

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

ISSN 2308–4758
DOI: 10.37493/2308-4758.0

Выпуск № 1, 2023 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); Гасумов В.А., д-р техн. наук, профессор (Азербайджанский технический университет, г. Баку); 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
DOI	https://doi.org/10.37493/2308-4758.0

**«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); Gasumov V.A., Dr. of techn. sciences, professor (Azerbaijan Technical University, Baku); 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); Tikonov 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); Polyakov 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	ПМ № 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
DOI	https://doi.org/10.37493/2308-4758.0

СОДЕРЖАНИЕ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», № 1, 2023

1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

1.6. НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

1.6.12 Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

Денисова Н. В.

Оценка антропогенной нагрузки на территории Бештаугорского заказника 7

Denisova N. V.

Assessment of Anthropogenic Load on the Territory of the Beshtaugor Reserve 8

1.6.13 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Супрунчук И. П.

Территориальная структура профессионального футбола в Северо-Кавказском федеральном округе. 27

Suprunchuk I. P.

Territorial Structure of Professional Football in the North Caucasus Federal District. 28

Хоссин И.

Пространственно-временные особенности ожидаемой продолжительности жизни населения в странах Юго-Западной Азии 43

	Hossin I.	
	Spatial and temporal features of life expectancy of the population in the countries of South-west Asia	44
1.6.18	Науки об атмосфере и климате	
	Хучунаев Б. М., Будаев А. Х., Тумгоева Х. А.	
	Исследования льдообразующих свойств кластеров из нанотрубок оксида цинка	61
	Khuchunaev B. M., Budaev A. Kh., Tumgoeva Kh.A.	
	Studies of Ice-forming Properties of Zinc Oxide Nanotube Clusters	62
1.6.21	Геоэкология	
	Бегдай И. В., Бондарь Е. В., Харина Е. И., Еремеева Я. В., Гасюкова М. В.	
	Экологический мониторинг родников г. Ставрополя как объекта резервного водообеспечения	87
	Begdai I. V., Bondar E. V., Harina E. V., Yermeeva Y. V., Gasuykova M. V.	
	Springs of Stavropol as a Reserve Water Supply Facility and Ecological Monitoring of Springs of Stavropol	88
	Разумов В. В., Залиханов М. Ч., Богданова Н. Д., Разумова Н. В.	
	Оползневые и обвально-осыпные процессы на автомобильных дорогах Республики Ингушетия	107
	Razumov V. V., Zalikhanov M. Ch., Bogdanova N. D., Razumova N. V.	
	Landslide and Landslide-Talus Processes on the Highways of the Republic of Ingushetia	108

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**2.8. НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГОРНЫЕ НАУКИ****2.8.4 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений**

Ваганов Е. В., Сохошко С. К., Краснов И. И. Прогноз успешности мероприятий по ограничению водопритоков в газовых скважинах	137
Vaganov E. V., Sokhoshko S. K., Krasnov I. I. Substantiation of Methods to Remove Water Inflows in Wells Draining Gas Condestate De- posits	138
Инякина Е. И., Левитина Е. Е., Рябикова К. О. Инякин В. В. Исследование пластового флюида при разработке месторождений на шельфе Карско- го моря	155
Inyakina E. I., Levitina E. E., Ryabikova K. O., Inyakin V. V. Investigation of Formation Fluid During the Development of Fields on the Kara Sea Shelf	156

1.6.12.
УДК 502.4
DOI:

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ,
ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ
10.37493/2308-4758.2023.1.1

Денисова Н. В.

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь,
Россия

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕШТАУГОРСКОГО ЗАКАЗНИКА

Введение.

Необходимость анализа антропогенной нагрузки на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) обусловлена потребностью выбора наиболее эффективных методов охраны ландшафтного и биологического разнообразия, наличием ограниченной хозяйственной деятельности, разрешенной на территории охраняемого ландшафта, а также рекреационной привлекательностью территории заказника. Регулирование антропогенной нагрузки может быть основано на зонировании ООПТ. Это объясняется разнообразием природных комплексов, типов воздействия на них со стороны различных групп посетителей и местного населения и соответствующих им методов управления.

Материалы и методы исследований.

Информационной базой для изучения послужили материалы полевых исследований влияния рекреации на компоненты ландшафта в Бештаугорском заказнике вегетационных сезонов 2021–2022 гг. Для выявления иных видов хозяйственной деятельности использованы разновременные данные ДДЗ (Landsat 8). Обработка пространственных данных проводилась с помощью геоинформационной системы Qgis 3.10.

Результаты исследований

и их обсуждение.

Современные методы обработки пространственных данных позволили выделить основные виды использования земель Бештаугорского заказника, картографировать ценные ресурсы и очаги высокого биоразнообразия, произрастания особо охраняемых видов. В ходе работы была изучена и картографирована рекреационная нагрузка на 38 пробных площадках. Описана степень влияния рекреации, определены стадии рекреационной дигрессии участков. Результатом стало создание рекомендуемой схемы функционального зонирования заказника с выделением 4-х зон в границах ООПТ и 2-х за границами ООПТ.

Выводы.

Разделение Бештаугорского заказника на отдельные участки с рекомендованными видами и режимами использования должно способствовать планированию управленческих мероприятий, исключению конфликтов природопользования и сохранению ценных биологических ресурсов посредством пространственных и временных ограничений.

Ключевые слова:

особо охраняемые природные территории, рекреационная нагрузка, дигрессия, оптимизация природопользования, функциональное зонирование, геоинформационные системы.

Denisova N. V. North Caucasus Federal University, Stavropol,
Russia

Assessment of Anthropogenic Load on the Territory of the Beshtaugor Reserve

Introduction. The need for functional zoning of specially protected natural areas (SPNA) is due to the need to choose the most effective methods for protecting landscape and biological diversity, the presence of limited economic activity permitted on the territory of the protected landscape, as well as the recreational attractiveness of the territory of the Beshtaugorsky reserve. The need for zoning is explained by the diversity of natural complexes, the types of impact on them by various groups of visitors and the local population, and the corresponding management methods.

Materials and research methods. The information base for the study was the materials of field studies of the influence of recreation on landscape components in the Beshtaugorsky reserve of the growing seasons 2021–2022. To identify the types of economic activity, multi-temporal remote sensing data (Landsat) were used. Spatial data processing was carried out using the geographic information system Qgis 3.10.

Research results and their discussion. Modern methods of processing spatial data made it possible to identify the main types of land use of the Beshtaugorsky reserve, to map valuable resources and centers of high biodiversity, the growth of specially protected species. In the course of the work, the recreational load on 38 test sites was studied and mapped. The degree of influence of recreation is described, the stages of recreational digression of sites are determined. The result was the creation of a recommended scheme for the functional zoning of the reserve with the allocation of 4 zones within the boundaries of the protected areas and 2 outside the boundaries of the protected areas.

Conclusions. Functional zoning of protected areas is a recognized effective method of territory modeling. The division of the Beshtaugorsky reserve into separate areas with recommended types and modes of use should contribute to the planning of management measures, the elimination of conflicts in nature management and the conservation of valuable biological resources through spatial and temporal restrictions.

Key words: specially protected natural areas, nature management optimization, functional zoning, recreational load, geographic information systems.

Введение

Территория Бештаугорского заказника плотно окружена населенными пунктами Кавминводской агломерации, в которой проживает около 1 млн человек, кроме того, численность населения увеличивается за счет туристического потока в летний период [16]. Земли заказника используют в сельскохозяйственных целях местное население, здесь проходят транспортные и инженерные коммуникации, активно развивается слабо контролируемая, массовая рекреация, которая вносит на первый взгляд незаметные, но накапливающиеся десятками лет изменения в компоненты ландшафта. В тоже время заказник является местом произрастания и сохранения 1587 видов растений, из них в Красную книгу занесены 162 вида сосудистых растений [13]. В пределах останцовых магматических гор сохраняется реликтовый островной биогеоценоз степных и лесостепных ландшафтов с высотной поясностью [12].

В ландшафтном районировании Ставропольского края территория заказника относится к Подкумско-Золкинскому ландшафту провинции предгорных лесостепных ландшафтов с широколиственными дубово-грабовыми лесами на серых лесных почвах и остепненными лугами на выщелоченных черноземах [12, 20].

Цель данного исследования заключается в изучении основных видов хозяйственного использования земель Бештаугорского заказника, степени влияния рекреации на компоненты ландшафта и разработке рекомендаций для регулирования антропогенной нагрузки и защиты особо ценных природных объектов, охраняемых на территории заказника.

Материалы и методы исследований

Площади существующих видов хозяйственного использования определялись методами дистанционного зондирования в геоинформационной системе Qgis 3.10.

Анализ рекреационной нагрузки на участках исследования проводился в выходные дни сезона 2022 г. (май–июль) выборочным моментным методом [3] по формуле:

$$i = T \times P,$$

где i — чел. час/100 м² за учетный период;
 P — количество человек на изучаемой площади;
 T — продолжительность учетного периода в часах [5].

Степень изменённости (дигрессии) рекреационных участков измерялась с учетом данных полевых исследований в июне-июле 2021–2022 гг. Зафиксированные в ходе исследований показатели следующие: количество человек в час на рекреационной площадке, среднее время пребывания на участке, площадь тропиной сети, задернованность вне тропиной сети, плотность почв, изменения растительного покрова, высота лесной подстилки.

Местообитания видов, включённых в Красные книги, определялись в ходе полевых исследований методом пробных площадок. Всего было заложено 38 площадок исследования. Видовой состав на площади вне пробных площадок дополнялся по литературным источникам [6, 8, 9, 17, 18].

При выделении рекомендуемого плана функционального зонирования учитывались:

- ценные природные объекты, отмеченные на ООПТ: местообитания видов, включенные в Красные книги, уникальные и эталонные природные комплексы, памятники природы;
- площади существующих видов хозяйственного использования ООПТ;
- современная рекреационная деятельность в пределах ООПТ, наличие пешеходных троп и обустроенных участков [7];
- степень дигрессии популярных рекреационных участков [10, 11, 19].

Результаты исследований и их обсуждение

Современное использование земель заказника включает 3 основных вида: сельскохозяйственное использование – сенокосение и выпас скота местными жителями; зоны влияния инженерно-транспортных коммуникаций, связывающие города агло-

мерации — автодороги регионального значения, железная дорога, высоковольтные линии электропередач с путями их обслуживания; земли рекреационного использования — территории санаторно-курортных учреждений, туристические тропы, терренкуры.

Всего земли рекреационного использования занимают площадь 2 000 га (рис. 1) из них:

- Площадь земель интенсивного рекреационного использования на территории заказника (стадии рекреационной дигрессии выше 3) – 2,7% территории заказника (210 га);
- Площадь земель умеренного рекреационного использования (2-я стадия рекреационной дигрессии) – 4% территории заказника (320 га);
- Площадь земель слабого рекреационного использования – 16% территории заказника (1550 га).

Площадь земель инженерно-транспортной инфраструктуры для обеспечения населённых пунктов составляет 5,76 га.

Площадь выявленных земель сельскохозяйственного использования — 400 га. Из них интенсивное использование под выпас овец на участке горы Лысой — 86 га, менее интенсивный выпас крупного рогатого скота на участках горы Змейка, Бык, Верблюды — 110 га, распашка земель в районе г. Минеральные Воды — 97 га, сенокосы в активный вегетационный период — 107 га.

В ходе полевых исследований методом пробных площадей на рекреационных участках были обнаружены 6 видов растений, занесённых в Красную Книгу РФ: бересклет карликовый (*Euonymus nana* Vieb), асфоделина крымская (*Asphodeline taurica*), рябчик кавказский (*Fritillaria caucasica adams*), мак прицветниковый (*Papaver bracteatum* Lindl.), пыльцеголовник крупноцветковый (*Cephalanthera damasonium*), анакампитис пирамидальный (*Anacamptis pyramidalis*); а также 12 видов растений, занесённых в Красную книгу Ставропольского края: чебрец пастуший (*Thymus pastoralis* Пjin), ифелипея красная (*Diphelypaea coccinea*), ястребинка бештаусскообразная (*Hieracium beschtaviciforme* Juxip), ястребинка предкавказская (*Hieracium caucasiense* Arg.-Touv), катран перистый (*Crambe pinnatifida*), левкой каспийский (*Matthiola caspica*),

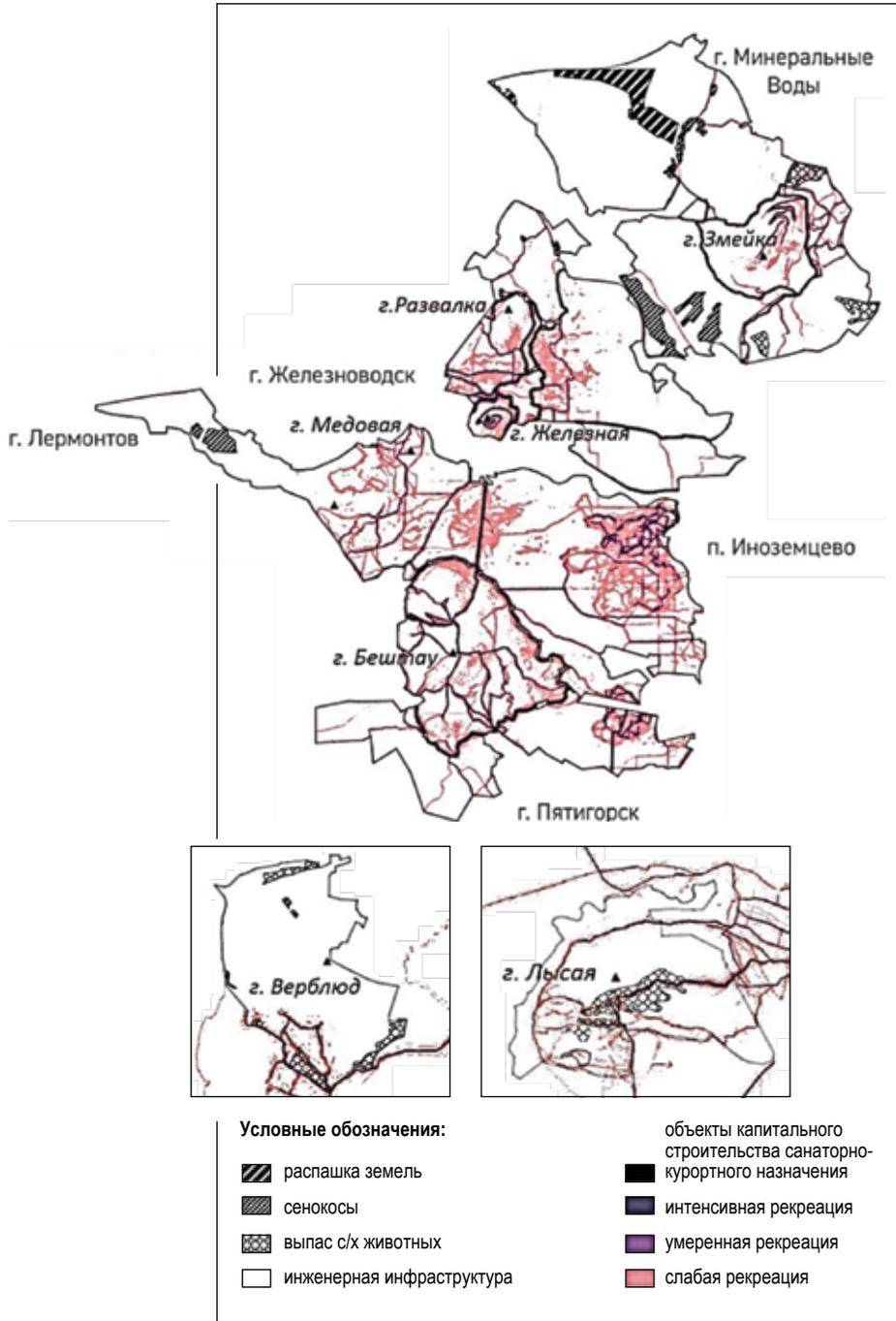


Рис. 1.

Виды землепользования на территории Бештаугорского заказника.

Fig. 1. Types of land use on the territory of the Beshtaugorsky reserve.

колокольчик камнеломка (*Campanula saxifraga* Bieb), рододендрон желтый (*Rhododendron luteum* Sweet), бровник одноclubневой (*Herminium monorchis*), камнеломка плетистая (*Saxifraga flagellaris* Willd), красавка кавказская (*Atropa caucasica* Kreyer), кизильник Нефедова (*Cotoneaster nefedovii* Galushko) [13].

Основная концентрация краснокнижных растений отмечена на травянистых предвершинных склонах субальпийского пояса горы Бештау и Малый Тау, гор Острая, Змейка, скальных обнажениях южного, юго-восточного склонов Бештау на высоте от 900 до 1600 м (скала Лисий нос, скала Есенина). Важно отметить, что перечисленные выше участки заказника обладают высоким туристско-рекреационным потенциалом по показателям открытости горизонта, контрастности рельефа, видового разнообразия и сезонной динамики растительного покрова [3]. Поэтому на участках произрастания наибольшего количества видов, нуждающихся в охране, отмечается наибольшая концентрация рекреантов в летний сезон (табл. 1).

Маршруты к вершинам останцовых магматических гор пользуются наибольшим спросом в мае-июне, когда комфортность погодных условий наиболее высока для рекреации. Сезон активной вегетации и цветения наибольшего количества видов в луговых сообществах также приходится на май–июнь.

На изучаемых участках определены 5 стадий рекреационной дигрессии (табл. 1) [10].

Первая стадия дигрессии установлена для территорий с низкой рекреационной нагрузкой — троп, используемых только местным населением для редкого передвижения по лесным или луговым участкам заказника. Это лесные участки северных, северо-восточных склонов горы Бештау (Пример — участки 9, 10 из табл. 1). На большей части таких территорий лесная подстилка не нарушена, сохраняется характерное видовое разнообразие древесного и травянистого ярусов, наблюдаются подрост (15–20 экз. на 100 м²) и подлесок (до 10 экз. на 100 м²), всходы древесных растений не повреждены, наблюдаются разновозрастные экземпляры (20–30 шт. на 100 м²).

Вторая стадия дигрессии повсеместно наблюдается в лесах и луговых сообществах вблизи застройки. Тропы более заметны, их ширина достигает 1,5 метров, лесная подстилка уплотнена и

Таблица 1. АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ИЗУЧАЕМЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ УЧАСТКАХ
Table 1. Anthropogenic load on the studied recreation areas

Исследуемый участок	Бештау-горское кольцо, смотровая	Родник у Монастырского озера	Маковое поле	Скалы Лисий нос	Седловина Большого и Малого Тау
	1	2	3	4	5
Площадь всего участка, м ²	820	780	14900	400	467
Количество человек (за 1 час)	80	30	40	10	80
Количество чел./час на 100 м ²	9,8	3,8	0,3	2,5	17,1
Доля тропиной сети на 100 м ²	75	80	10	5	90

измельчена. В лесных сообществах наблюдается разновозрастный древостой с более скудным подростом (5–10 экз. на 100 м²). Всходы повреждены ближе к тропам, но в целом их обилие остается прежним (около 20 экз. на 100 м²), у древесных растений все еще присутствуют экземпляры произрастания нескольких вегетационных сезонов. В сравнении с эталонными участками снижается фитомасса травяного яруса. В луговых сообществах вдоль троп появляются сорные, устойчивые к вытаптыванию виды, проективное покрытие травостоем вне троп все еще густое, не поврежденное. Вторая стадия дигрессии наблюдается на участках троп к менее известным рекреационным точкам, не имеющие выхода к населенным пунктам — тропы на горы Кабанка, Змейка, Верблюд, тропы восточного склона горы Бештау, не используемые основным потоком рекреантов (пример — участки 4,11 из табл. 1).

Вершина г. Бештау	Ск. Храм солнца	Тропа «Волчьи ворота»	Козьи скалы	Подножье г. Острой	Вершина г. Змейка	Тропа к вершине г. Бештау (г. Лермонтов)
6	7	8	9	10	11	12
300	7000	300	500	14000	350	250
60	60	16	6	10	4	30
20,0	0,9	5,3	1,2	0,1	1,1	12,0
60	40	90	60	80	10	80

Третья стадия дигрессии характерна для троп, по которым проходит основной поток рекреантов к наиболее известным точкам притяжения заказника. Ширина троп достигает 3 м. Появляются деревья с поврежденными стволами (2–3 экз. на 100 м²), уменьшается количество подроста (до 3–5 экз. на 100 м²), его высота достигает 5–6 м, количество всходов древесных растений также уменьшается (до 10 на 100 м²). Уменьшается количество лесных видов в травостое. Наблюдается резкое уменьшение проективного покрытия травостоем, кустарниками, мхами, в лесных участках на тропах подстилка разрушена. В луговых сообществах вне троп появляются участки с нарушенным проективным покрытием (5–10%). В лесных сообществах появляются лесолуговые, луговые и сорные виды растительности. Подобная ситуация наблюдается на тропах к наиболее возвышенным точкам заказника, смотровым площадкам (пример — участок 2,6,7 из табл. 1).

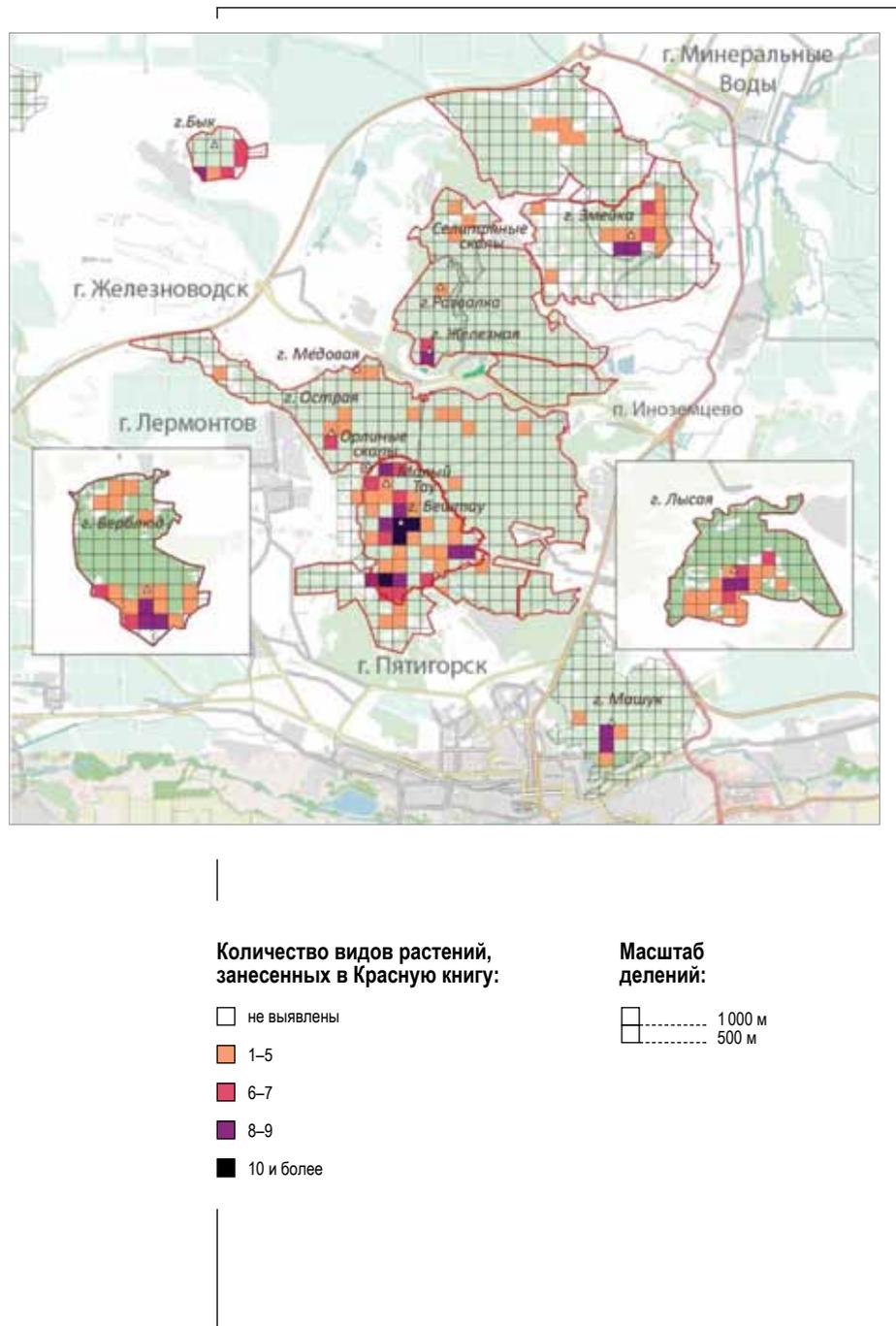


Рис. 2.

Виды, занесённые в Красные книги РФ, Ставропольского края, обнаруженные в полевых исследованиях 2021–2022 гг.

Fig. 2. Species listed in the Red Book of the Russian Federation, Stavropol Territory, found in field studies in 2021–2022.

