption algorithms.
2. The speed of operations. This implementation of the platform will allow the distribution of the operations' register (which is serviced by a network of p2p nodes) among an unlimited list of individuals in a way that makes the register of transactions and participants public. Since the publicity of the registry and the extensibility of the p2p network are unlimited, it is necessary to choose an implementation of the blockchain platform, which does not increase the complexity of generation in proportion to the number of participants.
3. Protection from transaction loss. Different platforms have different tolerance to transaction loss or the "erroneous" branch of blocks exclusion (for example, produced by the network errors, resulted in disconnection). The procedure for reapproving the transactions from the "erroneous" branch in case of conflicts may solve this problem. If chains are not represented in some copies of the operations' register, the platform should be able to carry out a "vote" on re-confirming the block or its tag is invalid.
4. Documenting solutions. The systems and approaches to be studied should contain fundamental documentation on how to implement the integrity of data, their consistency, and the voting mechanism. It is necessary to have a detailed description of the cryptographic functions used, their advantages, and disadvantages in the volume, allowing them to create a threat model.
5. Expandability. The decision to store data in a distributed public registry may be a starting point for achieving the objectives. It is necessary to assess the applicability of both existing

and unrealized approaches, for the sake of expanding the standard functionality (based on a platform implementation or integration with other systems without losing the advantages of blocking technology).

To use any existing blockchain-platform to ensure public interests, it is necessary to take into account factors of external pressure (such as restrictions on work in the framework of sectoral and/or country sanctions). Therefore, the important aspect of a system choice is connected with the possibility of self-implementation based on existing developments and, as a consequence, Open-Source solutions are more preferable. The software solution of the tasks based on existing platforms, their “forks” or completely independently developed solution should include the following components:

- register of objects;
- user storage and their rights based on the blockchain;
- identification and Authorization System;
- the network of p2p nodes that perform transaction approval and verification, create new blocks, and add them to the registry;
- application components for working with the system (monitoring, management, public API, user applications) (fig. 6).

5. Discussion

Blockchain technologies proved to be useful in many spheres of economic activities. The general recognized advantages of blockchain use are: decentralization, stability, enhanced security, and transparency. Blockchain method in land use/nature management, suggested for this information arrangement, nowadays is widely used in financial sphere and partly in Cadastral services [Suharevskaya, Kantyshev, 2018, Stefanović al., Torun, 2018, etc.] but its application in ecology, nature management is still rare, but some progress should be mentioned as well. “AgentschapvoorNatuur” end “Bos” nature conservation agencies in Belgium are planning to create a blockchain platform for nature conservation and forest protection issues [Building..., 2018]. Several other projects based at blockchain technology targeted at ecological problems solving should be mentioned as well. Among them is WePow-

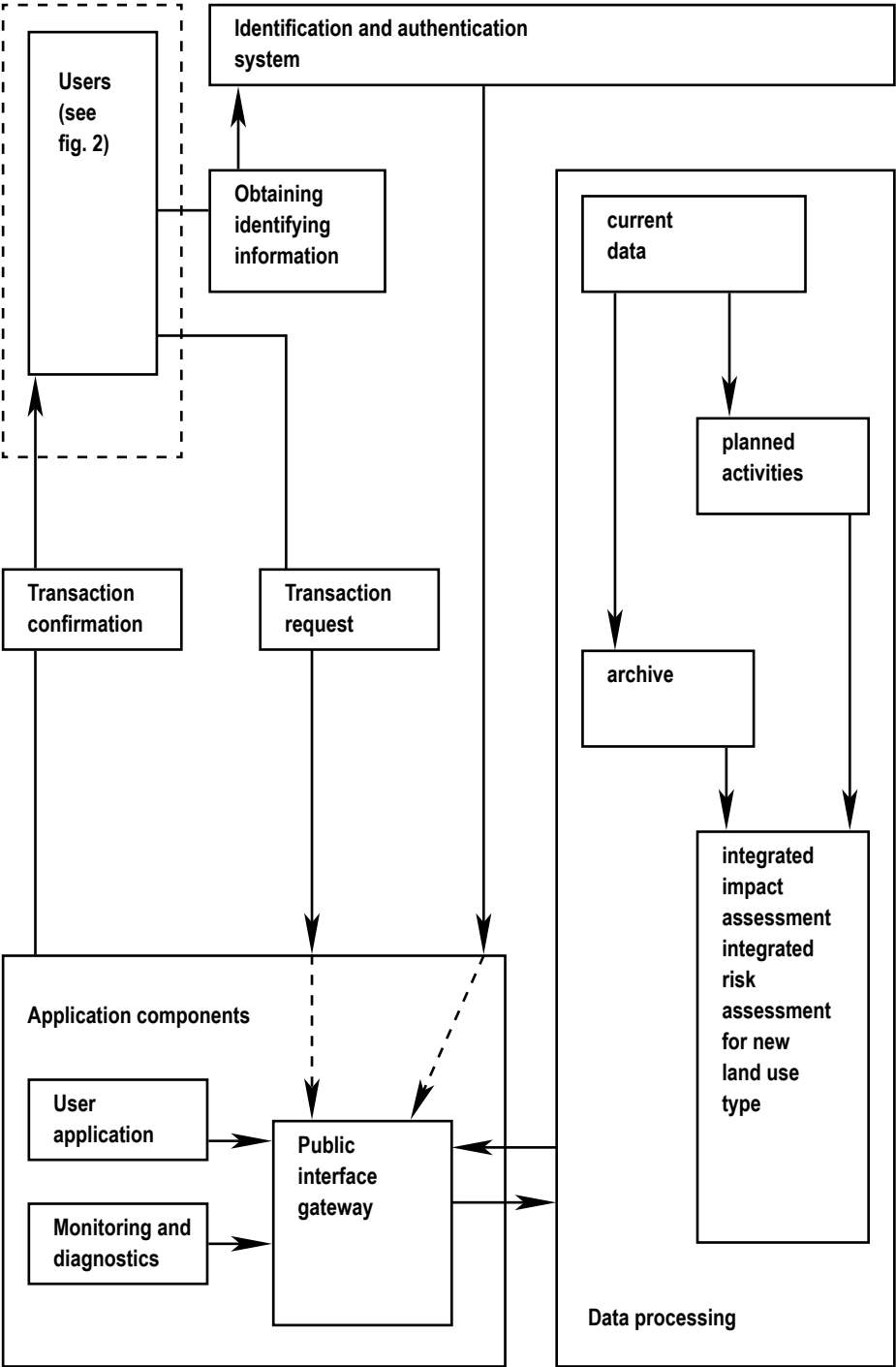


Fig. 6. Blockchain transaction model for nature management at TTNU.

er, which enable to create an infrastructure for unification use of “green” energy production and existing energy system [Walker, 2020]. Another “social” project is Plastic Positive, enabling people to invest into Social Plastic Collection Credits used for plastic pollution control [Plastic positive, 2020] Regen Network project is directed at tracking ecological change, monitoring and rehabilitation of destroyed lands, using blockchain for elaboration of rational land use patterns and includes special financial stimulating, monitoring and control [Regen network..., 2020]. One of the recent pilot projects in this field in Russia is DAO IPCI, connected with a platform construction to control carbon units use, contributions of different stakeholders to carbon dioxide exhausts, to attract investments into this process control, etc. [DAO IPCI, 2017].

These projects are the best confirmation of the principal tasks to solve ecological problems using blockchain technologies highlighted by the Fourth World Economic Forum. The mentioned tasks relevant to our studies are presented below:

- incentivizing circular economies – to provide proper use of natural resources and ecosystem services;
- increasing disaster preparedness and humanitarian relief;
- creating Earth-management geospatial platforms to monitor, manage and enable market mechanisms that protect the global environmental commons.

The presented here blockchain structure corresponds to these challenges. But its structure at the same time reflects different from the “entirely ecological” direction of blockchain use – nature management, demanding integrated data processing concerning economic, ecological, environmental, ethnic-cultural, etc. data. Proper nature management needs interdisciplinary solutions which are reflected in our assets structure. This structure composition is connected with available information for sets saturation and may be enlarged in future. For example, it is obvious that economic assets may be completed by the expected land cover transitions (see fig. 5). Still even the suggested variant may be helpful for stakeholders at TTNU to develop sustainable nature management patterns, providing full transparency and traceability within the supply chain. The key management tasks are monitoring and develop-

ment of market mechanisms to avoid the risk of ecosystem services' excessive exploitation threatening indigenous communities. This is of particular importance because they provide "feeding ecosystems" for indigenous population. Real-time transparent data on the ecological situation, natural hazards, cultural threats for indigenous identities, etc. may help municipal authorities to launch adequate measures to control the situation. Interdisciplinary solution based on specific "revolt" factors (when fast, small events overwhelm large, slow ones) in regional nature management systems connected with industrial and transport infrastructure development may provide sustainability to indigenous population living at the territories of the advanced economic development as well as demonstrate risks to TTNU connected with climate change and other natural hazards. These revolt factors typical for panarchy structures of socio-ecological spatial systems may be connected with non-linear processes in its environmental, ecological and socioeconomic subsystems [Gunderson, Holling 2003, Evseev et al., 2019]. Management of panarchy systems demands spatial independent information processing promoted by blockchain technologies use.

6. Conclusion

Blockchain technology characterize the Fourth Industrial Revolution with the demand for a new, decentralized and global electronic infrastructure to meet the challenges of present and future time. Below we outlined the advantages of blockchain approach use at TTNU:

- development of a multi-functional platform necessary to ensure multi-stakeholders' interests, indigenous communities being among them;
- data bases for territorial and local (within TTNU) planning practice contributing to sustainable development and adaptation to modern climate change;
- temporal-spatial data assets independent storage and their constant updating available for indigenous communities (and other stakeholders);
- monitoring data necessary to forecast nature management conflicts (ecological, socio-economic, ethnic etc.) threatening indigenous identities.

Blockchain solution presented here is directed to promote sustainable pattern of the Arctic zone pioneer economic development taking into account indigenous population well-being and ensure optimal use of its nature capital via public-private collaboration. It demonstrates options for a sustainable resource management for other regions as well.

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the research topics: Analysis of regional geoecological problems under global environmental change, Sustainable development of nature management territorial systems and Studying the dynamics of socio-natural systems using geoinformation mapping and digital technologies, Lomonosov Moscow State University.

Библиографический список / References

1. Arctic Council: SDWG program 2019. [Electronic resource]. URL: <https://www.sdwg.org/about-us/arctic-council-a/> (Assessed 20.04.2020).
2. Building Block(chain)s for a Better Planet// World Economic Forum. Geneva Switzerland, 2018. [Electronic resource]. URL: <http://www3.weforum.org> (Assessed 12.09.2021).
3. Climate Change Impacts in the Russian Arctic, Searching for Ways for Adaptation, Compilation of Basic Recommendations. Prepared by WWF-RUSSIA . WWF-Russia, Moscow, 2009. 64 p.
4. Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski I., Turner, R.K. (2014) Changes in the global value of ecosystem services// Global Environmental Change. 26, p. 152–158. URL: <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
5. DAO IPCI. Blockchain Technology for Carbon Markets, Environmental Assets and Liabilities. [Electronic resource]. URL: <https://ipci.io/ru> (Assessed 12.12.2021).
6. De Groot R., Brander L., Solomonides. S. Update of Global Ecosystem Service Valuation Database (ESVD)/ FSD report No 2020-06 Wageningen, The Netherlands. 57 p.

7. Dixon J., Scura L., Carpenter R., Sherman P. Economic Analysis of Environmental Impacts/ Earthscan, London. 1994 URL: <http://doi.org/10.4324/9781315070438> (Assessed 20.12.2020).
8. Ecologichesky Atlas Rossii [Ecological Atlas of Russia] / Moscow: Feoria, 2017. 510 p.
9. Ecora: An Integrated Ecosystem Management Approach to Conserve Biodiversity (2009) // CAFF Technical Report. No19 [Electronic resource] URL: <http://www.caff.is> (Assessed 12.11.2020).
10. Elsakov, V., Haikennen.Yu. Sezonny balans parnikovyh gazov v prirodnyh ecosystemah Vorkutinskoi tundry [Seasonal greenhouse gases balance in natural ecosystems of Vorkuta tundra]// III International Conference "Cities of the Arctic Zone and Environment, Vorkuta, 2003. P. 127–130.
11. Evseev A., Krasovskaya T., Belousov S. Revealing and mapping of nature management conflicts in the northern Yakutia advanced development zone of the Russian Arctic// International conference InterCarto. InterGIS–26, 2017 Tbilisi University, Tbilisi. P. 52–55.URL: <http://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-1-26-68-79>
12. Evseev A.V., Krasovskaya T.M., Tikunov V.S., Tikunova I.N. Revealing of land use conflicts at indigenous population territories in the Russian Arctic using atlas information systems // Methodology Geoinformatics &Geostatistics: An Overview, 2018, 6, (1), 1–6. URL: <http://doi.org/10.4172/2327-4581.1000180>
13. Evseev A., Krasovskaya T., Tikunov V., Tikunova I. Planning sustainable economic development in the Russian Arctic // ISPRS International Journal of Geo-Information, 2019, 8, p. 357–365. URL: <http://doi.org/10.3390/ijgi8080357>
14. GEO5. The Global Environment Outlook: Environment for the Future We Want. (2012). [Electronic resource]. URL: <http://www.unep.org> (Assessed 5.03.2020).
15. Good Practices for Environmental Impact Assessment and Meaningful Engagement in the Arctic/Arctic Environmental Impact Assessment (EIA) Project final report. 2019, 65 p. [Electronic resource]. URL: <https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/2377> (Assessed 15.01.2020).
16. Gundelsweileri, G., T. Bartoschek, L.A.C. Marques de Sá Development in the German WEF: blockchain beyond the hype// World Economic Forum Bol. Ciênc. Geod., sec. Comunica-

- ções, Curitiba, 2007 13, (2), p. 423–432, <http://www3.weforum.org/docs/48423>.
17. Gvishiany A.D., Kaftan V., Krasnoperov R. Geoinformatika I systemnyanalys v geofizuke I [Geoinformatics and systems analysis in geophysics and geodynamics]. *Izvestiya Physics of the Solid Earth*, 2019, 55 (1). P. 33–49. URL: <http://doi.org/10.1134/S1069351319010038>
 18. Hannon B, Limburg K, Naeem S, De Groot R, Wilson M, Boumans R. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services// *Ecological Economics*, 2002, 41(3). P. 393–408.
 19. Hölting L., Felipe-Luci M., Jacobs S. et al. Measuring ecosystem multifunctionality across scales // *Environmental Research Letters*, 2019. November. URL: <http://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5ccb>
 20. Liss O.L., Abramova, L., Aletov, N.A. Berezina, L.I. Inisheva, T. V. et al *Bolotnye Systemy Zapadnoy Sibiry I IhPrirodohrannoe Znachenie* [Western Siberia Bogs System and their Nature Conservation Status]. Moscow: Moscow University Press, 2001. 584 p.
 21. MacKenna T., Blaney R., Brooker B. et. al. (2019). Scotland's national capital assessment index: tracking nature's contribution to national well-being// *Ecological Indicators*, 2019, 107, 105645. URL: <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105645>
 22. More Laptevyh. *Ecologicheskyy Atlas* [The Laptev Sea. Ecological Atlas] Moscow: Rosneft', 2018. 300 p.
 23. *Nazional'ny Atlas Arctiki* [National Atlas of the Arctic] Moscow: Roskartografiya. 2017. 495 p.
 24. Odum M., Odum Eu. *Essence of Place*. USA: Univ of Georgia Museum, 2000. 129 p.
 25. Oprunenco A., Akmeemana C. (2018). Using blockchain to make land registry more reliable in India// *LSE Business Review*, 2018. [Electronic resource] <https://www.undp.org/blog/using-blockchain-make-land-registry-more-reliable-india> (Assessed: 20.09.2020).
 26. Plastic positive (Data set). [Electronic recourse] <http://www.plastic-positive.com> (Assessed: 20.09.2020).
 27. Regen network: a global marketplace & contracting platform for earth's ecosystem assets, services, and data. Data set [Electronic recourse]. URL: <http://www.region.network> (Assessed: 20.09.2020).

28. Rosstat [Federal Statistics service]. [Electronic Recourse]. URL: <https://www.gks.ru/> (Assessed: 15.12.2021).
29. Stefanović M., Pržulj D., RisticS., Pržulj D., Stefanović D. (2018) Blockchain and land administration: possible applications and limitations// International scientific conference on contemporary issues in economics, business and management (EBM) 2018, Kragujevac, Serbia. [Electronic recourse]. URL: <http://ebm.ekfak.kg.ac.rs/EBM2018> (Assessed: 18.12.2021).
30. Suharevskaya A., Kantyshev. Rosreestr ispol'zoval tehnologiu blokchein [Rosreestr used blockchain technology] Vedomosti, 2018, February,8. URL:<https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2018/02/08/750276>
31. Swetnam, R.D., Fisher B., Mbilinyi P. Munishi K, Willcock S Ricketts T., Mwakalila S., Balmford A., Burgess N., Marshall A., LewisS. (2011) Mapping socio-economic scenarios of land cover change: a GIS method to enable ecosystem service modelling// Journal of Environmental Management, 52. P. 563–584. URL: <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.09.007>
32. Tishkov, A.A., Belonovskaya, E.A., Vaisfeld, M.A., Glazov, LappoP.M., Morozova E.G., Pokrovskaya O.V, TertitskiyI.V., Titova G.M., Tsarevskaya S.V. Regional' nyebiogeograficheskii effect "bystryh" klomaticheskikhizmeneiyp v RossiiskoyArctike v 21 v. [Regional biogeographic effects of "fast" climate changes in the Russian Arctic in the 21st century]. Arctic: ecology and economy, 2020, 2 (38), p. 21, 31–44. URL: <http://doi.org/10.25283/2223-4594-2020-2-31-44>
33. Tishkov V., Novikova N., Pivneva E. KorennyenarodyRossiskoyArctiki [Indigenous peoples of the Russian Arctic] Herald of the Russian Academy of Sciences,2015 85(3), 278–286. URL: <http://doi.org/10.1134/S1019331615030181> (In Russ.).
34. Torun A. Hierarchical blockchain architecture for a relaxed hegemony on cadastre data management and update: a case study for Turkey // UCTEA International Geographical Information Systems Congress,Adana, 2017. P. 1–11.
35. Walker M. Green Energy on the Blockchain: WePower is a Renewable Energy Trading Platform Connecting Buyers and Producers while Saving Money and Time [Electronic recourse]. URL: <http://www.wepower.com> (Assessed 20.12.2020).
36. Zamyatina N., Goncharov R. Arcticheskaya urbanizazia: fenomen I sravnitel'ny analys [Arctic urbanization: phenom-

enon and comparative analysis]. Vestnik Moscow State University, (ser 5 – Geography), 2020 4. P. 69–82. URL:<http://www.vestnik5.geogr.msu.ru>

Поступило в редакцию 28.09.2022,
принята к публикации 20.11.2022.

Об авторах

- Евсеев** Александр Васильевич, доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Тел. +7 495-939-39-92. E-mail: avevseev@yandex.ru
- Красовская** Татьяна Михайловна, доктор географических наук, профессор географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Тел. +7 495-939-38-42. E-mail: krasovsktex@yandex.ru
- Тикунов** Владимир Сергеевич, доктор географических наук, профессор географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Тел. +7 495- 939-13-39, E-mail: vstikunov@yandex.ru
- Тикунова** Ирина Николаевна, кандидат географических наук, научный сотрудник географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Тел. +7 495- 939-36-31, E-mail: vstikunov@yandex.ru

About the authors

- Evseev** Alexander Vasilievich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University.
Phone +7 495-939-39-92. E-mail: avevseev@yandex.ru
- Krasovskaya** Tatiana Mikhailovna, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University.
Phone. +7 495-939-38-42. E-mail: krasovsktex@yandex.ru
- Tikunov** Vladimir Sergeevich, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University.
Phone +7 495- 939-13-39. E-mail: vstikunov@yandex.ru
- Tikunova** Irina Nikolaevna, Candidate of Geographical Sciences, Scientific Researcher Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University.
Phone +7 495- 939-36-31. E-mail: vstikunov@yandex.ru

2.8.2.
УДК 622.24

Акопов А.С.,
Каверзин С.А.,
Бекетов С.Б.,
Керимов А-Г.Г.,
Янукия А.П.

ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН

Северо-Кавказский федеральный университет
г. Ставрополь, Россия

филиал «Тюменского Индустриального университета»,
г. Сургут, Россия

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КИСЛОТНЫХ
ОБРАБОТОК СКВАЖИН ПХГ

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.7

Введение.

В мировой практике применения технологий интенсификации добычи одним из наиболее используемых методов воздействия на призабойную зону пласта для увеличения или восстановления продуктивности добывающих скважин является кислотная обработка продуктивного пласта. Кислотные обработки продуктивного пласта являются одним из основных мероприятий в группе методов обработки призабойной зоны, направленных на поддержание проектной производительности эксплуатационных скважин газовых месторождений и подземных хранилищ газа. Основной задачей кислотной обработки скважин газовых месторождений и подземных хранилищ газа является восстановление коллекторских свойств околоскважинной зоны продуктивного пласта за счет разрушения, перевода в раствор и выноса в ствол скважины кольматирующих твердых частиц естественного и техногенного происхождения, а также за счет улучшения фильтрационных характеристик призабойной зоны продуктивного пласта путем расширения уже существующих и создания новых флюидопроводящих каналов по всей перфорированной мощности пласта.

Материалы и методы
исследования.

К базовым реагентам, используемым при кислотном воздействии, относятся соляная (хлористоводородная HCl) и плавиковая (фтористоводородная HF) кислоты. В статье рассмотрены вопросы влияния различных факторов на эффективность кислотной обработки. Описан механизм взаимодействия кислотного состава с породой продуктивного пласта, основные принципы выборы кислотного состава для терригенного пласта-коллектора.

Результаты исследований и
их обсуждение.

Приведен анализ промысловых данных о результатах кислотных обработок, проведенных при ремонте скважин одного из подземных хранилищ газа за период 2014-2021 гг., сведения о количестве кислотных обработок, применяемых составах, технологических и экономических показателях, определяющих эффективность проведенных мероприятий.

Выводы.

По результатам проведенного анализа сделаны выводы о возможных направлениях повышения эффективности кислотных обработок терригенных коллекторов скважин подземных хранилищ газа.

Ключевые слова:

подземное хранилище газа, скважина, призабойная зона продуктивного пласта, кислотные обработки, эффективность

**Akopov A.S.,
Kaverzin S.A.,
Beketov S.B.,
Kerimov A-G.G.,
Yanukyan A.P.**

North Caucasus Federal University,
Stavropol,
Russia,

Tyumen Industrial University, Surgut, Russia

Effectiveness Analysis of Acid Treatments in UGS Wells

Introduction.

In the world practice of using technologies for increasing of production one of the most widely used method for bottom-hole zone treatment for increasing or restoration of wells productivity is acid treatment of productive formation. Acid treatments of productive formation is the essential one in a group of methods for bottom-hole zone treatment directed on maintenance of project well production of gas fields and underground gas storages. Essential aim of acid treatment of gas fields and underground gas storages wells is restoration of reservoir properties in near wellbore zone of productive formation by destruction, transfer to the solution and removing to the bore hole wasting solid particles of natural and technogenic origin, as well as by improvement of filtration characteristics of bottom-hole zone of productive formation by means of expansion of existing and creating of new channels for fluid migration by all length of perforated interval.

Materials and research methods.

As the base reagents, used for acid treatment, could be declared hydrochloric (HCl) and hydrofluoric (HF) acids. In the article discussed questions of different factors influence to efficiency of acid treatment. Described mechanism of reaction of acid compound with rock of productive formation, essential principles for choosing of acid compound for terrigenous reservoir.

Research results and their discussion.

It is shown analysis of field data about results of acid treatments, done during of workover in wells of one of underground gas storage from 2014 to 2021, information about number of acid treatments, used acid compounds, technological and economic parameters, which allows to estimate efficiency for done activities.

Conclusions.

Basing on the results of analysis it is down conclusions about possible directions for increasing efficiency of terrigenous reservoir acid treatments in underground gas storage wells.

Key words:

underground gas storage, well, bottom-hole zone of productive formation, acid treatments, efficiency

Введение

В процессе эксплуатации подземных хранилищ газа (ПХГ) по значительному количеству скважин эксплуатационного фонда наблюдается некоторое снижение производительности, связанное с ухудшением фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) призабойной зоны пласта (ПЗП). Необходимо отметить, что причиной снижения ФЕС ПЗП является кольтатация ПЗП алевролитовы-

ми, пелитовыми и пр. частицами, размер которых сопоставим с размерами пор пласта. Перераспределение указанных частиц в массиве пласта является результатом изменения градиента давления, как при увеличении отборов газа, так и при снижении отборов при изменении потребности в объемах газа в Единой газотранспортной системе (ЕГТС).