Четвертая стадия дигрессии установлена в местах пересечения наиболее популярных маршрутов и вокруг смотровых площадок (пример — участки 3,8 из табл. 1). В лесных сообществах часто встречаются деревья с поврежденными стволами и оголёнными корнями (4–6 экз. на 100 м²). Подрост присутствует в единичном экземпляре, всходы повсеместно сильно повреждены, присутствуют экземпляры только последнего вегетационного сезона. Сокращается разнообразие видового состава травостоя, в нем преобладают сорные и устойчивые к вытаптыванию виды — клевер ползучий (*Trifolium repens*), одуванчик (*Taraxacum*), костер полевой (*Bromus arvensis*), подорожник (*Plantago*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*). В луговых сообществах нарушение проективного покрытия вне троп увеличивается до 20–30%.

Пятая стадия дигрессии зарегистрирована на смотровых площадках придорожных территорий Бештаугорского кольца, куда открыт проезд на личных автомобилях, на крутых участках склонов тропы (20–30°) к вершине со стороны города Лермонтова (пример — участки 1, 12 из табл. 1). Здесь происходит смыв гумусового горизонта почвы, развивается линейная эрозия, уничтожаются лесная подстилка, отсутствуют всходы древесных растений, а подрост и подлесок встречается в единичном экземпляре и заменяются синантропными видами — слива вишненоносная (*Prunus cerasifera* Ehrh.), алыча (*Prunus cerasifera*), рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia*) в районе жилого квартала «Орлиные скалы», примыкающего к заказнику обнаружено произрастание айланта высочайшего (*Ailanthus altissima*). Деревья редко стоящие, часто с оголёнными корнями (до 10 шт. на 100 м²). На плотной и утрамбованной почве отсутствует проективное травяное покрытие, или пятнами произрастают сорные виды трав: амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*), борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), щетинник сизый (*Setaria glauca* Beauv.), чистотел большой (*Chelidonium majus*), костер полевой (*Bromus arvensis*), подорожник большой (*Plantago major* L.).

Основной проблемой природопользования земель заказника является полное отсутствие регулирования пешеходного потока [14], отсутствие контроля за выпасом сельскохозяйственных животных в районах сельских населённых пунктов.

В качестве регулятора пешеходных потоков в ООПТ выступают информационные таблицы, указатели, карты и другая инфраструктура на маршрутах к достопримечательностям. Их отсутствие в заказнике приводит к образованию хаотичной маршрутной сети [15].

Одним из направлений оптимизации природопользования на территории заказника может быть выделение функциональных зон, ограничивающих степень использования природно-территориальных комплексов ООПТ [4, 15]. Однако для большинства ООПТ Ставропольского края и, в частности, для Бештаугорского заказника функциональное зонирование не проведено и не закреплено документально [1]. В Законе об ООПТ [2] ничего не сказано про возможность или необходимость выделения функциональных зон на территориях заказников. Однако на практике все зависит от конкретного ООПТ, во многих регионах России практика зонирования заказников есть.

При разработке плана функционального использования территории заказника необходимо руководствоваться основными принципами пространственной организации функциональных зон:

- Зонирование ООПТ по интенсивности использования;
- Интенсификация входных узлов за границей ООПТ;
- Входные группы должны различаться по тематическому набору сервисов и миссии;
- Благоустроенные тропы формируются по сложившимся путям;
- Тропы прокладываются через наибольшее количество ПТК и точек интереса;
- Пешеходные потоки регулируются информационными элементами.

Функциональным и коммуникационным каркасом для рекреантов в заказнике является дорога Бештаугорское кольцо, терренкуры из г. Железноводска и 3 тропы на вершину Бештау, собирающие на своём пути все наиболее востребованные очаги активности. На основе проведённого исследования с учётом приоритетных для заказника форм рекреационного природопользования, предложен план функционального зонирования (рис. 4).

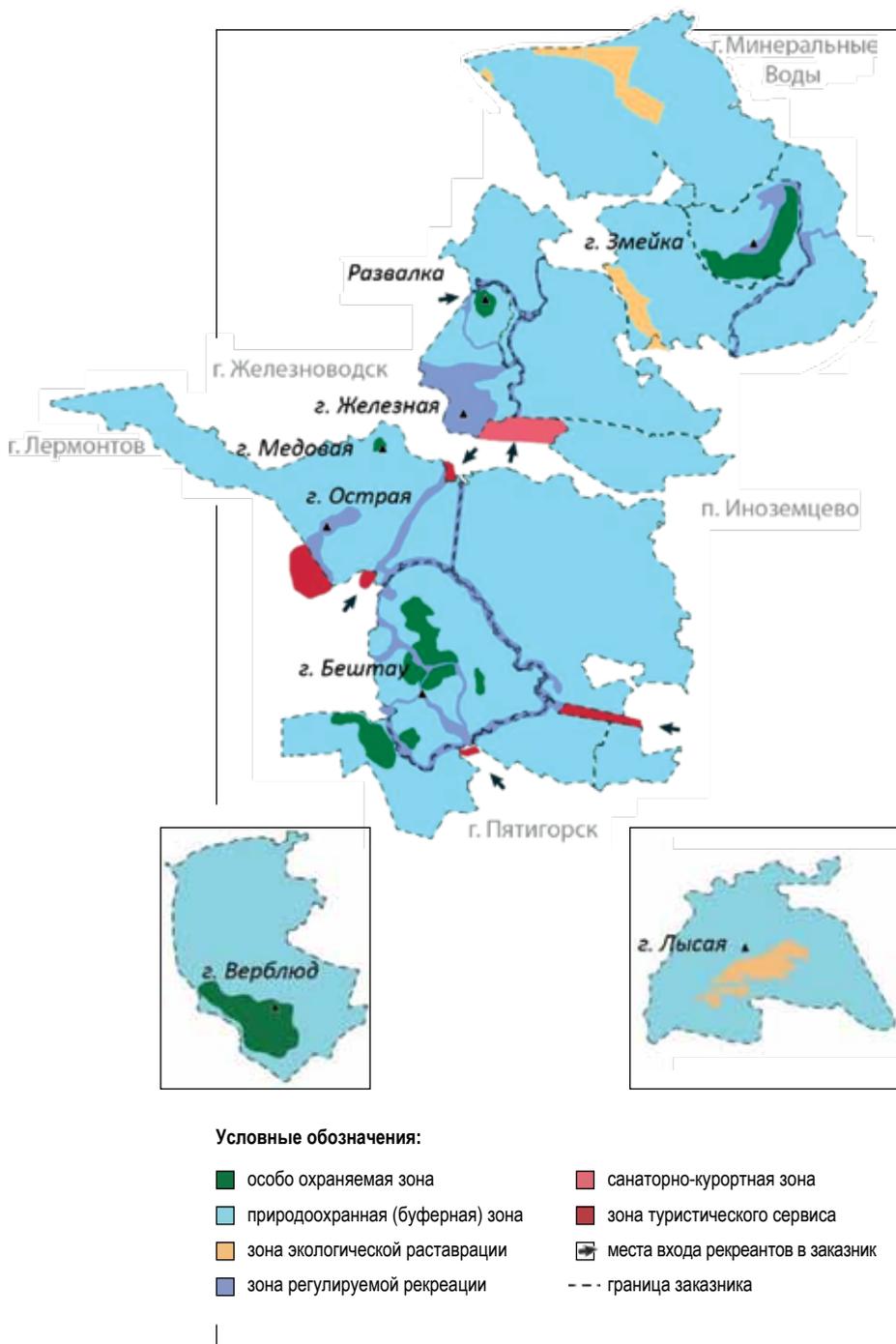


Рис. 4.

Рекомендуемая схема функционального зонирования Бештаугорского заказника.

Fig. 4. Recommended scheme of functional zoning of the Beshtau-gorsky reserve.

Выделены 5 земельных участков у границ заказника, подходящих для размещения входных узлов и объектов туристской инфраструктуры на их территории — парковки автомобилей, объектов торговли и общественного питания, размещения карты маршрутов экологических троп, организации массовых мероприятий событийного туризма.

Особо охраняемая зона включает в себя основные массивы разнотравно-злаковых сообществ и криволесья, приуроченных к вершинным частям лакколитов. В пределах зоны перемещение рекреантов должно быть ограничено информационными и планировочными элементами. По территории зоны не следует планировать экологических троп для массового доступа.

Переходная зона (буферная зона) необходима для того, чтобы уменьшить воздействие человека на ядро — особо охраняемые зоны. Перемещение посетителей должно ограничиваться только организованными группами, запрещена организация бивуаков, стоянок и проезд транспортных средств [4].

Зона регулируемой рекреации — выделяется с целью рационального использования ландшафтных ресурсов [4]. В пределах зоны должны быть установлены регулирующие пешеходный поток знаки, запрещено перемещение вне тропиной сети, на маршруте могут быть обустроены смотровые площадки и зоны отдыха.

Зона экологической реставрации включает в себя участки, в пределах которых на сегодняшний день обнаружено незаконное землепользование — выпас сельскохозяйственного скота и распашка земель. Здесь необходимо обеспечить возможность для самовосстановления растительных сообществ, чему будет способствовать строгое ограничение и контроль сельскохозяйственной деятельности на данной территории.

Санаторно-курортная зона — выделяется у границ заказника с целью сохранения санаторно-курортных функций населенных пунктов и объектов историко-культурного наследия.

Зона туристического сервиса — размещается за границами заказника в точках начала экологических троп (регулируемой рекреации). Объекты этой зоны обеспечивают должный уровень комфорта посетителей, и предоставляют возможности для развития местного бизнеса [15].

Выводы

На территории заказника выявлены участки интенсивного выпаса с/х животных, вытопанные до элювиального горизонта, участки сенокосения в период активной вегетации, приводящие к изменению видового состава и физико-химических свойств почвы. Однако наибольшим по площади видом землепользования заказника является массовая рекреация. В пределах отдельных рекреационных участков выявлены 4 и 5 стадия рекреационной дигрессии. Это обосновывает необходимость снижения антропогенной нагрузки, регулирование пешеходных потоков по территории заказника и более строгий контроль за прекращением ведения сельскохозяйственной деятельности.

Функциональное зонирование ООПТ — признанный эффективный метод моделирования территории, результатом которого является разделение ООПТ на отдельные участки с рекомендованными видами и режимами использования, планирование управленческих мероприятий, исключение конфликтов природопользования посредством пространственных и временных ограничений.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (ред. от 24.11.2014). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_168308/ (Дата обращения: 30.03.2015).
2. Закон Ставропольского края от 6 мая 2014 года N 33-кз. «Об особо охраняемых природных территориях».
3. Верозуб Н.В., Проскурин В.С., Махмудов Р.К. Методика определения ландшафтного потенциала для развития рекреационного природопользования (на примере городского округа города-курорта Кисловодска) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27. № 1. С. 126–140. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-126-140.
4. Вишняков Н. В., Холоденко А. В. Функциональное зонирование территории как основа туристско-рекреационного проектирования // Вестник Национальной академии туризма. 2016. № 2(38). С. 34–37.
5. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма,

- экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. М.: Гослесхоз СССР, 1987. 34 с.
6. Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Т. 3. Ростов: РГУ, 1980. 327 с.
 7. Голубева Е.И., Каширина Е.С., Новиков А.А. Использование ГИС-технологий для функционального зонирования особо охраняемых природных территорий на примере г. Севастополя // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2017. Т. 23. № 1. С. 220–231. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-220-231.
 8. Иванов А.Л. Конспект флоры Ставрополья. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2001. 200 с.
 9. Иванов А.Л. Редкие и исчезающие растения Ставрополья. 2-е изд. Ставрополь: Ставропольсервисшкола, 2002. 352 с.
 10. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. М., 1977. 96 с.
 11. Казанская Н.С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1972. № 1. С. 46–60.
 12. Кознеделева Т. А., Шальнев В. А., Лысенко А. В., Каторгин И.Ю. Особенности морфологической структуры природных ландшафтов как фактор формирования малых геосистем культурно-ландшафтного района Кавказских Минеральных Вод // Вестник АПК Ставрополья. 2014. № 2 (14). С. 200–206.
 13. Красная книга Ставропольского края. URL: <https://mpr26.ru/okhota/krasnaya-kniga/plants/> (дата обращения: 26.09.2022)
 14. Лазарева А.А., Слаута А.А., Афонина Т.Е. Мониторинг геосистем особо охраняемых природных территорий в условиях антропогенной нагрузки // Наука. Инновации. Технологии. 2019. № 1. С. 35–46.
 15. Лучшие практики экологического туризма в Российской Федерации / под ред. д-ра экон. наук Л. Б.-Ж. Максановой. М.: Изд-во Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, 2018. 168 с.
 16. Панин А.Н., Эшроков В.М., Махмудов Р.К., Верозуб Н.В. Геоинформационный анализ агломерации Кавказских Минеральных Вод: градостроительные и функционально-планировочные аспекты // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М: Издатель-

- ство Московского университета, 2020. Т. 26. Ч. 2. С. 79–94. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-79-94.
17. Танфильев В.Г., Дзыбов Д.С., Скрипчинский В.В., Шевченко Г.Т. Краткий обзор редких и исчезающих видов растений Ставропольского края, подлежащих охране // Охрана ценных, редких и исчезающих видов растений Ставропольского края. Труды Ставропольского НИИ сельского хозяйства. Ставрополь, 1976. Вып. 39. С. 120–139.
 18. Танфильев Г.И. Ботанико-географические исследования в степной полосе // Труды Особ. экспед. Лесн. Департ. СПб., 1898. 285 с.
 19. Чижова В. П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. Смоленск: Ойкумена, 2011. 178 с.
 20. Шальнев В.А. Пейзажи Ставропольского края. Ставрополь, 1995. 52 с.
 21. Шальнев В.А., Лиховид А.А., Фоминов А.А. и др.; науч. ред. Хрусталева Ю.Л. Современные ландшафты Ставропольского края: Монография. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2002 (ИПК СГУ). 227 с.

References

1. Federal Law of March 14, 1995 No. 33-FZ "On Specially Protected Natural Territories" (as amended on November 24, 2014). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_168308/ (Date of access: 03/30/2015). (In Russ.).
2. Zakonopolsky region dated May 6, 2014 N 33-kz. "On Specially Protected Natural Territories". (In Russ.).
3. Verozub N.V., Proskurin V.S., Makhmudov R.K. Methodology for determining the boundaries of the landscape for the development of recreational nature management (on the territory of the urban district of the resort city of Kislovodsk) // InterKarto. InterGIS. 2021. V. 27. No. 1. S. 126–140. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-126-140. (In Russ.).
4. Vishnyakov N. V., Kholodenko A. V. Functional zoning of the territory as a basis for tourist and recreational design // Bulletin of the National Academy of Tourism. 2016. No. 2(38). P. 34–37. (In Russ.).
5. Temporary methodology for determining recreational sensations in the natural complex when organizing tourism, excursions, mass daily recreation and temporary norms for this sensation. M.: Gosleskhoz USSR, 1987. 34 p. (In Russ.).

6. Galushko A.I. Flora of the North Caucasus. Rostov: RGU, vol. 3, 1980. 327 p. (In Russ.).
7. Golubeva E. I., Kashirina E. S., Novikov A. A. The use of GIS technologies for functional zoning of specially protected natural areas based on the use of the city of Sevastopol // InterKarto. InterGIS. 2017. V. 23. No. 1. P. 220–231. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-220-231. (In Russ.).
8. Ivanov A.L. Synopsis of the flora of Stavropol. Stavropol: publishing house SSU, 2001. 200 p. (In Russ.).
9. Ivanov A.L. Rare and endangered plants of the Stavropol region. 2nd ed. Stavropol: Stavropol'servisshkola, 2002. 352 p. (In Russ.).
10. Kazanskaya N.S., Lanina V.V., Marfenin N.N. Recreational forests. M., 1977. 96 p. (In Russ.).
11. Kazanskaya N.S. Study of recreational digression of high group activity of plants // Izvestiya AN SSSR. ser. geogr. 1972. No. 1. P. 46–60. (In Russ.).
12. Koznedeleva T. A., Shalnev V. A., Lysenko A. V., Katargin I. Yu. Features of the morphological structure of natural landscapes as a factor in the formation of small geosystems of the cultural landscape region of the Caucasian Mineralnye Vody // Bulletin of the APK Stavropol. 2014. No. 2 (14). P. 200–206. (In Russ.).
13. Red Book of the Stavropol Territory. URL: <https://mpr26.ru/okhota/krasnaya-kniga/plants/> (date of access: 09/26/2022) (In Russ.).
14. Lazareva A. A., Slauta A. A., Afonina T. E., "Monitoring of geosystems of specially protected natural phenomena under anthropogenic load" // Nauka. Innovation. Technologies. 2019. No. 1. P. 35–46. (In Russ.).
15. Best practices of ecological tourism in the Russian Federation / ed. e. n. Maksanova L. B.-Zh. Moscow: Publishing House of the Russian Economic University. G. V. Plekhanova, 2018. 168 p. (In Russ.).
16. Panin A.N., Eshrokov V.M., Makhmudov R.K., Verozub N.V. Geoinformation analysis of the Caucasian Mineralnye Vody agglomeration: urban planning and functional planning aspects of InterCarto. InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories: Proceedings of the Intern. conf. M: Moscow University Press, 2020. T. 26. Part 2. S. 79–94. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-79-94. (In Russ.).
17. Tanfil'ev V.G., Dzybov D.S., Skripchinsky V.V., Shevchenko

G. T. A brief review of rare and endangered plant species of the Stavropol Territory, the scope of their protection // Protection of valuable, rare and endangered plant species of the Stavropol Territory. Proceedings of the Stavropol Research Institute of Developed Economy. Stavropol, 1976. Issue. 39. P. 120–139. (In Russ.).

18. Tanfil'ev G.I. Botanical and geographical research in the steppe zone, Trudy Osob. forwarder Lesn. department, St. Petersburg. 1898. 285 p. (In Russ.).
19. Chizhova V. P. Recreational landscapes: meetings, rationing, management. Smolensk: Oikumena, 2011. 178 p. (In Russ.).
20. Shalnev V.A. Landscapes of the Stavropol Territory. Stavropol, 1995. 52 p. (In Russ.).
21. Shalnev V.A., Likhovid A.A., Fominov A.A. and etc.; scientific ed. Khrustalev Yu.L. Modern landscapes of the Stavropol Territory: Monograph. Stavropol: SGU Publishing House, 2002 (IPK SSU). 227 p. (In Russ.).

**Поступило в редакцию 01.12.2022,
принята к публикации 13.02.2023.**

Об авторе

Денисова Наталья Владимировна, аспирант кафедры экологии и природопользования Северо-Кавказского федерального университета.
E-mail: verozub_95@mail.ru.

About the author

Denisova Natalia Vladimirovna, Postgraduate Student of the Department of Ecology and Nature Management, North Caucasus Federal University.
E-mail: verozub_95@mail.ru.

1.6.13
УДК 910.1
DOI:

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ
10.37493/2308-4758.2023.1.2

Супрунчук И. П. Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь, Россия

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ФУТБОЛА В СЕВЕРО-КАВКАЗСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Введение. В статье исследуется территориальная структура футбола на территории Северо-Кавказского федерального округа. Пространственный анализ функционирования профессиональных футбольных клубов показал наличие нескольких периодов развития футбола в регионе. На современном этапе территориальная структура сужена, профессиональный уровень футбол сохранил только в региональных столицах и городах Кавказских Минеральных Вод. Выделены два типа внутрирегиональной территориальной структуры футбола. Моноцентрический тип характерен для Чечни, Ингушетии и Карачаево-Черкессии. В ходе трансформации моноцентрической структура стала также в Кабардино-Балкарии, Северной Осетии и Дагестана. Ставропольский край характеризуется полицентрической территориальной структурой.

Материалы и методы исследований. В ходе исследования проведен пространственный анализ развития профессиональных футбольных клубов, использованы методы сравнительно-географического и историко-географического описания и анализа.

Результаты исследований и их обсуждение. Выделены четыре этапа в развитии территориальной структуры футбола в СКФО. В данный момент происходит сокращение числа профессиональных футбольных клубов и сжимание их территориальной сети. Это сокращение происходило последовательно. Большое число клубов в регионе в начале 1990-х гг. объясняется переходом от советской футбольной иерархии и подъемом полупрофессиональных клубов в российскую систему футбольных лиг. В 1994 году произошло резкое сокращение числа футбольных клубов в регионе. К концу 1990-х гг. футбольная сеть восстанавливается и растет. Новый спад приходится на вторую половину 2000-х гг. После небольшого периода стабильности в 2014 г. происходит максимальное сжатие сети. К современному моменту число клубов немного выросло.

Выводы. Профессиональный футбол в СКФО прошел разные периоды в своем развитии и испытал трансформацию – от глубокой мало-развитой периферии в советский период через расширение и раз-

витие в 2000–2010-х гг. к сжатию и упрощению в современное время. В изменении территориальной структуры профессионального футбола в регионе выделяется четыре периода, в каждом из которых наблюдались свои особенности и главные центры региона. На данный момент территориальная структура футбола сужена, он сохранился только в региональных столицах и городах КМВ, чему способствовали в первую очередь экономические причины. Выделено два типа внутрирегиональной территориальной структуры — моноцентрический и полицентрический. Главные центры территориальной структуры футбола в регионе – региональные столицы.

Ключевые слова: Северный Кавказ, география спорта, территориальная структура, профессиональный футбол, новые направления социально-экономической географии, спорт и физическая культура.

Suprunchuk I. P. North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

Territorial Structure of Professional Football in the North Caucasus Federal District

Introduction. The article examines the territorial structure of football on the territory of the North Caucasus Federal District. Spatial analysis of the functioning of professional football clubs has shown the presence of several periods of football development in the region. At the present stage, the territorial structure is narrowed, the professional level of football has been preserved only in the regional capitals and cities of the Caucasian Mineral Waters. Two types of intraregional territorial structure of football are distinguished. The monocentric type is characteristic of Chechnya, Ingushetia and Karachay-Cherkessia. During the transformation, the monocentric structure also became in Kabardino-Balkaria, North Ossetia and Dagestan. Stavropol Krai is characterized by a polycentric territorial structure.

Materials and research method. In the course of the study, a spatial analysis of the development of professional football clubs was carried out, methods of comparative geographical and historical geographical description and analysis were used.

Research results and their discussion. Four stages in the development of the territorial structure of football in the NCFD have been identified. At the moment, there is a reduction in the number of professional football clubs and a contraction of their territorial network. This reduction occurred sequentially. The large number of clubs in the region in the early 1990s is explained by the transition from the Soviet football hierarchy and the rise of semi-professional clubs in the Russian football league system. In 1994, there was a sharp decline in the number of football clubs in the region. By the end of the 1990s, the football network was recovering and growing. A new decline occurred in the second half of the 2000s. After a short period of stability in 2014, the maximum compression of the network occurs. To date, the number of clubs has grown slightly.

- Conclusions. Professional football in the NCFD has gone through different periods in its development and has experienced a transformation — from a deep underdeveloped periphery in the Soviet period through expansion and development in the 2000s to compression and simplification in modern times. There are four periods in the change of the territorial structure of professional football in the region, each of which had its own characteristics and the main centers of the region. At the moment, the territorial structure of football is narrowed, it has been preserved only in the regional capitals and cities of the CMW, which was primarily due to economic reasons. Two types of intraregional territorial structure are distinguished – monocentric and polycentric. The main centers of the territorial structure of football in the region are regional capitals.
- Key words: North Caucasus, geography of sports, territorial structure, professional football, new directions of socio-economic geography, sports and physical culture.

Введение

География спорта является одним из новых направлений в современной общественной географии [3]. В ее рамках могут формироваться исследовательские направления, посвященные отдельным спортивным видам и дисциплинам [4]. Из них наиболее географически перспективным выступает футбол как наиболее широко распространенный и массовый вид спорта в мире. В зарубежном исследовательском сообществе сформировался достаточный объем работ, изучающих футбол в различных аспектах: политологическом [5, 10, 16], историческом [7, 11], социологическом [8, 9, 12, 14] и экономическом [6, 13, 15]. Нарботанный инструментарий универсален и может быть использован для разных территориальных образований.

В общественном дискурсе северокавказский футбол часто находится в фокусе важных вопросов – безопасности мероприятий, национальных отношений, болельщицкой культуры, финансирования и администрирования клубов, работы по подготовке футбольных кадров. Представляется, что на часть из них можно попытаться получить ответ с помощью различных методов пространственного анализа — в данном случае через изучение территориальной структуры. Объектом исследования выступают профессиональные футбольные клубы (ПФК) как основа футбольных процессов. Территориальные различия в уровне развития футбола могут быть выявле-

ны через изучение их количества, уровня, качества подготовки кадров. Сеть ПФК в России в сезоне 2022/2023 гг. насчитывает 93 профессиональных клуба¹, из них 8 находятся в СКФО. В современной истории 5 субъектов округа имели клуб, выступающий в высшей лиге чемпионата России по футболу.

Материалы и методы исследований

Периодом исследования выступает современная история развития российского футбола с 1992 по 2022 г. Советский период рассмотрен в общих чертах как базовый по отношению к современному. Географические рамки исследования – субъекты Северо-Кавказского федерального округа (Ставропольский край, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария, Северная Осетия – Алания, Ингушетия, Чечня и Дагестан).

Проведен пространственно-временной анализ сети профессиональных клубов. Каждый клуб — это «узел», масштаб которого определяется положением клуба в системе профессиональных лиг. Спортивные показатели в данном случае имеют вторичное значение, так как для существования в той или иной лиге необходим «ориентировочный» бюджет. В свою очередь, финансовые затраты на клуб идут также на развитие спортивной инфраструктуры, содержание футбольных академий и подготовку резервов. Таким образом, через изучение динамики «узлов» можно получить представление об общем состоянии футбола в регионах. Для удобства анализа принято распространенное в спортивной статистике обозначение: высшая лига, а затем Премьер-лига (Д-1), первая лига (Д-2) и вторая лига (Д-3).

Результаты исследований и их обсуждение

Перед характеристикой современных территориальных особенностей футбола в СКФО необходим экскурс в советский период истории футбола в нашей стране. При его статистическом анализе [1; 2], становится очевидна футбольная периферийность

1. Без учета дублирующих и молодежных составов.

региона. Так, в Д-1 чемпионата СССР северо-кавказские клубы совокупно провели лишь два сезона. В Д-2 чемпионата СССР систематически участвовали клубы из Нальчика, Ставрополя, Грозного и Махачкалы. Наиболее географически широкое представительство регион имел в Д-3, поделенном на несколько географических зон. В нем, помимо клубов из перечисленных выше городов, выступали клубы из Кисловодска, Моздока, Минеральных Вод, Черкесска, Изобильного, Каспийска, Дербента, Светлограда, Невинномысска.

Главным фактором периферийности являлись специфические административно-политические принципы формирования спортивных команд в регионах. Местные спортивные школы и инфраструктура в условиях плановой экономики на порядок уступали столичному и республиканскому уровню. В регионе, при общей любви к футболу, не было крупных стейкхолдеров (заводов, министерств и ведомств, региональных руководителей), способных поддерживать и продвигать свои клубы на новые уровни. Эта ситуация начала меняться только в 1980-х гг. и получила свое отражение уже в современный российский период.

Сеть ПФК Северо-Кавказского федерального округа в 1991–2022 гг. представляет собой географически обширное, дифференцируемое и неоднократно трансформируемое образование. Спортивные достижения футбольных клубов региона в российский период несравнимо значимее, чем в советский. Они были чемпионами страны — «Алания» (Владикавказ), призерами — «Алания» (Владикавказ) и «Анжи» (Махачкала), выигрывали Кубок России — «Ахмат» (Грозный). Они же представляли Россию в еврокубках, хотя фактически международные матчи были проведены только во Владикавказе. Если обратить внимание на распределение северокавказских клубов по системе профессиональных лиг за данный период (табл. 1), то можно сделать несколько важных выводов.

Выделяются несколько периодов в развитии футбола Северо-Кавказского федерального округа.

Первый период (1992–1999 гг.) —

доминирование осетинского футбола и владикавказской «Алании». В новой российской футбольной действительности

Таблица 1. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ФУТБОЛЬНЫЕ КЛУБЫ СКФО В СИСТЕМЕ ЛИГ ЧЕМПИОНАТА РОССИИ ПО ФУТБОЛУ В 1992–2022 ГГ.
Table 1. Professional football clubs of the NCFD in the league system of the Russian Football Championship in 1992–2022

Сезоны	Д-1		Д-2		Д-3
	Кол. клубов	Регионы	Кол. клубов	Регионы	Кол. клубов
1992	2	PCO–А, СК	4	ЧР, КБР, СК, КЧР	16
1993			6	PCO–А, ЧР, КБР, СК, КЧР	11
1994			2	PCO–А, ЧР	5
1995–1996	1	PCO–А	1	СК	7+7
1997			3	КБР, СК, РД	5
1998					12
1999					9
2000–2002	2	PCO–А, РД	1	КБР	9+10+11
2003	1	PCO–А	3	ЧР, РД, КБР	9
2004			4	-	6
2005	2	PCO–А, ЧР	3	РД, КБР	4
2006	1	КБР	5	ЧР, СК, РД, РИ	5
2007			4	ЧР, РД, PCO–А, СК	3
2008	2	ЧР, КБР	3	РД, PCO–А, СК	4
2009			2	РД, PCO–А	7
2010	4	КБР, РД, ЧР, PCO–А	0	-	7
2011/12	3	КБР, РД, ЧР	1	PCO–А	7
2012/13	3	РД, ЧР, PCO–А	1	КБР	5
2013/14	2	РД, ЧР	3	КБР, PCO–А, РИ	5
2014/15	1	ЧР	1	РД	7
2015/16	2	РД, ЧР	0	—	6
2016/17			1	КБР	5
2017/18–2018/19			0	—	7+6
2019/20	1	ЧР	0	—	9
2020/21–2021/22			1	PCO–А	8+8
2022/23			2	PCO–А, РД	6

Обозначения:

КБР — Кабардино-Балкарская Республика; КЧР — Карачаево-Черкесская Республика; РИ — Республика Ингушетия; РД — Республика Дагестан; PCO–А — Республика Северная Осетия–Алания; СК — Ставропольский край; ЧР — Чеченская Республика.

Designations:

КБР — Kabardino-Balkarian Republic; КЧР — Karachay-Cherkess Republic; РИ — Republic of Ingushetia; РД — Republic of Dagestan; PCO–А — Republic of North Ossetia–Alania; СК — Stavropol krai; ЧР — Chechen Republic.

клуб становится одним из сильнейших, выигрывая в 1995 г. титул чемпиона России. Вторым клубом региона является ставропольское «Динамо», отыгравшее 3 года в Д-1, а затем еще пять лет в Д-2. Количественный расцвет северокавказского футбола в первой половине 1990-х гг. эфемерен. Из-за необходимости формировать новые лиги после распада СССР многие клубы были искусственно подняты из «низов» советского футбола. Затем большая их часть снова оказалась внизу футбольной «пирамиды» или прекратила существование. Во второй половине 1990-х гг. к Владикавказу и Ставрополю добавились еще два центра — Махачкала и Нальчик.

Второй период (2000–2010 гг.)

отличается появлением новых футбольных центров в регионе. В Д-1 в этот период выходят клубы из Махачкалы, Нальчика, Грозного. В Д-2 на некоторое время поднимаются футбольные клубы Пятигорска, Назрани, появляется второй клуб из Махачкалы, что является редким случаем для современного российского футбола. Этот период можно назвать географически полицентричным и самым успешным для футбола региона в целом. В 2010 году 4 клуба (из Грозного, Махачкалы, Владикавказа и Нальчика) были в высшей футбольной лиге, что составляло 25 % от всех ее участников.

Третий период (2011–2014 гг.) —

самый короткий, но важный в трансформации футбольного хозяйства региона. Символом этого времени стал махачкалинский «Анжи», который благодаря инвестициям миллиардера Сулеймана Керимова пригласил нескольких игроков международного уровня. На фоне сложной экономической ситуации в Дагестане, отсутствия спортивной инфраструктуры², недопуска Махачкалы к проведению международных матчей, проект выглядел крайне неоднозначно. Спортивным итогом стали бронзовые медали чемпио-

2. Клуб все это время тренировался в Московской области, приезжая в регион лишь на матчи.

ната России и 1/8 финала Лиги Европы³, а в 2014 года после кардинального сокращения финансирования и ухода ведущих футболистов клуб покинул высший дивизион. Параллельно этому сначала из Д-1, а затем и из Д-2 «вылетели» клубы Владикавказа и Нальчика. Стало очевидным сокращение финансирования футбола в связи с экономическим кризисом.

Четвертый период (2014–2022 гг.)

выделяется продолжающимся сокращением футбольной сети в регионе и ее централизации. Единственным стабильным центром футбола становится Грозный. По инерции предыдущего периода еще 3 года конкуренцию ему составляла Махачкала. По всему региону происходило исчезновение ПФК — в Ингушетии и Карачаево-Черкесии они исчезли полностью. Те клубы, которые продолжили существовать, не имели финансовых ресурсов, чтобы играть в высшем и первом дивизионах. Апогеем стал сезон 2019/20 гг., когда в первых двух лигах регион представлял только «Ахмат» из Грозного. В последние два года ситуация улучшилась — вторым центром стала в очередной раз возрожденная, теперь как частный клуб, владикавказская «Алания». Дагестанский футбол выдвинул нового флагмана — «Динамо» из Махачкалы, собравшего у себя разные ресурсы, оставшиеся от ликвидированного «Анжи».

Исходя из анализа периодов развития футбола в регионе, можно сделать вывод о сокращении числа ПФК и сжимании их территориальной сети. Как видно из рисунке 1, их количество сократилось с начала 1990-х гг. в более чем 2 раза — с 22 до 9; это происходило последовательно в несколько этапов.

Рекордное число сокращения (более 20) клубов в регионе в 1992–1993 гг. объясняется переходом от советской футбольной иерархии и подъемом полупрофессиональных клубов в российскую систему футбольных лиг. К этому добавлялась низкая стоимость

3. Максимальное достижение клубов с Северного Кавказа на международной арене.

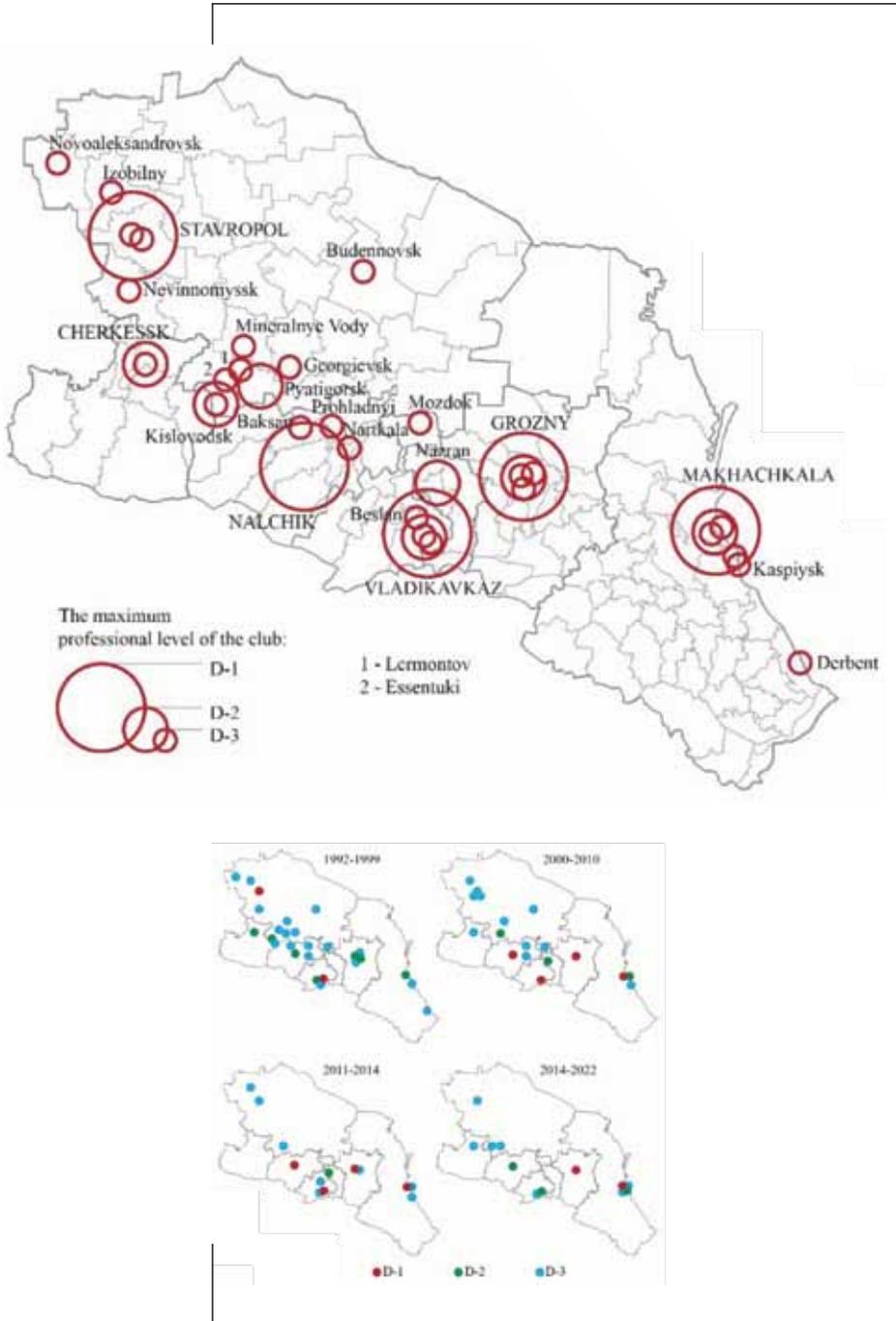


Рис. 1.

Количество профессиональных футбольных клубов в СКФО в 1992–2022 гг.

Fig. 1. The number of professional football clubs in the NCFD in 1992–2022.

владения и содержания клубов, шадящее лицензирование со стороны Российского футбольного союза, и даже некий авантюризм и недооценка рисков в футбольной сфере. С ухудшением общей экономической ситуации в стране и реформой структуры лиг в 1994 году произошло резкое сокращение числа футбольных клубов в регионе.

К концу 1990-х гг. футбольная сеть восстанавливается и растет не только количественно, но и качественно. Новый спад приходится на вторую половину 2000-х гг., и не был связан с определенной группой факторов. После небольшого периода стабильности в 2014 г. происходит максимальное сжатие сети до 7 клубов. Среди причин — очередной экономический кризис и санкции, а также переход российского футбола на систему проведения соревнований «осень-весна». Наконец, к современному моменту число клубов немного выросло, составив на начало сезона 2022/23 гг. 9 единиц.

Качественно и территориально трансформация футбольной сети представлена на рисунке 2. В первый период наблюдается максимальный географический охват при двух центрах — Владикавказе и Ставрополе (клубы в Д-1). Представлены и подцентры — Невинномысск, Пятигорск и Кисловодск в Ставропольском крае; Баксан, Прохладный и Нарткала в Кабардино-Балкарии; Моздок в Северной Осетии; Каспийск и Дербент в Дагестане. Рисунок футбольной сети почти полностью совпадает со структурой расселения в регионе — каждый значимый город отмечается на «футбольной карте». Начинается централизация, заключающаяся в сосредоточении футбола в столицах субъектов. Моноцентричными регионами сразу становятся Чечня и Карачаево-Черкесия. Единственный регион без профессионального футбольного клуба — Ингушетия.

В 2000–2010 гг. происходит перемещение главных центров. Из их числа исчезает Ставрополь, а добавляются Махачкала, Грозный и Нальчик. В остальном футбольная сеть начинает сжиматься, теряя по 1–2 клуба уровня Д-3 в субъекте. Наблюдаются и процессы развития – в Ингушетии появляется профессиональный клуб, достигающий уровня Д-2, в Махачкале появляется второй профессиональный клуб. В 2011–2014 гг. при сохранении главных центров общая территориальная структура сильно прореживается. Исчезает про-

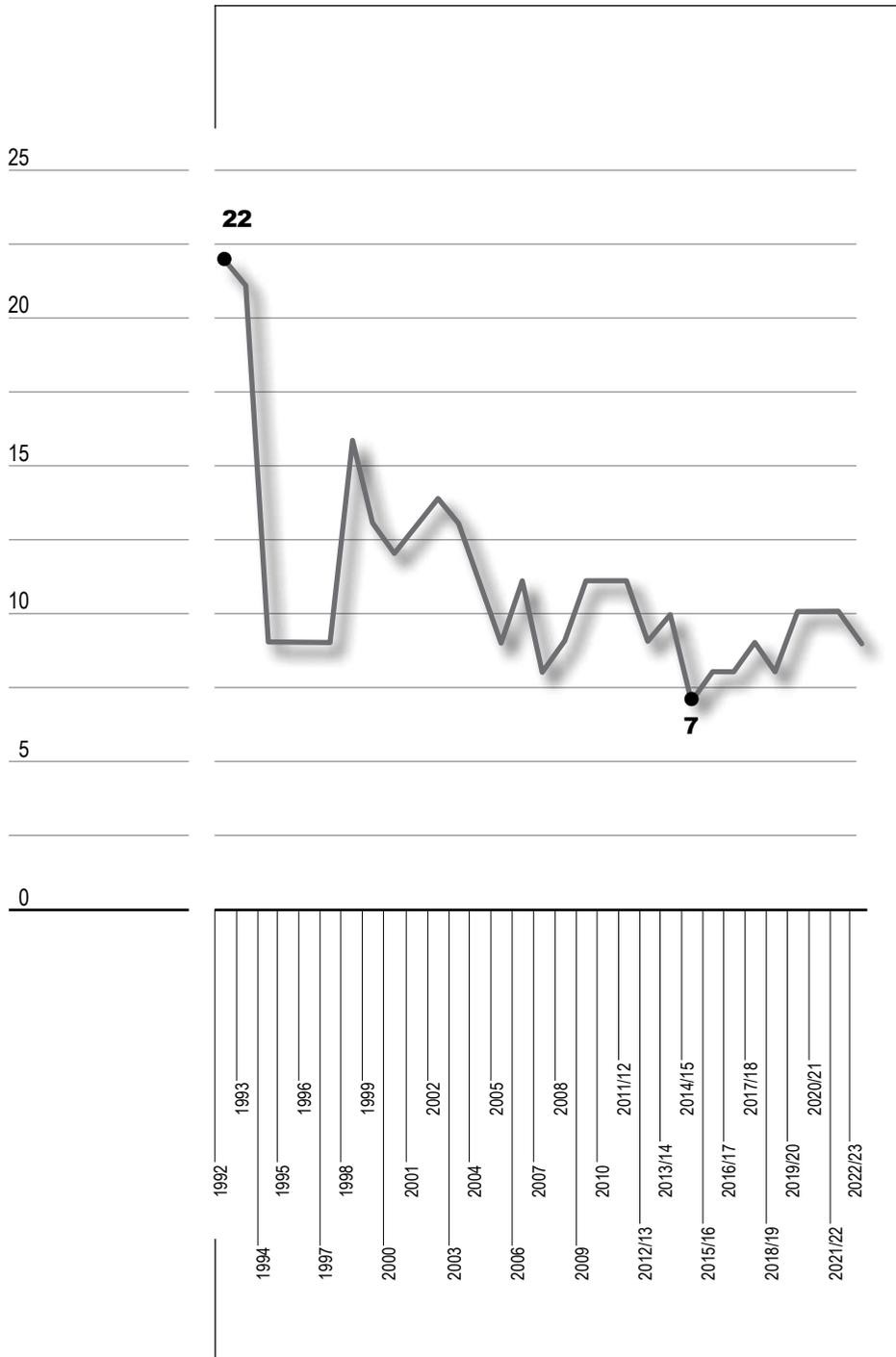


Рис. 2.

Территориальная структура профессионального футбола и ее трансформация в СКФО в 1992–2022 гг.

Fig. 2. The territorial structure of professional football and its transformation in the NCFD in 1992–2022.

фессиональный футбол в Карачаево-Черкесии, в Кабардино-Балкарии остается 1 профессиональный клуб, Ставропольский край теряет половину клубов. Наконец, в 2014–2022 гг. максимальную силу набирает процесс централизации. Профессиональный футбол остается только в региональных столицах (за исключением Ставропольского края, где есть клубы в Ессентуках и Пятигорске). К 2022 году он полностью исчезает в Ингушетии и Карачаево-Черкесии, а клуб уровня Д-1 остается только в Грозном.

Важным аспектом представляется характеристика внутрорегиональной футбольной сети. В данном случае речь может идти о моноцентричности или полицентричности сети футбольных клубов. С точки зрения развития футбола разные типы имеют свои преимущества. Так, при полицентрической структуре сильными сторонами выступают конкуренция, более полное и эффективное использование местных кадровых ресурсов. Примеров территориальной спортивной конкуренции в мировом спорте достаточно много. Она используется не только в спортивном, коммерческом и идеологическом смысле, но и как инструмент развития клубов. Внедрение одним клубом инноваций заставляет действовать аналогично его конкурентов. В результате они вместе постепенно выходят на новый уровень развития. Оптимизация кадровых ресурсов заключается в более широком и качественном поиске местных футбольных кадров (футболистов, тренеров, функционеров и т.п.). При этом у них возникает возможность получить несколько попыток реализации, что для сферы профессионального спорта очень важно. Для клубов, в свою очередь, снижаются издержки при поиске кадров, так как на общем футбольном рынке больше местных игроков, которые при равных условиях выберут клуб из родного региона.

Главной выгодой моноцентрической территориальной структуры в футболе является концентрация всех ресурсов на одном клубе, что в условиях государственного финансирования спорта представляется организационно более простой задачей. Для небольших по площади и населению регионов такая структура логична, однако остается вопрос ее нормальности для регионов крупных, таких как, например Республика Дагестан. Моноцентрическую территориальную структуру футбола традиционно, на протяжении всей истории,

имели три региона — Чечня, Ингушетия и Карачаево-Черкесия. Полицентрическую территориальную структуру всегда имел Ставропольский край, сохраняя ее даже в кризисные периоды. Наконец, трансформацию от полицентрической к моноцентрической структуре за последние 30 лет прошли три региона — Кабардино-Балкария, Северная Осетия и Дагестан.

Выводы

1. Футбольная сеть Северо-Кавказского федерального округа испытывала разные периоды в своем развитии – от глубокой малоразвитой периферии в советский период через расширение и развитие в 2000–2010-х гг. к сжатию и упрощению в современное время.
2. В изменении территориальной структуры профессионального футбола в регионе выделяется четыре периода, в каждом из которых наблюдались свои особенности и главные центры региона. В совокупности за весь период все регионы, за исключением Карачаево-Черкесии и Ингушетии, оставили «большой след» в истории российского футбола. На данный момент территориальная структура футбола сужена, он сохранился только в региональных столицах и городах КМВ, чему способствовали в первую очередь экономические причины.
3. Выделены два типа внутрирегиональной территориальной структуры футбола — моноцентрический и полицентрический. Моноцентрический характерен для Чечни, Ингушетии и Карачаево-Черкесии на протяжении всего исследуемого периода. Трансформация от полицентрической к моноцентрической структуре произошла в Кабардино-Балкарии, Северной Осетии и Дагестана. Ставропольский край характеризуется полицентрической территориальной структурой футбола.

Библиографический список

1. Казаков Е.Н. История чемпионатов СССР по футболу. 1-й т. (1936–1969 годы). М.: Издательские решения, 2019. 770 с.
2. Казаков Е.Н. История чемпионата СССР по футболу. 2-й т. (1970–1991 год). М.: Издательские решения, 2019. 520 с.
3. Корнекова С.Ю., Мартынов В.Л., Файбусович Э.Л. Новые направления в общественно-географических науках. СПб.: Издательство СПбГЭУ, 2018. 107 с.
4. Супрунчук И.П. География спорта: теоретико-методологические подходы к формированию научного направления // Наука. Инновации. Технологии. 2022. № 1. С. 43–64.
5. Armstrong G., Mitchell J.P. Global and Local Football: Politics and Europeanisation on the Fringes of the EU. Abingdon, Routledge. 2008. 224 p.
6. Bridgewater S. Football Brands, Basingstoke: Palgrave Macmillan. 2010. 204 p.
7. Crolley L., Hand D. Football and European Identity: Historical Narratives through the Press. London, Routledge. 2006. 224 p.
8. Duke V. 'The Sociology of Football: A Research Agenda for the 1990s' // Sociological Review. 1991. No. 29(3). P. 627–645.
9. Giulianotti R. Football: a Sociology of the Global Game. Oxford, Polity Press. 1999. 218 p.
10. Giulianotti R., Robertson R. Globalisation and Football, London: Sage. 2009. 216 p.
11. Goldblatt D. The Ball Is Round: A Global History of Football, London: Penguin. 2007. 992 p.
12. Lanfranchi P., Taylor M. Moving with the Ball: The Migration of Professional Footballers. Oxford, Berg. 2001. 288 p.
13. Maguire K. The Price of Football. Understanding Football Club Finance, Newcastle: Agenda Publishing. 2020. 224 p.
14. Mellor G. 'The Social and Geographical Make-Up of Football Crowds in the North-West of England, 1946–1962' // The Sports Historian. 1999. No. 19(2). P. 25–42.
15. Sandvoss C.A Game of Two Halves: Football, Television and Globalization, London: Routledge. 2003. 224 p.
16. Shobe H. Football and the politics of place: Football Club Barcelona and Catalonia, 1975–2005 // In Journal of Cultural Geography, 2008. No. 25(1). P. 87–105.