Этот процесс и причины его вызывающие освещены в литературе достаточно подробно. На практике имеется большой перечень геолого-технических мероприятий (ГТМ), реализация которых может влиять на восстановление ФЕС. ГТМ объединяют в себе комплекс работ при капитальном ремонте, текущем ремонте и реконструкции скважин, проводящийся на фонде скважин с целью обеспечения проектных показателей эксплуатации ПХГ. В отечественной и зарубежной практике использования технологий для интенсификации добычи углеводородного сырья одним из основных методов воздействия на ПЗП для увеличения или восстановления продуктивности эксплуатационных скважин ПХГ является кислотная обработка. Основной задачей кислотной обработки скважин является восстановление коллекторских свойств ПЗП за счет удаления и выноса кольматирующих твердых частиц естественного и техногенного происхождения, путем расширения уже существующих и создания новых каналов поступления флюида [1, 3, 4, 13, 17–21].

Материалы и методы исследования

В настоящее время потенциальные возможности методов и технологий обработки призабойной зоны (ОПЗ) реализуются не полностью. Только часть обработок дает положительный эффект (50 – 60%). Остальные обработки не столь эффективны, так как проводятся без учета литолого-минералогического состава пород продуктивного пласта, геолого-технических условий работы и технического состояния скважин, обоснованного выбора технологии, кислотной композиции и правильности проведения технологических операций.

К факторам, снижающим эффективность ОПЗ, можно отнести следующие:

- недостаточная глубина обработки пласта и неполное удаление кольматантов и продуктов реакции из призабойной зоны;
- неполный охват кислотным воздействием всего массива пласта;
- недостаточный учет влияния капель масла и ионов железа (оксиды и гидроксиды железа) техногенного происхождения в призабойной зоне;
- недостаточный учет геолого-промыслового состояния скважин (обводненность, количество ремонтов с глушением, накопление в скважине воды, растворов, осадков и взвешенных частиц);
- ошибки в планировании и проведении технологического процесса ОПЗ (неполная информация о состоянии скважины, проведение работ без промывки до забоя, некорректный выбор композиционного состава и технологии обработки).

При кислотной обработке ставится задача растворения и удаления части породы и кольматантов (особенно глинистых частиц) и предотвращение накопления осадка в ПЗП. Глубина кольматации в околоскважинной зоне может составлять от нескольких сантиметров до нескольких метров. Естественная проницаемость коллекторов по толщине пласта различна, поэтому закачиваемые низковязкие технологические жидкости поступают в высокопроницаемые пропластки. При этом кислота еще больше увеличивает их проницаемость. Обычной кислотной обработкой устранить эффект кольматации ПЗП достаточно сложно. Впереди зоны воздействия активной кислоты продвигается фронт отработанного кислотного раствора и продуктов реакции. В этой части околоскважинной зоны происходит перераспределение подвижных твердых частиц и уплотнение кольматанта, причем проницаемость пласта в околоскважинной зоне уменьшается. В результате этого после кислотной обработки может наблюдаться значительное снижение производительности скважин. Для устранения указанного недостатка применяют более концентрированные растворы соляной кислоты или увеличивают глубину проникновения активной кислоты в пласт путем подбора рецептуры кислотного состава [2, 5, 7, 16, 18].

Выбор вида кислотной обработки и ее эффективность зависит от комплекса факторов, включающих в себя литологическую характеристику объекта обработки, опыт применения различных составов на определенных месторождениях, технологические и технические факторы и др.

При выборе кислотных составов и технологий для обработки ПЗП необходимо соблюдать ряд условий: кислотные составы должны сохранять матрицу породы (для предотвращения выноса освобожденных зерен породообразующих минералов), удерживать в виде суспензии мелкие частицы цемента (каолинит, гидрослюда, хлорит), отделившиеся от стенок поровых каналов, способствовать предотвращению выпадения нерастворимых осадков – продуктов реакции в поровом пространстве пород-коллекторов. В кислотных составах на основе соляной кислоты происходит быстрая нейтрализация соляной кислоты, при этом радиус проникновения кислоты, как правило, невелик. Скорость взаимодействия соляной кислоты с глинистыми минералами и карбонатами еще более увеличится при повышении температуры, следовательно, для кислотной обработки скважин, в особенности высокотемпературных, предпочтение следует отдавать слабым органическим кислотам, например, таким как уксусная, а также поликарбоксилатным комплексонам.

Проблемы, связанные с проведением кислотных обработок в терригенных коллекторах, содержащих большое количество глинистых минералов и примеси карбонатов, сопряжены в первую очередь с высокой вероятностью выпадения нерастворимых осадков в результате реакции между кислотой и минералами, составляющими продуктивный пласт. Образовавшиеся нежелательные осадки способны приводить к кольтатации пор, что, в свою очередь, может привести к резкому снижению производительности скважин. При кислотной обработке терригенных пород с использованием фтористоводородной кислоты или ее производных образование осадков различного состава практически неизбежно. В конечном счете, эффективность обработки и долгосрочность эффекта зависит от количества выпавших осадков, а также концентрации применяемой кислоты и применения химических реагентов различного функционального назначения [6, 8, 9, 12, 14, 15, 16, 19–21].

Большинство ПХГ как в РФ, так и за рубежом, созданы на базе истощенных газовых и газоконденсатных месторождений, продуктивные пласты-коллекторы которых преимущественно относятся к терригенному типу. В статье рассматриваются кислотные обработки продуктивного горизонта, представленного пластом-коллектором терригенного типа, сложенного алевролитами с переслаиваниями глин, с эффективной пористостью до 22 % и проницаемостью около 1 дарси.

При проведении ОПЗ эксплуатационного фонда скважин ПХГ опробованы с различной степенью эффективности следующие методы воздействия на продуктивный горизонт, направленные на восстановление производительности скважин до проектных показателей [10, 11]:

- обработка ПЗП составом «Глисил»;
- обработка ПЗП перекисным составом «КСПЭО-4ДБ»;
- обработка ПЗП гидрофобизирующим составом «Тесил-12»;
- обработка ПЗП водным раствором бисульфата натрия (NaHSO_4);
- обработка ПЗП глинокислотными составами (раствор соляной кислоты (HCl) – 12 % + раствор плавиковой кислоты (HF) – 40%);
- очистка (размыв) интервала продуктивного пласта от глинисто-песчаных пробок с применением колтюбинговых технологий на депрессии с последующей осушкой.

Результаты исследований и их обсуждение

За период 2014–2021 гг. на фонде эксплуатационных скважин рассматриваемого ПХГ кислотные обработки проводились в рамках выполнения планов капитального и текущего ремонта скважин. Сведения о наименовании ПХГ в статье не раскрываются по причине ограничений корпоративной безопасности.

Сведения о количестве кислотных обработок при ремонте скважин рассматриваемого ПХГ с разбивкой по годам приведены на рисунке 1.

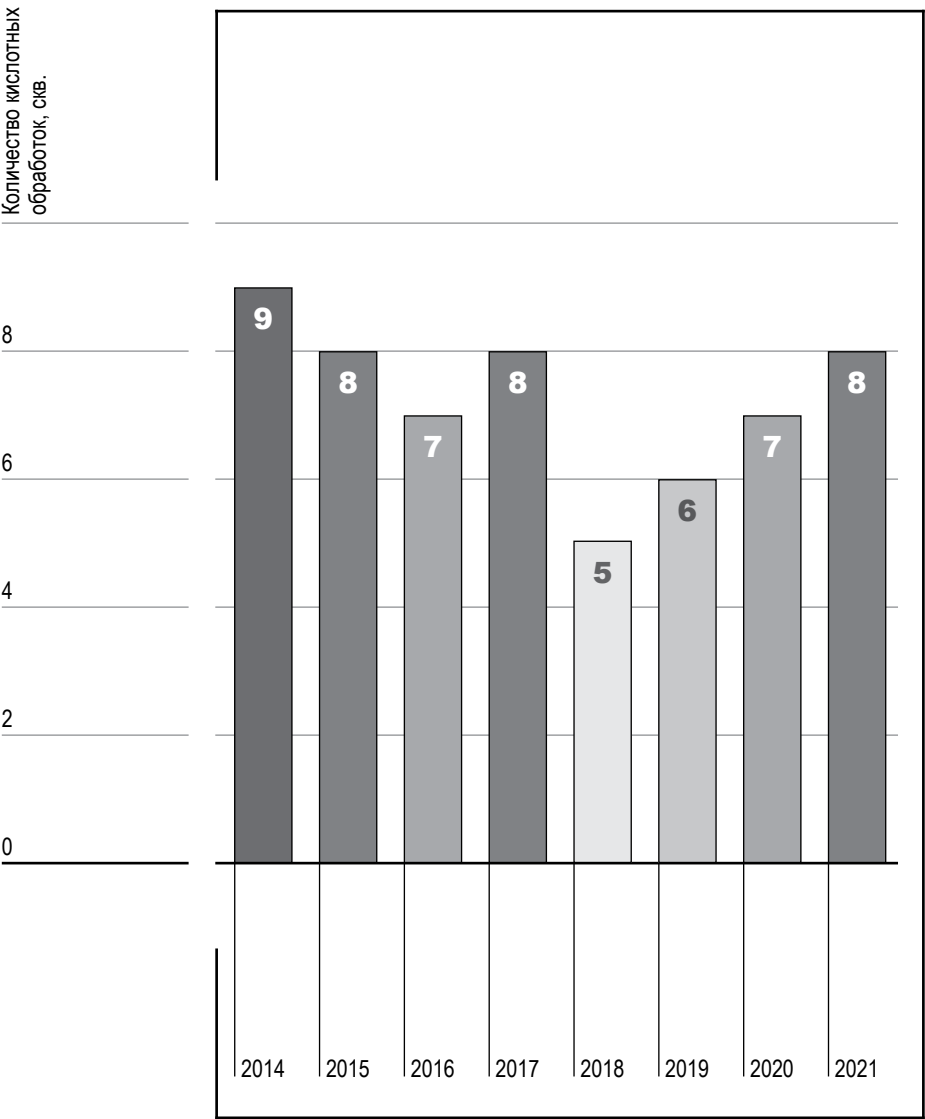


Рис. 1. Количество кислотных обработок при ремонте скважин рассматриваемого ПХГ.
Fig. 1. Quantity of acid treatments during wells workover of considered UGS.

Как видно из рисунка 1, в среднем в год проводится 6–7 кислотных обработок скважин.

Отношение количества кислотных обработок при ремонте скважин рассматриваемого ПХГ к общему количеству ремонтов в процентном отношении приведено на рисунке 2.

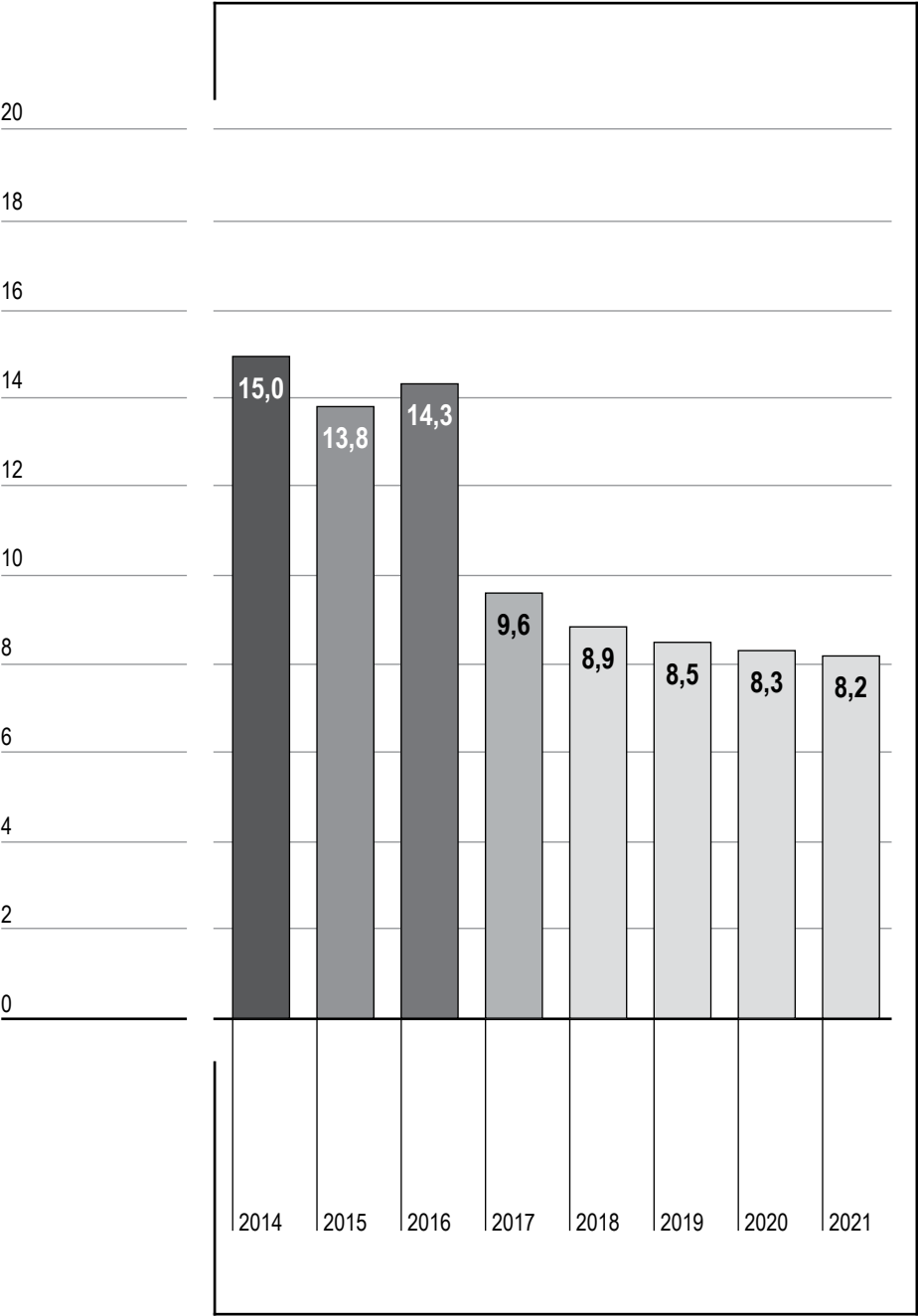


Рис. 2. **Отношение количества кислотных обработок при ремонте скважин рассматриваемого ПХГ к общему количеству ремонтов.**
Fig. 2. Ratio of acid treatments quantity to summary workover quantity during wells workover of considered UGS.

Как видно из рисунка 2, наблюдается устойчивая тенденция к снижению отношения количества кислотных обработок к общему количеству ремонтов, связанная с уменьшением общего количества ремонтов при сохранении среднегодового показателя количества кислотных обработок по рассматриваемому ПХГ.

Анализ результатов кислотных обработок на фонде эксплуатационных скважин рассматриваемого ПХГ проводился на основании данных о выполнении планов капитального и текущего ремонта за период 2014–2021 гг.

Оценка технологической эффективности проведенных кислотных обработок осуществлялась по данным о результатах газодинамических исследований (ГДИ) скважин до и после проведения обработок. При расчете показателей технологической и экономической эффективности использовались данные по рассматриваемому этапу (кислотная обработка ПЗП) без учета временных и финансовых затрат на подготовительно-заключительные работы (ПЗР). Некоторые количественные и качественные показатели эффективности проведенных кислотных обработок при капитальном и текущем ремонте скважин рассматриваемого ПХГ за период 2014–2021 гг. представлены в таблице 1.

Таблица 1. ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК ПРИ РЕМОНТЕ СКВАЖИН РАССМАТРИВАЕМОГО ПХГ
Table 1. Efficiency indexes of acid treatments during wells workover of considered ugs

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Средняя продолжительность ремонта, бр./час	24,8	23,2	23	23,1	23	23,3	23,5	23,4
Средняя стоимость ремонта, тыс. руб.	420,7	431,7	461,1	503,1	544,7	612,4	678,0	744,1
Среднее изменение коэффициента продуктивности до и после проведения обработки, %	21,6	23,8	22,6	23,9	22,8	23,3	22,9	23,5

На рисунках 3–5 приведены зависимости изменения средних значений ряда показателей, позволяющих сделать выводы об эффективности кислотных обработок при капитальном и текущем ремонте скважин рассматриваемого ПХГ за период 2014–2021 гг.: продолжительность и стоимость 1-го ремонта скважины, изменение коэффициента продуктивности до и после проведения кислотной обработки.

Как видно из рисунка 3, средняя продолжительность ремонта при проведении кислотных обработок скважин рассматриваемого ПХГ за анализируемый период сохраняется примерно на одном уровне.

Как видно из рисунка 4, средняя стоимость ремонта при проведении кислотных обработок скважин рассматриваемого ПХГ имеет тенденцию к незначительному росту в пределах удорожания материалов и роста стоимости бригадо-часа на протяжении всего анализируемого периода.

Как видно из рисунка 5, среднее изменение коэффициента продуктивности до и после проведения кислотных обработок скважин рассматриваемого ПХГ сохраняется примерно на одном уровне.

Выводы

По результатам проведенного анализа промысловых данных эффективности кислотных обработок продуктивного пласта при капитальном и текущем ремонте скважин рассматриваемого ПХГ за период 2014–2021 гг. и обзора литературных источников можно сделать следующие выводы [1–20]:

1. Средняя продолжительность кислотной обработки сохраняется примерно на одном уровне на протяжении всего анализируемого периода, что вероятнее всего обусловлено типовым характером работ и отработанной на протяжении долгого времени технологии проведения работ.
2. Средняя стоимость ремонта при проведении кислотной обработки имеет тенденцию незначительного роста на протяжении всего анализируемого периода в пределах удорожания материально-технических ресурсов и роста стоимости бригадо-часа.
3. Технологическая эффективность (среднее изменение коэффициента продуктивности до и после обра-

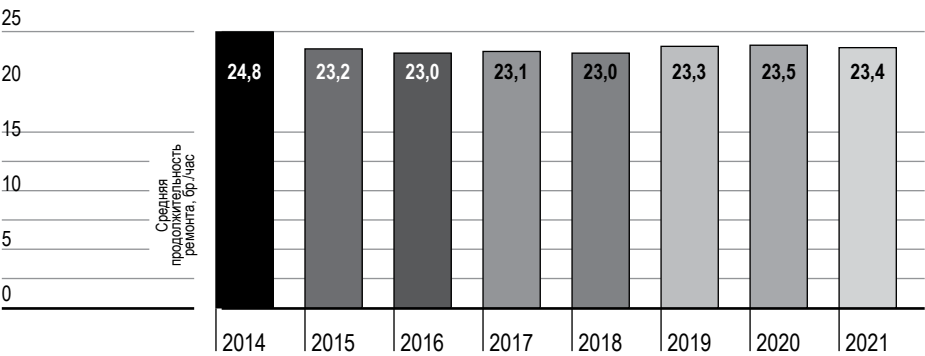


Рис. 3. Средняя продолжительность ремонта при проведении кислотных обработок скважин рассматриваемого ПХГ.
Fig. 3. Average duration of workover during wells acid treatments of considered UGS.

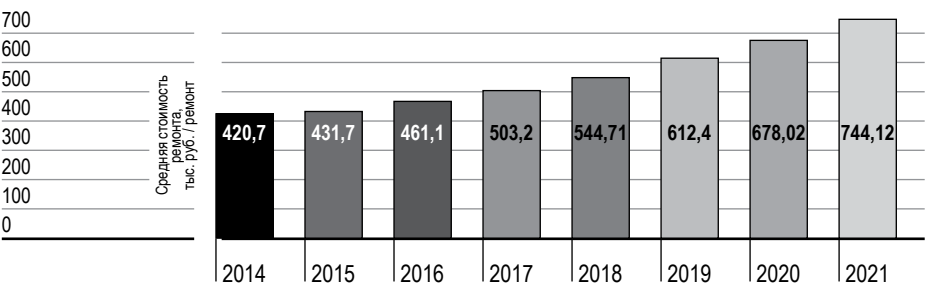


Рис. 4. Средняя стоимость ремонта при проведении кислотных обработок скважин рассматриваемого ПХГ.
Fig. 4. Average cost of workover during wells acid treatments of considered UGS.

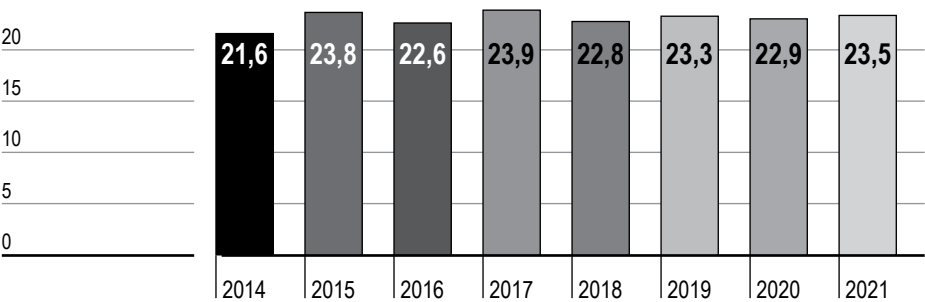


Рис. 5. Среднее изменение коэффициента продуктивности до и после проведения кислотных обработок скважин рассматриваемого ПХГ.
Fig. 5. Average change of productivity coefficient before and after wells acid treatments of considered UGS.

ботки) проводимых мероприятий по кислотной обработке продуктивного пласта за рассматриваемый период в среднем приближении сохраняется на одном уровне. Необходимо отметить, что данный параметр в значительной степени зависит от выхода ПХГ на максимальный (пиковый) отбор газа.

4. На основе проведенного анализа, с целью повышения эффективности кислотных обработок скважин ПХГ при капитальном и текущем ремонте рекомендовано:

— перед проведением кислотных обработок проводить очистку (отмыв) призабойной зоны продуктивного пласта с использованием органических растворителей и поверхностно-активных веществ (ПАВ) для удаления колюматирующих веществ, механических примесей и капель масла, а также для обеспечения более глубокого проникновения кислотных составов в пласт и увеличения зоны охвата;

— после проведения кислотных обработок проводить обработку скважин с применением метода циклического импульсного воздействия на пласт с целью обеспечения более полного выноса продуктов реакции и колюматирующих веществ;

— расширить спектр поиска по подбору и адаптации к горно-геологическим условиям ПХГ новых, высокоэффективных кислотных составов и их комбинаций, позволяющих обеспечить качественную разглинизацию ПЗП.

5. Для корректной оценки эффективности кислотных обработок на скважинах ПХГ предлагается:

— продолжить системно проводить ГДИ скважин до ремонта и после ремонта, а также после полного цикла отбора-закачки, для определения продолжительности эффекта от кислотной обработки;

— для оценки продолжительности эффекта и накопления статистических данных предусматривать проведение ГДИ до и после ремонта, с учетом привязки результатов ГДИ до и после ремонта к одному значению пластового давления ($P_{пл}$ при ГДИ до ремонта) для получения корректных сопоставимых данных о производительности скважины.

Библиографический список

1. Акопов А.С., Каверзин С.А., Климов К.Д. Солянокислотные обработки продуктивного пласта – как инструмент восстановления проницаемости ПЗП скважин, завершённых строительством // Актуальные проблемы наук о Земле: материалы VIII (65-й) ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, 2021. С. 323–328.
2. Амиан В.А., Уголев В.С. Физико-химические методы повышения производительности скважин. Москва: Недра, 1970. 279 с.
3. Басарыгин Ю.М., Мавромати В.Д., Черномашенко А.Н. Теория и практика создания подземных хранилищ газа. Краснодар: Просвещение-Юг, 2012. 518 с.
4. Басарыгин Ю.М., Мавромати В.Д. Ремонт нефтяных и газовых скважин. Краснодар: Просвещение-Юг, 2008. 437 с.
5. Басарыгин Ю. М., Булатов А.И., Дадыка В.И. Материалы и реагенты для ремонтно-изоляционных работ в нефтяных и газовых скважинах. Москва: Недра-Бизнесцентр, 2004. 349 с.
6. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин на Средне-Макарихинском месторождении // Булатовские чтения. 2017. Т. 2. С. 30–38.
7. Глущенко В.Н., Силин М.А. Нефтепромысловая химия: Изд. В 5-ти томах. Т.4. Кислотная обработка скважин. Москва: Интерконтакт Наука, 2010. 703 с.
8. Карапетов Р.В., Мохов С.Н., Акопов А.С., Бекетов С.Б. Оптимизация состава для кислотной обработки призабойной зоны терригенного пласта // Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли: материалы всероссийской научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. 24 ноября 2017 г. г. Ставрополь / под ред. В.А. Гридина, С.Н. Овчарова, А.-Г.Г. Керимова и др. Ставрополь: ТЭСЭРА, 2017. С. 211–213.
9. Карапетов Р.В., Мохов С.Н., Акопов А.С., Бекетов С.Б. Совершенствование состава для кислотной обработки терригенного пласта-коллектора // Тезисы докладов XII Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России». Секция «Разработка и эксплуатация месторождений природных углеводородов» (12–14 февраля 2018

- года, г. Москва). Москва: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. 2018. С. 54.
10. Киселев В.В., Свинцов М.В., Вержбицкая В.В. Восстановление фильтрационно-емкостных свойств пласта – коллектора хадумского горизонта Северо-Ставропольского ПХГ методом гидрофобизации // Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли: материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли», посвященной 25-летию Института нефти и газа СКФУ / под общ. ред. В.А. Гридина, А-Г.Г. Керимова, М.С. Лебедева, Ю.К. Димитриади, А.Ю. Калининченко, Л.С. Мкртчяна. Ставрополь: ТЭСЭРА, 2018. С. 264–267.
 11. Киселев В.В., Епифанов О.Ю., Свинцов М.В., Савельев А.А. Опыт внедрения технологий повышения производительности скважин Северо-Ставропольского подземного хранилища газа в условиях аномально низких пластовых давлений // Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли: материалы международной научно-практической конференции / под ред. В.А. Гридина, С.Н. Овчарова, А-Г.Г. Керимова и др. Ставрополь: ТЭСЭРА, 2015. С. 299–304.
 12. Копытов А.Г., Левкович С.В., Левитина Е.Е., Ковалев И.А. Эффективность кислотной обработки призабойной зоны скважины для отложений с трудноизвлекаемыми запасами // Наука. Инновации. Технологии, 2021. №4. С. 27–40. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.4.2
 13. Кудинов В.И., Сучков Б.М. Методы повышения производительности скважин. Самара: Кн. изд-во, 1996. 414 с.
 14. Мордвинов В.А., Поплыгин В.В. Управление продуктивностью скважин: учеб. пособие. Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2011. 137 с.
 15. Мордвинов В.А. Исследования в области кислотного воздействия на продуктивные пласты карбонатного коллектора // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. № 10. С. 39–41.
 16. Состав для кислотной обработки призабойной зоны терригенного пласта: патент 2648379 РФ. №2017117799; заявл. 22.05.2017 г.; опубл. 26.03.2018 г. Бюл. №9.
 17. Akopov A.S., Yanukyan A.P., Kushch I.I., Kaverzin S.A., Beketov S.B. Research in the effectiveness of acid treatments productive formations on oil fields in Western Siberia //

- IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference. Stavropol, 2021. P. 12021, DOI: 10.1088/1755-1315/745/1/012021
18. George E. King. An Introduction to the Basics of Well Completions, Stimulations and Workovers. Tulsa, Oklahoma, 1988. 663 p.
 19. Hong L.V., Mahmud H.B. A preliminary screening and characterization of suitable acids for sandstone matrix acidizing technique: a comprehensive review // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2019. Vol. 9. P. 753–778.
 20. Kunze K.R., Shaugnessy C.M. Acidizing sandstone formations with fluoboric acid // SPEJ. 1983. Vol. 23. № 1. P. 65–72.
 21. Leonard Kalfayan. Production enhancement with acid stimulation. 2nd ed. Tulsa, Oklahoma, 2008. 247 p.

References

1. Akopov A.S., Kaverzin S.A., Klimov K.D. Hydrochloric acid treatment of a productive formation as a tool for restoring the permeability of the bottomhole zone of wells completed by construction // Actual problems of the Earth sciences: materials of the VIII (65th) annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University. Stavropol, 2021. P. 323–328. (in Russ.).
2. Amiyan V.A., Ugolev V.S. Physico-chemical methods for improving the productivity of wells. Moscow: Nedra, 1970. 279 p. (in Russ.).
3. Basarygin Yu.M., Mavromati V.D., Chernomashenko A.N. Theory and practice of creating underground gas storage facilities. Krasnodar: Enlightenment-South, 2012. 518 p. (in Russ.).
4. Basarygin Yu. M., Mavromati V.D. Repair of oil and gas wells. Krasnodar: Enlightenment-South, 2008. 437 p. (in Russ.).
5. Basarygin Yu. M., Bulatov A.I., Dadyka V.I. Materials and reagents for repair and insulation works in oil and gas wells. Moscow: LLC «Nedra-Business Center», 2004. 349 p. (in Russ.).
6. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V. Analysis of the hydrochloric acid treatment of wells at the Sredne-Makarikhinsky field // Bulatovskie readings. 2017. Vol. 2. p. 30-38. (in Russ.).
7. Glushchenko V.N., Silin M.A. Petroleum Chemistry: Ed. In 5 volumes. T.4. Acid treatment of wells. Moscow: Interkontakt Nauka, 2010. 703 p. (in Russ.).
8. Karapetov R.V., Mokhov S.N., Akopov A.S., Beketov S.B. Optimization of the composition for acid treatment of the bottom-

hole zone of a terrigenous formation // Innovative technologies in the oil and gas industry: materials of the All-Russian scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University. November 24, 2017 Stavropol / ed. V.A. Gridina, S.N. Ovcharova, A.-G.G. Kerimova and others. Stavropol: TESERA, 2017. P. 211–213. (in Russ.).

9. Karapetov R.V., Mokhov S.N., Akopov A.S., Beketov S.B. Improving the composition for acid treatment of a terrigenous reservoir // Abstracts of the XII All-Russian scientific and technical conference «Actual problems of the development of the oil and gas complex of Russia». Section «Development and operation of natural hydrocarbon deposits» (February 12–14, 2018, Moscow). Moscow: Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin. 2018. P. 54. (in Russ.).
10. Kiselev V.V., Svintsov M.V., Verzhbitskaya V.V. Restoration of the porosity and reservoir properties of the reservoir of the Khadum horizon of the Severo-Stavropol UGS facility by hydrophobization // Innovative technologies in the oil and gas industry: materials of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation «Innovative technologies in the oil and gas industry», dedicated to the 25th anniversary of the Institute of Oil and Gas NCFU / ed. ed. V.A. Gridina, A.-G.G. Kerimova, M.S. Lebedeva, Yu.K. Dimitriadi, A.Yu. Kalinichenko, L.S. Mkrtchyan. Stavropol: LLC ID TESERA, 2018. P. 264–267. (in Russ.).
11. Kiselev V.V., Epifanov O.Yu., Svintsov M.V., Saveliev A.A. Experience in implementing technologies for improving the productivity of wells at the North Stavropol underground gas storage facility in conditions of abnormally low reservoir pressures // Innovative technologies in the oil and gas industry: materials of the international scientific and practical conference / ed. V.A. Gridina, S.N. Ovcharova, A.-G.G. Kerimova and others. Stavropol: LLC ID TESERA, 2015. P. 299–304. (in Russ.).
12. Kopytov A.G., Levkovich S.V., Levitina E.E., Kovalev I.A. Efficiency of acid treatment of the bottomhole zone of a well for deposits with hard-to-recover reserves // Nauka. Innovation. Technologies, 2021. No. 4. P. 27–40. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.4.2 (in Russ.).
13. Kudinov V.I., Suchkov B.M. Methods for improving well productivity. Samara: Book. publishing house, 1996. 414 p. (in Russ.).
14. Mordvinov V.A., Poplygin V.V. Well productivity management: textbook. allowance. Perm: Publishing House of the Perm Na-

- tional Research Polytechnic University, 2011. 137 p. (in Russ.).
15. Mordvinov V.A. Research in the field of acid impact on the productive layers of the carbonate reservoir // *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2009, No. 10. P. 39–41. (in Russ.).
 16. Composition for acid treatment of the bottomhole zone of a terrigenous reservoir: patent 2648379 of the Russian Federation. No. 2017117799; dec. May 22, 2017; publ. 03/26/2018 Bull. No. 9. (in Russ.).
 17. Akopov A.S., Yanukyan A.P., Kushch I.I., Kaverzin S.A., Beketov S.B. Research in the effectiveness of acid treatments productive formations on oil fields in Western Siberia // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. International Conference. Stavropol, 2021. P. 12021, DOI: 10.1088/1755-1315/745/1/012021
 18. George E. King. *An Introduction to the Basics of Well Completions, Stimulations and Workovers*. Tulsa, Oklahoma, 1988. 663 p.
 19. Hong L.V., Mahmud H.B. A preliminary screening and characterization of suitable acids for sandstone matrix acidizing technique: a comprehensive review // *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. 2019. Vol. 9. P. 753–778.
 20. Kunze K.R., Shaugnessy C.M. Acidizing sandstone formations with fluoboric acid // *SPEJ*. 1983. Vol. 23. No. 1. P. 65–72.
 21. Leonard Kalfayan. *Production enhancement with acid stimulation*. 2nd ed. Tulsa, Oklahoma, 2008. 247 p.

Поступило в редакцию 15.10.2022,
принята к публикации 20.12.2022.

Об авторах

- Акопов** Арсен Сергеевич, доцент кафедры строительства нефтяных и газовых скважин института наук о Земле Северо-Кавказского федерального университета.
Scopus ID 57219176933. E-mail: ars.akopov@gmail.com
- Каверзин** Сергей Александрович, кандидат экономических наук, доцент кафедры строительства нефтяных и газовых скважин института наук о Земле Северо-Кавказского федерального университета. Scopus ID 57190767328.
E-mail: skaverzin@ncfu.ru
- Бекетов** Сергей Борисович, доктор технических наук, профессор кафедры строительства нефтяных и газовых скважин

института наук о Земле Северо-Кавказского федерального университета. Scopus ID 56616900400.

E-mail: sbbeketov@ncfu.ru

Керимов Абдул-Гапур Гусейнович, доктор технических наук, профессор кафедры строительства нефтяных и газовых скважин института наук о Земле Северо-Кавказского федерального университета. Scopus ID 56872657000.

E-mail: akerimov@ncfu.ru

Янукия Арам Погосович, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Нефтегазовое дело» филиала Тюменского Индустриального университета. Scopus ID 57220160217.

E-mail: janukjanap@tyuiu.ru

About the authors

Akopov Arsen Sergeevich, Associate Professor of the Department of Construction of oil and gas wells, Institute of Earth's Sciences, North Caucasus Federal University. Scopus ID 57219176933.
E-mail: ars.akopov@gmail.com

Kaverzin Sergey Alexandrovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Construction of oil and gas wells, Institute of Earth's Sciences, North Caucasus Federal University.

Scopus ID 57190767328. E-mail: skaverzin@ncfu.ru

Beketov Sergey Borisovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction of oil and gas wells, Institute of Earth's Sciences, North Caucasus Federal University. Scopus ID 56616900400.

E-mail: sbbeketov@ncfu.ru

Kerimov Abdul-Gapur Guseinovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction of oil and gas wells, Institute of Earth's Sciences, North Caucasus Federal University.

Scopus ID 56872657000. E-mail: akerimov@ncfu.ru

Yanukyan Aram Pogosovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Engineering, branch of the Tyumen Industrial University.

Scopus ID 57220160217. E-mail: janukjanap@tyuiu.ru

2.8.2
УДК 622.276.7

ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ
СКВАЖИН

Гасумов Р.А.,
Гасумов Э.Р.,

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия;
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджан;

Минченко Ю.С.,
Копченков В.Г.,
Федоренко В.В.

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия;
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия;
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУШЕНИЯ СКВАЖИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.8

Введение.

В статье рассмотрен вопрос оценки технологической эффективности процесса глушения скважин с учетом изменения коллекторских свойств продуктивного пласта при использовании различных составов технологических жидкостей. Приводятся инновационные технологии, применяемые при глушении скважин в различных горно-геологических условиях для блокирования призабойной зоны пласта.

Материалы и методы
исследования.

Проведенное исследование базируется на обобщении многолетнего опыта в области создания и практического использования технологических жидкостей для глушения скважин и на результатах теоретических, лабораторных, стендовых исследований жидкостей глушения и блокирующих составов, выполненных в профильных научных лабораториях на специализированном лабораторном оборудовании по стандартным для нефтегазовой отрасли методикам.

Результаты исследования

и их обсуждение.

Представлены составы технологических жидкостей, легко удаляемые при вызове притока из пласта, и позволяющие обеспечить требуемое давление на забое, а также сохранить фильтрационно-емкостные свойства продуктивного пласта и предотвратить его разрушение. Рассмотрены результаты глушения скважин с применением различных составов технологических жидкостей, обладающих высокой стабильностью, низкой фильтрацией, в широком диапазоне регулируемой плотностью и реологическими свойствами, позволяющих создавать необходимую репрессию на пласт и проводить различные операции в скважине. Также в статье представлены сведения о проведенных аналитических исследованиях в рамках взятой проблематики. Их результаты позволили сделать выводы относительно применения различных типов жидкостей для глушения нефтя-

ных, газовых, газоконденсатных скважин в условиях аномально низких пластовых давлений и повышенных пластовых температур. Были рассмотрены жидкости с кислоторастворимой конденсируемой твердой фазой, образование которой в растворе обусловлено протеканием физико-химических процессов между ее компонентами; жидкости на биополимерной основе, содержащие различные наполнители и функциональные добавки; вязко-упругие композиции, армированные твердотельными пластинчатыми и волокнистыми частицами органического и минерального происхождения (на примере кольматирующей добавки марки «ОМ-2С») на основе промышленно выпускаемого полимерного реагента «Бинар»; жидкости глушения эмульсионного типа, имеющие в своем составе поверхностно-активные вещества и углеводородную фазу. Описаны основные реологические и технологические параметры, а также свойства предлагаемых технологических жидкостей глушения скважин.

Выводы. На основании проведенного исследования определено, что наиболее перспективным для глушения скважин в условиях аномально низких пластовых давлений является технология предварительного блокирования призабойной зоны пласта с использованием специальных составов технологических жидкостей с контролируемыми реологическими параметрами с учетом особенностей пласта, технологически применимых в особых климатических условиях с низкой отрицательной температурой. Также установлено, что обеспечение высокой эффективности проведения ремонтных работ невозможно без выполнения теоретических расчетов и лабораторных исследований с моделированием процесса блокирования призабойной зоны скважины при ее глушении и последующем освоении.

Ключевые слова: глушение скважин, технологические жидкости, аномально низкое пластовое давление, эффективность, призабойная зона пласта, блокирующие композиции.

Increasing the Technological Efficiency of Well Killing Using Innovative Technologies

Gasumov R.A., North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;
Gasumov E.R., Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan;
Minchenko Yu.S., North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;
Kopchenkov V.G., North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;
Fedorenko V.V. North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

Introduction. The article considers the issue of assessing the technological efficiency of the well killing process, taking into account changes in the reservoir properties of the productive formation when using various compositions of process fluids. Innovative technologies are presented that are used when killing wells in various mining and geological conditions to block the bottomhole formation zone.

Materials and methods**of research.**

The study is based on a summary of many years of experience in the field of creation and practical use of process fluids for killing wells and on the results of theoretical, laboratory, bench studies of killing fluids and blocking compositions, performed in specialized scientific laboratories using specialized laboratory equipment according to standard methods for the oil and gas industry.

Research results**and discussion.**

The compositions of process fluids are presented, which are easily removed when inducing inflow from the formation, and which allow to provide the required pressure at the bottomhole, as well as to maintain the reservoir properties of the productive formation and prevent its damage. The results of killing wells with the use of various compositions of process fluids with high stability, low filtration, in a wide range of adjustable density and rheological properties, which allow creating the necessary repression on the formation and performing various operations in the well, are considered. The article also provides information on the analytical studies carried out within the framework of the given problem. The results made it possible to draw conclusions regarding the use of various types of fluids for killing oil, gas, gas condensate wells under conditions of abnormally low reservoir pressures and elevated reservoir temperatures. Consideration is given to the liquids with an acid-soluble condensable solid phase, the formation of which in solution is due to the occurrence of physicochemical processes between its components; biopolymer-based liquids containing various fillers and functional additives; viscoelastic compositions reinforced with solid-state lamellar and fibrous particles of organic and mineral origin (for example, bridging additive brand «OM-2C») based on commercially available polymer reagent «Binar»; emulsion-type kill fluids containing surfactants and a hydrocarbon phase. The main rheological and technological parameters, as well as the properties of the proposed process fluids for killing wells, are described.

Conclusions.

Based on the study, it was determined that the most promising technology for killing wells under conditions of abnormally low formation pressures is the technology of preliminary blocking of the bottomhole formation zone using special compositions of process fluids with controlled rheological parameters, taking into account the characteristics of the formation, technologically applicable in special climatic conditions with low negative temperatures. It has also been established that ensuring high efficiency of repair work is impossible without performing theoretical calculations and laboratory studies with modeling the process of blocking the bottomhole zone during well killing and subsequent development.

Key words:

well killing, process fluids, abnormally low formation pressure, efficiency, bottomhole formation zone, blocking compositions.

Глушение скважин является важным этапом проводимых ремонтных работ в скважинах, обусловленных необходимостью восстановления и (или) повышения их производительности, а также ликвидации осложнений и аварий, возникающих в процессе их эксплуатации. Особенно существенно это при проведении работ в условиях аномально низких пластовых давлений (АНПД). Вопрос выбора типа и реологических параметров жидкости глушения приобретает особое значение. Это связано с тем, что технологические жидкости для глушения скважин должны обладать из-за особенностей структуры порового пространства необходимыми свойствами — плотностью и вязкостью в выбранном диапазоне [2, 5]. Выбор их параметров должен производиться с учетом теоретических представлений о фильтрации жидкости в пластовых системах [1]. На основе решения задачи стационарной плоскорадиальной фильтрации в скважину целесообразно проводить анализ эффективности процесса глушения с точки зрения его воздействия на породу-коллектор, т.е. под действием постоянного перепада давления (депрессии в пласте) необходимо рассматривать приток жидкости из пласта в скважину. Вследствие этого возникает необходимость разработки новых составов для блокирования призабойной зоны пласта при работе в скважинах и технологических схем их использования, обеспечивающих необходимое забойное давление, сохранение свойств пористости и проницаемости продуктивного пласта, предотвращающих разрушение коллектора пласта и легко удаляемых при вызове притока из пласта. Разработка требований к технологическим жидкостям для глушения скважин, применение которых приведет к улучшению технико-экономических показателей проведения ремонтных работ в скважинах с аномальными пластовыми давлениями, несомненно, является серьёзной задачей.

Разработка специальных жидкостей глушения с контролируемыми реологическими параметрами, технологически применимых в особых климатических условиях с низкой отрицательной температурой и учитывающих особенности продуктивной толщи, актуальна для современного этапа развития технологий глушения скважин. Особенно это важно при проведении работ по капитальному ремонту скважин с АНПД. В этой связи также существенным следует считать базирование выбора технологических свойств жидкостей

глушения на теоретических расчетах и результатах лабораторных и стендовых исследований, моделирующих процессы глушения и последующего освоения скважин [4].

Материалы и методы исследований

Рекомендации и выводы, полученные в рамках проведенного аналитического исследования, базируются на обобщении многолетнего опыта в области создания и практического использования технологических жидкостей для глушения скважин и на результатах теоретических изысканий, а также лабораторных и стендовых испытаний жидкостей глушения и блокирующих составов, в том числе выполненных авторами самостоятельно. Указанные работы выполнялись в профильных научных лабораториях на специализированном лабораторном оборудовании по стандартным для нефтегазовой отрасли [19] методикам, описанным в следующих нормативных документах:

- ГОСТ 33213-2014 Контроль параметров буровых растворов в промышленных условиях. Растворы на водной основе;
- ГОСТ 33697-2015 Растворы буровые на углеводородной основе. Контроль параметров в промышленных условиях;
- ISO 10414-1:2008 Petroleum and natural gas industries — Field testing of drilling fluids — Part 1: Waterbased fluids;
- ISO 10414-2:2011 Petroleum and natural gas industries — Field testing of drilling fluids — Part 2: Oil-based fluids;
- РД 39-00147001-773-2004 Методика контроля параметров буровых растворов.

Обработка данных, полученных в результате выполнения лабораторных исследований, производилась с применением методов математической статистики, в том числе в части планирования проводимых экспериментов, с применением электронно-вычислительной техники и специализированного программного обеспечения.

Результаты исследований и их обсуждения

Технология глушения скважин с временной блокировкой продуктивного пласта в настоящее время наиболее востребована при проведении ремонтных работ, что связано с тем, что она основана на использовании специализированных технологических жидкостей для глушения скважин, которые обеспечивают качественную изоляцию призабойной зоны, что важно при работе на скважинах с АНПД [2, 5, 7, 10–12, 15–17].

Так, например, известен способ глушения нефтяных и газовых скважин с высокопроницаемыми трещинами гидравлического разрыва пласта [8], а также способ глушения нефтяных и газовых скважин в осложненных условиях [9]. Данные способы глушения основаны на применении эмульсионно-суспензионных блокирующих составов. Для скважин с приемистостью ниже 350 м³/сут авторами изобретения рекомендовано использование блокирующей жидкости, содержащей дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти, эмульгатор, коллоидный раствор гидрофобных наночастиц двуокиси кремния с размером частиц от 5 до 100 нм (включает двуокись кремния, монометилловый эфир пропиленгликоля и воду), гидрофильные наночастицы двуокиси кремния (включает двуокись кремния в изопропанол и метилолом спирте или двуокись кремния в этиленгликоле, или сухую аморфную двуокись кремния с размером частиц от 5 до 500 нм), водный раствор хлористого кальция или хлористого калия. В соответствии с изобретением в качестве эмульгатора используют композицию, включающую эфиры высших ненасыщенных кислот жирного ряда и смоляных кислот, окись амина, высокомолекулярный органический термостабилизатор и дизельное топливо.

Для скважин с большей приемистостью применяется ранее приведенная рецептура с заменой гидрофильных наночастиц двуокиси кремния на гидрофильные микрочастицы ильменита или тетраоксида тримарганца с размером частиц от 0,2 до 5,0 мкм.

Также известен блокирующий гидрофобно-эмульсионный раствор с мраморной крошкой [13], используемый при проведении подземных ремонтов скважин на месторождениях с трещинно-поровым типом коллектора в условиях АНПД и высоких температур.

Рецептура раствора включает в себя углеводородную фазу (нефть или дизельное топливо), эмульгатор Ялан-Э-2 марка Б2, мраморную крошку фракции от 0,2 до 2,0 мм и минерализованную водную фазу. Техническим результатом от применения указанного блокирующего состава является повышение термостабильности и седиментационной устойчивости блокирующего гидрофобно-эмульсионного раствора при возможности регулирования его плотности и реологических свойств.

Известна жидкость для глушения скважин [14], применяемая для временной изоляции продуктивных пластов в условиях высоких поглощений и высоких температур, в том числе высокопроницаемых пластов, исключающая потери жидкости в пласте за счет намыва фильтрационной корки на поверхности коллектора. Рецепт жидкости глушения включает неорганические соли или их смеси (CaCl_2 , KCl , NaCl , NH_4Cl , MgCl_2 , ZnCl_2 , NaBr , CaBr_2 , ZnBr_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_2 , NaNO_3), дисперсную фазу, композицию МХК-406, воду и/или углеводородсодержащий реагент.

Но известные технологические решения в области глушения скважин вследствие ухудшения горно-геологических условий месторождений зачастую малоэффективны [7, 22–24]. С учетом этого, для глушения нефтяных скважин с временным блокированием продуктивной зоны нами были разработаны инновационные технологии с применением новых составов технологических жидкостей для глушения скважин при выполнении работ на месторождениях с существенно отличающимися друг от друга горно-геологическими условиями, обладающими высоким экономическим эффектом [1].

Технология глушения нефтяных скважин с применением технологических жидкостей с кислоторастворимой конденсируемой твердой фазой, обладающей высокой стабильностью, низкой фильтрацией, в широком диапазоне регулируемой плотностью и реологическими свойствами, позволяет создавать необходимую репрессию на пласт и проведение различных операций в скважине. Блокирующие композиции с конденсируемой твердой фазой обладают определенными преимуществами, поскольку связующее вещество имеет минимальное количество неконтролируемых примесей и известный химический состав, в отличие от связующих веществ

природного происхождения, в которых частицы дисперсной фазы образуются непосредственно из дисперсионной среды в результате комплекса химических и физических процессов [2].

Регулированием концентраций химических компонентов в рецептуре блокирующей композиции может изменяться в довольно широких пределах фракционный состав частиц связующего (конденсируемой твердой фазы). В результате химического взаимодействия компонентов системы происходит формирование частиц кольматанта в блокирующей композиции, что обеспечивает высокую равномерность распределения твердой фазы в композиции. Это оказывает существенное влияние на технологичность процесса приготовления блокирующей композиции с конденсируемой твердой фазой.