References

1. Kazakov E.N. Istoriya chempionatov SSSR po futbolu [History of the USSR football championships]. Volume 1 (1936–1969). Moscow: Publishing solutions, 2019. 770 p. (In Russ.).
2. Kazakov E. N. Istoriya chempionatov SSSR po futbolu [History of the USSR football championships]. Volume 2 (1970–1991). Moscow: Publishing solutions, 2019. 520 p. (In Russ.).
3. Kornekova S.Yu., Martynov V. L., Faibusovich E. L. Novye napravleniya v obshchestvenno-geograficheskikh naukah [New directions in social and geographical sciences]. St. Petersburg: St. Petersburg State University Publishing House, 2018. 107 p. (In Russ.).
4. Suprunchuk I.P. Geography of sports: theoretical and methodological approaches to the formation of a scientific direction. Nauka. Innovacii. Tekhnologii [Science. Innovations. Technologies]. 2022. No. 1. P. 43–64. (in Russ.)
5. Armstrong G., Mitchell J.P. Global and Local Football: Politics and Europeanisation on the Fringes of the EU. Abingdon, Routledge. 2008. 224 p.
6. Bridgewater S. Football Brands, Basingstoke: Palgrave Macmillan. 2010. 204 p.
7. Crolley L., Hand D. Football and European Identity: Historical Narratives through the Press. London, Routledge. 2006. 224 p.
8. Duke V. 'The Sociology of Football: A Research Agenda for the 1990s' // Sociological Review. 1991. No. 29(3). P. 627–645.
9. Giulianotti R. Football: a Sociology of the Global Game. Oxford, Polity Press. 1999. 218 p.
10. Giulianotti R., Robertson R. Globalisation and Football, London: Sage. 2009. 216 p.
11. Goldblatt D. The Ball Is Round: A Global History of Football, London: Penguin. 2007. 992 p.
12. Lanfranchi P., Taylor M. Moving with the Ball: The Migration of Professional Footballers. Oxford, Berg. 2001. 288 p.
13. Maguire K. The Price of Football. Understanding Football Club Finance, Newcastle: Agenda Publishing. 2020. 224 p.
14. Mellor G. 'The Social and Geographical Make-Up of Football Crowds in the North-West of England, 1946–1962' // The Sports Historian. 1999. No. 19(2). P. 25–42.

15. Sandvoss C. A Game of Two Halves: Football, Television and Globalization, London: Routledge. 2003. 224 p.
16. Shobe H. Football and the politics of place: Football Club Barcelona and Catalonia, 1975–2005 // In Journal of Cultural Geography, 2008. No. 25(1). P. 87–105.

Поступило в редакцию 06.01.2023,
принята к публикации 22.03.2023.

Об авторе

Супрунчук Илья Павлович, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии, Институт наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет.
Scopus ID: 57199507380.
Researcher ID: 0.
E-mail: ilia_suprunchuk@mail.ru.

About the author

Suprunchuk Ilya Pavlovich, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Socio-Economic Geography, Institute of Earth Sciences, North Caucasus Federal University.
Scopus ID: 57199507380.
Researcher ID: 0.
E-mail: ilia_suprunchuk@mail.ru.

1.6.13
УДК 314.04
DOI:

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ
10.37493/2308-4758.2023.1.3

Хоссин И.

Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь, Россия

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОЖИДАЕМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ В СТРАНАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ АЗИИ

Введение.

Исследование посвящено сравнительному анализу пространственно-временных особенностей ожидаемой продолжительности жизни в мусульманских странах Юго-Западной Азии в 1990–2020 гг.

Материалы и методы исследований.

В качестве источников использовались статистические данные Организации Объединенных Наций, Всемирного банка, Института статистики ЮНЕСКО и Всемирной организации здравоохранения. Использовались различные методы исследования, включая сравнительно-географический, графо-картографический, корреляционного анализа. Выявление зависимости ожидаемой продолжительности жизни от экономических ресурсов производилось с помощью кривой Престона.

Результаты исследований и их обсуждение.

Исследованы общие и страновые тенденции изменения ожидаемой продолжительности жизни в регионе. Установлены особенности в изменении разницы между продолжительностью жизни мужчин и женщин. Предложена типология стран по продолжительности жизни и характеру ее изменения. Выявлены основные факторы, влияющие на ожидаемую продолжительность жизни, в частности смертности, душевых расходов на образование и здравоохранение, величины ВВП (ППС \$) на душу населения.

Выводы.

Ожидаемая продолжительность жизни в большинстве мусульманских странах Юго-Западной Азии выше среднемировых показателей, существенно различаясь между ними. Выделено три группы стран — с высокими, выше среднего и низкими показателями ожидаемой продолжительности жизни. Каждая группа характеризуется различными темпами изменения показателя. Средняя продолжительность жизни женщин выше продолжительности жизни мужчин в тех же пределах, что и в большинстве стран мира. Однако нестабильность геополитической ситуации в регионе приводит в ряде случаев к значительному увеличению разрыва вследствие роста смертности мужчин. Величина ожидаемой продолжительности жизни зависит от комплекса факторов, но наиболее значимыми среди них являются смертность, реальные доходы на душу населения, развитость здравоохранения.

Ключевые слова:

Ожидаемая продолжительность жизни, Юго-Западная Азия, смертность, коэффициент корреляции Пирсона, кривая Престона.

Hossin I. North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

Spatial and temporal features of life expectancy of the population in the countries of Southwest Asia

- Introduction.** The study is devoted to a comparative analysis of the spatio-temporal features of life expectancy in Muslim countries of Southwest Asia in 1990–2020.
- Materials and research methods.** Statistical data from the United Nations, the World Bank, the UNESCO Institute of Statistics and the World Health Organization were used as sources. Various research methods were used, including comparative geographical, graph-cartographic, and correlation analysis. The dependence of life expectancy on economic resources was revealed using the Preston curve.
- Research results and their discussion.** The general and country trends of changes in life expectancy in the region are investigated. The peculiarities in the change in the difference between the life expectancy of men and women have been established. A typology of countries by life expectancy and the nature of its change is proposed. The main factors affecting life expectancy are identified, in the frequency of mortality, per capita spending on education and health care, the value of GDP (PPP \$) per capit
- Conclusions.** Life expectancy in most Muslim countries of Southwest Asia is higher than the global average, significantly differing between them. There are three groups of countries — with high, above average, average and low life expectancy. Each group is characterized by different rates of change of the indicator. The average life expectancy of women is higher than that of men within the same limits as in most countries of the world. However, the instability of the geopolitical situation in the region leads in some cases to a significant increase in the gap due to the increase in male mortality. The value of life expectancy depends on a set of factors, but the most significant among them are mortality, per capita income, and the development of healthcare.
- Key words:** Life expectancy, Southwest Asia, Mortality, Pearson correlation coefficient, Preston Curve.

Введение

Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) – важный показатель, характеризующий состояние демографической ситуации, отражающий уровень и качество жизни населения. Данный показатель используется в качестве индикатора успешности социально-экономического развития страны и проводимой демографической политики.

Под Юго-Западной Азией обычно понимается культурно-географический макрорегион, включающий территории Месопотамии и Аравийского полуострова. В его состав входят около двад-

цати государств, но в данной работе рассматриваются только 13 из них (Турция, Иран, Сирия, Ирак, Ливан, Иордания, Кувейт, Саудовская Аравия, Бахрейн, Катар, Объединенные Арабские Эмираты, Йемен), площадью 6370 тысяч км² и населением 304,9 миллиона человек (2021 г.). Выбраны страны с разными геополитическими интересами, неодинаковыми экономическими моделями развития и уровнем жизни населения, но с многолетними связями и определённой этнокультурной и конфессиональной общностью, что оказывает влияние на ход демографических процессов.

Народонаселенческие процессы в странах Юго-Западной Азии изучены крайне слабо и публикаций по этой теме немного. К наиболее важным следует отнести исследование Азизы Абдул Халек Хашим, в котором анализируются факторы, влияющие на ожидаемую продолжительность жизни при рождении на Ближнем Востоке и в Северной Африке за период между 2009 и 2016 г. [10], и работу Мунира Карадже и др., посвященную изучению детерминант ожидаемой продолжительности жизни мужчин и ее компонентов [4]. Интересные выводы по проблеме содержатся также в бюллетене статистики ООН народонаселения и естественного движения населения в Арабском регионе [9]. Целью предлагаемого исследования является выявление факторов и особенностей изменения показателей ожидаемой продолжительности жизни в мусульманских странах Юго-Западной Азии в период с 1990 по 2020 год.

Методы и материалы исследований

Исследование опирается на открытые статистические данные Отдела народонаселения ООН, Всемирного банка, Института статистики ЮНЕСКО и Всемирной организации здравоохранения. Для анализа статистических материалов использовались методы сравнительной географии и графо-картографической визуализации.

Для выявления степени влияния на ОПЖ различных факторов, применялись математические методы. В частности, с помощью коэффициента корреляции Пирсона измерялись связи между ожидаемой продолжительностью жизни, смертностью, расходами на образование и здравоохранение. Зависимость ожидаемой продол-

жительности жизни от уровня экономического развития определялась посредством кривой Престона, которая представляет собой эмпирическую перекрестную взаимосвязь между показателями ОПЖ и ВВП на душу населения.

Обсуждение результатов

Средняя ожидаемая продолжительность жизни в исследуемых странах увеличилась примерно на 7,2 года с 1990 по 2020 г., включая 4,6 года за период 1990–2005 гг. и 2,6 года за период 2005–2020 гг., что соответствует среднемировой динамике (7,3 и 3,8 года соответственно). Вместе с тем, страновые показатели ОПЖ почти везде превышают среднемировые значения (табл. 1).

Четыре страны (ОАЭ, Бахрейн, Катар, и Кувейт), являясь лидерами, показывали самые высокие значения за все годы и к 2020 г. превысили мировые показатели более, чем на пять лет. Наиболее неблагоприятная ситуация отмечается в Йемене (где ОПЖ так и не достигла 70 лет) и в Ираке, перешагнувшем 70-летний рубеж только к 2020 г. В остальных странах ОПЖ постепенно увеличивалась и достигла к настоящему времени достаточно высоких показателей (рис. 1, табл. 1).

Темпы роста ОПЖ варьируют между странами. Число лет увеличения ожидаемой продолжительности жизни за период 1990–2020 гг. в среднем составило 7,17 года, меняясь от 3,1 года для Сирии до 13,67 года для Турции. Иран зафиксировал второе по величине увеличение числа лет ожидаемой продолжительности жизни после Турции, третье место занимает Оман. На эти страны приходится 40,35% от общего увеличения числа лет для всех исследуемых стран. На Йемен, Кувейт, Саудовскую Аравию и ОАЭ приходится 32,15% общего прироста ожидаемой продолжительности жизни, а остальные страны составляют 27,5% (рис. 2).

С 1990 по 2020 год ожидаемая продолжительность жизни у мужчин увеличилась примерно на 7,2 года, а у женщин — примерно на 7,3 года что соответствует среднемировым показателям.

По продолжительности жизни мужчин самых высоких показателей достигают ОАЭ, Бахрейн, Катар, и Кувейт; неплохие результаты показывают Ливан, Саудовская Аравия и Оман. Средние зна-

Таблица 1. ДИНАМИКА ОЖИДАЕМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ
В СТРАНАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ АЗИИ
с 1990 по 2020 год [6]
Table 1. Dynamics of life expectancy in the countries of Southwest Asia
from 1990 to 2020 [6]

Страны	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
ОАЭ	71,94	73,19	74,33	75,38	76,33	77,29	78,12
Бахрейн	72,39	73,41	74,44	75,33	76,06	76,76	77,42
Иран	63,84	68,38	70,18	71,92	73,91	75,80	76,87
Ирак	66,01	68,45	69,08	68,27	68,57	69,93	70,75
Иордания	69,87	70,89	71,73	72,60	73,43	74,08	74,66
Кувейт	70,27	72,13	74,51	76,87	78,36	78,77	79,00
Ливан	72,15	72,76	73,14	73,54	74,36	75,13	75,59
Оман	67,18	69,77	72,13	74,23	75,68	76,89	78,08
Катар	75,82	76,76	77,47	78,25	79,11	79,76	80,36
Саудовская Аравия	69,08	71,10	72,56	73,26	73,92	74,65	75,28
Сирия	70,55	71,96	73,11	74,43	72,11	69,91	73,65
Турция	64,26	66,96	70,01	72,42	74,51	76,53	77,93
Йемен	57,35	58,82	60,68	63,48	65,55	66,09	66,18
Среднее по странам	68,52	70,35	71,80	73,07	73,99	74,74	75,68
Мир	65,43	66,27	67,55	68,92	70,56	71,95	72,75

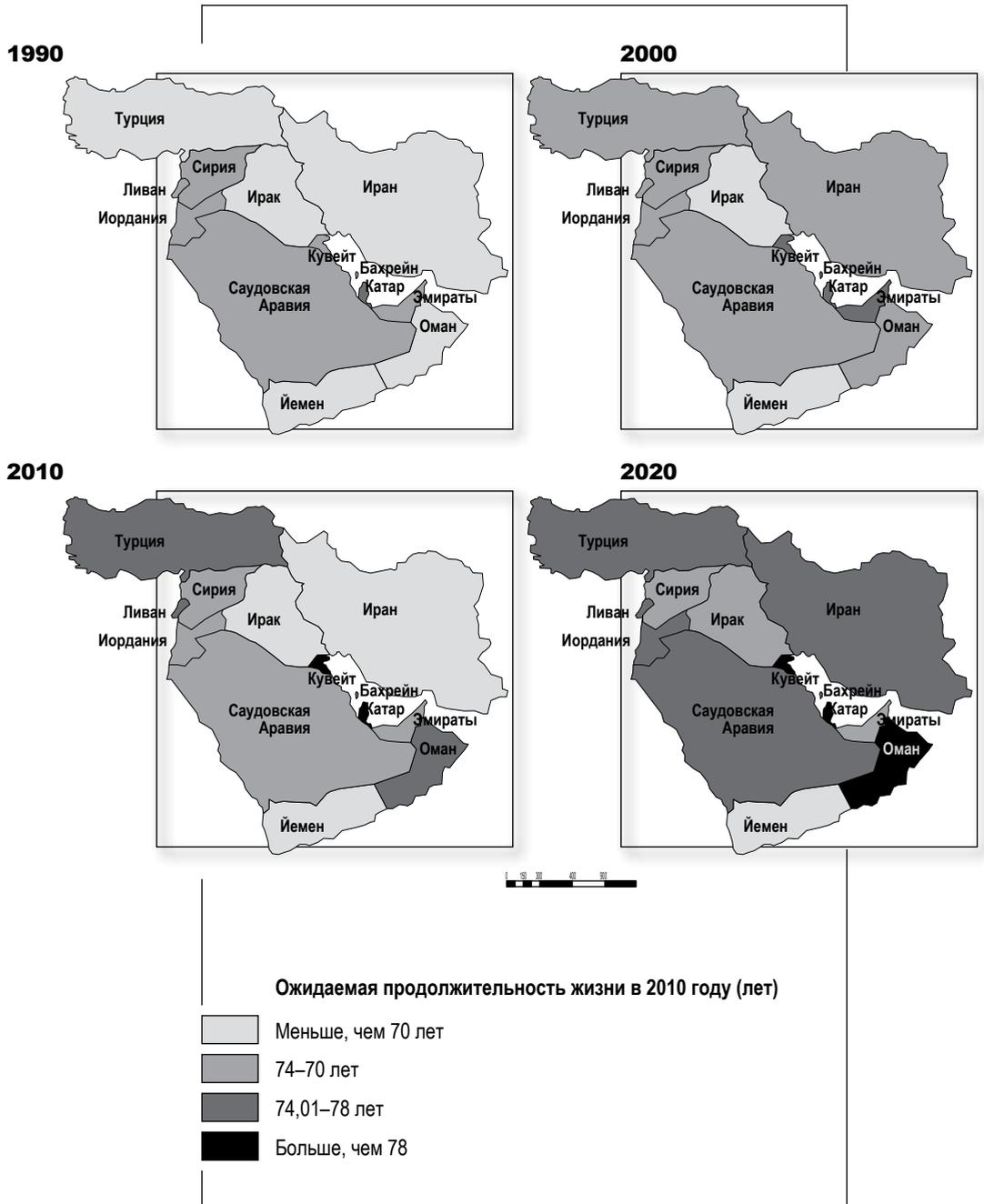


Рис. 1.

Динамика ОПЖ в странах Юго-Западной Азии [6].

Fig. 1. Dynamics of life expectancy in the countries of South-West Asia [6].

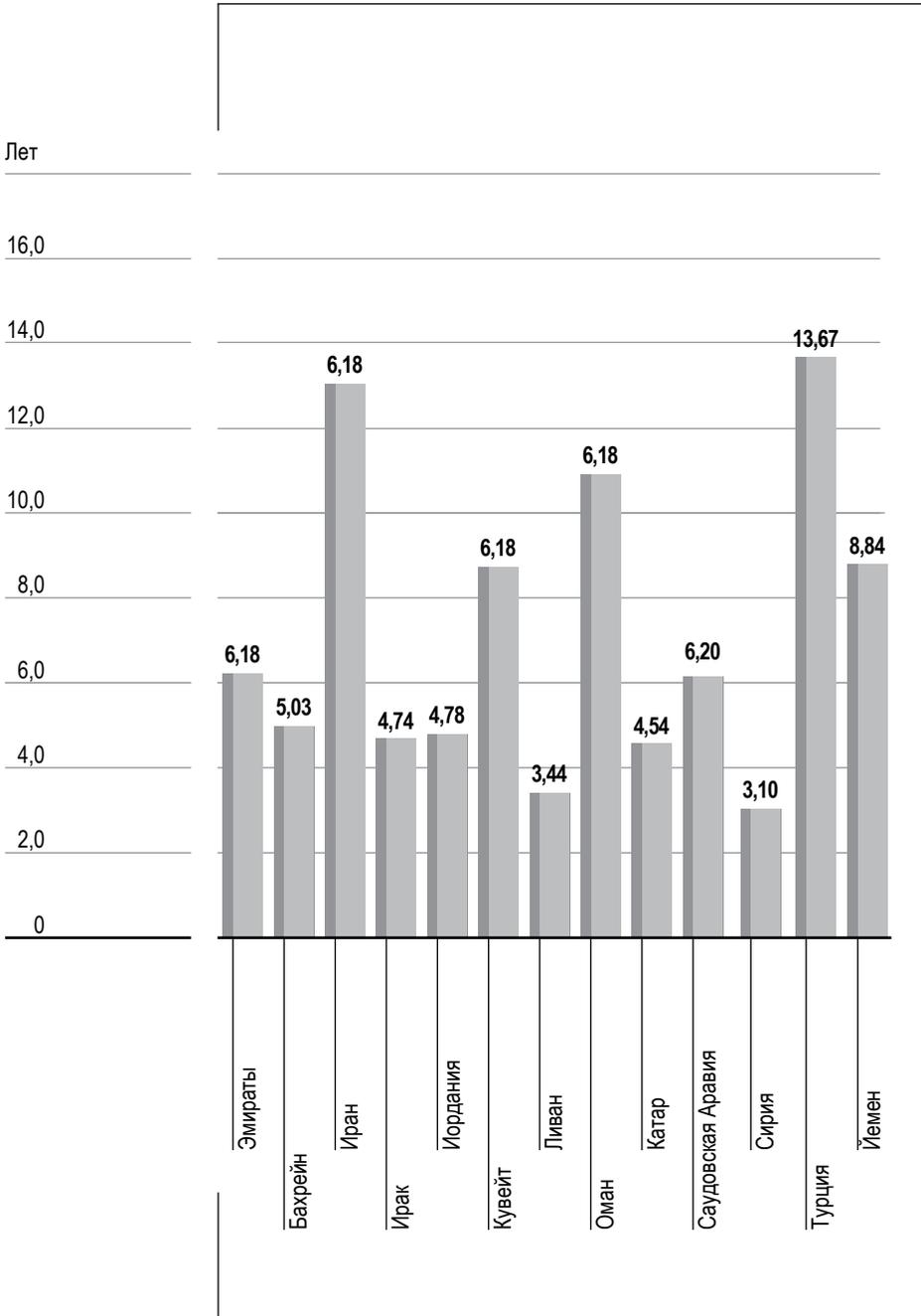


Рис. 2.

Число лет увеличения ожидаемой продолжительности жизни в странах Юго-Западной Азии с 1990 по 2020 год (составлено автором).

Fig. 2. The number of years of increase in life expectancy in the countries of Southwest Asia from 1990 to 2020 (compiled by the author).

чения отмечаются в Турции, Иране и Иордани. В Сирии, Йемене и Ираке прослеживаются наихудшие показатели, что является следствием не стихающих военных конфликтов.

По продолжительности жизни женщин наилучшие позиции занимают Катар, Оман, Турция и Кувейт, в которых этот показатель превысил 80 лет. Неплохая динамика прослеживается в Сирии, в которой ОПЖ женщин выросла до 78,4 лет. Низкие показатели сохраняются в Ираке, Иордании, Йемене, Саудовской Аравии и Кувейте.

Разница между ожидаемой продолжительностью жизни мужчин и женщин в большинстве стран не превышала 3,6–3,7 года. Исключение составляют периоды с обострением военных конфликтов или ростом терроризма и повышенной смертностью мужчин (ирано-иракская война, турецко-курдский конфликт, сирийская война, иракский военный конфликт). Так в 1990 г. разница между ОПЖ мужчин и женщин в Иране составляла почти 5 лет, Ираке — почти 7 лет, Турции — более 7 лет. Максимальный разрыв, более чем в 9 лет, отмечен в Сирии в 2020 г. (рис. 3).

Все рассматриваемые страны можно разделить по ожидаемой продолжительности жизни и величине ее изменения на 4 группы (табл. 2).

В первую и вторую группу входят богатые страны с высоким уровнем жизни, но с разными стартовыми позициями. Страны первой группы достигли высоких показателей ОПЖ уже в 1990 гг. и сохраняли свое лидерство до сего дня, медленно увеличивая значения. Страны второй группы предприняли более активные меры и, практически, догнали лидеров, увеличив ОПЖ вдвое быстрее. В третью группу входят страны с разными экономическими потенциалами, но похожими тенденциями увеличения ОПЖ. Одна из самых богатых нефтедобывающих стран мира Саудовская Аравия отстает по показателю ОПЖ от других, аналогичных по модели экономического развития стран региона, что, вероятно, является следствием действия комплекса неблагоприятных факторов (высокая зависимость благосостояния от цен на нефть, жесткий тоталитарный режим, высокое социальное расслоение и неравенство, сохранение смертной казни, и т.п.). В группу с низкими показателями ОПЖ входят самые бедные и нестабильные в политическом отношении страны.

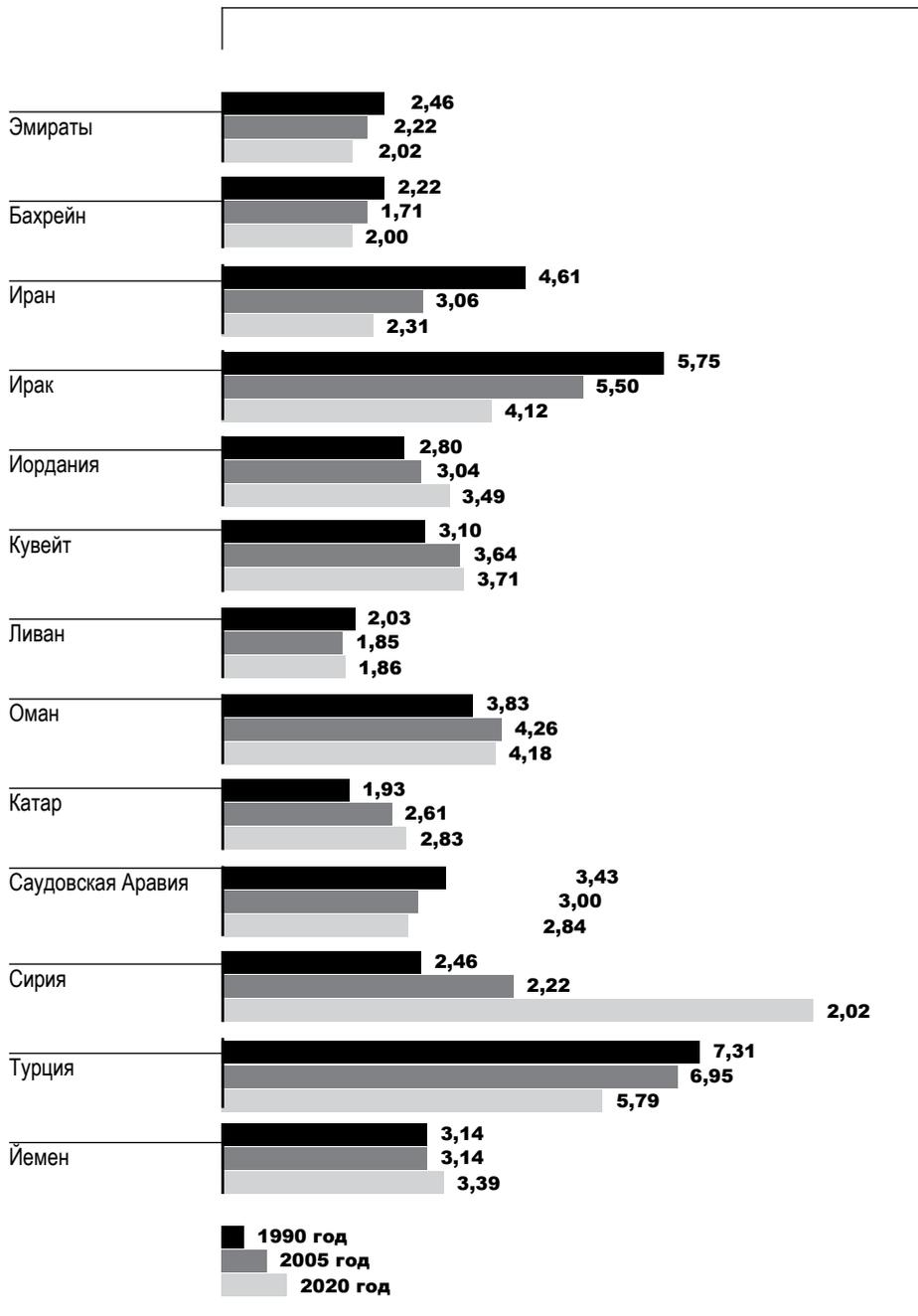


Рис. 3.

Разница между ожидаемой продолжительностью жизни женщин и мужчин в странах Юго-Западной Азии в 1990, 2005 и 2020 гг. (составлено автором).

Fig. 3. The difference between the life expectancy of women and men in the countries of South-West Asia in 1990, 2005 and 2020 (compiled by the author).

Таблица 2. ГРУППИРОВКА СТРАН ЮГО-ЗАПАДНОЙ АЗИИ
ПО ОЖИДАЕМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ
(составлено автором)
Table 2. Classification of the countries of Southwest Asia by life
expectancy and the percentage of its change
from 1990 to 2020 (compiled by the author)

Группы стран	Страны	1990	2020	Темпы роста за период наблюдения (годы)
С высокой ОПЖ и средними темпами роста	Катар	75,82	80,36	4,54
	Кувейт	70,27	79,00	8,74
	Эмираты	71,94	78,12	6,18
	Бахрейн	72,39	77,42	5,03
С ОПЖ выше средней и высокими темпами роста	Турция	64,26	77,33	13,67
	Оман	67,18	78,08	10,90
	Иран	63,84	76,87	13,03
Со средней ОПЖ и низкими темпами роста	Ливан	72,15	75,59	3,44
	Сирия	70,55	73,65	3,10
	Иордания	69,87	74,66	4,78
	Саудовская Аравия	69,08	75,28	6,20
С низкой ОПЖ и неравномерным ростом	Ирак	66,01	70,75	4,74
	Йемен	57,35	66,18	8,84

Проведенный анализ в целом подтверждает известную связь ОПЖ с уровнем смертности. Однако данная зависимость нарушается в Турции, Иране и Ливане, где относительно высокие значения ожидаемой продолжительности жизни сочетаются с высокими показателями смертности (рис. 4). Расчёт коэффициента корреляции Пирсона показал, что для исследуемых стран теснота связей между этими показателями соответствует отрицательным значениям немого выше среднего и составляет $-0,620$ в 2020 г. (в 2010 г. $-0,754$). Такие результаты, вероятнее всего, отражают региональные особенности и связаны с высоким уровнем внутривнутристранового неравенства в протекании демографических процессов между разными слоями населения. Стоит отметить, что, по статистическим данным, влияния пандемии коронавируса на ожидаемую продолжительность жизни не обнаружено, и уровень смертности в 2020 г. (среднее значение по странам $4,72\%$ [7]) не изменился по сравнению с 2019 г. ($4,72\%$ [7]).

Связь между экономическими параметрами и ожидаемой продолжительностью жизни наглядно демонстрирует кривая Престона. В целом, рост ВВП способствует увеличению продолжительности жизни, однако полного совпадения распределения исследуемых стран, в соответствии с кривой Престона, нет. Группа богатых нефтедобывающих стран располагается ниже кривой, хотя за последние десять лет они к ней приблизились. По всей видимости, эти страны использовали свои экономические ресурсы для повышения продолжительности жизни, но постепенно этот потенциал исчерпывается, и рост продолжительности жизни замедляется. Позитивные изменения характерны для Турции, Омана. Некоторым бедным странам (Сирия, Иран, Ирак) удалось добиться увеличения ОПЖ без существенных материальных затрат (рис. 5 и 6). Следует отметить, что в 2020 г. в Сирии зафиксированы самые высокие, а в Турции самые низкие положительные значения отклонения от кривой Престона, в то время как в Саудовской Аравии отмечены самые высокие, в Омане — самые низкие отрицательные значения отклонений от кривой (рис. 7).

Гипотеза о влиянии на ОПЖ уровня образования и здравоохранения была проверена с помощью коэффициента корреляции Пирсона. В качестве переменных использовались данные о расхо-

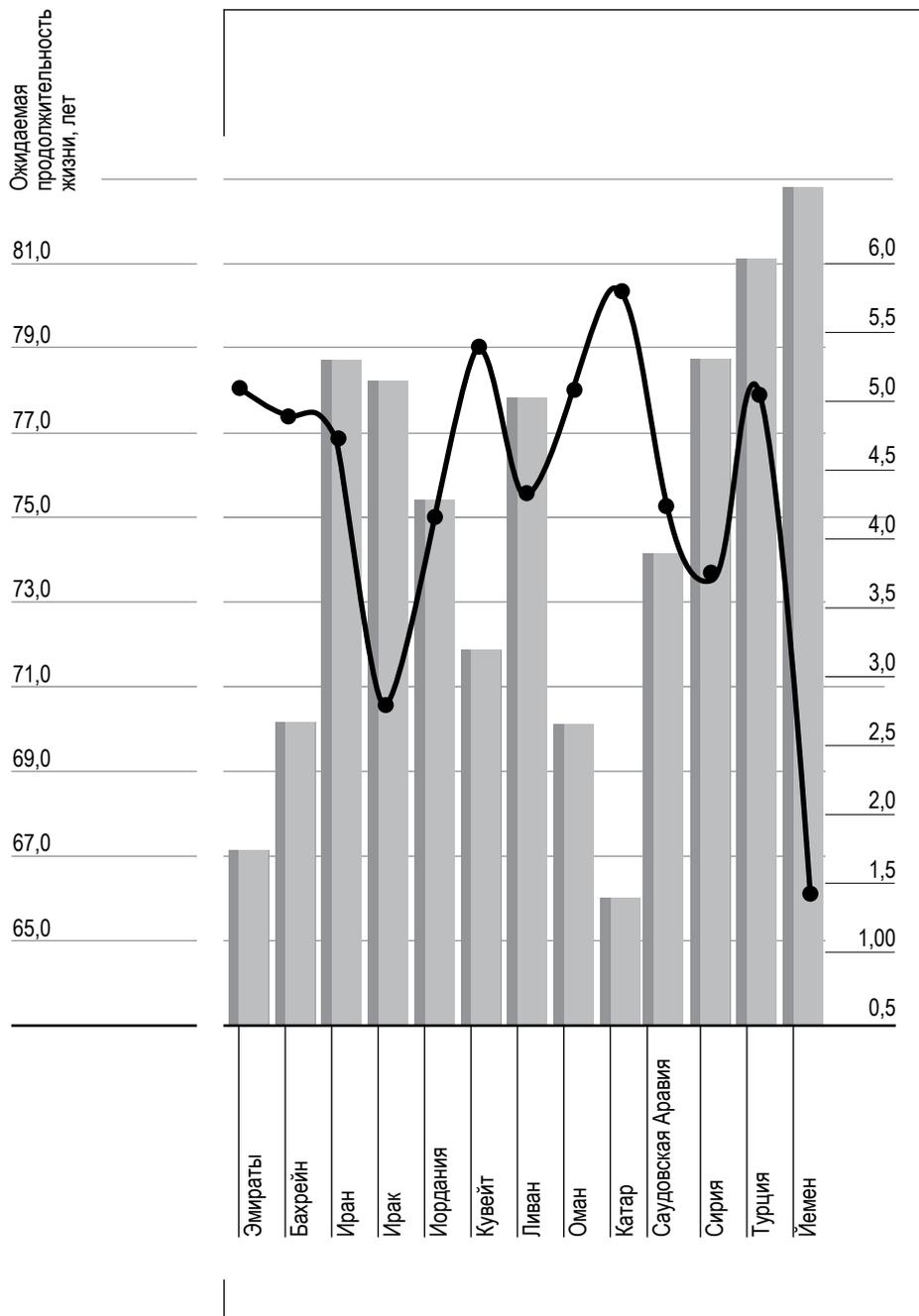


Рис. 4.

Уровень смертности и ожидаемая продолжительность жизни в странах Юго-Западной Азии в 2020 г. [6, 7].

Fig. 4. Mortality rate and life expectancy in the countries of South-west Asia in 2020 [6, 7].

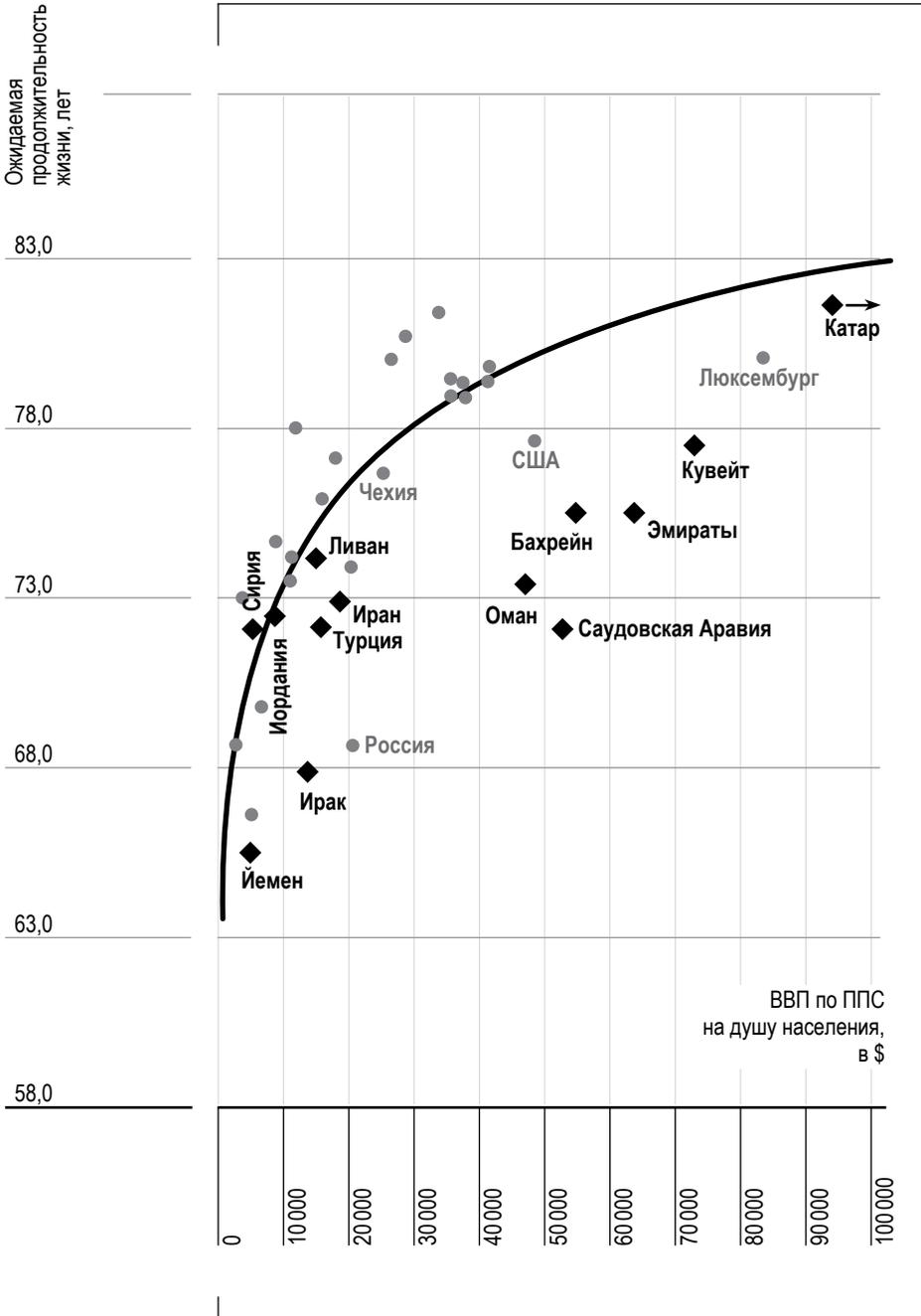


Рис. 5.

Распределение стран Юго-Западной Азии по ВВП на душу населения и ожидаемой продолжительности жизни, согласно кривой Престона в 2010 г. [1, 2].

Fig. 5. Distribution of the countries of Southwest Asia and other countries by GDP per capita and life expectancy according to the Preston curve in 2010 [1, 2].

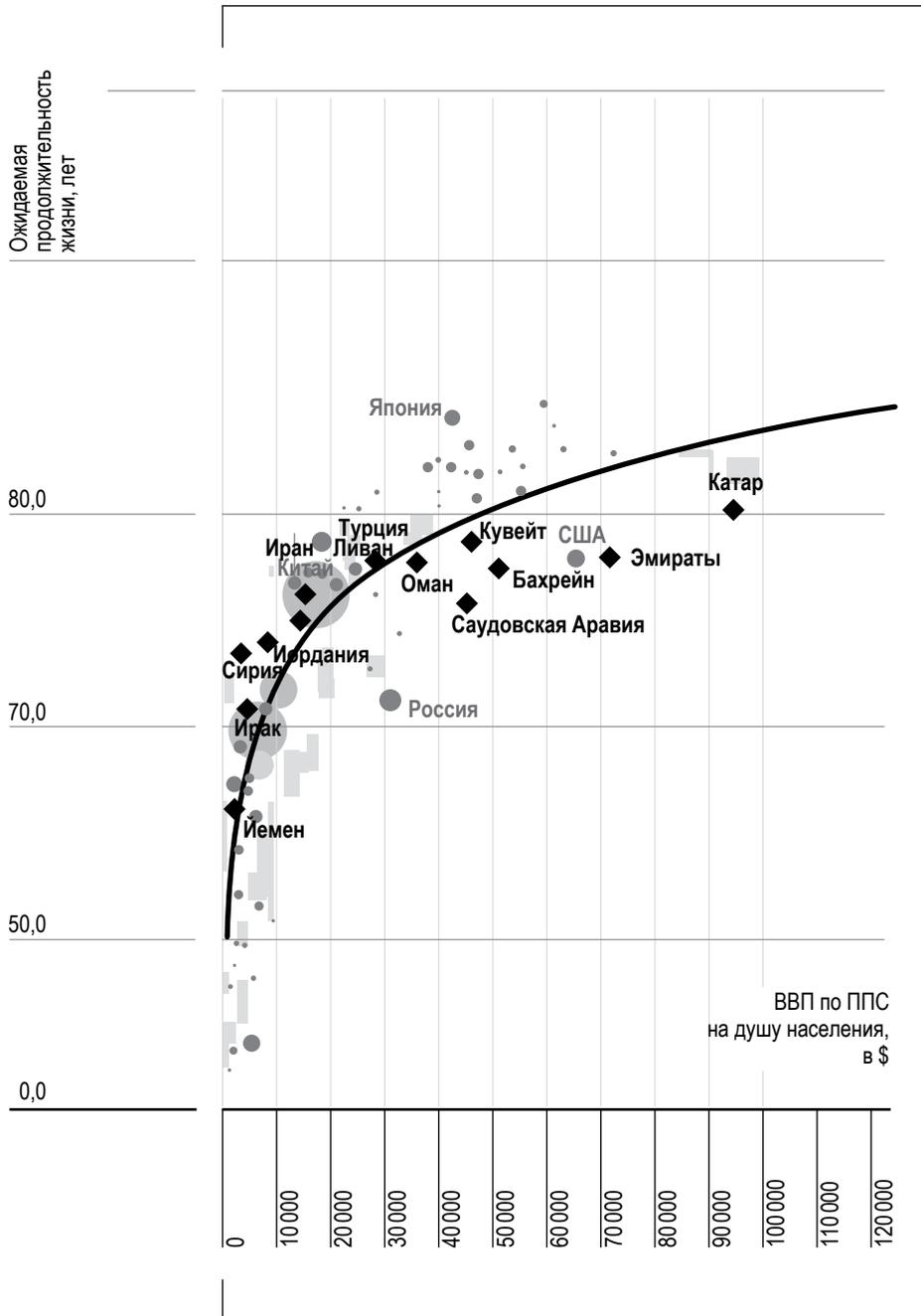


Рис. 6.

Распределение стран Юго-Западной Азии по ВВП на душу населения и ожидаемой продолжительности жизни, согласно кривой Престона в 2020 г. [5, 2].

Fig. 6. Distribution of the countries of Southwest Asia and other countries by GDP per capita and life expectancy according to the Preston curve in 2020 [5, 2].

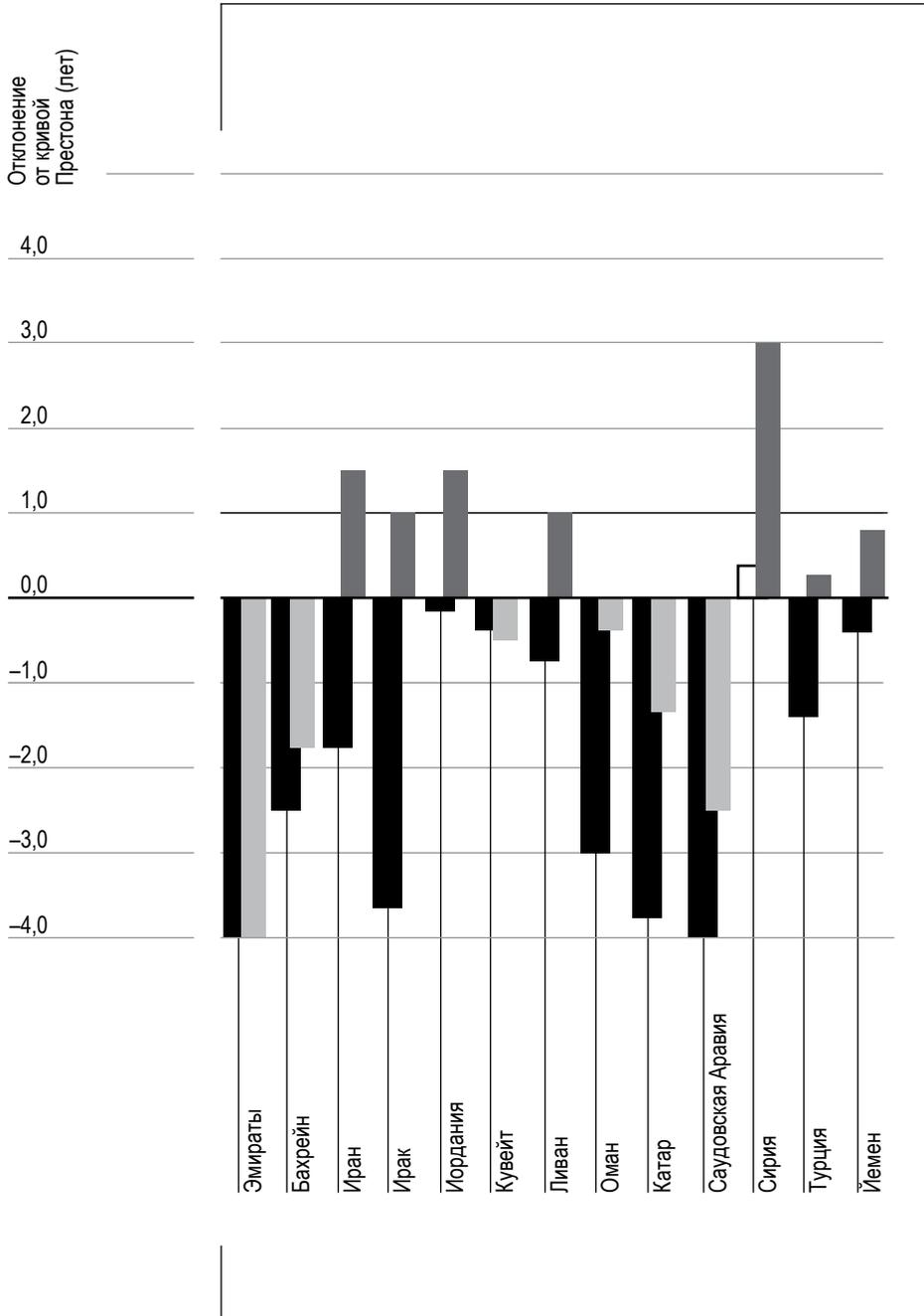


Рис. 7.

Отклонение стран Юго-Западной Азии от уровня, соответствующего кривой Престона в течение 2010 и 2020 г. (Составлено автором).

Fig. 7. Deviation of the countries of Southwest Asia from the level corresponding to the Preston curve during 2010 and 2020. (Compiled by the author).

дах на образование и здравоохранение на душу населения [3, 8, 11]. Полученные результаты указывают, что существует слабая, ниже средней, прямая зависимость между расходами на образование на душу населения и ОПЖ и составляет 0,502 в 2020 г. (в 2010 г. 0,390). Более очевидна (выше средней) связь ОПЖ и расходами на здравоохранение и составляет 0,716 в 2020 г. (в 2010 г. 0,601).

Выводы

Показатели ОПЖ в Юго-Западной Азии выше среднемировых, хотя их величины значительно варьирует между странами. Выделено три группы стран — с высоким, выше среднего и низкими показателями ОПЖ.

Продолжительность жизни женщин превышает продолжительность жизни мужчин менее, чем на 4 года, возрастая в 1,5–2 раза в периоды геополитической нестабильности, когда резко возрастает смертность мужчин.

Установлено, что на ОПЖ в странах Юго-Западной Азии оказывает воздействие комплекс факторов, среди которых наибольшее значение имеют уровень смертности, величина доходов, величина расходов на здравоохранение. Согласно корреляционному анализу, степень тесноты связи между среднедушевыми расходами на здравоохранение и ожидаемой продолжительностью жизни увеличилась в течение двух периодов измерения. Вместе тем, в ряде случаев обнаружены отклонения от выявленных тенденций, что нуждается в дальнейшем более пристальном исследовании.

В странах со средним или низким уровнем дохода ожидаемая продолжительность жизни близка или превышает соответствующий уровень кривой Престона. Страны с высоким уровнем дохода лежат ниже кривой Престона, что свидетельствует о значительных экономических ресурсах для ее повышения.

Библиографический список

1. Андреев Е., Школьников В. Связь между уровнями смертности и экономического развития в России и ее регионах // Демографическое обозрение. 2018. Т. 5. Вып. 1. С. 6–24.
2. ВВП по ППС на душу населения [Электронный ресурс]. URL: <https://ar.knoema.com/atlas> (дата обращения: 20.01.2023).

3. Глобальная база данных о расходах на здравоохранение // Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. URL: <https://apps.who.int/nha/database/Home/Index/ru> (дата обращения: 20.01.2023).
4. Карадже М., Аль-махруки Р., Аль-Мадиливия Ш. Детерминанты ожидаемой продолжительности жизни мужчин и ее вариации: аналитическое количественное международное исследование // Исследования в области гуманитарных и социальных наук. 2018. Т. 45. Вып. 4. С. 1–16.
5. Кривая Престона. Электронная версия бюллетеня [Электронный ресурс]. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2022/0955/gazeta02.php> (дата обращения: 20.01.2023).
6. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, всего, мужчины, женщины (лет). Всемирный банк [Электронный ресурс]. URL: <https://data.albankaldawli.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN> (дата обращения: 20.01.2023).
7. Перспективы мирового народонаселения. Уровень смертности ООН, Департамент по экономическим и социальным вопросам. Отдел народонаселения [Электронный ресурс]. URL: <https://population.un.org/dataportal/home> (дата обращения: 20.01.2023).
8. Расходы на образование. Институт статистики ЮНЕСКО [Электронный ресурс]. URL: <https://uis.unesco.org> (дата обращения: 20.01.2023).
9. Статистический сборник по Арабскому региону. ООН, экономическая и социальная комиссия для Западной Азии (ЭСКЗА). Нью-Йорк, 2015. Вып. 34. С. 32.
10. Хашим А. Факторы, влияющие на ожидаемую продолжительность жизни при рождении в регионе Ближнего Востока и Северной Африки в период (2000–2016) // Арабский журнал менеджмента. 2021. Т. 41. Вып. 3. С. 115–128.
11. Центральное Бюро Статистики САР. Статистическая группа 2021 и 2011 годы: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cbssyr.sy/> (дата обращения: 20.01.2023).