Структурирование системы происходит за счет введения функциональных добавок и связано с формированием трехмерных адсорбционных структур, благодаря которым жидкости глушения с конденсируемой твердой фазой обладают следующими физико-химическими параметрами: показатель фильтрации — 5-6 см³/30 мин; условная вязкость — 40-90 с; плотность — 1020-1090 кг/м³; водородный показатель (pH) — 7-7,5 ед. pH; пластическая вязкость — 20-30 мПа·с; кислоторастворимость — более 95 %; термостойкость — 160 °С; стабильность — более 22 сут.

Технология блокирования призабойной зоны с использованием наполнителей заключается в создании в стволе скважины низкопроницаемой фильтровальной корки, препятствующей поглощению жидкости глушения. Кольматант позволяет благодаря рассчитанному фракционному составу осуществить закупорку поровых каналов коллектора при малой глубине его проникновения. К снижению коэффициентов проницаемости и, соответственно, к осложнениям при освоении скважины после проведения ремонтных работ может привести неправильный выбор фракционного состава наполнителя. Это обусловлено тем, что слишком крупные частицы не способны проникнуть в поры пласта, а слишком мелкие беспрепятственно мигрируют в поровом пространстве вместе с жидкостными потоками. И те, и другие не способны формировать блокирующий экран и, соответственно, жидкость глушения или ее фильтрат проникают

в резервуар но, в то же время, не препятствуют всасыванию в него технологической жидкости для глушения скважин [5]. Композиция обладает высокими ингибирующими свойствами в отношении глинистых пород. Это обусловлено содержанием в ней солей щелочных металлов, что препятствует гидратации глинистой породы за счет протекания физико-химических процессов по катионному механизму. Кроме того, присутствующий в композиции полимерный компонент в результате адсорбции его молекул на поверхности глинистых частиц в структуре горных пород предотвращает доступ молекул воды к ним, тем самым обеспечивая ингибирование их набухания. Также важно отметить, что после введения в зону воздействия продуктивного пласта блокирующий состав переходит в нетекучее состояние, что также имеет существенный положительный эффект.

Технология глушения скважин с использованием технологических жидкостей на основе биополимеров состоит из блокирующей композиции и рабочей жидкости. Легко удаляемые из призабойной зоны пласта при освоении скважины биополимерные жидкости являются перспективным направлением. Это обусловлено тем, что биополимеры в отличие от полимеров, полученных химическим путем, обладают лучшей селективностью, электролитической и поверхностной активностью в более широком диапазоне рН среды, а также при повышенном содержании многих моновалентных и поливалентных металлов, и, что наиболее важно, сохраняют фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) продуктивной толщи, будучи при этом биоразлагаемыми и экологически чистыми. Биополимерные жидкости для глушения скважин обладают пониженными фильтрационными свойствами и выраженными псевдопластическими свойствами, а также улучшенными структурными и реологическими качествами, что обеспечивает их повышенную удерживающую и транспортирующую способность. Коэффициент нелинейности биополимерной жидкости для глушения скважин характеризует её псевдопластические свойства. Так, чем ниже его значение, тем больше жидкость проявляет указанные свойства, то есть ее вязкость уменьшается с увеличением относительных скоростей сдвига жидкости. Регулирование коэффициента нелинейности жидкости позволяет выравнивать профиль

скорости течения жидкости в скважине и тем самым улучшить физико-химические и технологические свойства биополимерных жидкостей для глушения скважин [4].

Рецептура таких жидкостей состоит из комплексного полимерного реагента-наполнителя и воды. В качестве кольматанта используется кислоторастворимый композитный органический наполнитель [18]. Состав обладает низкой фильтрацией и высокими блокирующими свойствами. Восстановление проницаемости пласта после деблокирования составляет более 95 %. Рецепт жидкости обеспечивает проведение работ по глушению скважин в «щадящем» режиме благодаря формированию в призабойной зоне пласта блокирующего экрана, обладающего высокими механическими свойствами за счет армирования крупнодисперсными волокнистыми кольматирующими частицами. Реологические свойства биополимерной жидкости для глушения скважин могут регулироваться в широких пределах, а компоненты блокирующей системы биоразлагаемы [5].

Основные свойства блокирующей системы на биополимерной основе: плотность — 1080–1200 кг/м³; водородный показатель (рН) — 7–7,5; фильтрация — менее 1 см³/30 мин; блокирующая способность при средней начальной проницаемости образца керна по газу 1Д — 10–12 МПа; коэффициент восстановления проницаемости — 95–99%; давление освоения — 0,3 МПа.

В состав рабочей жидкости входит комплексный полимерный реагент и вода, жидкость обладает следующими свойствами: условная вязкость — 25–60 с; водородный показатель (рН) — 7–7,5; плотность — 1020–1050 кг/м³; показатель фильтрации — 3–4 см³/30 мин; пластическая вязкость — 6–12 мПа·с; динамическое напряжение сдвига — 50–100 дПа; статическое напряжение сдвига через 1/10 мин — 30/48–50/80 дПа [6].

При глушении скважины в призабойной зоне пласта формируется плотный низкопроницаемый блокирующий барьер, обладающий высокими механическими свойствами, за счет армирования его крупнодисперсными органическими волокнами (рис. 1).

Это повышает устойчивость блокирующего экрана к скачкам давления, вызванным эффектом «поршневания» при спуско-подъемных операциях, способствует эффективной защите пласта

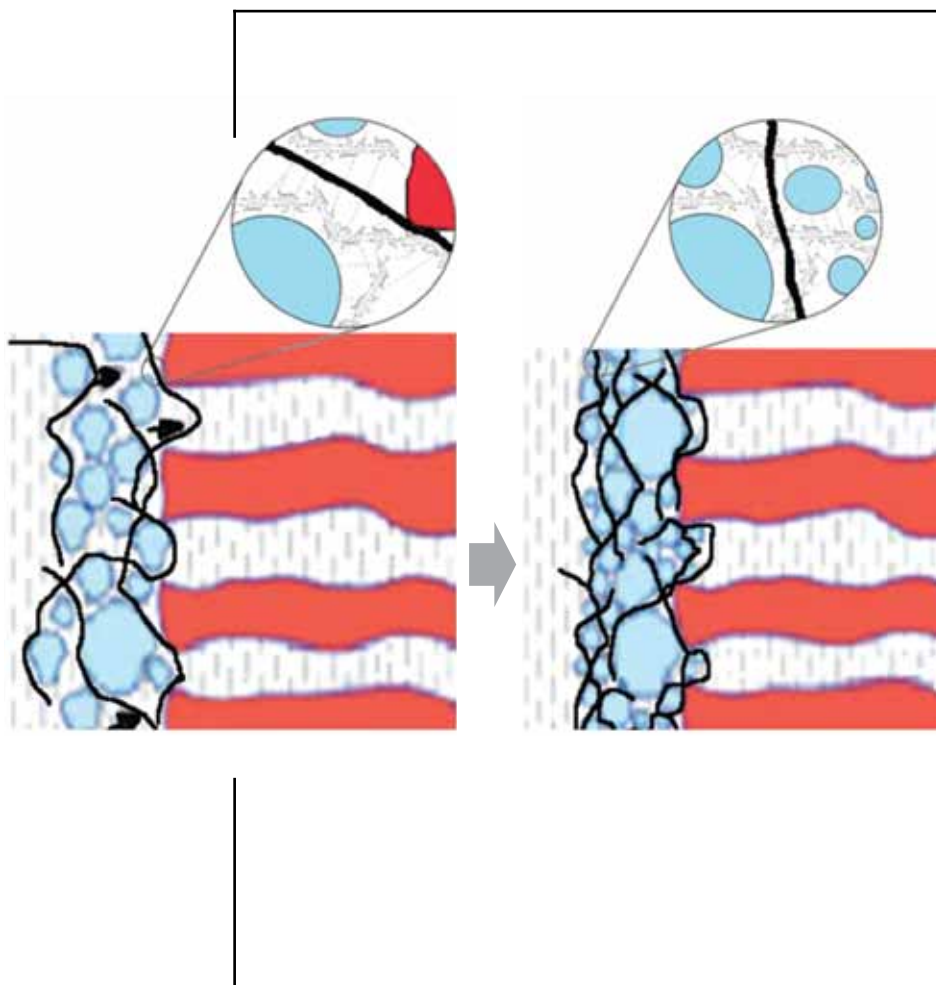


Рис. 1.

Схема формирования блокирующего экрана.

Fig. 1. Scheme of forming a blocking screen.

от жидкостей, используемых при ремонте, что обеспечивает возможность проведения работ по глушению скважин в «щадящем» режиме [5].

Приготовление блокирующей системы на биополимерной основе осуществляется следующим образом: сначала готовится рабочая жидкость — путем растворения комплексного полимерного реагента в технической воде, а потом к этой жидкости добавляется композитный органо-минеральный наполнитель. Образующаяся в процессе деструкции пена способствует более легкому

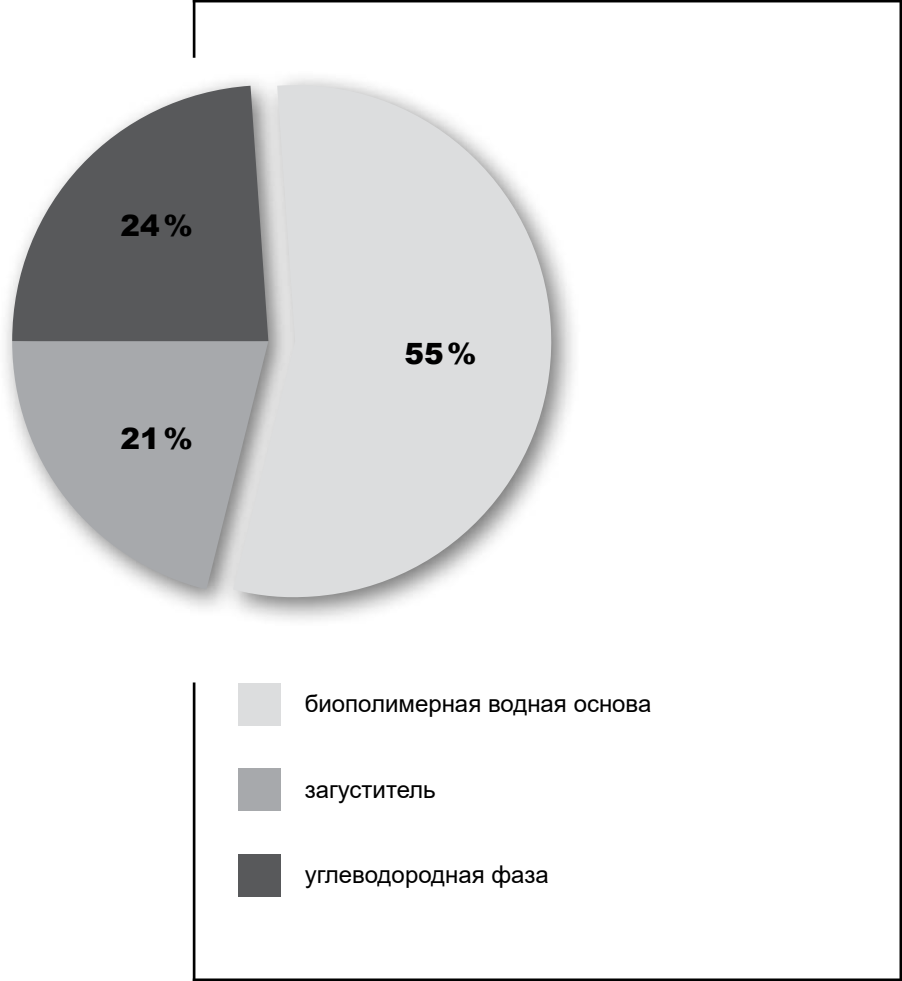


Рис. 2. Состав технологической жидкости на основе реагента «Бинар».
Fig. 2. The composition of the process fluid based on the reagent «Binar».

освоению скважины, а наполнитель, используемый в качестве кольматирующего агента, кислоторастворим более чем на 90 %. В качестве деструктора могут применяться растворы соляной кислоты или специализированные кислотные жидкости [20, 21].

Технология глушения скважин с временным блокированием призабойной зоны с применением технологической жидкости на основе реагента «Бинар» применяется для глушения и промывки нефтяных скважин с АНПД в сложных климатических условиях

(рис. 2). Применение данной технологии с применением узкоспециализированных высокоэффективных блокирующих составов обеспечивает создание прочного блокирующего экрана в призабойной зоне пласта, предотвращающего проникновение технологических жидкостей в продуктивный пласт, а рабочая жидкость позволяет создать необходимое гидростатическое давление.

Базовые физико-химические и технологические параметры жидкости глушения на основе полимерного реагента «Бинар»: плотность — 900–1100 кг/м³; вязкость условная — 80–120 с; динамическое напряжение сдвига — 210 дПа; статическое напряжение сдвига за 1/10 мин — 1/10–48/67 дПа; температурный диапазон применения — до минус 40 °С; коэффициент восстановления проницаемости — более 90 %; показатель фильтрации — 2,0 см³ за 30 мин; термостабильность — до 150 °С [4].

Технологические жидкости на основе реагента «Бинар» с органоминеральным наполнителем «ОМ-2С» рекомендуются: для профилактики и ликвидации поглощений жидкости глушения и бурового раствора; в качестве основного наполнителя вязко-упругих составов; обработки буровых растворов; вскрытия продуктивных пластов; в пенных системах и облегченных технологических жидкостях для временного блокирования высокопроницаемых пластов в условиях АНПД.

Состав технологической жидкости на основе реагента «Бинар» с наполнителем «ОМ-2С»: смесь неорганического кольматанта и органического наполнителя с добавками полимерных модификаторов природного и синтетического происхождения, обеспечивающая упрочненное заполнение пор, трещин и каверн с ускоренной глинизацией формирующего блокирующего экрана и созданием крепкого армирующего каркаса, не позволяющего составу проникать в продуктивный пласт на значительную глубину.

Дифференцирование наполнителя по маркам в зависимости от диапазона размеров закупоривающих частиц от микронных до нескольких миллиметров позволяет адаптировать наполнитель к различным горно-геологическим условиям скважин с учетом индивидуального подхода к каждому ремонтируемому объекту. Применение наполнителя не требует дополнительных кислотно-щелочных обработок, обеспечивающих интенсификацию процесса освоения

скважины после ремонта, — деблокирование пласта происходит естественным путем при минимальных значениях депрессии.

Технология щадящего глушения нефтяных скважин с использованием модифицированной жидкости применяется для глушения нефтяных скважин с поровыми и теригенными коллекторами со средней проницаемостью до 1000 мД, содержащими глинистые минералы, и пластовыми температурами до 160 °С в условиях АНПД [5].

Преимущества предлагаемой модифицированной жидкости глушения: выдерживает перепад давлений до 8 МПа при проницаемости пластов до 1000 мД; обеспечивает щадящее воздействие на продуктивный пласт и сохранение ФЕС пласта; имеет термостабильность до 160 °С; обладает комплексным ингибирующим действием; позволяет значительно сократить время ввода скважины в эксплуатацию после капитального ремонта, а также значительно увеличить дебиты нефти; инертна к горным минералам, пластовым флюидам, технологическим жидкостям, а также к промышленному оборудованию; обладает технологичностью приготовления и применения в промысловых условиях, не требует использования специального технологического оборудования; низкое межфазное натяжение на границе раздела жидкость-газ-нефть предотвращает образование эмульсии; во время разработки скважины убойная жидкость не запирается в капиллярных сужениях. Вытеснение из призабойной зоны происходит равномерно и без увеличения остаточной водонасыщенности [4].

Компонентный состав: комплексный полимерный реагент; водорастворимая соль; нефтерастворимое поверхностно-активное вещество; функциональная добавка; вода.

Технологические и физико-химические параметры жидкости глушения: плотность — 1015–1100 кг/м³; блокирующая способность — до 8,0 МПа; коэффициент восстановления проницаемости — более 95 %.

Предлагаемые технологические жидкости и технологии успешно применялись при глушении скважин на месторождениях и подземных хранилищах газа (ПХГ).

Выводы

По результатам исследований установлено:

1. Наиболее актуальным направлением в области глушения скважин в условиях АНПД является технология предварительного блокирования призабойной зоны продуктивного пласта с использованием специальных составов технологических жидкостей с контролируемыми реологическими параметрами с учетом особенностей пласта, технологически применимых в особых климатических условиях с низкой отрицательной окружающей температурой.
2. Выбор физико-химических и технологических параметров жидкостей глушения и блокирующих композиций для обеспечения эффективности проведения ремонтных работ в конкретных горно-геологических условиях (особенно для скважин с АНПД) должен осуществляться на основе теоретических расчетов, лабораторных и стендовых испытаний, моделирующих процесс блокирования призабойной зоны продуктивного пласта при глушении скважины с последующим ее освоением.
3. Применение предлагаемых технологий с использованием технологических жидкостей для глушения скважин в конкретных горно-геологических условиях обеспечивает создание прочного блокирующего экрана в призабойной зоне продуктивного пласта, предотвращающего проникновение технологических жидкостей, а рабочая жидкость позволяет создать необходимое гидростатическое давление и при минимальном уровне депрессий на пласт освоить скважину после проведения ремонтных работ без применения жидкостей для интенсификации притока флюидов.

Библиографический список

1. Бояркин А.А. Разработка технологических решений, повышающих эффективность глушения газовых скважин с ано-

- мально низким пластовым давлением: дис... канд. техн. наук: 25.00.15. Краснодар: Бурение, 2005. 110 с.
2. Гасумов Р.А., Вагина Т.Ш., Костюков С.В. Современный подход к выбору составов для временного блокирования продуктивных пластов скважин на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2016. №6. С. 51–56.
 3. Гасумов Р.А., Костюков С.В., Овчаров С.Н. и др. Жидкости глушения для газовых и газоконденсатных скважин с повышенными пластовыми температурами // Наука. Инновации. Технологии. 2017. №3. С. 117–126.
 4. Гасумов Э.Р., Минченко Ю.С. Особенности создания подземных резервуаров в истощенных нефтегазоконденсатных месторождениях // Записки Горного института. СПб., 2020. Т. 244. 503 с.
 5. Гасумов Э.Р. Результаты исследований технологических жидкостей на основе органоминерального коллоида для различных горно-геологических условий // Нефтяное хозяйство. 2020. №4. С. 30–33.
 6. Гасумов Э.Р. Управление инновационными рисками при выполнении геолого-технических (технологических) мероприятий на нефтегазовых месторождениях // SOCAR PROCEEDINGS. Баку. 2020. №2. С. 74–83.
 7. Краевский Н.Н., Исламов Р.А., Линд Ю.Б. Выбор технологии глушения скважин для сложных геолого-технологических условий // Нефтегазовое дело. 2020. Т. 18. №4. С. 16–26.
 8. Патент №2662720 Российская Федерация, МПК E21B 43/22 (2006.01), C09K 8/42 (2006.01), C09K 8/92 (2006.01). Способ глушения нефтяных и газовых скважин с высокопроницаемыми трещинами гидравлического разрыва пласта (варианты) / Сергеев В.В.: №2017135375: заявл. 05.10.2017: опубл. 27.07.2018. 20 с.
 9. Патент №2662721 Российская Федерация, МПК E21B 43/22 (2006.01), C09K 8/42 (2006.01), C09K 8/92 (2006.01). Способ глушения нефтяных и газовых скважин с высокопроницаемыми трещинами гидравлического разрыва пласта (варианты) / Сергеев В.В.: №2017135377: заявл. 05.10.2017: опубл. 27.07.2018. 20 с.
 10. Патент №2670307 Российская Федерация, МПК E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/50 (2006.01), C09K 8/40 (2006.01).

- Способ предупреждения проявлений при строительстве нефтяных и газовых скважин / Сергеев В.В.: № 2017139273: заявл. 13.11.2017: опубл. 22.10.2018. 14 с.
11. Патент № 2670308 Российская Федерация, МПК E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/50 (2006.01), C09K 8/40 (2006.01). Способ ликвидации поглощений бурового раствора при строительстве нефтяных и газовых скважин / Сергеев В.В.: № 2017139274: заявл. 13.11.2017: опубл. 22.10.2018. 16 с.
 12. Патент № 2721616 Российская Федерация, МПК E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/502 (2006.01), C09K 8/504 (2006.01), C09K 8/514 (2006.01). Состав для герметизации пустот в породе / Финк Т.А.: № 2019136836: заявл. 15.11.2019: опубл. 21.05.2020. 11 с.
 13. Патент № 2736671 Российская Федерация, МПК C09K 8/42 (2006.01). Блокирующий гидрофобно-эмульсионный раствор с мраморной крошкой / Исламов Ш.Р., Мардашов Д.В.: № 2020116359: заявл. 19.05.2020: опубл. 19.11.2020. 11 с.
 14. Патент № 2737753 Российская Федерация, МПК E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/42 (2006.01), E21B 43/22 (2006.01). Жидкость для глушения скважин / Федоренко В.Ю., Якупов И.Ю., Петухов А.С. и др.: № 2020116359: заявл. 02.12.2020: опубл. 19.11.2020. 8 с.
 15. Патент № 2742167 Российская Федерация, МПК C09K 8/42 (2006.01). Технологическая жидкость для перфорации и глушения скважин / Демахин С.А., Демахин А.Г., Акчурин С.В.: № 2020112378: заявл. 26.03.2020: опубл. 02.02.2021. 7 с.
 16. Патент № 2742168 Российская Федерация, МПК E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/50 (2006.01), E21B 43/22 (2006.01), E21B 43/32 (2006.01). Способ выравнивания профиля приемистости нагнетательной скважины / Сергеев В.В.: № 2020112178: заявл. 25.03.2020: опубл. 02.02.2021. 18 с.
 17. Патент № 2746499 Российская Федерация, МПК E21B 43/00 (2006.01), C09K 8/60 (2006.01). Вязкая композиция для применения в технологиях добычи нефти и газа / Магадова Л.А., Силин М.А., Малкин Д.Н., Крисанова П.К.: № 2020105791: заявл. 07.02.2020: опубл. 14.04.2021. 10 с.
 18. Перейма А.А., Черкасова В.Е., Ботвинко И.В. и др. Перспективы применения продуктов биотехнологии при бурении, ремонте скважин и ремедиации загрязненных экосистем // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2012. № 9. С. 30–35.

19. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. Оренбург: изд-во «Летопись», 2005. 664 с.
20. Состав и свойства буровых растворов агентов (промывочных жидкостей) / Грей Дж., Дарли Г.С.Г.; пер. с англ. М.: Недра. 1987. 509 с.
21. Токунов В.И., Саушин А.З. Технологические жидкости и составы для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 2004. 711 с.
22. Чудинов В.А., Якунин С.А. Анализ и обобщение опыта применения существующих технологий глушения скважин и их освоения после проведения капитального ремонта скважин // Булатовские чтения: матер. I Междунар. науч.-практ. конф. (31 марта 2017 г.): в 5 т.: сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. Краснодар: Издательский Дом-Юг. Т. 3. Бурение нефтяных и газовых скважин. 2017. С. 279–282.
23. Dmitriy A. Martyushev, Suresh Kumar Govindarajan Development and study of a visco-elastic gel with controlled destruction times for killing oil wells // Journal of King Saud University. Engineering Sciences. 2021. №6. P. 007.
24. Xiong Ying, Xu Yuan, Zhang Yadong, Fu Ziyi. Study of Gel Plug for Temporary Blocking and Well-Killing Technology in Low-Pressure, Leakage-Prone Gas Well // SPE Prod & Oper. 2021. V. 36. I. 01. P. 234–244.