References

1. Andreev E., Shkolnikov V. The relationship between mortality rates and economic development in Russia and its regions, demographic review. 2018. V. 5. Issue 1. P. 6–24. (In Russ.).
2. GDP by PPP per capita [Electronic resource]. URL: <https://ar.knoema.com/atlas> (Accessed 20.01.2023).

3. Global database on healthcare costs. World Health Organization [Electronic resource]. URL: <https://apps.who.int/nha/database/Home/Index/ru> (Accessed 20.01.2023).
4. Karadja M., Al-mahrouqiya R., Al-madailiya S. Determinants of men's life expectancy and its variations : an analytical quantitative international study //Research in the Humanities and Social Sciences, 2018, V. 45. Issue 4. P. 1–16.
5. Preston Curve. Electronic version of the bulletin [Electronic resource]. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2022/0955/gazeta02.php> (Accessed 20.01.2023). (In Russ.).
6. Life expectancy at birth, total, male, female (years). The World Bank [Electronic resource]. URL: <https://data.albankaldawli.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN> (Accessed 20.01.2023).
7. World Population Perspectives, Mortality rate. UN, Department of Economic and Social Affairs. Population Division [Electronic resource]. URL: <https://population.un.org/dataportal/home> (Accessed 20.01.2023).
8. Education expenses Institute of Statistics UNESCO [Electronic resource]. URL: <https://uis.unesco.org> (Accessed 20.01.2023).
9. Statistical Collection on the Arab Region. UN, Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA), New York, 2015. Issue 34. 323 p.
10. Hashim A. Factors affecting life expectancy at birth in the Middle East and North Africa region in the period (2000–2016) // Arabic Journal of Management, 2021, V. 41. Issue 3. P. 115–128.
11. Central Bureau of Statistics of the SAR. Statistical Group 2021 and 2011 [Electronic resource]. URL: <http://www.cbssyr.sy/> (Accessed 20.01.2023).

**Поступило в редакцию 10.01.2023,
принята к публикации 19.03.2023.**

Об авторе

Хоссин Ибрагим, аспирант Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: hseenib062@gmail.com.

About the author

Hossin Ibragim, Postgraduate Student of the North Caucasus Federal University. E-mail: hseenib062@gmail.com.

1.6.18
УДК
DOI:

НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ
551.509.6
10.37493/2308-4758.2023.1.4

Хучунаев Б. М.,
Будаев А. Х.,
Тумгоева Х. А.

Высокогорный геофизический институт, г. Магас, Россия
Высокогорный геофизический институт, г. Магас, Россия
Ингушский государственный университет, г. Магас, Россия

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЬДООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ КЛАСТЕРОВ ИЗ НАНОТРУБОК ОКСИДА ЦИНКА

Введение.

В последние годы в мире растет объем средств, используемых в практике активных воздействий (АВ) на облачные процессы. Серебро, основной компонент средств АВ, является довольно дорогим металлом. Поэтому вопрос снижения содержания серебра в рецептурах пиротехнических составов или использование других эффективных льдообразующих агентов является актуальным. Оксид цинка, как и иодид серебра, обладает льдообразующими свойствами. При возгонке цинка в среде водяного пара образуются кластеры из нанотрубок различных размеров. В связи этим экспериментальные исследования механизма льдообразования на кластерах из нанотрубок оксида цинка представляются актуальной задачей. Результаты этих исследований представлены в настоящей статье.

Материалы и методы исследований.

При термической возгонке реагентов образуются наноразмерные частицы, которые объединяются в кластеры. Форма и размер этих кластеров, а также их льдообразующие свойства зависят от термодинамического состояния среды, в которой они образуются. Испытания льдообразующей эффективности таких реагентов должно проводиться в условиях таких же, как в облаках. В статье представлены результаты лабораторного моделирования образования кристаллов льда при взаимодействии кластеров оксида цинка, состоящих из нанотрубок, и результаты их сравнения с используемым на практике активных воздействий пиротехническим составом АД-1, который используется в противорадиационных изделиях (ПРИ) типа «Алазань-6» и «Алазань-9» [1].

Результаты исследований и их обсуждение.

В статье представлены аппаратура, методика проведения экспериментов по изучению льдообразующих свойств кластеров из нанотрубок оксида цинка, полученных в облачной камере при возгонке цинка в присутствии водяного пара. Эксперименты проводились на лабораторных установках в температурном диапазоне от -3 до -14 °С. Исследована эффективность реагента на основе кластеров из нанотрубок оксида цинка и проведено ее сравнение с эффективностью пиротехнического состава АД-1. Результаты исследований представлены в таблицах 1–6 и на рисунках 2–7.

Выводы.

В процессе лабораторных экспериментов выработана методика исследования льдообразующих свойств кластеров из нанотрубок оксида цинка. При возгонке пиротехнического состава АД-1 образуются частицы, имеющие диаметр от 20 нм до 400 нм с модальным значением 70 нм. Кластеры оксида цинка имеют пористую рыхлую структуру, маленькую плотность и более крупные размеры, почти на два порядка превышающие размеры частиц йодистого серебра. На них формируются ледяные кристаллы больших размеров. Суммарная площадь кристаллов, образовавшихся на кластерах из нанотрубок оксида цинка, на порядок больше, чем суммарная площадь кристаллов, образовавшихся на частицах пиротехнического состава АД-1. Реагент, состоящий из кластеров оксида цинка, по льдообразующим характеристикам сравним с пиротехническим составом АД-1 и может быть рекомендован к практическому применению.

Ключевые слова:

активные воздействия, пиротехнический состав, реагент, льдообразующие частицы, оксид цинка, кластеры из нанотрубок, температура, площадь поверхности, скорость роста.

**Khuchunaev B. M.,
Budaev A. H.,
Tumgoeva Kh. A.**

High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia
High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia
Ingush State University, Magas, Russia

Studies of Ice-forming Properties of Zinc Oxide Nanotube Clusters

Introduction.

In recent years, the volume of funds used in the practice of weather modification has been growing in the world. Silver, the main component of weather modification funds, is a rather expensive metal. Therefore, the issue of reducing the silver content in the formulations of pyrotechnic compositions or the use of other effective ice-forming agents is relevant. Zinc oxide, like silver iodide, has ice-forming properties. When zinc is sublimated in water vapor, clusters of nanotubes of various sizes are formed. In this regard, experimental studies of the mechanism of ice formation on clusters of zinc oxide nanotubes seem to be an urgent task. The results of these studies are presented in this article.

Materials and research methods.

During thermal sublimation of reagents nanoscale particles are formed. These particles combine into clusters. The shape and size of these clusters, as well as their ice-forming properties, depend on the thermodynamic state of the medium in which they are formed. Tests of the ice-forming efficiency of such reagents should be carried out in conditions in clouds.

This article presents the results of laboratory modeling of the formation of ice crystals during the interaction of zinc oxide clusters consisting of nanotubes, and the results of their comparison with the pyrotechnic composition AD-1 used in practice of weather modification, which is used in anti-hail products of the type «Alazan-6» and «Alazan-9» [1].

Research results and their discussion.

The article presents the equipment and methods of performing experiments to study the ice-forming properties of clusters of zinc oxide nanotubes obtained in a cloud chamber during zinc sublimation in the presence of water vapor. The experiments were carried out on laboratory installations in the temperature range from -3 to -14 °C. The effectiveness of a reagent based on clusters of zinc oxide nanotubes has been investigated and compared with the effectiveness of the pyrotechnic composition of AD-1. The research results are presented in Tables 1-6 and Figures 2-7.

Conclusions.

In the course of laboratory experiments, a method for studying the ice-forming properties of clusters of zinc oxide nanotubes has been developed.

When the pyrotechnic composition of AD-1 is sublimated, particles with a diameter from 20 nm to 400 nm with a modal value of 70 nm are formed. Zinc oxide clusters have a porous, loose structure, low density and larger sizes, almost two orders of magnitude larger than the sizes of silver iodide particles. Large ice crystals are formed on them.

The total area of crystals formed on clusters of zinc oxide nanotubes is an order of magnitude larger than the total area of crystals formed on particles of the pyrotechnic composition AD-1.

The reagent consisting of zinc oxide clusters is comparable in ice-forming characteristics to the pyrotechnic composition of AD-1 and can be recommended for practical use.

Key words:

weather modification, pyrotechnic composition, reagent, ice-forming particles, zinc oxide, nanotube clusters, temperature, surface area, growth rate.

Введение

Активные воздействия на облачные процессы с целью обеспечения благополучной жизнедеятельности человечества являются одной из основных задач метеорологии. Современные концепции АВ основываются на изменении микрофизической структуры облаков посредством реагентов с задаваемыми физико-химическими свойствами [7, 8]. В качестве реагентов используются в основном вещества, обладающие льдообразующими и конденсационными свойствами [13].

Мерой эффективности реагентов в настоящее время используется удельный выход льдообразующих ядер и температурный порог образования кристаллов. Удельный выход — это количество ледяных кристаллов, образующихся в облаке или тумане при заданной температуре в расчете на единицу массы вводимого вещества или с одного средства воздействия [6]. Большую роль в эффективности кристаллизации воды на частице реагента играют ее поверхностные характеристики [15]. Однако немаловажную роль играет площадь образующихся кристаллов. В данной работе для сравнения льдообразующей эффективности вышеприведенных реагентов в качестве показателя эффективности реагентов рассматриваются площадь кристаллов, удельный выход. Основной целью работы является исследование эффективности реагента на основе кластеров из нанотрубок оксида цинка и его сравнение с эффективностью пиротехнического состава АД-1.

Пиротехнический состав АД-1 используется при создании топливных зарядов маршевых ракетных двигателей, начиненных реагентом для оснащения противораковых ракет. Пиросостав АД-1 содержит 8 % иодистого серебра (AgI) и имеет порог кристаллизующей эффективности $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [11].

В настоящее время иодид серебра остается самым эффективным льдообразующим реагентом. Удельный выход активных ядер на единицу массы AgI существенно превосходит соответствующие выходы для всех других реагентов этого типа при всех температурах активации [20]. Но реагенты на основе йодистого серебра имеют ряд недостатков: дороговизна, низкий порог кристаллизации, высокая полидисперсность, низкая термостабильность. Исследования на Северном Кавказе в период противораковых работ подтвер-

дили вымывание вносимого в облака AgI на земную поверхность [5]. Но следует отметить, что иодид серебра относится к высоко опасным веществам 2–4 классов [4].

Выход активных льдообразующих частиц с одного грамма иодида серебра в диапазоне температур от нуля и до $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, остается недостаточно высоким, что снижает эффективность его применения в области отрицательных температур, лежащих вблизи нулевой изотермы [2, 19]. Также следует отметить, что иодид серебра разрушается при температуре $554\text{ }^{\circ}\text{C}$ [14], в то время как температура горения различных пиротехнических и баллистических составов начинается от $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

Поэтому разработка новых реагентов является актуальной задачей. Оксид цинка является важным материалом благодаря своей доступности, невысокой цене, химической стабильности, биосовместимости и уникальному сочетанию химических и физических свойств [12].

При возгонке цинка в среде водяного пара образуются кластеры из нанотрубок различных размеров. В работах [16, 17, 21] было показано, что кластеры, состоящие из нанотрубок оксида цинка, обладают хорошими льдообразующими свойствами. В капиллярах нанотрубок оксида цинка вода приобретает льдоподобную структуру при более высоких температурах [22].

В связи с этим имеет важное значение разработка реагента на основе кластеров из нанотрубок оксида цинка и исследование его льдообразующих свойств.

Материалы и методы исследований

Аппаратура для исследования льдообразующих свойств

Для проведения исследования был создан комплекс аппаратуры, схема которого представлена на рисунке 1. В комплекс аппаратуры входят: большая облачная камера, устройство для возгонки реагента, ультразвуковой парогенератор, весы, оптический микроскоп (рис. 1).

Большая облачная камера представляет собой холодильный шкаф с рабочим объемом $6,16\text{ м}^3$. Камера снабжена системой регу-



Рис. 1.

Комплекс аппаратуры для изучения льдообразующих свойства кластеров из нанотрубок оксида цинка.

Fig. 1. A set of equipment for studying the ice-forming properties of zinc oxide nanotube clusters.

лировки температуры, на которую выводятся показания термодатчика, расположенного внутри камеры. Внутри камеры расположены вентиляторы для перемешивания водяного пара и реагентов.

Ультразвуковой парогенератор размещен внутри емкости объемом 100 л, которая соединена с большой камерой при помощи трубы.

Устройство для возгонки реагента представляет собой графитовую подложку, зажатую между электродами. На электроды подается электрический ток порядка 180–200 А, подложка нагревается до температур порядка 2000–3000 °С и происходит возгонка реагента.

Термостатированные подложки для сбора кристаллов представляют собой небольшие металлические диски, к которым приклеены стекла. Подложки снабжены крышками, которые открываются в момент появления кристаллов. Кристаллы оседают на стекла подложек.

Подложки изучаются с помощью автоматизированной системы, которая состоит из оптического микроскопа, персонального компьютера и специализированного программного обеспечения. Производится расчет удельного выхода льдообразующих ядер по формуле:

$$N = \frac{S_{б.к.} n_{подл}}{S_{кадра} m_{реаг}} ,$$

- где $S_{б.к.}$ — площадь камеры внесения реагента, мкм²;
 $S_{кадра}$ — площадь кадра на поле зрения микроскопа, мкм²;
 $m_{реаг.}$ — масса внесенного реагента, г;
 $n_{подл.}$ — количество кристаллов в кадре, м⁻².

Результаты исследований и их обсуждение

Проведены серии экспериментов по изучению льдообразующих свойств кластеров из нанотрубок оксида цинка и частиц пиротехнического состава АД-1. Эксперименты проводились в температурном диапазоне от –3 до –14 °С.

В таблицах 1, 2 и на рисунках 2, 3 представлены данные о площади ледяных кристаллов, которые образовались на кластерах из нанотрубок оксида цинка и на частицах пиротехнического состава АД-1 в разных диапазонах температуры. Приведены соотношения кристаллов по различным диапазонам размеров, $n_{кр}/n$, %.

Table 1. ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМЕРОВ ЛЕДЯНЫХ КРИСТАЛЛОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ НА КЛАСТЕРАХ ИЗ НАНОТРУБОК ОКСИДА ЦИНКА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Таблица 1. Dependence of the size of ice crystals formed on clusters of zinc oxide nanotubes on the temperature

S, мкм ²	Соотношение кристаллов при различных значениях температуры, $n_{кр}/n$, %			
	-12...-14 °С	-9...-11 °С	-6...-8 °С	-3...-5 °С
0–2000	6,5	55,2	70,0	39,0
2000–4000	26,1	15,5	16,7	33,9
4000–6000	17,4	5,2	10,0	10,2
6000–8000	10,9	12,1	3,3	3,4
8000–10000	8,7	3,4	0,0	3,4
10000–12000	2,2	1,7	0,0	0,0
12000–14000	10,9	1,7	0,0	0,0
14000–16000	0,0	1,7	0,0	5,1
16000–18000	10,9	1,7	0,0	1,7
18000–20000	2,2	0,0	0,0	1,7
20000–22000	4,3	1,7	0,0	1,7
Удельный выход, г ⁻¹	$3,3 \cdot 10^{13}$	$2,4 \cdot 10^{13}$	$1,2 \cdot 10^{13}$	$7,3 \cdot 10^{12}$

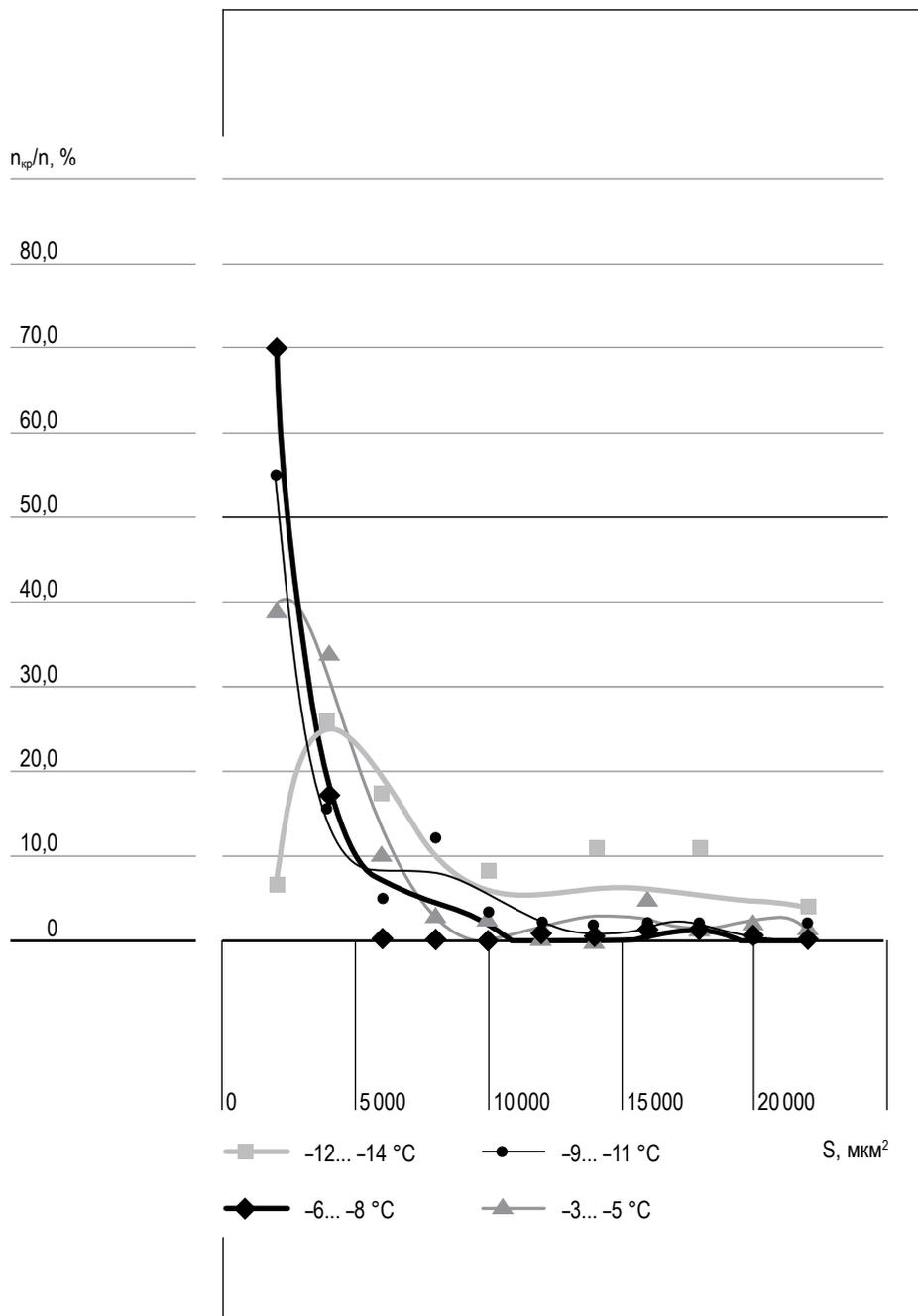


Рис. 2.

Зависимость размеров ледяных кристаллов, образовавшихся на кластерах из нанотрубок оксида цинка от температуры.

Fig. 2. Dependence of the size of ice crystals formed on clusters of zinc oxide nanotubes on the temperature.

Таблица 2. ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМЕРОВ ЛЕДЯНЫХ КРИСТАЛЛОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ НА ЧАСТИЦАХ ПИРОСОСТАВА АД-1 ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ
Table 2. Dependence of the size of ice crystals formed on the particles of the pyrotechnic composition of AD-1 on the temperature

S, мкм ²	Соотношение кристаллов при различных значениях температуры, n _{кр} /n, %			
	-12...-14 °С	-9...-11 °С	-6...-8 °С	-3...-5 °С
0–2000	26,7	40,0	78,2	29,5
2000–4000	26,7	25,0	21,8	39,3
4000–6000	23,3	16,7	0,0	24,6
6000–8000	6,7	6,7	0,0	3,3
8000–10000	6,7	1,7	0,0	1,6
10000–12000	3,3	1,7	0,0	0,0
12000–14000	1,7	3,3	0,0	0,0
14000–16000	0,0	1,7	0,0	1,6
16000–18000	1,7	3,3	0,0	0,0
18000–20000	1,7	0,0	0,0	0,0
20000–22000	1,7	0,0	0,0	0,0
Удельный выход, г ⁻¹	4,8·10 ¹²	3,5·10 ¹²	3,0·10 ¹²	7,0·10 ¹¹

В таблицах 3, 4 и на рисунках 4, 5 представлены данные о накопленных частотах соотношений кристаллов, которые образовались на кластерах из нанотрубок оксида цинка и на частицах пиротехнического состава АД-1 в разных диапазонах температуры, n_{кр}/n, %.

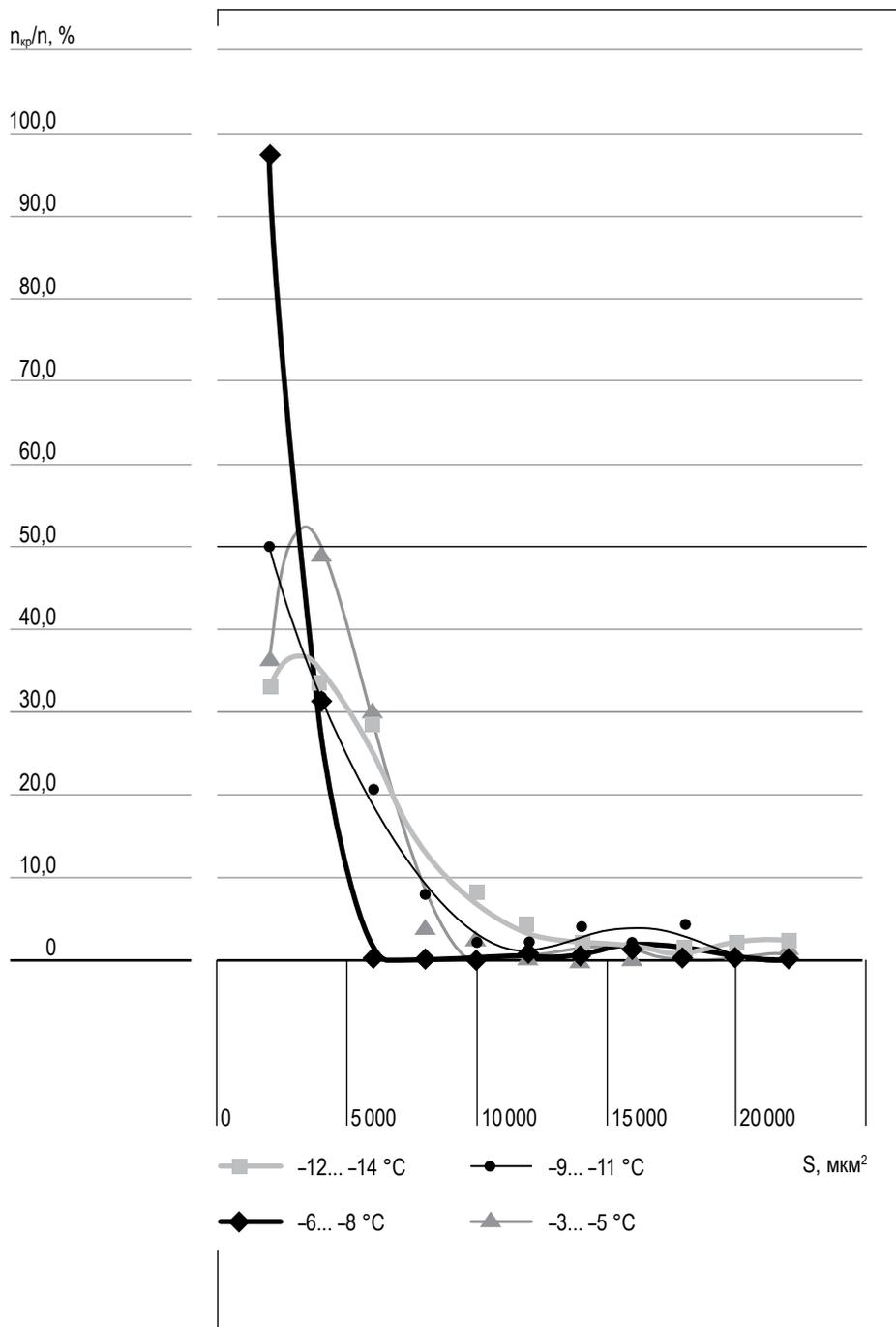


Рис. 3.

Зависимость размеров ледяных кристаллов, образовавшихся на частицах пиросостава АД-1 от температуры.

Fig. 3. Dependence of the specific yield of particles of the pyrotechnic composition AD-1 on the electric field strength.