References

1. Boyarkin A.A. Development of technological solutions that increase the efficiency of killing gas wells with abnormally low reservoir pressure: Thesis for a Cand. Tech. Sciences: 25.00.15. OJSC "NPO" Burenie". Krasnodar. 2005. 110 p.
2. Gasumov R. A., Vagina T. Sh., Kostyukov S. V. Modern approach to the choice of compositions for temporary blocking of productive layers of wells in fields with complex mining and geological conditions. Oil and gas. 2016. No. 6. P.51–56.
3. Gasumov R. A., Kostyukov S. V., Ovcharov S. N., et al. Killing fluids for gas and gas condensate wells with elevated formation temperatures // Nauka. Innovation. Technology. 2017. No. 3. P. 117–126.
4. Gasumov E.R., Minchenko Yu.S. Peculiarities of creating underground reservoirs in depleted oil and gas condensate fields. Zapiski Gornogo instituta. St. Petersburg. 2020. V. 244. 503 p.
5. Gasumov E.R. Results of studies of process fluids based on

- organic-mineral colloid for various mining and geological conditions // Oil Industry. 2020. No. 4. P. 30–33.
6. Gasumov E.R. Management of innovation risks when performing geological and technical (technological) measures at oil and gas fields // SOCAR PROCEEDINGS. Baku. 2020. No. 2. P. 74–83.
 7. Kraevsky N.N., Islamov R.A., Lind Yu.B. The choice of well killing technology for difficult geological and technological conditions // Oil and gas business. 2020. V. 18. No. 4. P. 16–26.
 8. Patent No. 2662720 Russian Federation, IPC E21B 43/22 (2006.01), C09K 8/42 (2006.01), C09K 8/92 (2006.01). Method for killing oil and gas wells with highly permeable hydraulic fracturing fractures (options) / Sergeev V.V.: No. 2017135375: App. 10.05.2017: publ. 07/27/2018. 20 p.
 9. Patent No. 2662721 Russian Federation, IPC E21B 43/22 (2006.01), C09K 8/42 (2006.01), C09K 8/92 (2006.01). Method for killing oil and gas wells with highly permeable hydraulic fracturing fractures (options) / Sergeev V.V.: No. 2017135377: App. 10/05/2017 : publ. 07/27/2018. 20 p.
 10. Patent No. 2670307 Russian Federation, IPC E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/50 (2006.01), C09K 8/40 (2006.01). A way to prevent manifestations during the construction of oil and gas wells / Sergeev V.V.: No. 2017139273: App. 11.13.2017: publ. 10/22/2018. 14 p.
 11. Patent No. 2670308 Russian Federation, IPC E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/50 (2006.01), C09K 8/40 (2006.01). A method for eliminating absorption of drilling fluid during the construction of oil and gas wells / Sergeev V.V.: No. 2017139274: App. 11.13.2017: publ. 10.22.2018. 16 p.
 12. Patent No. 2721616 Russian Federation, IPC E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/502 (2006.01), C09K 8/504 (2006.01), C09K 8/514 (2006.01). Composition for sealing cavities in the rock / Fink T.A.: No. 2019136836: App. 11.15.2019: publ. 5.21.2020. 11 p.
 13. Patent No. 2736671 Russian Federation, IPC C09K 8/42 (2006.01). Blocking hydrophobic emulsion solution with marble aggregate / Islamov Sh.R., Mardashov D.V.: No. 2020116359: App. 05/19/2020: publ. 11.19.2020. 11 p.
 14. Patent No. 2737753 Russian Federation, IPC E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/42 (2006.01), E21B 43/22 (2006.01). Fluid for killing wells / Fedorenko V.Yu., Yakupov I.Yu., Petukhov A.S. and others : No. 2020116359 : Appl. 12.02.2020: publ. 11.19.2020. 8 p.

15. Patent No. 2742167 Russian Federation, IPC C09K 8/42 (2006.01). Technological fluid for perforation and well killing / Demakhin S.A., Demakhin A.G., Akchurin S.V.: No. 2020112378: App. 03.26.2020: publ. 02.02.2021. 7 p.
16. Patent No. 2742168 Russian Federation, IPC E21B 33/138 (2006.01), C09K 8/50 (2006.01), E21B 43/22 (2006.01), E21B 43/32 (2006.01). A method for leveling the injectivity profile of an injection well / Sergeev V.V.: No. 2020112178: App. 03.25.2020: publ. 02.02.2021. 18 p.
17. Patent No. 2746499 Russian Federation, IPC E21B 43/00 (2006.01), C09K 8/60 (2006.01). Viscous composition for use in oil and gas production technologies / Magadova L.A., Silin M.A., Malkin D.N., Krisanova P.K.: No. 2020105791: App. 02.07.2020: publ. 04.14.2021. 10 p.
18. Pereyma A.A., Cherkasova V.E., Botvinko I.V. Prospects for the use of biotechnology products in drilling, well repair and remediation of polluted ecosystems // Construction of oil and gas wells on land and at sea. 2012. No. 9. P. 30–35.
19. Ryazanov Ya.A. Encyclopedia of Drilling Fluids. Orenburg: Publishing House «Letopis», 2005. 664 p.
20. Composition and properties of drilling fluids agents (flushing fluids) / Gray J., Darley G.S.G. // Per. from English. M.: Nedra. 1987. 509 p.
21. Tokunov V.I., Saushin A.Z. Technological fluids and compositions for increasing the productivity of oil and gas wells. M.: Nedra, 2004. 711 p.
22. Chudinov V.A., Yakunin S.A. Analysis and generalization of the experience of using actual technologies for killing wells and their development after well workover // Bulatovskie chteniya: materials I Intern. scientific-practical. conf. (March 31, 2017): in 5 volumes: collection of articles / Edited by Dr. tech. sciences, prof. O.V. Savenok. Krasnodar: Publishing House-South. V. 3. Drilling of oil and gas wells. 2017, P. 279–282.
23. Dmitriy A. Martyushev, Suresh Kumar Govindarajan Development and study of a visco-elastic gel with controlled destruction times for killing oil wells // Journal of King Saud University. Engineering Sciences. 2021. No. 6. P. 007.
24. Xiong Ying, Xu Yuan, Zhang Yadong, Fu Ziyi. Study of Gel Plug for Temporary Blocking and Well-Killing Technology in Low-Pressure, Leakage-Prone Gas Well // SPE Prod & Oper. 2021. V. 36. I. 01. P. 234–244.

Поступило в редакцию 20.09.2022,
принята к публикации 09.12.2022.

Об авторах

Гасумов Рамиз Алиджавад-оглы, генеральный директор СевКав-НИПИгаз, доктор технических наук, профессор, заведующий базовой кафедрой «Проектирование объектов нефтегазовой сферы» Северо-Кавказского федерального университета.

E-mail: R.Gasumov@yandex.ru

Scopus ID: 6507302404

Гасумов Эльдар Рамизович, кандидат экономических наук, доцент, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности.

E-mail: R.Gasumov@yandex.ru

Scopus ID: 57217090200

Минченко Юлия Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, Институт наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет.

E-mail: minchenko.yuliya@inbox.ru.

Scopus ID: 57214122104

Копченков Вячеслав Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации автомобилей Инженерного института, Северо-Кавказский федеральный университет.

E-mail: vkopchenkov@ncfu.ru

Scopus ID: 6603271703.

Федоренко Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет.

E-mail: fovin_25@mail.ru

Scopus ID: 25624645200

About the authors

Gasumov Ramiz Alidzhavad-ogly, General Director of SevKavNIPIGaz, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Base Department "Design of Oil and Gas projects", North Caucasus Federal University.

E-mail: R.Gasumov@yandex.ru.

Scopus ID: 6507302404

- Gasumov** Eldar Ramizovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Azerbaijan State University of Oil and Industry.
E-mail: R.Gasumov@yandex.ru.
Scopus ID: 57217090200
- Minchenko** Yuliya Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute of Earth Sciences, North Caucasus Federal University.
E-mail: minchenko.yuliya@inbox.ru.
Scopus ID: 57214122104
- Kopchenkov** Vyacheslav Grigorievich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Operation of Automobiles, Institute of Engineering, North Caucasus Federal University.
E-mail: vkopchenkov@ncfu.ru.
Scopus ID: 6603271703
- Fedorenko** Vladimir Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, Institute of Earth Sciences, North Caucasus Federal University.
E-mail: fovin_25@mail.ru.
Scopus ID: 25624645200

2.8.4.
УДК 622.276.4

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Дроздов А.С.,
Леонтьев С.А.

Тюменский индустриальный университет
г. Тюмень, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЯЗКОСТИ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.9

Введение.

При проектировании трубопроводов и технологических установок подготовки пластовой продукции одним из основных, необходимых для расчетов, параметров является вязкость водонефтяной эмульсии. В данной работе была поставлена цель проверить работоспособность корреляционных зависимостей вязкости нефти и водонефтяных эмульсий от температуры и обводненности

Материалы и методы
исследований.

На практике не всегда представляется возможность экспериментально определить вязкость и физико-химические параметры перекачиваемых нефтей, а также получить эти значения при разных внешних условиях. В связи с этим различными авторами были предложены модели, определяющие динамическую вязкость безводной нефти и водонефтяной эмульсии.

Результаты исследований
и их обсуждение.

Модели, предложенные различными авторами, были рассортированы по областям применения и сравнивались между собой. Проводилось сравнение расчетных и экспериментальных данных, которые были получены при физическом моделировании вязкости различных водонефтяных эмульсий при изменении температуры. Проведен сравнительный анализ пригодности реологических моделей водонефтяных эмульсий для нефтей месторождений Восточной Сибири. В моделях, содержащих эмпирические коэффициенты, они были определены для различных нефтей и температур.

Выводы.

В статье описаны и проверены 12 эмпирических зависимостей вязкости нефти, по каждой из которых сделан вывод о пригодности ее использования для нефтей Восточной Сибири. Предложено улучшение одной из моделей включением в нее температурной зависимости.

Ключевые слова:

вязкость нефти, температура, водонефтяная эмульсия, модель определения вязкости нефти, подготовка нефти.

Drozдов A.S.,
Leontiev S.A.

Tyumen Industrial University
Tyumen, Russia

Determination of Suitable Viscosity Models of Oil-Water Emulsions in Eastern Siberia Fields

- Introduction.** When designing pipelines and technological installations for the preparation of reservoir products, one of the main parameters necessary for calculations is the viscosity of the oil-water emulsion. In this work, the goal was to test the operability of the correlation dependences of the viscosity of oil and oil-water emulsions on temperature and water content.
- Materials and methods of research.** In practice, it is not always possible to experimentally determine the viscosity and physico-chemical parameters of the pumped oils, as well as to obtain these values under different external conditions. In this regard, various authors have proposed models that determine the dynamic viscosity of anhydrous oil and an oil-water emulsion.
- Results and Discussion.** The models proposed by various authors were sorted by application areas and compared with each other. The calculated and experimental data obtained during the physical modeling of the viscosity of various oil-water emulsions with temperature changes were compared. A comparative analysis of the suitability of rheological models of water-oil emulsions for oil fields in Eastern Siberia has been carried out. In models containing empirical coefficients, they were determined for various oils and temperatures.
- Conclusion.** The article describes and verifies 12 empirical dependencies of oil viscosity, for each of which a conclusion is made about the suitability of its use for the oils of Eastern Siberia. It is proposed to improve one of the models by including a temperature dependence in it.
- Key words:** oil viscosity, temperature, oil-water emulsion, oil viscosity determination model, oil preparation.

Введение

При проектировании трубопроводов и технологических установок подготовки пластовой продукции одним из основных, необходимых для расчетов, параметров является вязкость водонефтяной эмульсии. Целью работы является анализ формул различных авторов, сравнение областей применения предложенных ими зависимостей, определение границ применимости данных формул, расчет вязкостей водонефтяных эмульсий и сравнение расчетных и полученных опытным путем значений. Существующие эмпирические зависимости вязкости водонефтяных эмульсий от водосо-

держания как правило, выведены для нефтей конкретного нефтедобывающего региона, и поэтому при получении экспериментальных данных на новых месторождениях (в новых регионах) эти зависимости нуждаются в проверке достоверности и корректировке.

Материалы и методы исследований

Не всегда представляется возможность экспериментально определить вязкость и физико-химические параметры перекачиваемых нефтей. В связи с этим различными авторами были предложены модели, определяющие зависимость вязкости водонефтяных эмульсий от различных параметров (температуры, обводненности). Поскольку во всех формулах расчета вязкости водонефтяной эмульсии присутствует вязкость чистой нефти, добавлены формулы, позволяющие рассчитать вязкость чистой нефти в зависимости от температуры (3, 13, 20).

Рассмотрим самые распространенные формулы для определения вязкости нефти в различных условиях:

— Beal [3, 13, 20]

$$\mu_n = \left(0,32 + \frac{1,8 \times 10^7 \times (\rho_n(15,6))^{4,53}}{(141,5 \times \rho_b(15,6) - 131,5 \rho_n(15,6))^{4,53}} \right) \left(\frac{360}{1,8T + 232} \right)^a; \quad (1)$$

$$a = 10^{\left(0,43 + \frac{8,33 \times \rho_n(15,6)}{141,5 \times \rho_b(15,6) - 131,5 \times \rho_n(15,6)} \right)};$$

— Modified Kartoatmodjo (Medium Oils) [3, 13, 17]

$$\mu_n = 220,15 \times 10^9 \times (1,8 \times T + 32)^{-3,556} \times \left(\lg \left(\frac{141,5 \times \rho_b(15,6) - 131,5 \rho_n(15,6)}{\rho_n(15,6)} \right) \right)^a; \quad (2)$$

$$a = (12,5548 \times \lg(1,8 \times T + 32) - 45,7874);$$

— Petrosky & Farshad [3, 13, 18]

$$\mu = 2,5511 \times 10^7 \times (1,8 \times T + 32)^{-2,10255} \times \left(\lg \left(\frac{141,5 \times \rho_b(15,6) - 131,5 \rho_n(15,6)}{\rho_n(15,6)} \right) \right)^a; \quad (3)$$

$$a = (4,59388 \times \lg(1,8 \times T + 32) - 22,82792);$$

где μ_n – вязкость дегазированной чистой нефти (мПа*с);
 T – температура $^{\circ}\text{C}$, и вязкости воды и нефти a при $T = 15,6^{\circ}\text{C}$.

— Модель Гута-Симха [13, 16]:

$$\frac{\mu_{\text{эмул}}}{\mu_n} = 1 + 2,5 V_f + 14,1 V_f^2; \quad (4)$$

— Модель Pal and Rhodes (1985 г.) [1, 3, 16]:

$$\frac{\mu_{\text{эмул}}}{\mu_n} = 1 + 1,342 \times \frac{\frac{V_f}{V_r}}{1,194 - \frac{V_f}{V_r}}; \quad (5)$$

— Левитона-Лейтона [13]:

$$\frac{\mu_{\text{эмул}}}{\mu_n} = \exp [2,5A \times (V_f + V_f^{\frac{5}{3}} + V_f^{\frac{11}{3}})]; \quad (6)$$

$$A = \frac{0,4\mu_n + \mu_v}{\mu_n + \mu_v}$$

где $\mu_{\text{эмул}}$ – вязкость водонефтяной эмульсии;
 V_f – доля водной фазы в водонефтяной эмульсии;
 $V_{\text{инв}}$ – доля воды при которой наступает инверсия фаз;
 μ_n и μ_v – вязкость безводной нефти и воды;
 V_r – обводнённость, при которой наступает инверсия фаз.

— Модель Rønningsen (1995 г.) [1, 19]:

$$\ln \frac{\mu_{\text{эмул}}}{\mu_n} = 0,0412 - 0,2605 \times (1,8 \times T + 32) + 3,841 \times V_f + 0,24978 (1,8 \times T + 32) V_f \quad (7)$$

— Модифицированное уравнение Эйнштейна [4, 10]:

$$\mu_{\text{эмул}} = \mu_n \exp \left[1 + 2,5 V_f + 0,75 V_f \exp \left(\frac{\mu_v V_f}{V_f - V_m} \right)^m \right] \quad (8)$$

— Барнеа-Мизрахи [13, 15]:

$$\mu_{\text{эмул}} = \mu_{\text{н}} \exp \left[\frac{K_1 V_f}{V_m} \right], K_1 = 5/3, K_2 = 1; \quad (9)$$

— Полиномиальный [16]:

$$\frac{\mu_{\text{эмул}}}{\mu_{\text{н}}} = 1 + K_1 V_f + K_2 V_f^2 + K_3 V_f^3 \quad (10)$$

— Monson [16]:

$$\frac{\mu_{\text{эмул}}}{\mu_{\text{н}}} = 1 + 2,5 V_f + 2,19 V_f^2 + 27,45 V_f^3 \quad (11)$$

— Vand [16]:

$$\frac{\mu_{\text{эмул}}}{\mu_{\text{н}}} = 1 + 2,5 V_f + 7,3 V_f^2 + 16,2 V_f^3 \quad (12)$$

где $\mu_{\text{эмул}}$ — вязкость водонефтяной эмульсии;
 $\mu_{\text{н}}$ — вязкость безводной нефти;
 $\mu_{\text{в}}$ — вязкость дисперсной фазы;
 V_f — объемная доля дисперсной фазы;
 V_m — максимальное значение дисперсной фазы, при превышении которого наступает разрушение эмульсии;
 K_1, K_2, K_3, m — постоянные, которые определяются экспериментальным методом.

Результаты исследований и их обсуждение

Для определения возможности применения и точности данных моделей проведен их сравнительный анализ. Для анализа используются нефти месторождений Восточной Сибири, различной вязкости и плотности.

Для анализа формул (1–3) взяты зависимости динамической вязкости нефтей различной плотности от температуры (табл. 1).

Результаты проверки в виде средней относительной ошибки аппроксимации приведены в таблице 2.

Таблица 1
ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ НЕФТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ
Table 1. Dependence of oil viscosity on temperature

	Вязкость нефти, мПа*с		
	Кулюбинске месторождение 813 кг/м³ при T = 20°C	Средне-Ботуобинское месторождение 868,5 кг/м³ при T = 20°C	Талаканское месторождение 843,3 кг/м³ при T = 20 °C
-10	10,4	125,5	70,2
0	8,6	91,2	40,9
10	7,3	62,8	25,0
20	6,4	42,7	15,9
30	5,6	31,3	10,5
40	4,9	23,4	8,6
50	4,4	18,6	6,4

Средняя относительная ошибка аппроксимации вы-
числяется по формуле:

$$A = \frac{1}{n} \times \sum \frac{\mu_p - \mu_{\text{э}}}{\mu_{\text{э}}} \times 100;$$
 (13)

где n – количество переменных,
 $\mu_p, \mu_{\text{э}}$, – расчетное и экспериментальное значение вязкости.

Таблица 2.
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СРЕДНЯЯ ОШИБКА МОДЕЛЕЙ (1–3)
Table 2. Relative average error of models (1–3)

Средняя относительная ошибка аппроксимации в диапазоне -10 до 60 °C, %	Кулюбинске месторождение 813 кг/м³ при T = 20 °C			Средне-Ботуобинское месторождение 868,5 кг/м³ при T = 20 °C			Талаканское месторождение 843,3 кг/м³ при T = 20 °C		
	Beal	Modified Kartoatmodjo	Petrosky & Farshad	Beal	Modified Kartoatmodjo	Petrosky & Farshad	Beal	Modified Kartoatmodjo	Petrosky & Farshad
	32,3	62,3	52,6	76,5	73,8	77,7	52,1	66,1	56,6

Исходя из полученных значений можно дать следующие рекомендации к применению данных формул:

- 1. Формула Beal (1) имеет наименьшее отклонение для всех представленных нефтей, с уменьшение плотности исследуемой нефти точность увеличивается.
- 2. Модель (1) признается удовлетворительной для Ку-юмбинского месторождения, так как средняя ошибка аппроксимации менее 50% [12]. Остальные модели признаны неудовлетворительными.

Экспериментальные данные вязкости для сравнения моделей (4), (5), (6), (11), (12) были получены при исследовании водонефтяной эмульсии Чаяндинского месторождения. Значения вязкости приведены в таблице 3 (Плотность нефти 867,3 кг/м³, Вязкость, при T = 20 °C, 54,8 мПа*с).

Таблица 3. ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ ЧАЯНДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОБВОДНЕННОСТИ
Table 3. Dependence of the viscosity of the oil-water emulsion of the Chayandinsky field on temperature and water content

Обводненность пробы, %	Динамическая вязкость нефти, мПа*с, при температуре, °C								
	-10	-5	0	10	20	30	40	50	60
0,5 (Проба нефти)	391,3	296,4	199,9	95,6	54,8	35,5	22,8	17,5	13,2
10	864,4	528	264,8	149,4	75	51,5	36	23,6	18,2
20	1461,1	861,3	390,8	224,9	117,3	74,6	48,6	36,5	26,2
30	2180,9	1218,3	623,8	311,6	162,5	107,2	70,9	51,8	38,5
40	3771,8	2399,9	1012,2	528,9	302,4	184,4	131,3	90,8	66,3
50	4304,7	2927,9	1679,5	972,6	517,8	323,1	216,8	144,8	102
60	3444,3	2343,8	1344	778,3	414,4	258,6	173,6	115,9	81,7
70	2583,9	1757,7	1008,4	584,1	311,1	194,2	130,4	87,1	61,4
80	1723,5	1172,5	672,9	389,8	207,7	129,7	87,1	58,2	41,1
90	863	578,4	337,3	195,6	104,4	65,3	43,9	29,4	20,8
95	432,8	294,8	169,6	98,5	52,7	33	22,3	15	10,6

Сравнение практических и расчетных данных приведено на рисунке 1.

Расчет был произведен до точки инверсии фаз, по условию использования данных зависимостей. Результаты проверки в виде средней относительной ошибки аппроксимации приведены в таблице 4. Оценка производилась по формуле (13).

Таблица 4. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СРЕДНЯЯ ОШИБКА МОДЕЛЕЙ
(4), (5), (6), (11), (12)
Table 4. Relative average error of models
(4), (5), (6), (11), (12)

Модель	Гута-Симха (4)	Pal (5)	Левитона- Лейтона (6)	Vand (11)	Monson (12)
Средняя относительная ошибка аппроксимации, %	14,13	18,41	41,04	15,02	17,17

Модели (4), (5), (11), (12) признаны хорошими, так как их относительная ошибка аппроксимации лежит в пределах от 10 до 20%. Модель (6) признается удовлетворительной.

Сравнительный анализ оставшихся формул (7–10) также производится используя данные по водонефтяной эмульсии нефти Чаяндинского месторождения (табл. 3).

Рассмотрим каждую модель по отдельности, так как их расчет весьма трудоемкий, и каждая модель требует индивидуального подхода:

1. Модель Rønningsen (1995 г.). Значения, полученные с помощью этой модели, приведены в таблице 5.

Данная модель пригодна к использованию только до точки инверсии. Средняя относительная ошибка модели растет с увеличением температуры. Средняя относительная ошибка по всему диапазону температур равна 38%. Модель признана удовлетворительной.

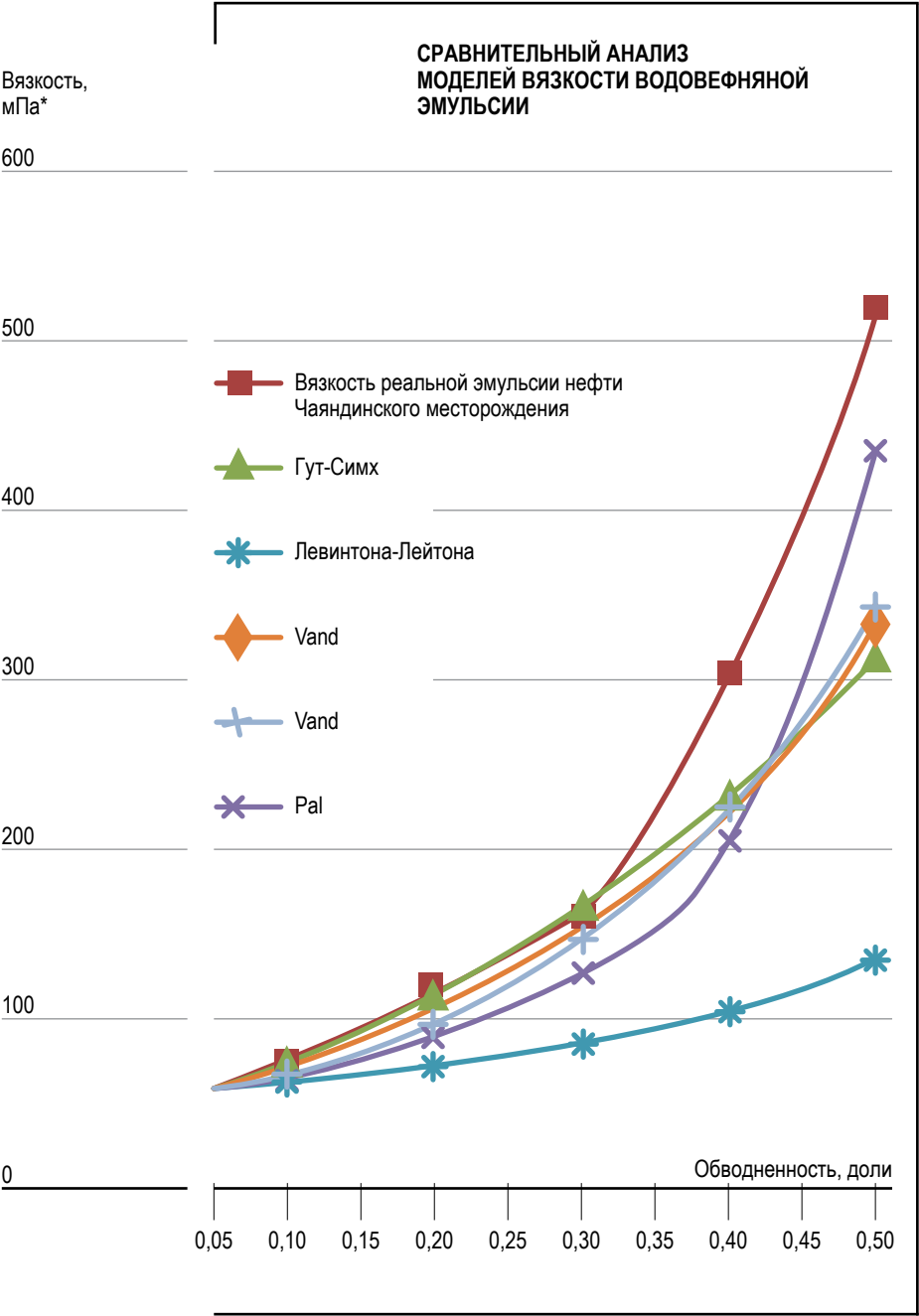


Рис. 1.

Сравнение расчетных значений и опытных данных вязкости водонефтяной эмульсии нефти Чаяндынского месторождения при T = 20 °C.
Fig. 1. Comparison of calculated values and experimental data on the viscosity of the oil-water emulsion of the Chayandinsky field at T = 20 °C.

Таблица 5. ЗНАЧЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ RØNNINGSEN
Table 5. Values derived from the Rønningesen model

Обводненность, %	Температура, °C								
	-10	-5	0	10	20	30	40	50	60
5	484,8	62,8	241,7	112,8	63,1	44,0	25,6	19,2	13,8
10	597,8	452,4	304,8	145,5	83,2	54,2	34,6	26,5	19,9
20	909,0	703,5	484,8	242,0	144,8	82,5	62,9	50,4	41,4
30	1382,2	1094,1	771,0	402,7	252,0	125,4	114,5	96,0	86,3
40	2101,7	1701,4	1226,3	669,9	438,6	190,7	208,4	182,7	179,8
50	3195,7	2645,8	1950,4	1114,4	763,2	289,9	379,4	347,9	374,5
Средняя относительная ошибка аппроксимации, %	33,20	17,33	20,16	16,45	32,86	11,73	40,17	64,46	105,76

Динамическая вязкость водонефтяной эмульсии, мПа*с

2. Уравнение Барнеа-Мизрах.
Сначала проведем расчет с заданным значением констант. Расчет приведен в таблице 6.

Средняя ошибка аппроксимации равна 40,97% по всему диапазону температур.

Произведем пересчет констант уравнения и оценим точность полученной модели. Примем константу $K_2 = 0$ и прологарифмируем обе части уравнения. Так же учтем, что производить моделирование целесообразно только до точки инверсии, которая в нашем случае наступает при обводненности 50%. Таким образом уравнение примет вид:

$$\ln \mu_{\text{отн}} = K_1 \times V_f + C$$

(13)

Таблица 6.

РАСЧЕТ ВЯЗКОСТИ ПО МОДЕЛИ БАРНЕА-МИЗРАХИ
С ЗАДАННЫМИ КОНСТАНТАМИ
Table 6. Calculation of viscosity according to the Barnea-Mizrachi model
with given constants

Обводненность, %	Температура, °С.								
	-10	-5	0	10	20	30	40	50	60
5	427,2	323,6	218,2	104,4	59,8	38,8	24,9	19,1	14,4
10	470,9	356,7	240,6	115,0	65,9	42,7	27,4	21,1	15,9
20	593,6	449,6	303,2	145,0	83,1	53,8	34,6	26,5	20,0
30	799,3	605,5	408,3	195,3	111,9	72,5	46,6	35,7	27,0
40	1188,7	900,4	607,2	290,4	166,5	107,8	69,3	53,2	40,1
50	2071,7	1569,3	1058,4	506,2	290,1	188,0	120,7	92,7	69,9
Средняя относительная ошибка аппроксимации, %	31,43	33,41	35,25	38,54	41,36	43,80	45,88	48,33	50,70

Динамическая вязкость водонефтяной эмульсии, мПа*с

Расчет константы осуществляется следующим образом: сначала строится зависимость логарифма вязкости эмульсии от обводненности для каждой температуры (рис. 2). Затем, методом наименьших квадратов, определяются коэффициенты для каждого значения температуры (рис. 3). И наконец, определяется зависимость коэффициентов от температуры, и уравнение Барнеа-Мизрахи принимает финальный вид для данного месторождения.

Для нахождения зависимости констант от температуры используем метод наименьших квадратов.

Финальный вид уравнения Барнеа-Мизрахи для водонефтяной эмульсии нефти Чаяндинского месторождения:

$$\ln \frac{\mu_{\text{эмул}}}{\mu_{\text{н}}} = (0,0073 \times T + 4,5976) \times V_f - 0,0041T + 0,0593$$

(14)

Расчетные значения, полученные с помощью этой модели приведены в таблице 7.

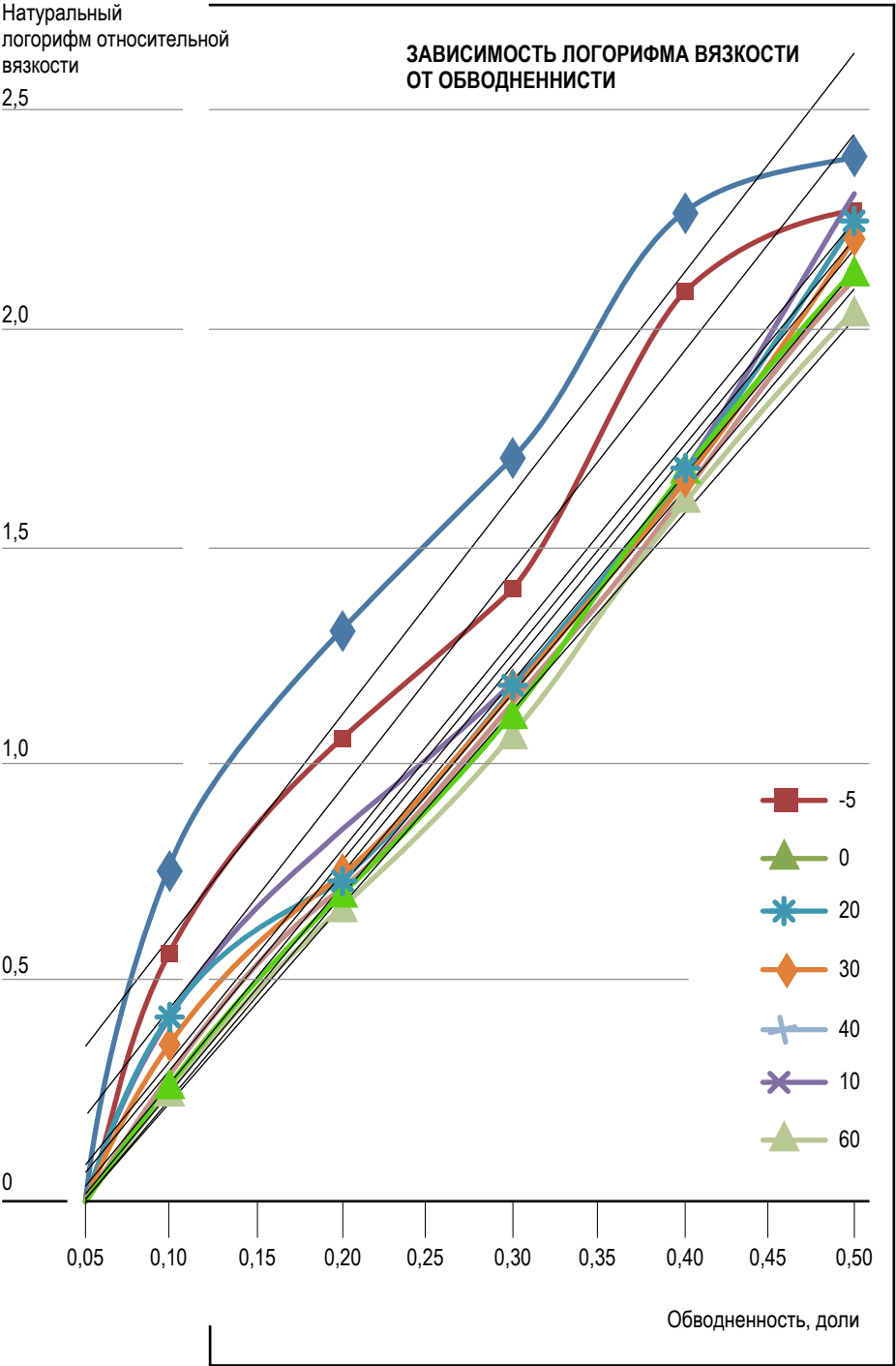


Рис. 2. Промежуточный этап построения модели на основе уравнения Барнеа-Мизрахи.
Fig. 2. Intermediate stage of building a model based on the Barnea-Mizrachi equation.

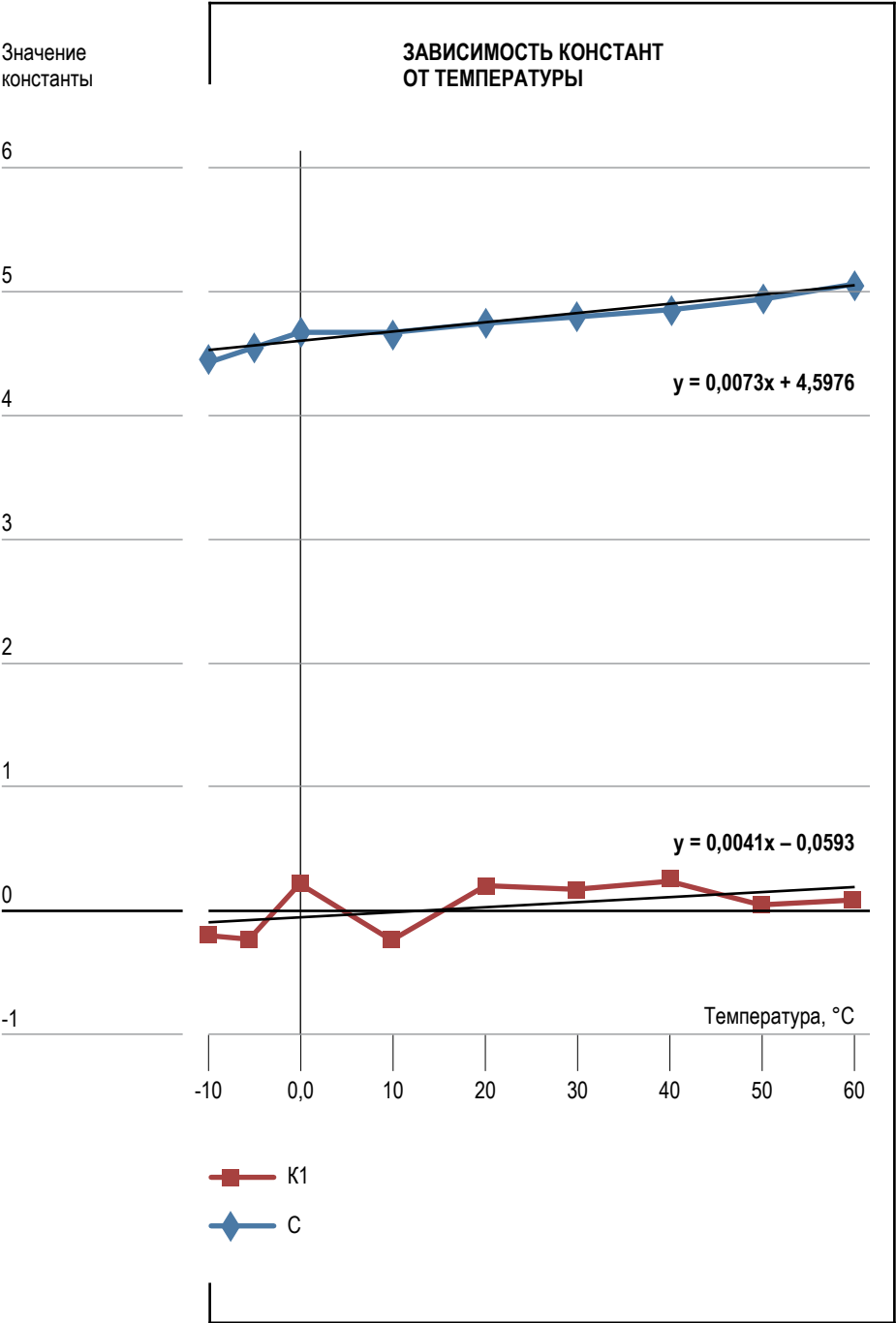


Рис. 3. Определение зависимости констант уравнения Барнеа-Мизрахи от температуры.

Fig. 3. Determination of the dependence of the constants of the Barnea-Mizrachi equation on temperature.

Таблица 7. ЗНАЧЕНИЯ ВЯЗКОСТИ, РАССЧИТАННЫЕ С ПОМОЩЬЮ НОВОЙ
 ФОРМЫ УРАВНЕНИЯ БАРНЕА-МИЗРАХИ
Table 7. Viscosities calculated using the new form Barnea-Mizrachi
equations

Обводненность, %	Температура, оС								
	-10	-5	0	10	20	30	40	50	60
5	443,8	343,8	237,1	118,6	71,1	48,1	32,3	25,9	20,5
10	556,5	431,8	298,4	149,7	90,1	61,2	41,3	33,3	26,3
20	874,9	681,4	472,5	238,9	144,8	99,1	67,3	54,6	43,6
30	1375,5	1075,2	748,3	381,1	232,6	160,5	109,8	89,7	72,1
40	2162,5	1696,5	1185,1	608,0	373,8	259,8	179,0	147,4	119,2
50	3399,8	2677,0	1876,8	969,9	600,8	420,5	291,9	242,1	197,3
Средняя относительная ошибка аппроксимации, %	31,63	17,45	16,83	11,33	26,00	34,69	36,79	56,92	71,06

Средняя относительна ошибка аппроксимации данной модели 33,6 %. Таким образом рассчитанная модель описывает зависимость вязкости водонефтяной эмульсии от температуры и обводненности точнее, чем изначальная модель.

3. Модифицированное уравнение Эйнштейна имеет смысл только при расчете до точки разрушения эмульсии. Проведем расчет вязкости исследуемой нефти и оценим среднюю относительную ошибку аппроксимации. Так как зависимость носит экспоненциальный характер расчет будем осуществлять до точки инверсии. Методом подбора осуществляем поиск константы *m*, таким образом, чтобы значение средней относительной ошибки аппроксимации было минимальным. Для данного месторождения это значение *m* = 0,385. Значения вязкости, рассчитанные с помощью этого коэффициента представлены в таблице 8.

Таблица 8. ЗНАЧЕНИЯ ВЯЗКОСТИ РАССЧИТАННЫЕ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОГО УРАВНЕНИЯ ЭЙНШТЕЙНА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ
Table 8. Viscosity values calculated using the modified Einstein equation for vertical permeability

Обводненность, %	Температура, °С								
	-10	-5	0	10	20	30	40	50	60
5	391,3	296,4	199,9	95,6	54,8	35,5	22,8	17,5	13,2
10	522,9	396,1	267,1	127,8	73,2	47,4	30,5	23,4	17,6
20	667,3	505,5	340,9	163,0	93,5	60,5	38,9	29,8	22,5
30	836,9	634,0	427,6	204,5	117,2	75,9	48,8	37,4	28,2
40	1081,8	819,5	552,7	264,3	151,5	98,1	63,0	48,4	36,5
50	3667,8	2778,3	1873,7	896,1	513,7	332,8	213,7	164,0	123,7
Средняя относительная ошибка аппроксимации, по каждой температуре, %	40,26	30,87	17,01	22,38	16,88	17,61	20,00	17,81	18,35

Анализируя расчетные данные (табл. 8) видно, что модифицированное уравнение Эйнштейна имеет большую относительную ошибку в области отрицательных температур, и меньшую ошибку в области положительных, что согласуется с ранее проведенными расчетами [8]. Средняя ошибка аппроксимации всей модели равна 26,82 %, модель признается удовлетворительной.

4. Полиномиальный метод подразумевает предварительное определение констант. Так же возможно использовать упрощенную полиномиальную модель, принимая коэффициент K_3 равным 0. Моделирование производится на водонефтяной эмульсии Чаяндинского месторождения (табл. 3). Процесс определения констант аналогичен и выполняется по тому же алгоритму что и для уравнения Барнеа-Мизрахи.

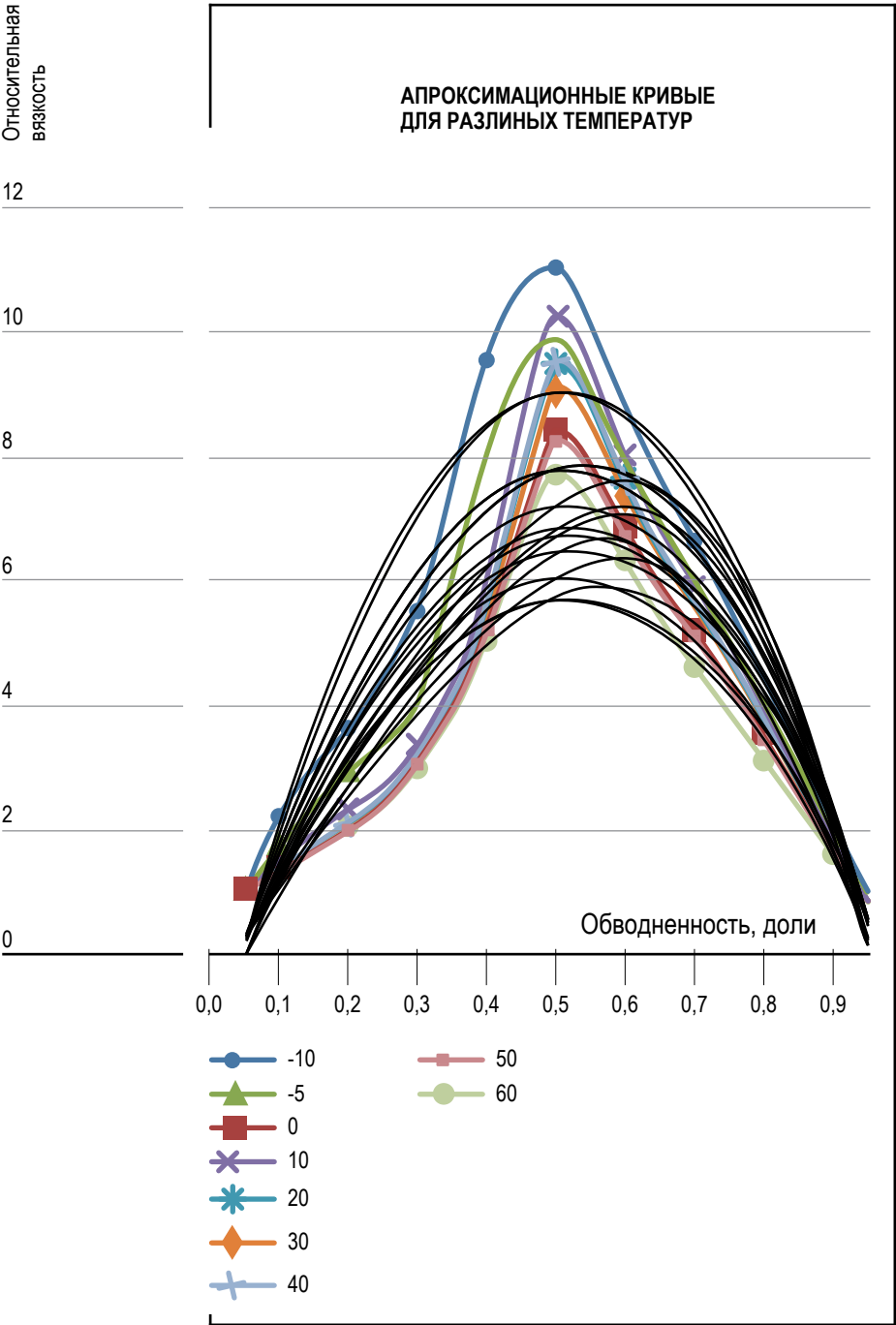


Рис. 4. Аппроксимационные кривые для определения констант полиномиальной модели.

Fig 4. Approximation curves for determining the constants of the polynomial model.

Вначале приведем аппроксимационные кривые для всего диапазона температур (рис. 4). Затем приведем все рассчитанные константы для двух полиномиальных моделей, для каждой температуры, а также относительные отклонения для каждой температуры (табл. 7).

Таблица 7.

КОНСТАНТЫ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Table 7. Constants for the equations of the polynomial model

Значение константы -10		Температура, °С								
		-10	-5	0	10	20	30	40	50	60
Модель кубического полинома	K1	39,0	16,8	11,5	10,5	10,5	10,0	11,5	11,9	12,0
	K2	-32,6	-9,7	16,8	28,5	25,2	23,8	22,9	15,1	11,8
	K3	-6,8	-18,2	-30,2	-41,5	-38,0	-36,1	-36,7	-28,8	-25,5
Модель квадратного полинома	K1	43,1	37,6	29,6	35,3	33,2	31,6	33,4	29,1	27,2
	K2	-42,7	-36,9	-28,5	-33,8	-31,8	-30,3	-32,1	-28,2	-26,4

И заключительная часть, оценка зависимости констант от температуры, и, если зависимость имеется, запись полиномиального уравнения в новой форме.

Так как нет элементарной функции, описывающей зависимость констант от температуры, то модель будет построена по среднему значению констант. Средняя относительная ошибка аппроксимации для квадратного полинома равна 116 % (модель признана неудовлетворительной), для кубического полинома 43 % (модель признана удовлетворительной).

Выводы

В статье описаны и проверены 12 эмпирических зависимостей вязкости нефти, по каждой из которых сделан вывод о пригодности ее использования для нефтей Восточной Сибири. Основные результаты:

1. Определены константы в уравнении Барнеа-Мизрахи для нефти водонефтяной эмульсии Чаяндинского месторождения. Исходная модель модифицирована включением в нее температурной зависимости. Модель протестирована и определено относительное отклонение модели от экспериментальных данных.
2. Определены константы в полиномиальной модели.
3. Определены оптимальные модели для расчета вязкости безводной нефти, рассчитаны их средние относительные ошибки аппроксимации.
4. Отсеяны формулы, не пригодные для использования при определении вязкости нефти и водонефтяных эмульсий месторождений Восточной Сибири.

Библиографический список

1. Бобров Е.В. Расчетные методы определения физико-химических характеристик пластовых углеводородных систем в процессе разработки месторождений: дис. ... канд. физ. хим. наук: 02.00.04. Тюмень, 2006. 174 с.
2. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973. 758 с.
3. Галикеев Р.М. Исследование закономерности структурообразования парафиносодержащих нефтей в системе добычи и нефтесбора: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2011. 110 с.
4. Дроздов А.С. Исследование и прогнозирование реологических свойств водонефтяных эмульсий: дис. ... маг. тех. наук: 25.00.17. Тюмень, 2006. 115 с.
5. Иктисанов В.А. Точное описание реологических характеристик неньютоновских систем, обладающих и не обладающих пластическими свойствами // НТИС. Сер. Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1995. №9. С. 51–70.
6. Леонтьев С.А., Галикеев Р.М., Дроздов А.С., Левитина Е.Е. Предупреждение и борьба с асфальтосмолопарафиновыми отложениями в системе сбора скважинной продукции. 1-е изд. М.: РУСАЙНС, 2020. 158 с.
7. Лобков А.М. Сбор и подготовка нефти и газа на промысле. М.: Недра, 1968. 285 с.