Таблица 3. НАКОПЛЕННЫЕ ЧАСТОТЫ СООТНОШЕНИЙ КРИСТАЛЛОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ НА КЛАСТЕРАХ ИЗ НАНОТРУБОК ОКСИДА ЦИНКА

Table 3. Cumulative frequencies of crystal ratios formed on clusters of zinc oxide nanotubes

S, мкм ²	Соотношение кристаллов при различных значениях температуры, n _р /n, %			
	-12...-14 °С	-9...-11 °С	-6...-8 °С	-3...-5 °С
0-2000	6,5	55,2	70,0	39,0
2000-4000	32,6	70,7	86,7	72,9
4000-6000	50,0	75,9	96,7	83,1
6000-8000	60,9	88,0	100,0	86,5
8000-10000	69,6	91,4	100,0	89,9
10000-12000	71,8	93,1	100,0	89,9
12000-14000	82,7	94,8	100,0	89,9
14000-16000	82,7	96,5	100,0	95,0
16000-18000	93,6	98,2	100,0	96,7
18000-20000	95,8	98,2	100,0	98,4
20000-22000	100,0	100,0	100,0	100,0

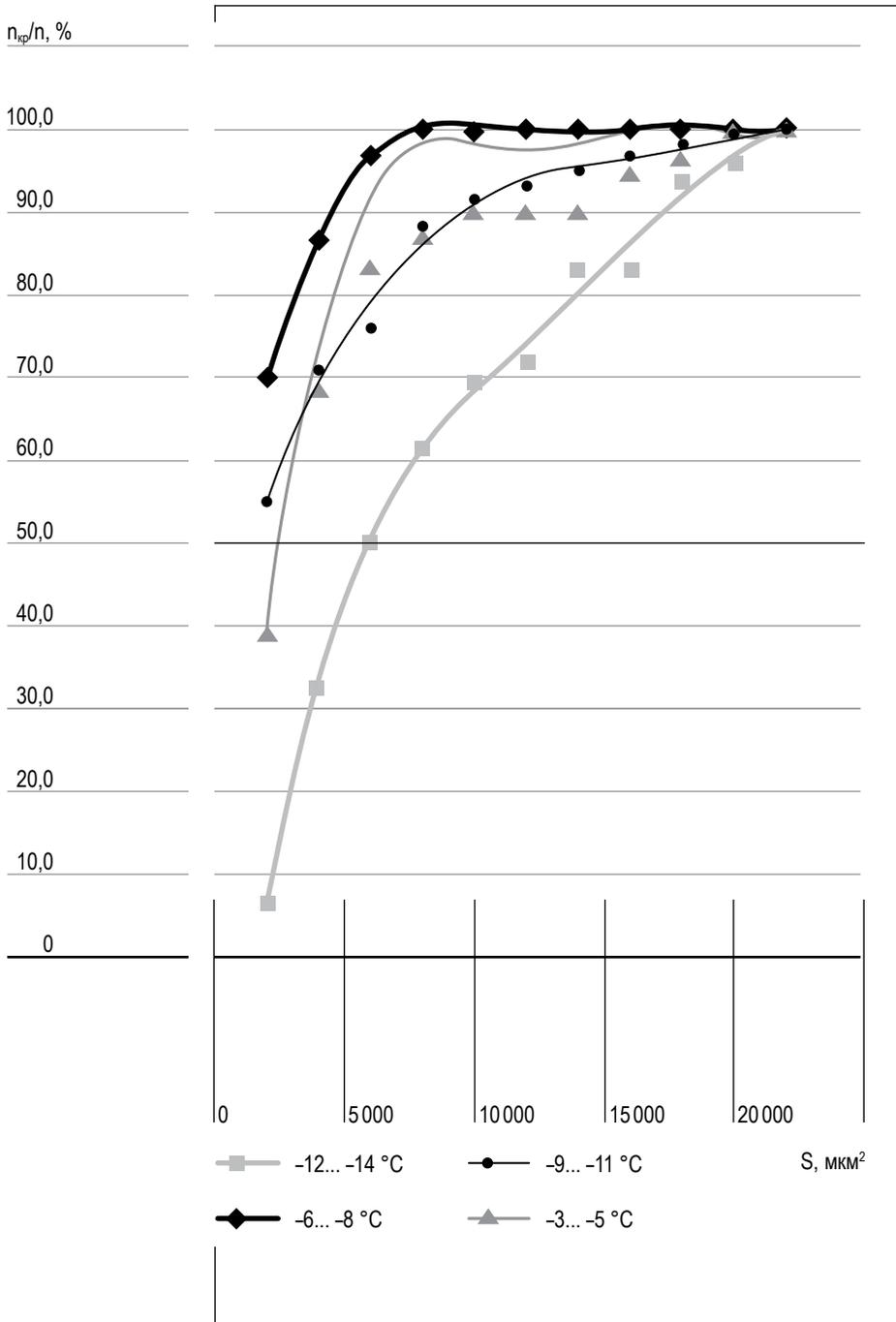


Рис. 4.

Накопленные частоты соотношений кристаллов, образовавшихся на кластерах из нанотрубок оксида цинка.

Fig. 4. Cumulative frequencies of crystal ratios formed on clusters of zinc oxide nanotubes.

Таблица 4. НАКОПЛЕННЫЕ ЧАСТОТЫ СООТНОШЕНИЙ КРИСТАЛЛОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ НА ЧАСТИЦАХ ПИРОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА АД-1
Table 4. Cumulative frequencies of crystal ratios formed on particles of pyrotechnic composition AD-1

S, мкм ²	Соотношение кристаллов при различных значениях температуры, n _{кр} /n, %			
	-12...-14 °С	-9...-11 °С	-6...-8 °С	-3...-5 °С
0-2000	26,7	40,0	78,2	29,5
2000-4000	53,4	65,0	100,0	68,8
4000-6000	76,7	81,7	100,0	93,4
6000-8000	83,4	88,4	100,0	96,7
8000-10000	90,1	90,1	100,0	98,3
10000-12000	93,4	91,8	100,0	98,3
12000-14000	95,1	95,1	100,0	98,3
14000-16000	95,1	96,8	100,0	100,0
16000-18000	96,8	100,0	100,0	100,0
18000-20000	98,5	100,0	100,0	100,0
20000-22000	100,0	100,0	100,0	100,0

Как видно из вышеприведенных данных, до 90% ледяных кристаллов, образовавшихся на частицах пиросоостава АД-1, имеет площадь поверхности до 10^4 мкм² при температурах от -9 до -14 °С. При температурах порядка -3...-5 °С доля ледяных кристаллов, имеющих площадь поверхности до $8 \cdot 10^3$ мкм²,

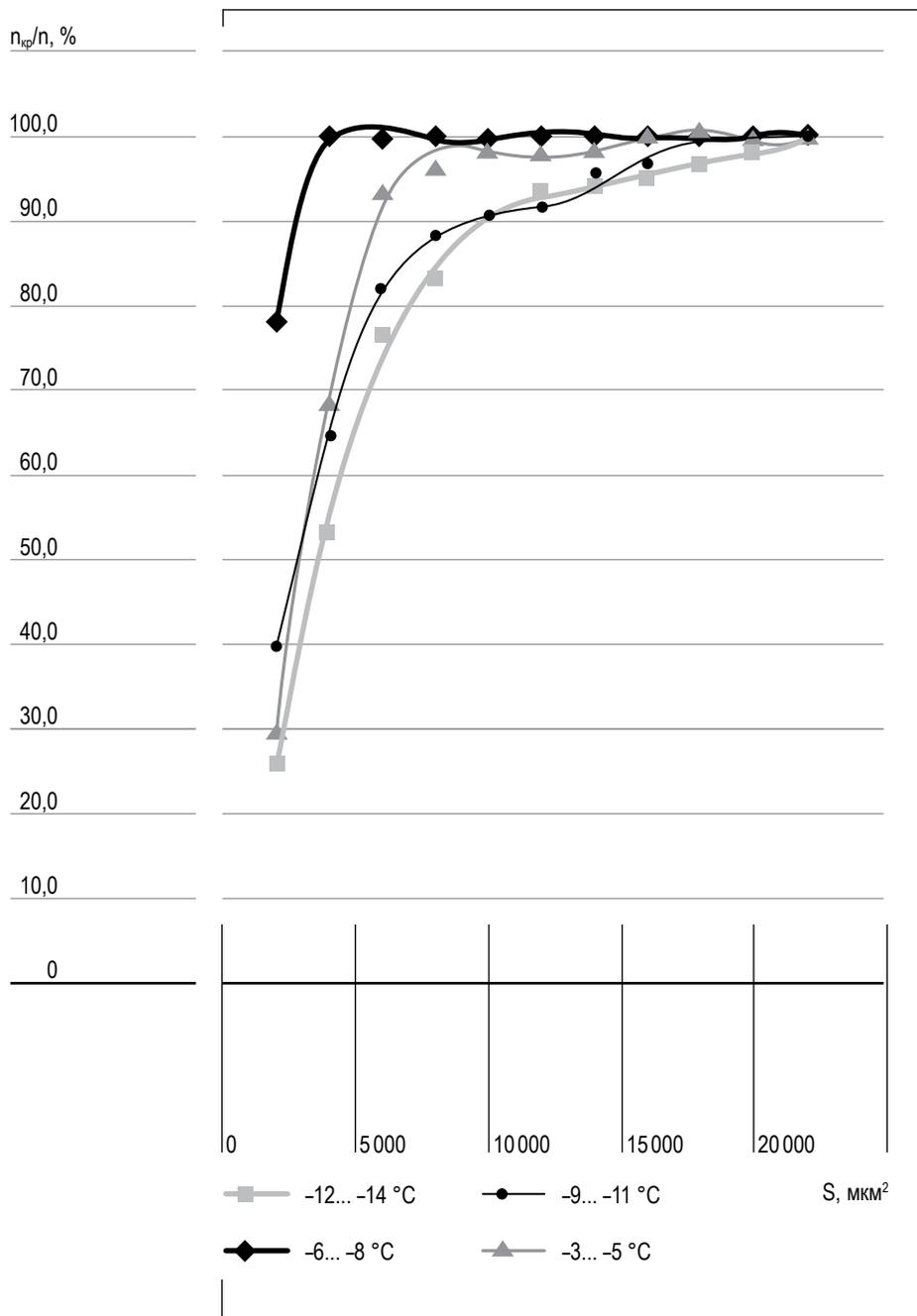


Рис. 5.

Накопленные частоты соотношений кристаллов, образовавшихся на частицах пиротехнического состава АД-1.

Fig. 5. Cumulative frequencies of crystal ratios formed on particles of pyrotechnic composition AD-1.

достигает 95 %. При температурах порядка $-6...-8$ °С формируются самые маленькие кристаллы, имеющие площадь поверхности, не превышающую $4 \cdot 10^3$ мкм².

Ледяные кристаллы, образовавшиеся на кластерах из нанотрубок оксида цинка, имеют большие размеры. При температурах $-12...-14$ °С половина ледяных кристаллов имеет площадь от $6 \cdot 10^3$ до $2,2 \cdot 10^4$ мкм². В температурных диапазонах $-3...-5$ °С и $-9...-11$ °С 90 % ледяных кристаллов имеет площадь поверхности до 10^4 мкм². При температурах $-6...-8$ °С все кристаллы имеют площадь поверхности до $8 \cdot 10^3$ мкм².

При возгонке пиротехнического состава АД-1 образуются частицы, имеющие диаметр от 20 нм до 400 нм с модальным значением 70 нм. При этом практически 100%-ная активность иодида серебра наблюдается при наличии частиц диаметром 50 нм [18]. Кластеры оксида цинка имеют пористую рыхлую структуру, маленькую плотность и более крупные размеры, почти на два порядка превышающие размеры частиц йодистого серебра. Соответственно, на них формируются ледяные кристаллы больших размеров.

В таблице 5 приводятся суммарная площадь кристаллов, которые образовались на кластерах из нанотрубок оксида цинка и частицах пиротехнического состава АД-1 в различных температурных диапазонах.

Как видно из вышеприведенных данных, суммарная площадь кристаллов, образовавшихся на кластерах из нанотрубок оксида цинка, на порядок больше, чем суммарная площадь кристаллов, образовавшихся на частицах пиротехнического состава АД-1. Минимальное значение площадей для кластеров оксида цинка и для пиросостава АД-1 наблюдается при температурах $-4...-7$ °С. Результаты проведенных исследований показали, что реагент, состоящий из кластеров оксида цинка, полученных при возгонке цинка в среде водяного пара, по своим льдообразующим характеристикам сравним с пиротехническим составом АД-1 и может быть рекомендован к практическому применению. По стоимости такой реагент гораздо дешевле, чем реагенты на основе AgI.

Таблица 5. СУММАРНАЯ ПЛОЩАДЬ КРИСТАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ОБРАЗОВАЛИСЬ НА КЛАСТЕРАХ ИЗ НАНОТРУБОК ОКСИДА ЦИНКА В РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДИАПАЗОНАХ

Table 5. The total area of crystals formed on clusters of zinc oxide nanotubes in different temperature ranges

S, мкм ²	Площадь кристаллов, · 10 ¹⁵ мкм ²			
	-12...-14 °C	-9...-11 °C	-6...-8 °C	-3...-5 °C
0–2000	2,13	13,08	8,61	2,85
2000–4000	25,60	11,02	616,23	7,42
4000–6000	28,45	6,16	615,00	3,72
6000–8000	24,95	20,07	284,13	1,74
8000–10000	25,60	7,25	0,0	2,23
10000–12000	7,91	4,43	0,0	0,0
12000–14000	46,34	5,24	0,0	0,0
14000–16000	0,0	6,04	0,0	5,58
16000–18000	60,59	6,85	0,0	2,11
18000–20000	13,67	0,0	0,0	2,36
20000–22000	29,53	8,46	0,0	2,61
	Суммарная площадь, · 10 ¹⁶ мкм ²			
	26,48	8,86	2,38	3,06

Таблица 6. СУММАРНАЯ ПЛОЩАДЬ КРИСТАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ОБРАЗОВАЛИСЬ НА ЧАСТИЦАХ ПИРОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА АД-1 В РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДИАПАЗОНАХ

Table 6. The total area of crystals formed on the particles of the pyrotechnic composition of AD-1 in different temperature ranges

S, мкм ²	Площадь кристаллов, ·10 ² мкм ²			
	-12...-14 °С	-9...-11 °С	-6...-8 °С	-3...-5 °С
0-2000	12,74	14,00	23,46	2,07
2000-4000	38,21	26,25	19,62	8,25
4000-6000	55,57	29,23	0,0	8,61
6000-8000	22,37	16,42	0,0	1,62
8000-10000	28,76	5,36	0,0	1,01
10000-12000	17,32	6,55	0,0	0,0
12000-14000	10,54	15,02	0,0	0,0
14000-16000	0,0	8,93	0,0	1,68
16000-18000	13,79	19,64	0,0	0,0
18000-20000	15,41	0,0	0,0	0,0
20000-22000	17,03	0,0	0,0	0,0
	Суммарная площадь, ·10 ¹⁶ мкм ²			
	2,317	1,414	0,431	0,232

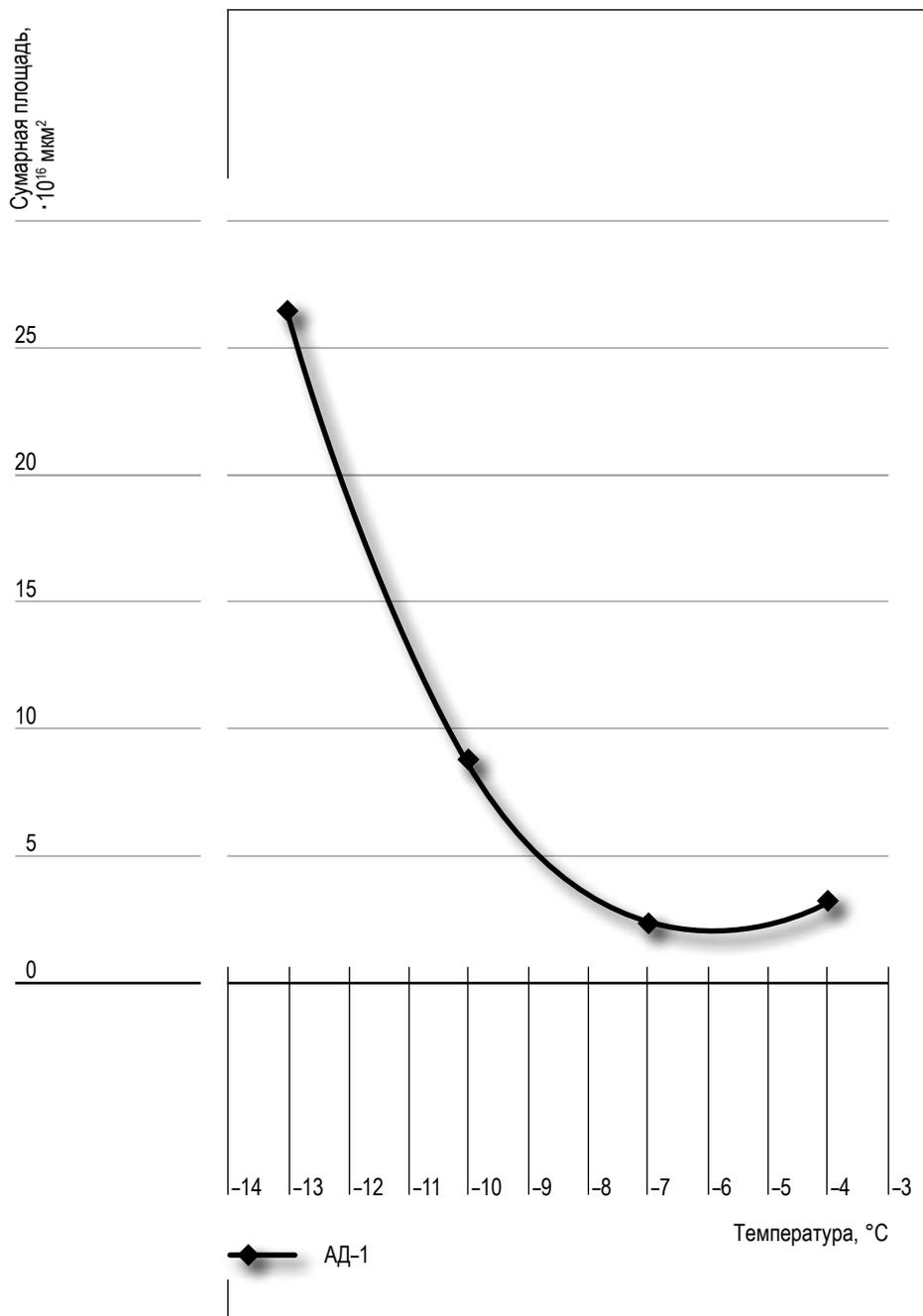


Рис. 6.

Распределение суммарной площади кристаллов, образовавшихся на кластерах из нанотрубок оксида цинка, по температуре.

Fig. 6. Distribution of the total area of crystals formed on clusters of zinc oxide nanotubes by temperature.

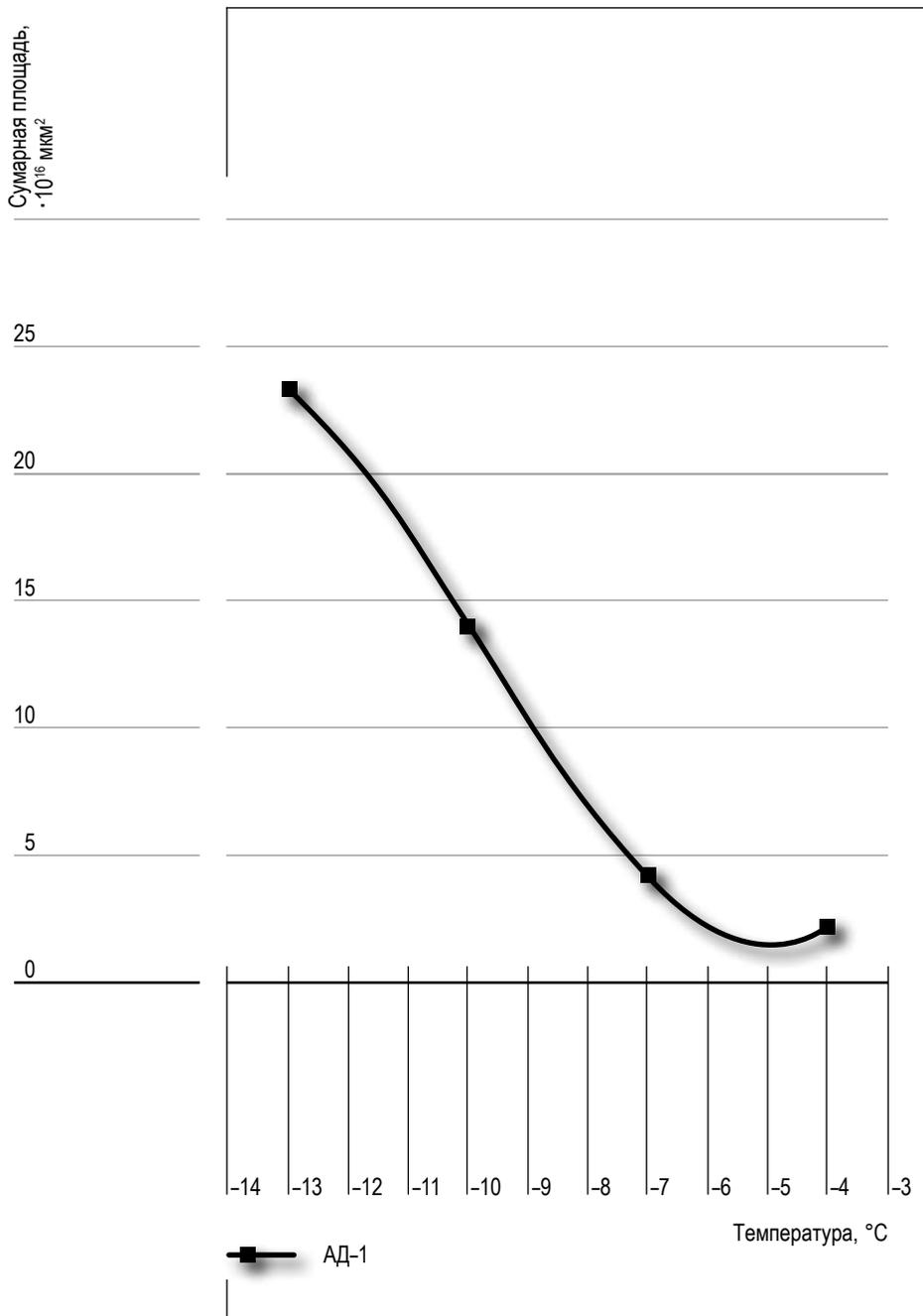


Рис. 7.

Распределение суммарной площади кристаллов, образовавшихся на частицах пиротехнического состава АД-1, по температуре.

Fig. 7. Distribution of the total area of crystals formed on particles of the pyrotechnic composition AD-1 by temperature.

При этом, как показали исследования, реагент на основе оксида цинка будет обладать высокой агрегируемостью исходных наночастиц. Как показано в работе [9], даже после непродолжительного хранения агрегаты могут достигать 1 мкм в диаметре. Поскольку применение наноразмерных реагентов в силу целого ряда их преимуществ перед пиротехническими составами представляется перспективным, то дальнейшие исследования при разработке таких реагентов следует направить на снижение степени их агрегируемости.

Выводы

В процессе лабораторных экспериментов выработана методика исследования льдообразующих свойств кластеров из нанотрубок оксида цинка.

При возгонке пиротехнического состава АД-1 образуются частицы, имеющие диаметр от 20 нм до 400 нм с модальным значением 70 нм. Практически 100 %-ная активность иодида серебра наблюдается при наличии частиц диаметром 50 нм. Кластеры оксида цинка имеют пористую рыхлую структуру, маленькую плотность и более крупные размеры, почти на два порядка превышающие размеры частиц йодистого серебра. На них формируются ледяные кристаллы бóльших размеров.

До 90 % ледяных кристаллов, образовавшихся на частицах пиросостава АД-1, имеет площадь поверхности до 10^4 мкм² при температурах от -9 до -14 °С. При температурах порядка $-3...-5$ °С доля ледяных кристаллов, имеющих площадь поверхности до $8 \cdot 10^3$ мкм², достигает 95 %. При температурах порядка $-6...-8$ °С формируются самые маленькие кристаллы, имеющие площадь поверхности, не превышающую $4 \cdot 10^3$ мкм².

Ледяные кристаллы, образовавшиеся на кластерах из нанотрубок оксида цинка, имеют бóльшие размеры. При температурах $-12...-14$ °С половина ледяных кристаллов имеет площадь от $6 \cdot 10^3$ до $2,2 \cdot 10^4$ мкм². В температурных диапазонах $-3...-5$ °С и $-9...-11$ °С 90 % ледяных кристаллов имеет площадь поверхности до 10^4 мкм². При температурах $-6...-8$ °С все кристаллы имеют площадь поверхности до $8 \cdot 10^3$ мкм².