8. Медведев В.Ф. Сбор и подготовка неустойчивых эмульсий на промыслах. М.: Недра, 1987. 144 с.
9. Полякова В.В., Шаброва Н.В. Основы теории статистики / М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во «Урал» ун-та, 2015. 148 с.
10. Рзаев Аб.Г., Нуриева И.А., Мустафаева Г.Р. Оценка реологических характеристик аномальных нефтей и нефтяных эмульсий // Новые методы и технологии. 2016. № 3. С. 55–57.
11. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П. Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти. 1-е изд. Тюмень: ТИУ, 2017. 92 с.
12. Шарифов А.Р., Мардашов Д.В. Изучение процесса вытеснения сверхвязкой нефти из модели трещинной карбонатной породы углеводородными растворителями // Наука. Инновации. Технологии. 2019. № 1. С. 19–34.
13. Эмульсии / под ред. Ф. Шермана; пер. с англ. под ред. А.А. Абрамзона. Л.: Изд-во «Химия», 1972. 448 с.
14. Eyring T. Theory of non-newtonian flow. Solid plastic systems // J.appl. Phys. 1955. Vol. 26. P. 793.
15. Barnea E., Mizrahi J. A generalized approach to the fluid dynamics of particulate systems: Part 1. General correlation for fluidization and sedimentation in solid multiparticle systems. The Chemical Engineering Journal. Volume 5, Issue 2, 1973. P. 171–189.
16. Jing J., Yin R., Yuan Y., Shi Y., Sun J., Zhang M. Determination of the Transportation Limits of Heavy Crude Oil Using Three Combined Methods of Heating, Water Blending, and Dilution, ACS Omega 2020, 5, 9870–9884. P. 3–8.
17. Kartoatmodjo F., Schmidt Z. Large data bank improves crude physical property correlation // Oil & Gas J. 4, 1994, p. 51-55.
18. Petrosky J., Farshad F. Viscosity correlation for the Gulf of Mexico oils, presented at the 1996 SPE Production Operations Symposium, 2. P. 34–42.
19. Ronningsen H. Correlations for predicting Viscosity of W/O-Emulsions based on North Sea Crude Oils. Paper presented at the SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, San Antonio, Texas, February 1995. <https://doi.org/10.2118/28968-MS>
20. Standing M.B. Volumetric and phase behavior of oil field hy-

drocarcon system // Society of Petroleum Engineers of AIME. 1981. 9th edition. P. 47–51.

References

1. Bobrov E.V. Computational methods for determining the physico-chemical characteristics of reservoir hydrocarbon systems in the process of field development: dis. ... Candidate of Physical and Chemical Sciences: 02.00.04. Tyumen, 2006. 174 p. (In Russ.).
2. Betchelor Dzh. Introduction to fluid dynamics. Moscow: Mir, 1973. 758 p. (In Russ.).
3. Galikeev R.M. Investigation of the regularities of the structure formation of paraffin-containing oils in the system of extraction and oil collection: dis. ... Candidate of Technical Sciences. Tyumen, 2011. 110 p. (In Russ.).
4. Drozdov A.S. Research and prediction of rheological properties of water-oil emulsions: dis. ... mag. tech. nauk: 25.00.17. Tyumen, 2006. 115 p. (In Russ.).
5. Iktisanov V.A. Precise description of rheological characteristics of non-Newtonian systems with and without plastic properties // NTIS. Ser. Geology, Geophysics and development of oil fields. 1995. No. 9. P. 51–70 (In Russ.).
6. Leont'ev S.A., Galikeev R.M., Drozdov A.S., Levitina E.E. Prevention and control of asphalt-resin-paraffin deposits in the collection system of borehole products. 1st ed. Moscow: RUSAINS, 2020. 158 p. (In Russ.).
7. Lobkov A.M. Collection and preparation of oil and gas in the field. M.: Nedra, 1968. 285 p. (In Russ.).
8. Medvedev V.F. Collection and preparation of unstable emulsions in the fields. Moscow: Nedra, 1987. 144 p. (In Russ.).
9. Polyakova V.V., SHabrova N.V. Fundamentals of the Theory of Statistics / Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Federation, Ural. feder. un-t. 2nd ed., ispr. and add. Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta, 2015. 148 p. (In Russ.).
10. Rzaev Ab. G., Nurieva I.A., Mustafaeva G.R. Evaluation of rheological characteristics of abnormal oils and oil emulsions // New methods and technologies. 2016. No. 3. P. 55–57 (In Russ.).
11. Sevast'yanov A.A., Korovin K.V., Zotova O.P. Development of

- fields with hard-to-recover oil reserves. 1st ed. Tyumen: TIU, 2017. 92 p. (In Russ.).
12. Sharifov A.R., Mardashov D.V. Study of the process of displacement of ultra-viscous oil from a fractured carbonate rock model by hydrocarbon solvents // *Nauka. Innovation. Technologies*. 2019. No. 1. P. 19–34.
 13. Emulsions / edited by F. Sherman; translated from English. edited by A.A. Abramzon. L.: Publishing house "Chemistry", 1972. 448 p.
 14. Eyring T. Theory of non-newtonian flow. Solid plastic systems // *J.appl. Phys*. 1955. Vol. 26. P. 793.
 15. Barnea E., Mizrahi J. A generalized approach to the fluid dynamics of particulate systems: Part 1. General correlation for fluidization and sedimentation in solid multiparticle systems // *The Chemical Engineering Journal*. Volume 5, Issue 2, 1973, P. 171–189.
 16. Jing J., Yin R., Yuan Y., Shi Y., Sun J., Zhang M. Determination of the Transportation Limits of Heavy Crude Oil Using Three Combined Methods of Heating, Water Blending, and Dilution, *ACS Omega*. 2020, No. 5, 9870–9884. P. 3–8.
 17. Kartoatmodjo F., Schmidt Z. Large data bank improves crude physical property correlation // *Oil & Gas*, 1994, J. 4, p. 51–55.
 18. Petrosky J., Farshad F. Viscosity correlation for the Gulf of Mexico oils, presented at the 1996 SPE Production Operations Symposium, 2-4 April, Oklahoma City, OK, USA, SPE. 1995, paper 294668. P. 34–42.
 19. Ronningsen H. Correlations for predicting Viscosity of W/O-Emulsions based on North Sea Crude Oils. Paper presented at the SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, San Antonio, Texas, February 1995. <https://doi.org/10.2118/28968-MS> Published: February, 14. 1995.
 20. Standing M.B. Volumetric and phase behavior of oil field hydrocarbon system // *Society of Petroleum Engineers of AIME*. 1981. 9th edition. 3. 47–51.

Поступило в редакцию 14.10.2022,
принята к публикации 30.11.2022.

Об авторах

Дроздов Александр Сергеевич, аспирант кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.
Тел. 89504852272.
E-mail: Dro3d96@gmail.com

Леонтьев Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.
Тел. 89199309751.
E-mail: leontevsa@tyuiu.ru

About the authors

Drozдов Alexander, postgraduate student of the department "Development and Operation of Oil and Gas Fields" of Tyumen Industrial University.
Tel. 89504852272.
E-mail: Dro3d96@gmail.com

Leontiev Sergey, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Development and Operation of Oil and Gas Fields" of Tyumen Industrial University.
Tel. 89199309751.
E-mail: leontevsa@tyuiu.ru

2.8.4.
УДК 622.276.63

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Копытов А.Г.,
Левкович С.В.,
Назарова Н.В.,
Ковалев И.А.,
Паклинов Н.М.

Тюменский
индустриальный
университет
г. Тюмень,
Россия

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ
ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В ОТЛОЖЕНИЯХ
С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ**

DOI: 10.37493/2308-4758.2022.4.10

Введение.

При разработке продуктивных отложений, содержащих трудноизвлекаемые запасы нефти, основная сложность связана с низкими значениями коллекторских свойств пластов и значительной их неоднородностью. Применение технологии гидроразрыва пласта позволяет решить эти проблемы за счет увеличения площади дренирования скважины, а также как средство интенсификации отборов.

Материалы и методы
исследований.

Изучение процесса развития трещины ГРП в отложениях баженовской свиты в вертикальной скважине показало, что при закачке воды в пласт образуются протяженные узкие трещины, их заполнение при последующей подаче жидкости разрыва с проппантом приводит к увеличению ширины и высоты созданной трещины. В связи с гидрофобными свойствами и повышенной хрупкостью пород баженовской свиты эффект, аналогичный гидроразрыву, возможен и в ходе закачки в пласт воды при высоких давлениях, например, при организации системы заводнения. Еще одним направлением является многозонный гидроразрыв пласта. Преимуществом данного метода является большее распространение трещин по площади по сравнению с точечными операциями ГРП.

Результаты исследований
и их обсуждение.

На отложениях баженовской свиты были проведены опытно-промышленные работы по созданию искусственной трещиноватости путем закачки воды. Положительный эффект выразился в двукратном увеличении нефтеотдачи по участку ОПР. В качестве побочного отрицательного эффекта было отмечено резкое увеличение обводненности. Опыт применения многозонного гидроразрыва в условиях баженовской свиты рассматривался на примере месторождений Сургутского свода. Представлена динамика дебитов и накопленной добычи нефти по скважинам за время эксплуатации. Также проведено сравнение основных показателей работы скважин с МГРП со средними показателями наклонно-направленных скважин этих же месторождений.

Выводы.

Проведенные ОПР по закачке воды в отложения баженовской свиты однозначно показали, что в пласте образуется дополнительная трещиноватость и объем дополнительной трещинной емкости прямо пропорционален объему закачанной воды. Опыт применения многозонного ГРП выявил преимущества данной технологии по сравнению с наклонно-направленными скважинами. В условиях неопределенности коллекторских свойств пласта создание с помощью гидроразрыва искусственной проводимости может оказаться единственной возможностью обеспечить продуктивность скважины. МГРП в горизонтальных скважинах формирует систему трещин в большом объеме и представляется в таких условиях более эффективным по сравнению с обычным гидроразрывом.

Ключевые слова:

трудноизвлекаемые запасы, баженовская свита, гидроразрыв пласта, многостадийный ГРП, автоГРП.

**Kopytov A.G.,
Levkovich S.V.,
Nazarova N.V.,
Kovalev I.A.,
Paklinov N.M.**

Tyumen
industrial
University
Tyumen,
Russia

Features of Hydraulic Fracturing in Sediments with Hard to Recover Reserves

Introduction.

When developing productive deposits containing hard-to-recover oil reserves, the main difficulty is associated with low values of the reservoir properties of the reservoirs and their significant heterogeneity. The use of hydraulic fracturing technology allows solving these problems by increasing the well drainage area, and also as a means of intensifying production.

Materials and methods of research.

The study of the process of hydraulic fracture development in the deposits of the Bazhenov formation in a vertical well showed that when water is injected, long narrow fractures are formed in the formation, their filling with subsequent supply of a fracturing fluid with proppant leads to an increase in the width and height of the created fracture. Due to the hydrophobic properties and increased brittleness of the rocks of the Bazhenov formation, an effect similar to hydraulic fracturing is also possible during the injection of water into the formation at high pressures, for example, when organizing a waterflooding system. Another direction is multi-zone hydraulic fracturing. The advantage of this method is the greater distribution of fractures over the area compared to point hydraulic fracturing operations.

**Results and
Discussion.**

On the deposits of the Bazhenov formation, pilot work was carried out to create artificial fracturing by pumping water. The positive effect was expressed in a twofold increase in oil recovery in the pilot

Conclusion.

area. As a negative side effect, a sharp increase in water cut was noted. The experience of using multi-zone hydraulic fracturing in the conditions of the Bazhenov formation was considered on the example of the deposits of the Surgut arch. The dynamics of flow rates and cumulative oil production by wells during operation is presented. Also, a comparison was made of the main performance indicators of wells with multi-stage hydraulic fracturing with the average indicators of directional wells of the same fields.

Key words:

The pilot work conducted on water injection into the Bazhenov formation deposits unambiguously showed that additional fracturing is formed in the reservoir and the volume of additional fractured capacity is directly proportional to the volume of injected water. The experience of using multi-zone hydraulic fracturing revealed the advantages of this technology compared to directional wells. Under conditions of reservoir properties uncertainty, the creation of artificial conductivity using hydraulic fracturing may be the only way to ensure well productivity. MSHF in horizontal wells forms a system of fractures in a large volume and seems to be more effective in such conditions compared to conventional hydraulic fracturing.

hard-to-recover reserves, Bazhenov formation, hydraulic fracturing, multi-stage hydraulic fracturing, auto-fracturing.

Введение

Необходимость применения ГРП при разработке продуктивных отложений, содержащих трудноизвлекаемые запасы нефти, обоснована высокой фактической неоднородностью коллекторских свойств при низком уровне их значений [2, 6, 15]. Другая причина, обуславливающая привлекательность данного вида воздействия именно на пластах, содержащих трудноизвлекаемые запасы, — увеличение площади дренирования скважины за счет формирования в пласте дополнительных каналов проводимости. В данном случае гидроразрыв пласта выступает не только как средство интенсификации отборов, но и как метод увеличения конечной нефтеотдачи, поскольку возрастает и объем запасов, дренируемых скважиной [1, 10].

На начальном этапе работ наиболее целесообразно проведение ГРП в вертикальных скважинах с применением технологии создания трещин ограниченной высоты, близкой к толщине пласта. Тем самым обеспечивается связанность коллекторов и повышается охват пласта не только по площади, но и по разрезу, в котором распределение нефтесодержащей породы носит хаотический и сложно прогнозируемый характер.

В то же время, для сохранения герметичности залежи, необходимо контролировать динамику развития трещин по вертикали, используя для этих целей геофизические методы (АКШ, термометрия, пространственный контроль источников сейсмоакустических волн в момент проведения ГРП и др.).

Также необходимо отметить особенность ГРП в сланцевых породах, связанную с невозможностью полного извлечения жидкости разрыва. Как правило в скважине остается от 65 до 91 % закачанной жидкости, которая в процессе ГРП поглощается породой [17–19].

Материалы и методы исследований

Моделирование процесса развития трещины ГРП в отложениях баженовской свиты в вертикальной скважине показало, что для увеличения длины трещины, без ее существенного развития по высоте необходима закачка маловязкой жидкости. Специфические свойства пород-коллекторов баженовской свиты (низкие ФЕС, склонность к интенсивному трещинообразованию при нагнетании воды и др.) позволяют рекомендовать для этих целей воду, а в зимний период — солевые растворы [11]. Расчеты показывают, что при закачке воды в пласте образуются протяженные узкие трещины, их заполнение при последующей подаче жидкости разрыва с проппантом приводит к увеличению ширины и высоты созданной трещины [20].

В целом рост дебита нефти скважин после проведения ГРП на отложениях баженовской свиты изменяется от 1.2 до 5.8 раза и, в среднем составляет 2, и также соизмерим с ростом дебита в обычных пластах с гранулярными коллекторами [5, 7, 12–13]. Однако он не отражает ожидаемый потенциал, что, по-видимому, связано с недостаточным увеличением площади дренирования скважины (при стандартном ГРП) или уходом трещины разрыва из баженовской свиты в перекрывающие и подстилающие отложения не позволяющие подключить удаленные от скважины линзы коллектора к разработке [8, 9, 16].

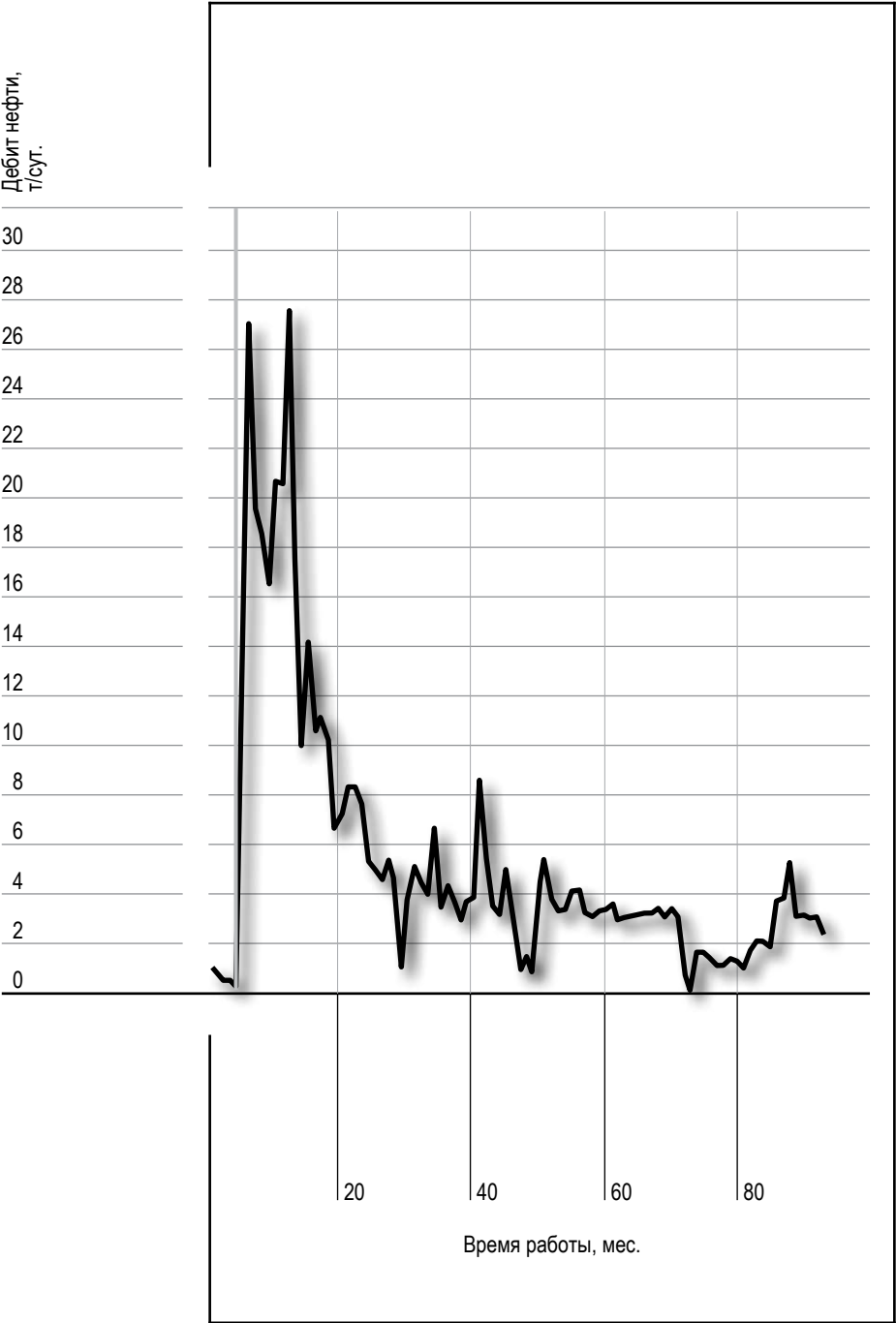


Рис 1. Пример изменения дебита нефти после проведения ГРП на отложениях баженовской свиты.

Fig 1. An example of oil production rate change after hydraulic fracturing on the deposits of the Bazhenov formation.

АвтоГРП

Поскольку породы баженовской свиты отличаются повышенной хрупкостью и обладают гидрофобными свойствами, эффект аналогичный гидроразрыву возможен не только при проведении соответствующих операций, но и при организации системы заводнения. При этом происходит расклинивание существующих микротрещин и их зачатков, а также образуются новые трещины за счёт проявления дилатантных свойств пород (освобождение энергии неоднородного напряжения пород).

Преимуществом данного подхода является большее распространение трещин по площади по сравнению с точечными операциями ГРП. Длина трещин, формируемых вокруг нагнетательных скважин, в соответствии с распределением градиента давления может достигать величин в несколько сотен метров, т.е. расстояния между скважинами. Кроме того, симметричный характер воздействия положительно сказывается на полноте выработки запасов.

С другой стороны, большой объем закачки воды и ее непрерывный характер затрудняют контроль параметров трещин, в частности, рост ее по вертикали. Последний может послужить причиной межпластовых перетоков, в частности, притока воды из неперфорированных пластов. Кроме того, искусственное создание дополнительной трещинной проводимости может сопровождаться и отрицательным эффектом в виде прорыва нагнетаемой воды к забоям добывающих скважин. В обоих случаях происходит резкое обводнение продукции скважин.

Многозонные ГРП

При проведении многозонного гидроразрыва пласта могут использоваться различные технологии:

- с применением шаров и посадочных седел;
- с применением горизонтальной НКТ и гидropескоструйной перфорации.

Особенность первой технологии заключается в том, что для изоляции участка ствола с выполненным ГРП и открытия циркуляционного клапана, после закачки проппанта в скважину бросают шар диаметром 5–7 см из композитного материала.

В свою очередь принципиальная схема проведения МГРП с гидропескоструйной перфорацией следующая. При спуске компоновки в скважину выполняются:

- привязка перфоратора с помощью механического локатора муфт;
- посадка и опрессовка пакера-отсекателя в заданном интервале;
- гидропескоструйная перфорация.

Далее проводится гидроразрыв через горизонтальную НКТ с непрерывным контролем забойного давления, а затем выполняется раскрытие механического пакера-отсекателя с поднятием компоновки на следующий интервал — на котором вышеперечисленные действия повторяются.

Преимущества данной технологии по сравнению с предыдущей заключается в меньших затратах времени для пуска скважины в работу. Кроме того, по всей длине сохраняется диаметр скважины, что невозможно при применении технологии с изолирующими шарами.

Результаты исследований и их обсуждение

Целенаправленные опытно-промышленные работы по созданию искусственной трещиноватости путем закачки воды были проведены на отложениях баженовской свиты в скважине № 16Р месторождения Х. При этом решались задачи как по созданию дополнительной трещиноватости, так и вытеснению нефти из трещин высокопроницаемых интервалов пласта.

В рассматриваемой скважине № 16Р месторождения Х при проведении ГРП было закачено около 2,5 тыс. м³ воды при устьевом давлении 32–40 МПа. В результате было установлено повышение приемистости с 36 до 1153 м³/сут уже при минимальном устьевом давлении, что характеризует процесс развития трещиноватости в пласте.

При закачке воды установлена положительная реакция в скважинах № 22Р и № 21Р, находящихся на расстоянии 1,7 и 2,0 км. В скважине № 21Р дебит нефти увеличился с 10 до 15–20 т/сут и со-

хранился практически на этом уровне на протяжении 24 месяцев до момента проведения ремонтных работ. После проведенного глушения скважина работает с дебитом около 10 т/сут, что подтверждает отрицательное влияние утяжеленной жидкости глушения на продуктивность скважин баженовской свиты.

Работы по закачке воды в скважине № 16Р были продолжены и планировалось при давлении на устье 32 МПа довести закачку воды до 20 тыс. м³. Для закачки использовались агрегаты 4АН 700 и ЦА-320. По причине частого отказа техники и невозможности ее длительной эксплуатации при давлении более 20 МПа, продолжительность работ составила более 9 месяцев, суммарно было закачано около 18.5 тыс. м³ воды. Низкое давление закачки воды и длительные остановки на втором этапе работ способствовали выпадению, в основном в прискважинной зоне, из закачиваемой подтоварной воды механических примесей, окиси железа (продукты коррозии скважинного и наземного оборудования) и остатков окисленной нефти, и тем самым частичной коагуляции как естественных, так и искусственных (образованных на первом этапе работ) трещин.

Последующая отработка скважин при пониженном в трещинах давлении (32 МПа) не позволила очистить полости трещин как от привнесенной механической примеси, так и от закачанной воды, что и обусловило низкую фазовую проницаемость по нефти прискважинной зоны пласта.

Сопоставление кривых выработки запасов до и после опытно-промышленных работ направленных на создание искусственной трещиноватости участка скважин №№ 16Р, 21Р, 22Р представлено на рисунке 2.

Согласно характеристикам, представленным на рисунке 2, эффект от создания искусственной трещиноватости выразился в двукратном увеличении нефтеотдачи по участку ОПР. В качестве побочного отрицательного эффекта от проведенных опытно-промышленных работ следует назвать ухудшение технического состояния скважины 16Р и водопритоков в нее из неперфорированных пластов. Также отмечалось резкое увеличение обводненности.

По результатам термометрии в скважине № 16Р установлено, что интенсивное трещинообразование происходит в узком интер-

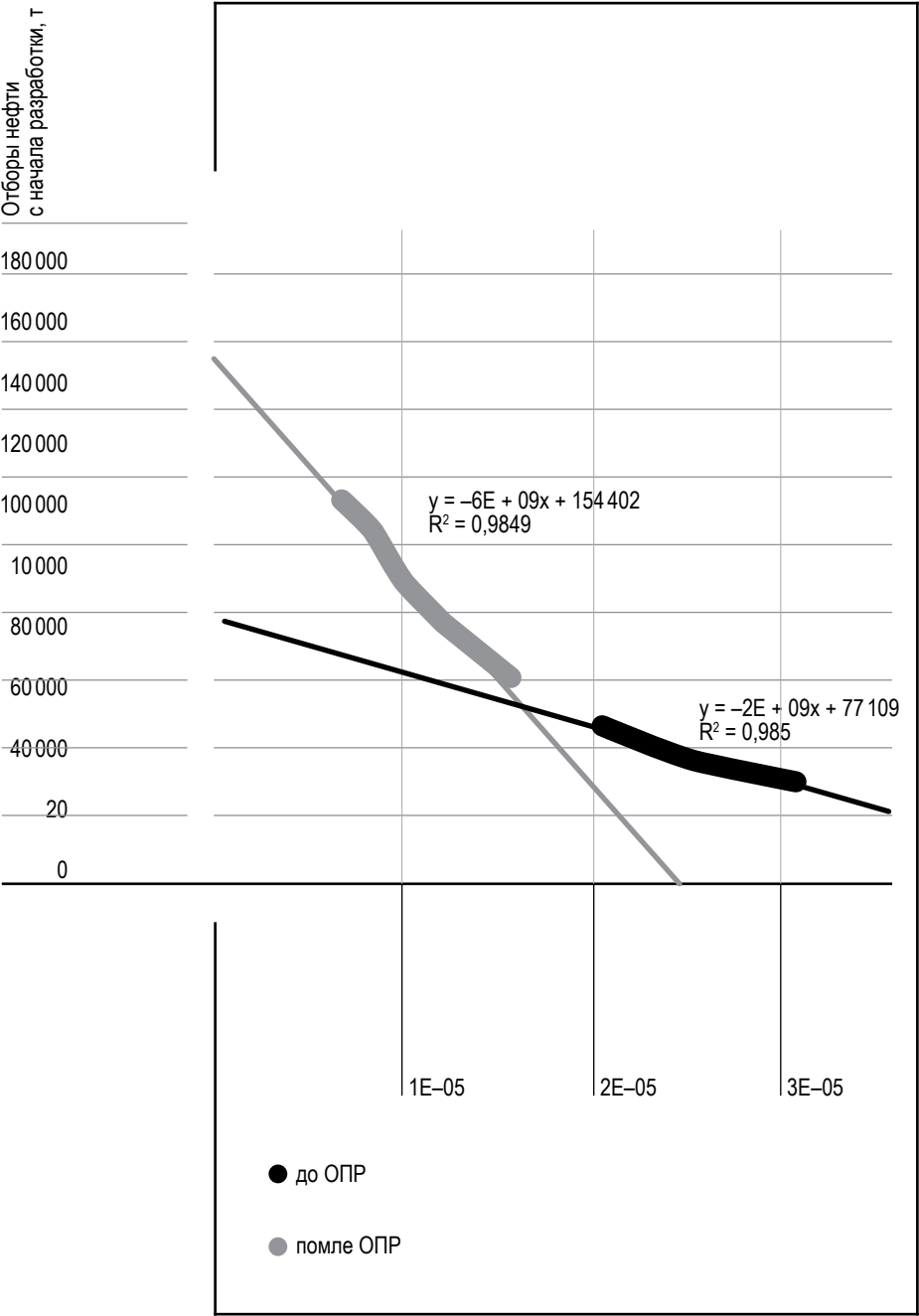


Рис. 2. Сопоставление кривых выработки запасов участка ОПР по созданию искусственной трещиноватости на месторождении X.

Fig 2. Comparison of the curves for the development of reserves of the pilot area for the creation of artificial fracturing at the field X.

вале разреза свиты 6–12 м и, как правило, связано с пачками C_2 , P_2 и P_3 . Гистограмма распределения в теле баженовской свиты компетентных к трещинообразованию пород путем закачки воды приведена на рисунке 3.

Опыт применения многозонного гидроразрыва в условиях баженовской свиты можно рассмотреть на примере двух скважин месторождений юго-западной и северо-западной части Сургутского свода. На рисунках 4 и 5 представлены данные по накопленной добыче нефти и динамике дебита этих скважин.

Показатели работы обеих скважин сопоставимы.

По скважине №2809 входной дебит нефти составил 32,6 т/сут и снизился в 2 раза в течение 6 месяцев эксплуатации. Далее, после 14 месяцев стабильной работы (дебит нефти порядка 16 т/сут) произошло его снижение до 10,5 т/сут. Накопленная добыча нефти по скважине №2809 составила 9,5 тыс. т, дренируемые запасы оцениваются в 12 тыс. т, площадь дренирования — 44,1 га.

По скважине №79ГР входной дебит нефти составил 35,3 т/сут, период двукратного снижения данного показателя составил 11 месяцев. Накопленная добыча нефти по скважине №79ГР составила 9 тыс. т, дренируемые запасы оцениваются в 19,3 тыс. т, площадь дренирования — 32,2 га.

Сравнивая основные показатели работы скважин №2809 и 79ГР со средними показателями наклонно-направленных скважин этих же месторождений, следует отметить, что для месторождения в юго-западной части Сургутского свода характерны более низкие входные дебиты скважин (среднее значение — 22,8 т/сут, т.е. на 30% ниже). В то же время дренируемые запасы и площади дренирования скважин обычного профиля на данном месторождении кратно выше (в среднем — 75,4 тыс. т и 277 га/скв).

На месторождении в северо-западной части Сургутского свода средний входной дебит нефти по наклонно-направленным скважинам почти равен соответствующему показателю скважины №79ГР (35,1 т/сут против 35,3 т/сут), однако дренируемые запасы и площадь дренирования в среднем по месторождению выше в 2,7 раза (51,6 тыс. т и 85,9 га/скв).

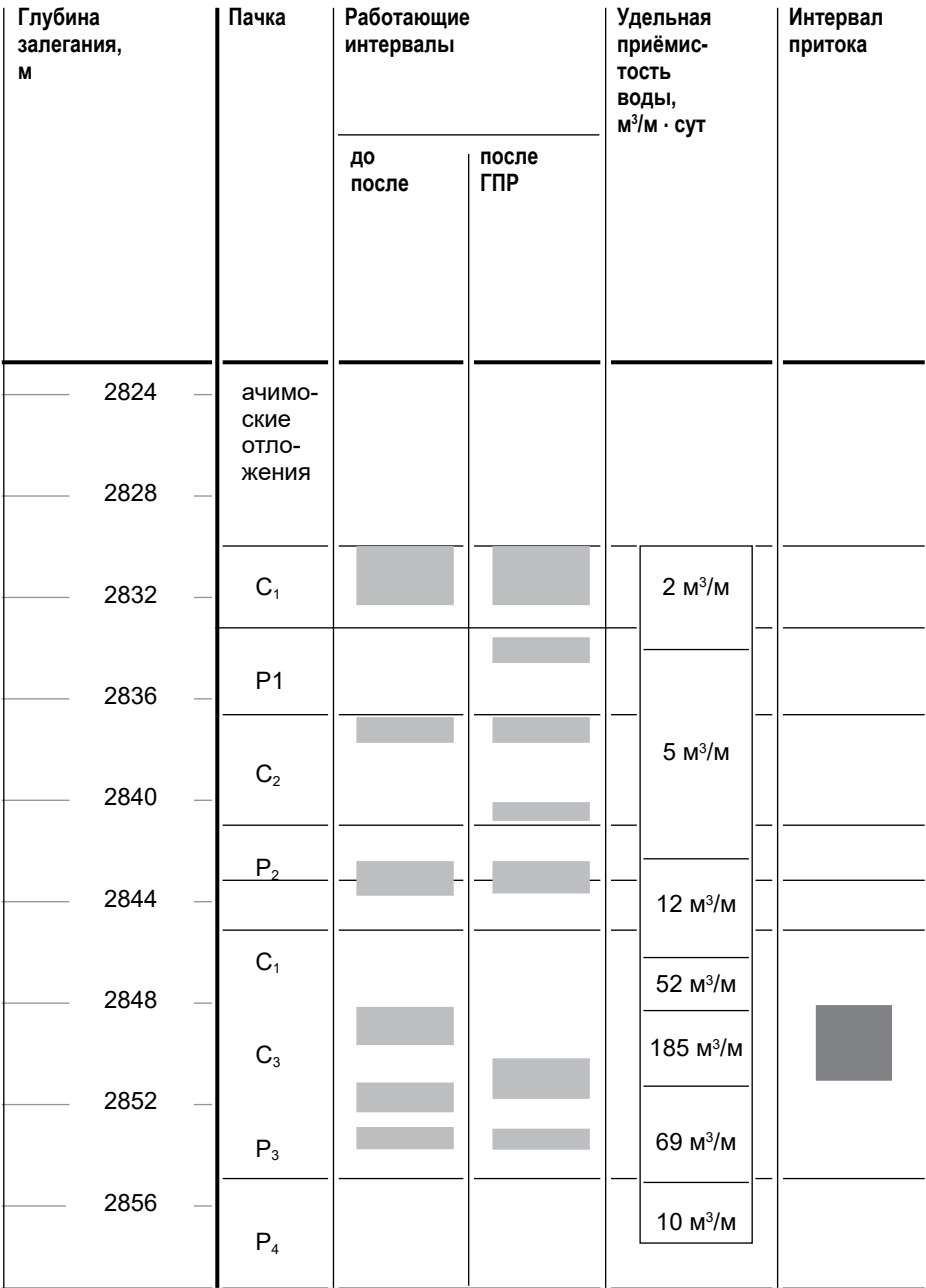


Рис 3.

Удельная приёмистость воды по разрезу баженовской свиты в скважине № 16Р месторождения X при забойных давлениях более 60 Мпа.

Fig 3. Specific water injectivity along the section of the Bazhenov formation in well No. 16R of the X field at bottomhole pressures of more than 60 MPa.

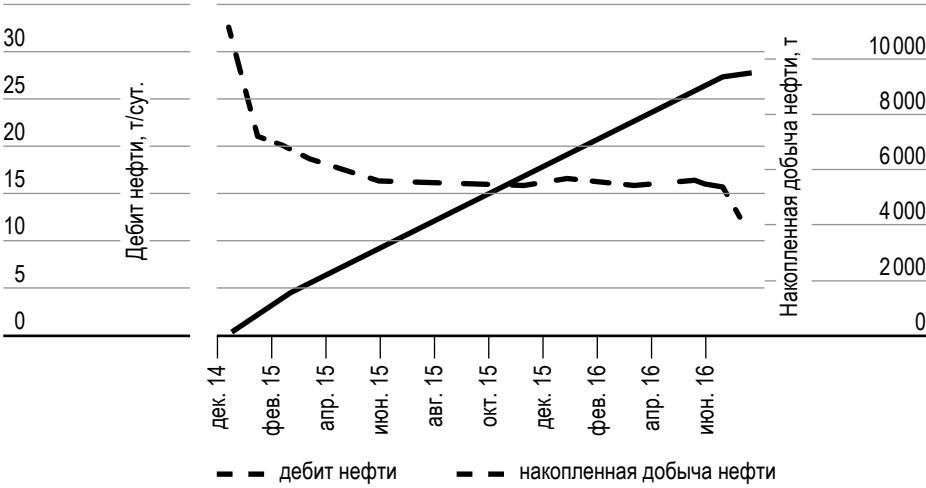


Рис. 4. Динамика дебита и накопленной добычи нефти по скважине №2809 месторождения юго-западной части Сургутского свода.
Fig. 4. Dynamics of flow rate and cumulative oil production for well No. 2809 of the southwestern part of the Surgut arch.

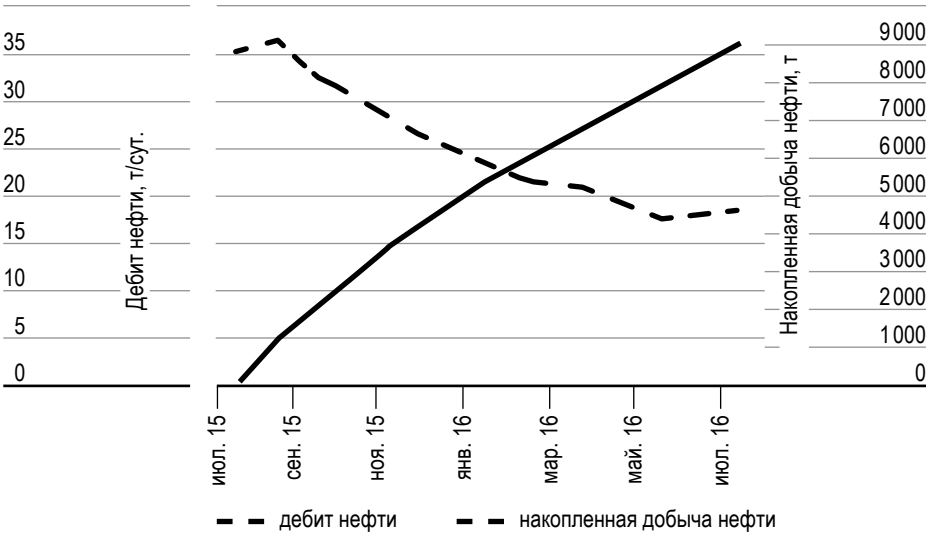


Рис. 5. Динамика дебита и накопленной добычи нефти по скважине №79GR месторождения северо-западной части Сургутского свода.
Fig. 5. Dynamics of flow rate and cumulative oil production for well No. 79GR of the northwestern part of the Surgut arch.

Выводы

В результате анализа выполненных опытно-промышленных работ по созданию искусственной трещиноватости в отложения баженовской свиты путем закачки воды установлено, что интенсивное трещинообразование происходит при различных давлениях закачки и объём дополнительной трещинной емкости прямо пропорционален объёму закачанной воды.

Опыт применения многозонного ГРП выявил некоторые преимущества данной технологии в контексте продуктивности по сравнению с наклонно-направленными скважинами (в т.ч. интенсифицированными обычным гидроразрывом). Однако дебиты скважин с МГРП снижаются быстрее, что обуславливает их сравнительно низкие интегральные показатели — накопленную добычу, оценку дренируемых запасов и площади дренирования [4].

В условиях неопределенности коллекторских свойств создание с помощью ГРП искусственной (трещинной) проводимости, в отдельных случаях, может оказаться единственной возможностью обеспечить продуктивность скважины. МГРП в горизонтальных скважинах, формирует систему трещин в большом объеме (за счет высокой латеральной протяженности горизонтального ствола) и представляется в таких условиях более эффективным по сравнению с обычным гидроразрывом [3, 14].

Библиографический список

1. Андреев В.Е., Баталов Д.А., Дубинский Г.С., Мухаметшин В.В. Перспективы применения гидроразрыва пласта для интенсификации отбора запасов нефти и увеличения нефтеотдачи // Энергоэффективность. Проблемы и решения: XV Международная научно-практическая конференция (Уфа, 27 октября 2015 года). Уфа: Институт проблем транспорта энергоресурсов Республики Башкортостан, 2015. С. 109–110.
2. Афанасьев И.С. и др. Баженовская свита. Общий обзор, нерешенные проблемы // Российские нефтегазовые технологии. 2011. №25. С. 24–35.
3. Верикосин А.Е., Зиновьева Л.М. Особенности технологии промывки и освоения горизонтальных скважин после

- селективного гидроразрыва пласта на месторождениях Западной Сибири // Наука. Инновации. Технологии. 2015. №3. С. 79–90.
4. Грачев С.И., Копытов А.Г., Коровин К.В. Оценка прироста дренируемых запасов нефти по скважинам при гидроразрыве пласта // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2005. №2. С. 41–46.
 5. Иванов А.С., Саранча А.В. Краткий анализ эффективности геолого-технических мероприятий, проводимых на месторождениях ХМАО-Югры // Академический журнал Западной Сибири. 2019. Т. 15. №1. С. 11.
 6. Карпов В.Б. Новые пути освоения запасов углеводородного сырья в отложениях баженовской свиты // Материалы VIII Международного Технологического Симпозиума. М., 2013. С. 47.
 7. Клубова Т.Т., Халимов Э.М. Нефтеносность отложений Баженовской свиты Салымского месторождения. М.: ВНИ-ИОЭНГ, 1995. 40 с.
 8. Кулаков К.В., Тишкевич С.В., Осташук А.Д., Баркалов С.Ю. «Газпром нефть» – лидер по компетенциям в проведении повторных многостадийных гидроразрывов пластов // ПРОнефть. Профессионально о нефти. 2019. №2. С. 42–47. DOI: 10.24887/2587-7399-2019-2-42-47
 9. Мараков Д.А., Краснова Е.И., Инякин В.В. и др. Опыт разработки нефтегазовых месторождений с применением гидроразрыва пласта // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. №5. С. 117–119.
 10. Паняк С.Г., Аскеров А.А., Юсифов Т.Ю. Гидроразрыв пласта – эффективный метод доизвлечения запасов нефти и газа // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2011. №5. С. 56–59.
 11. Репник А.А., Бочкарев В.А. Влияние хрупкости и пластичности сланцевых формаций на эффективность гидроразрыва пласта // Нефтепромысловое дело. 2016. №6. С. 26–35.
 12. Саранча А.В., Гарина В.В., Митрофанов Д.А., Левитина Е.Е. Результаты опытно-промышленной разработки баженовской свиты на Западно-Сахалинском месторождении // Фундаментальные исследования. 2015. №2–14. С. 3052–3055.
 13. Саранча А.В., Митрофанов Д.А., Саранча И.С., Овезова С.М. Разработка баженовской свиты на Ай-Пимском мес-

- торожении // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 204.
14. Сонич В.П. и др. Проблемы и перспективы освоения баженновской свиты // Нефтяное хозяйство. 2001. № 9. С. 36–68.
 15. Чертенков М.В., Ковальчук С.П., Золова И. В. и др. Планирование и управление разработкой месторождений: новые подходы, современные решения // Нефтяное хозяйство. 2013. № 9. С. 82–85.
 16. Яркеева Н.Р., Хазиев А.М. Применение гидроразрыва пласта для интенсификации притока нефти в скважинах // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16. № 5. С. 30–36. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-5-30-36
 17. Boschee P. Produced and Flowback Water Recycling and Re-use. Economics, Limitations, and Technology // Oil and Gas Facilities. 2014. P. 16–21.
 18. Sarancha, A.V., Mikhaylov S.Y., Inyakin V.V. Shale oil in Bazhenov formation on deposits of Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Saint-Petersburg, 23–24 martha 2017 of the year. – Saint-Petersburg: Institute of Physics Publishing, 2017. P. 042019. DOI: 10.1088/1755-1315/87/4/042019
 19. Schramm E. What is flowback, and how does it differ from produced water? //Institute for Energy and Environmental Research of Northeastern Pennsylvania Clearinghouse website [Электронный ресурс]. URL: <http://energy.wilkes.edu/205.asp>. (дата обращения 18.04.2019).
 20. Paklinov N.M., Shepelevich A.N., Strekalov A.V. Creation of the installation for studying the impact of current pulse excitation on the bottomhole formation zone // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: confrence 1, Tyumen, 28–29 September 2018 of the year. Vol. 181. Tyumen: Institute of Physics Publishing, 2018. P. 012024. DOI: 10.1088/1755-1315/181/1/012024

References

1. Andreev V.E. Andreev V. E., Batalov D. A., Dubinsky G. S., Mukhametshin V. V. Prospects for the use of hydraulic fracturing to intensify the recovery of oil reserves and increase oil recovery // Energy Efficiency. Problems and Solutions: XV International Scientific and Practical Conference, Ufa, October 27, 2015. Ufa: Institute for Problems of Transportation of

- Energy Resources of the Republic of Bashkortostan, 2015. P. 109–110. (In Russ.).
2. Afanasiev I.S. et al. Bazhenov formation. General review, unresolved problems // Russian oil and gas technologies. 2011. No. 25. P. 24–35. (In Russ.).
 3. Verikosin A.E., Zinovieva L.M. Features of the technology of flushing and development of horizontal wells after selective hydraulic fracturing in the fields of Western Siberia // Nauka. Innovation. Technology. 2015. No. 3. P. 79–90. (In Russ.).
 4. Grachev S.I., Kopytov A.G., Korovin K.V. Estimation of the increase in drained oil reserves by wells during hydraulic fracturing, Izv. Oil and gas. 2005. No. 2. P. 41–46. (In Russ.).
 5. vanov A.S., Sarancha A.V. Brief analysis of the effectiveness of geological and technical measures carried out at the fields of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra // Academic Journal of Western Siberia. 2019. Vol. 15. No. 1. P. 11. (In Russ.).
 6. Karpov V.B. New ways of developing hydrocarbon reserves in the deposits of the Bazhenov formation // Proceedings of the VIII International Technological Symposium. Moscow. 2013. P. 47. (In Russ.).
 7. Klubova T.T., Khalimov E.M. Oil-bearing capacity of the deposits of the Bazhenovskaya suite of the Salym field. M.: VNI-IOENG, 1995. 40 p. (In Russ.).
 8. Kulakov K.V., Tishkevich S.V., Ostashuk A.D., Barkalov S.Yu. «Gazprom Neft» is a leader in terms of competencies in conducting repeated multi-stage hydraulic fracturing // PROneft. Professionally about oil. 2019. No. 2. P. 42–47. DOI: 10.24887/2587-7399-2019-2-42-47 (In Russ.).
 9. Marakov D.A., Krasnova E.I., Inyakin V.V. et al. Experience in the development of oil and gas fields using hydraulic fracturing // Academic Journal of Western Siberia. 2014. Vol. 10. No. 5. P. 117–119. (In Russ.).
 10. Panyak S.G., Askerov A.A., Yusifov T.Yu. Hydraulic fracturing is an effective method for additional extraction of oil and gas reserves // Izvestiya vysshikh uchebnykh obrazovaniya, Izv. Oil and gas. 2011. No. 5. P. 56–59. (In Russ.).
 11. Repnik A.A., Bochkarev V.A. Influence of fragility and plasticity of shale formations on the efficiency of hydraulic fracturing // Neftepromyslovoye delo. 2016. No. 6. P. 26–35. (In Russ.).
 12. Sarancha A.V., Garina V.V., Mitrofanov D.A., Levitina E.E. Results of pilot development of the Bazhenov formation at the

- West Sakhalin deposit // Fundamental Research. 2015. No. 2–14. P. 3052–3055. (In Russ.).
13. Sarancha A.V., Mitrofanov D.A., Sarancha I.S., Ovezova S.M. Development of the Bazhenov Formation at the Ai-Pimskoye field // Modern problems of science and education. 2015. No. 1–1. P. 204. (In Russ.).
 14. Sonich V.P. et al. Problems and prospects for the development of the Bazhenov formation // Oil industry. 2001. No. 9. P. 36–68. (In Russ.).
 15. Chertentkov M.V., Kovalchuk S.P., Zolova I.V. et al. Field development planning and management: new approaches, modern solutions. 2013. No. 9. P. 82–85. (In Russ.).
 16. Yarkееva N.R., Khaziev A.M. Application of hydraulic fracturing for the stimulation of oil flow in wells. 2018. Vol. 16. No. 5. P. 30–36. DOI: 10.17122/ngdolo-2018-5-30-36 (In Russ.).
 17. Boschee P. Produced and Flowback Water Recycling and Reuse. Economics, Limitations, and Technology // Oil and Gas Facilities. 2014. February. P. 16–21.
 18. Sarancha, A.V., Mikhaylov S.Y., Inyakin V.V. Shale oil in Bazhenov formation on deposits of Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Saint-Petersburg, March 23–24, 2017. Saint-Petersburg: Institute of Physics Publishing, 2017. P. 042019. DOI: 10.1088/1755-1315/87/4/042019
 19. Schramm E. What is flowback, and how does it differ from produced water? //Institute for Energy and Environmental Research of Northeastern Pennsylvania Clearinghouse website [Electronic resource]. URL: <http://energy.wilkes.edu/205.asp>. (Accessed 18.04.2019).
 20. Paklinov N.M., Shepelevich A.N., Strekalov A.V. Creation of the installation for studying the impact of current pulse excitation on the bottomhole formation zone // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference 1, Tyumen, 28–29 September 2018. Vol. 181. Tyumen: Institute of Physics Publishing, 2018. P. 012024. DOI: 10.1088/1755-1315/181/1/012024

Об авторах

Копытов Андрей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.

E-mail: kopytovag@tyuiu.ru

Левкович Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.

E-mail: levkovichsv@tyuiu.ru

Назарова Нелли Владимировна, ассистент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.

E-mail: nazarovnv@tyuiu.ru

Ковалев Игорь Александрович, ассистент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.

E-mail: kovalevia@tyuiu.ru

Паклинов Никита Михайлович, ассистент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.

E-mail: paklinovnm@tyuiu.ru

About the authors

Kopytov Andrey, Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University. E-mail: kopytovag@tyuiu.ru

Levkovich Sergey, Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University. E-mail: levkovichsv@tyuiu.ru

Nazarova Nelly, assistant of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University.

E-mail: nazarovnv@tyuiu.ru

Kovalev Igor, assistant of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University. E-mail: kovalevia@tyuiu.ru

Paklinov Nikita, assistant of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University.

E-mail: paklinovnm@tyuiu.ru



НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

Выпуск №4, 2022 г.



Издательство Северо-Кавказского федерального
университета. г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1.

Корректор – М.И. Толмачев.
Компьютерная верстка – О.Г. Полевич.

Подписано в печать 20.12.2022 г. Выход в свет 27.12.2022 г.
Формат 70 × 108 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага
офсетная. Усл. печ. л. 21,70. Тираж 1000 экз. Цена 534 руб.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2.