Суммарная площадь кристаллов, образовавшихся на кластерах из нанотрубок оксида цинка, на порядок больше, чем суммарная площадь кристаллов, образовавшихся на частицах пиротехнического состава АД-1. Минимальное значение площадей для кластеров оксида цинка и для пиросостава АД-1 наблюдается при температурах $-4...-7$ °С. Результаты проведенных исследований показали, что реагент, состоящий из кластеров оксида цинка, полученных при возгонке цинка в среде водяного пара, по своим льдообразующим характеристикам сравним с пиротехническим составом АД-1 и может быть рекомендован к практическому применению. По стоимости такой реагент гораздо дешевле, чем реагенты на основе AgI.

Библиографический список

1. Абшаев А.М., Абшаев М.Т. и др. Руководство по организации и проведению противоградовых работ. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Нальчик, 2014. 315 с.
2. Аверкина А.С., Кондрашова Н.Б., Вальцифер В.А. Получение гибридных порошковых материалов AgI-SiO₂, их свойства и применение в качестве осадкопреобразующих реагентов // Вестник Технологического университета. 2022. Т. 25. № 7. С. 31–37.
3. Аликин В.Н., Вахрушев А.В., Голубчиков В.Б., Ермилов А.С., Липанов А.М., Серебренников С.Ю. Твердые топлива реактивных двигателей. М.: Машиностроение, 2011. 380 с.
4. Ватиашвили М.Р. Оценка влияния на окружающую среду йодистого серебра, применяемого в противоградовой защите // Наука. Инновации. Технологии. 2018. № 2. С. 7–24.
5. Гаджиева М.М. Содержание йода в атмосферных осадках в районе активных воздействий // Тр. ВГИ, 1987. Вып. 69. С. 87–92.
6. Данелян Б.Г., Абшаев М.Т., Абшаев А.М., Аджиев А.Х., Иванов В.Н., Дрофа А.С., Козлов В.Н. РД 52.11.850–2016. Термины и определения в области активных воздействий на гидрометеорологические процессы и явления / Введ. 2016-07-04. М.: ЦАО, 2016. 44 с.
7. Деннис А. Изменение погоды засевом облаков / пер. с англ. А.В. Лысака, Е.Д. Стукина. М.: Мир, 1983. 272 с.

8. Качурин Л.Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 455 с.
9. Ким Н.С., Корнеев В.П., Петрунин А.М., Частухин А.В., Воронин Е.Ф. Исследование эффективности наноразмерных порошкообразных льдообразующих реагентов // Гидрометеорология и экология. 2020. № 58. С. 31–40.
10. Ким Н.С., Корнеев В.П., Частухин А.В., Щукин Г.Г. Экологические аспекты российских технологий активных воздействий на облака // Ученые записки РГГМУ. 2016. № 46. С. 91–99.
11. Ким Н.С., Шилин А.Г., Поносков В.С., Резников М.С., Шакиров И.Н., Несмеянов П.А., Дубинин Б.Н., Стасенко В.Н., Корнеев В.П. Пиротехнический состав для активного воздействия на переохлажденные облака и туманы // Патент на изобретение RU 2309439 C1, 27.10.2007. Заявка №2006121150/28 от 14.06.2006.
12. Клочко Н.П., Хрипунов Г.С., Мягченко Ю.А., Мельничук Е.Е., Копач В.Р., Клепикова Е.С., Любовь В.Н., Копач А.В. Управление морфологией и свойствами наноструктур оксида цинка, изготавливаемых методом импульсного электрохимического осаждения // Журнал нанотехнологической физики. 2014. № 4. С. 21–29.
13. Колосков Б.П., Корнеев В.П., Щукин Г.Г. Методы и средства модификации облаков, осадков и туманов: моногр. СПб., 2012. 341 с.
14. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ. М.: Химия, 2000. 480 с.
15. Никулин В.Н., Чукин В.В., Садыкова А.Ф. Экспериментальные установки для исследования образования льда в атмосфере // Ученые записки РГГМУ. 2015. № 38. С. 102–112.
16. Таппасханов В.О., Хучунаев Б.М., Тлисов М.И., Хучунаев А.Б., Куповых Г.В. Предварительные результаты исследования конденсационных и льдообразующих свойств нанотрубок AgI и оксида цинка // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. № 6. 2014. С. 40–43.
17. Хучунаев Б.М., Куповых Г.В., Ташилова А.А., Теунова Н.В., Хучунаев А.Б., Будаев А.Х. Исследование льдообразующих свойств нанотрубок оксида цинка // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. 2018. № 4. С. 111–115.
18. Шилин А.Г., Хучунаев Б.М. Возможности увеличения эффективности пиротехнических генераторов льдообразу-

- ющего аэрозоля // Наука. Инновации. Технологии. 2022. № 1. С. 87–110.
19. Шилин В.А. Исследование процессов образования гляциогенных аэрозолей из систем с пониженным содержанием серебра: дис. ... канд. ф.-м. наук: 25.00.30. Нальчик, 2018. 129 с.
 20. Fukuta N. Paik Y. Water adsorption and ice nucleation on silver iodide surfaces // J. Appl. Phys. 2014. V. 141. P. 1092–1100.
 21. Khuchunaev B., Baysiev Kh-M., Gekkieva S., Budaev A. Researches of ice-forming efficiency of products of sublimation of pyrotechnic compositions consisting of Silver Iodide particles and Zinc Oxide nanotubes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1083. 012097.
 22. Pascal T.A., Goddard W.A., Jung Y. Entropy and the driving force for the filling of carbon nanotubes with water. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2011. Jul 19; 108(29):11794-8. doi: 10.1073/pnas.1108073108. Epub 2011 Jun 27. PMID: 21709268; PMCID: PMC3141970

References

1. Abshaev A.M., Abshaev M.T. et al. Guidelines for the organization and conduct of anti-hail works. Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet). Nalchik, 2014. 315 p. (In Russian).
2. Averkina A.S., Kondrashova N.B., Valcifer V.A. Obtaining hybrid powder materials AgI-SiO₂, their properties and application as sedimentary reagents // Bulletin of the Technological University. 2022. Vol. 25. No. 7. P. 31–37. (In Russian).
3. Alikin V.N., Vakhrushev A.V., Golubchikov V.B., Ermilov A.S., Lipanov A.M., Serebrennikov S.Yu. Solid propellants for jet engines. Moscow: Mashinostroenie, 2011. 380 p. (In Russian).
4. Vatiashvili M.R. Assessment of the environmental impact of silver iodide used in anti-hail protection // Science. Innovations. Technologies. No. 2. 2018. P. 7–24. (Russian).
5. Gadzhieva M.M. Iodine content in atmospheric precipitation in the area of active influences // Tr. VGI, 1987. Issue 69. P. 87–92. (In Russian).
6. Danelyan B.G., Abshaev M.T., Abshaev A.M., Adzhiev A.H., Ivanov V.N., Bustard A.S., Kozlov V.N. RD 52.11.850–2016. Terms and definitions in the field of active impacts on hydro-

- meteorological processes and phenomena / Introduction. 2016-07-04. Moscow: CAO, 2016. 44 p. (In Russian).
7. Dennis A. Changing the weather by seeding clouds / Translated from English by A.V. Lysaka, E.D. Stukina. M.: Mir, 1983. 272 p. (In Russian).
 8. Kachurin L.G. Physical bases of influence on atmospheric processes. L.: Hydrometeoizdat, 1978. 455 p. (In Russian).
 9. Kim N.S., Korneev V.P., Petrunin A.M., Chastukhin A.V., Voronin E.F. Investigation of the effectiveness of nanoscale powdered ice-forming reagents // Hydrometeorology and ecology. 2020. No. 58. P. 31–40. (In Russian).
 10. Kim N.S., Korneev V.P., Chastukhin A.V., Shchukin G.G. Ecological aspects of Russian technologies of active impacts on clouds // Scientific Notes of RSMU. 2016. No. 46. P. 91–99. (In Russian).
 11. Kim N.S., Shilin A.G., Ponosov V.S., Reznikov M.S., Shakirov I.N., Nesmeyanov P.A., Dubinin B.N., Stasenko V.N., Korneev V.P. Pyrotechnic composition for active exposure to supercooled clouds and fogs // Patent for invention RU 2309439 C1, 27.10.2007. Application No. 2006121150/28 dated 14.06.2006. (In Russian).
 12. Klochko N.P., Khripunov G.S., Myagchenko Yu.A., Melnichuk E.E., Kopach V.R., Klepikova E.S., Lyubov V.N., Kopach A.V. Management of morphology and properties of zinc oxide nanostructures manufactured by pulsed electrochemical deposition // Journal of nano and electronic physics. 2014. No. 4. P. 21–29. (In Russian).
 13. Koloskov B.P., Korneev V.P., Shchukin G.G. Methods and means of modification of clouds, precipitation and fogs: monogr. SPb., 2012. 341 p. (In Russian).
 14. Lidin R.A., Molochko V.A., Andreeva L.L. Chemical properties of inorganic substances. M.: Chemistry, 2000. 480 p. (In Russian).
 15. Nikulin V.N., Chukin V.V., Sadykova A.F. Experimental installations for the study of ice formation in the atmosphere // Scientific notes of RSHMU. 2015. № 38. P. 102–112. (Russian).
 16. Tappaskhanov V.O., Khuchunaev B.M., Tlisov M.I., Khuchunaev A.B., Kupovykh G.V. Preliminary results of the study of condensation and ice-forming properties of AgI nanotubes and zinc oxide // News of universities. North Caucasus region. No. 6. 2014. P. 40–43. (In Russian).

17. Khuchunaev B.M., Kupovykh G.V., Tashilova A.A., Teunova N.V., Khuchunaev A.B., Budaev A.H. Investigation of ice-forming properties of zinc oxide nanotubes // News of universities. North Caucasus region. 2018. No. 4. P. 111–115. (In Russian).
18. Shilin A.G., Khuchunaev B.M. Possibilities of increasing the efficiency of pyrotechnic generators of ice-forming aerosol // Science. Innovations. Technologies. No. 1. 2022. P. 87–110. (In Russian).
19. Shilin V.A. Investigation of the formation of glaciogenic aerosols from systems with a reduced silver content / dis. for the degree of Candidate of Sciences: 25.00.30. N., 2018. 129 p. (In Russian).
20. Fukuta N. Paik Y. Water adsorption and ice nucleation on silver iodide surfaces // J. Appl. Phys. 2014. No. 141. P. 1092–1100.
21. Khuchunaev B., Baysiev Kh-M., Gekkieva S., Budaev A. Researches of ice-forming efficiency of products of sublimation of pyrotechnic compositions consisting of Silver Iodide particles and Zinc Oxide nanotubes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1083. 012097.
22. Pascal T.A., Goddard W.A., Jung Y. Entropy and the driving force for the filling of carbon nanotubes with water. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2011. Jul 19; 108(29):11794-8. DOI: 10.1073/pnas.1108073108. Epub 2011 Jun 27. PMID: 21709268; PMCID: PMC3141970

**Поступила в редакцию 12.11.2022,
принята к публикации 24.01.2023.**

Об авторах

Хучунаев Бузигит Муссаевич, д-р физ.-мат. наук, зав. лаб. Высокогорный геофизический институт.

E-mail: buzgigit@mail.ru

Будаев Алим Хадисович, МНС лаб. Высокогорный геофизический институт.

E-mail: budayalim@yandex.ru

Тумгоева Хадижат Абукаровна, канд. физ.-мат. наук. Ингушский государственный университет.

E-mail: tumgoeva_75@mail.ru

About the authors

Khuchunaev Buzigit Mussayevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory, High-Mountain Geophysical Institute.

E-mail: buzgigit@mail.ru

Budaev Alim Hadisovich, Junior Researcher of the Laboratory of Clouds Microphysics High-Mountain Geophysical Institute.

E-mail: budayalim@yandex.ru

Tumgoeva Khadizhat Abukarovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Ingush State University.

E-mail: tumgoeva_75@mail.ru

1.6.21
УДК 504.064.36
DOI:

ГЕОЭКОЛОГИЯ
МОНИТОРИНГ И МОНИТОРИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ
10.37493/2308-4758.2023.1.5

**Бегдай И. В.,
Бондарь Е. В.,
Харина Е. И.,
Еремеева Я. В.,
Гасюкова М. В.**

Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь,
Россия

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РОДНИКОВ Г. СТАВРОПОЛЯ КАК ОБЪЕКТА РЕЗЕРВНОГО ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ

Введение.

В данной работе представлены результаты мониторинга природных родниковых вод г. Ставрополя. Комплексный анализ включал проведение гидрохимического и микробиологического анализов. Собственные исследования проб родниковой воды проводили в течение осени – весны 2021–2022 гг., всего проанализировано 45 проб из пяти родников г. Ставрополя – Корыта, Чаша, Михайловский, Холодный и Серафима Саровского.

Материалы и методы

исследований.

Отбор проб осуществлялся согласно ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Гидрохимический и микробиологический анализ проводился в соответствии требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников», предъявляемых к качеству воды нецентрализованного водоснабжения.

Результаты исследований

и их обсуждение.

По результатам гидрохимического анализа качества воды обнаружено загрязнение Cd, Pb, Ni, Fe во все периоды исследования. Также отмечено превышение нормы по показателям хлоридов весной 2022 г. во всех родниках. Выяснили, что ИЗВ и ОМЧ значительно меняются как по датам отбора проб, так и по родникам. Наибольший показатель ИЗВ отмечен для Михайловского родника весной 2022 г., а ОМЧ для всех родников не превышает допустимой величины.

Выводы.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что использование родниковой воды г. Ставрополе в случае чрезвычайной ситуации без рисков для здоровья населения возможно только из родников – Корыта, Чаша и Холодный, но с предварительной дополнительной очисткой и в течение непродолжительного времени.

Ключевые слова:

источник питьевого водоснабжения, качество родниковой воды, тяжелые металлы, мониторинг.

**Begdai I. V.,
Bondar E. V.,
Harina E. V.,
Yeremeeva Y. V.,
Gasuykova M. V.**

North Caucasus Federal University,
Stavropol,
Russia

Springs of Stavropol as a Reserve Water Supply Facility and Ecological Monitoring of Springs of Stavropol

- Introduction.** This paper presents the results of monitoring the natural spring waters of Stavropol. The complex analysis includes hydrochemical and microbiological analyses. The research of spring water samples was carried out in a period from autumn to spring, 2021–2022, a total of 45 samples from five springs in Stavropol were analyzed – Koryta, Chasha, Mikhaylovskiy, Kholodnyy and Serafima Sarovskogo.
- Materials and research methods.** Sampling was carried out in accordance with GOST 31861-2012. Water. General requirements for sampling. Hydrochemical and microbiological analysis was carried out in accordance with SanPiN 2.1.4.1175-02. Hygienic requirements for the quality of water of non-centralized water supply. Sanitary protection of sources.
- Research results and their discussion.** According to the results of hydrochemical analysis of water quality, contamination of Cd, Pb, Ni, Fe was detected during all periods of the study. There was also an excess of the norm in terms of chlorides in all springs in spring, 2022. It was determined that the WPI and quantitative estimation of microorganisms vary significantly both by sampling dates and by springs. The highest rate of WPI was noted for the Mikhaylovskiy spring in the spring of 2022, and quantitative estimation of microorganisms does not exceed acceptable limits.
- Conclusions.** As a result of the conducted research, it can be concluded that the use of spring water in Stavropol in case of an emergency without risks to public health is possible only from springs – Koryta, Chasha and Kholodnyy, but with preliminary additional cleaning and for a short time.
- Key words:** source of drinking water supply, spring water quality, heavy metals, monitoring

Введение

Жители Ставрополя с начала его основания использовали воду из многочисленных городских родников. Только к концу 60-х годов XX века были закрыты все родниковые водопроводы. На данный момент функции слежения за качеством воды отдельных родников и мониторингом их состояния возложены в первую очередь на Управление Роспотребнадзора по Ставропольскому краю в

рамках государственного санитарно-эпидемиологического надзора, но последние опубликованные данные за 2016 год охватывают лишь четыре родника. Более ранние сведения о химическом составе родниковых вод содержатся в Экологическом паспорте г. Ставрополя (1995) [16] и в работах И.В. Бегдай, Н.Е. Перекопской, Е.В. Бондарь (2015, 2016) [1, 7].

Химический состав родниковой воды — результат сложных гидрогеохимических и биологических процессов, происходящих в системе «грунт – подземные воды – порода» [17, 18, 20]. В связи с возрастающим техногенным воздействием, возникает необходимость поиска альтернативных источников водоснабжения в случае чрезвычайной ситуации. Ими и могут стать родники, питавшие город на протяжении почти двухсот лет [5, 10, 15, 19].

Роснедра и Росводресурсы приступили к осуществлению федерального проекта, одной из задач которого является создание единого реестра питьевого водоснабжения. Ставропольский край включен в данный проект в качестве «пилотного» региона.

Целью исследования является комплексный мониторинг качества родниковых вод г. Ставрополя для выявления степени пригодности для питьевого водоснабжения в случае ЧС.

Материалы и методы исследований

Для исследования были выбраны пять родников, расположенных в разных административных районах и условиях города Ставрополя. Так, родники Корята, Михайловский и Холодный расположены в Промышленном районе, Серафима Саровского — в Октябрьском. Они находятся в непосредственной близости к жилой застройке, что делает их доступными и часто посещаемыми туристами и местными жителями. Родник Чаша (Круглый) размещен в Мамайском лесу в Ленинском районе города (рис. 1).

В основу комплексного мониторинга экологического состояния родниковых вод г. Ставрополя были взяты результаты средних значений качественных и количественных характеристик, полученных Н.Е. Перекопской, И.В. Бегдай, Е.В. Бондарь в 2015 и 2016 гг. [1, 7].

Собственные исследования качества воды по гидрохимическим показателям воды из родников проводились осенью 2021 г., зимой и весной 2022 г. Исследования проводились на базе научно-

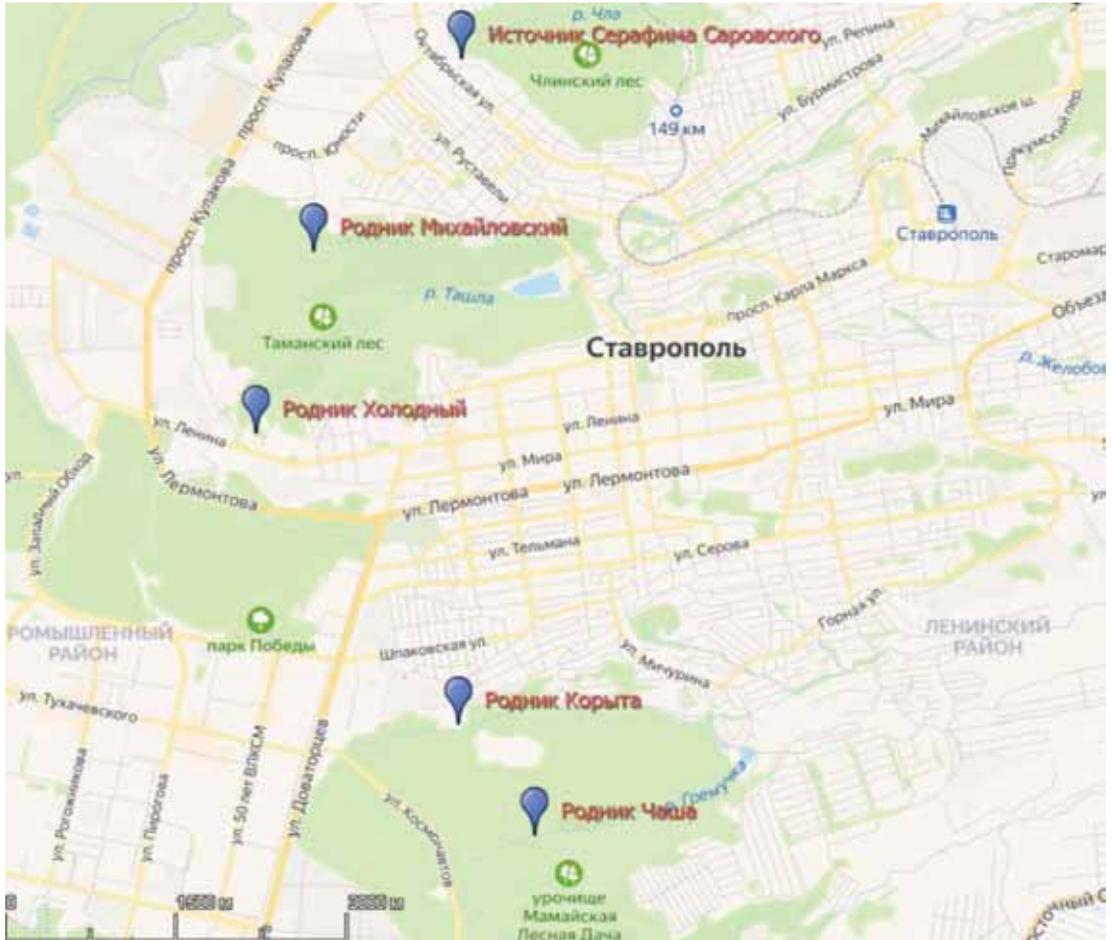


Рис. 1.

Схема расположения точек отбора проб родниковой воды (Yandex-Карта).

Fig. 2. Layout of spring water sampling points (Yandex-Maps).

учебной экоаналитической лаборатории Северо-Кавказского федерального университета как в 2015 г., так и в 2021–2022 гг. Отбор проб осуществлялся согласно ГОСТ 31861–2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [2]. Экспериментальным методом определены запах, вкус и прозрачность согласно ГОСТ Р 57164–2016 «Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности» [4].

В соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1175–02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» [2], предъявляемыми к качеству воды нецентрализованного водоснабжения, были определены химические показатели. СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [13] для химических показателей, так как их нормативы соответствуют тем, что приняты для источников нецентрализованного водоснабжения.

Определение общей жесткости отобранной воды осуществлялось в соответствии с ГОСТ 31954–2012 «Вода питьевая. Методы определения жесткости» [3]. Определение содержания хлоридов в воде производилось по методу Мора согласно РД 52.24.407–2017 «Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика измерений argentометрическим методом» [12]. Определение нитритного азота и сульфат-ионов — в соответствии с РД 52.24.381–2006 «Массовая концентрация нитритов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса» [11] и ПНД Ф 14.1:2.159–2000 «Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом» соответственно [8]. Концентрацию нитритов и сульфатов рассчитывают по калибровочному графику, построенному спектрофотометром Genesys 10S UV-Vis.

Установление наличия загрязнения родников тяжелыми металлами (Co, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe, Cd, Pb) проводили с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с атомизацией в пламени iCE 3300 (Thermo Scientific) согласно ПНД Ф 14.1:2.4.139–98 «Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектрометрии» [9].

Все исследования проведены в трехкратной повторности, среднеквадратичное отклонение не выше 0,5, коэффициент корреляции градуировочного графика каждого из анализов составил $r = 0,999$. Для каждого из полученных значений проведен контроль точности полученных результатов по показателю стандартной относительной неопределенности в соответствии с требованиями внутрилабораторного контроля, действующего на территории Российской Федерации.

Статистическая обработка полученных результатов осуществлена с использованием прикладных программных пакетов «Statistica for Windows v.6» и программного продукта «Microsoft Excel 2016». Оценки качества и пригодности использования воды из природных источников проведены на основании интегральных комплексных показателей – ранжирование воды из родников по количеству загрязняющих веществ, индекс загрязнения воды (ИЗВ). Следует учитывать, что в настоящее время в Российской Федерации нет общепринятой комплексной системы оценки качества родниковой воды, используемой для питьевого водоснабжения, а только для поверхностных водных объектов. В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации родники относятся к группе поверхностных, хотя большинство ученых причисляют их к подземным водам.

Для анализа образцов использовали предельно допустимые концентрации содержания веществ в воде (ПДК) в соответствии с СанПиН 2.1.4.1175–02 для органолептических показателей [14] и СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» для химических показателей [13], так как их нормативы соответствуют тем, что приняты для источников нецентрализованного водоснабжения.

Микробиологическая оценка вод природных источников включала определение общего числа мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (ОМЧ). Исследования проводились на базе учебной лаборатории микробиологии базовой кафедры микробиологии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета. При выполнении микробиологических исследований руководствовались МУК 4.2.1018–01 «Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды» [6].

Результаты исследований и их обсуждение

Собственные исследования проб родниковой воды проходили в течение срока — с осени 2021 г. по зиму–весну 2022 г. Всего проанализировано 45 проб из пяти родников г. Ставрополя — Корыта, Чаша, Михайловский, Холодный и Серафима Саровского. Бактериологический анализ показал, что ОМЧ в источниках Травертиновый, Корыта, Михайловский и Чаша составил менее 1 КОЕ/мл, в Холодном роднике 8 КОЕ/мл, в источнике Серафима Саровского 10 КОЕ/мл. Все эти показатели являются нормой по СанПиН [14].

Результаты исследования гидрохимического анализа родниковой воды за 2021–2022 гг. представлены в таблице 1.

В ходе проведения лабораторных исследований установлено, что по температурному режиму воды всех исследованных родников — холодные, колебания по сезонам выражены слабо, по значению рН источники относятся к слабощелочным и не превышают ПДК.

Вода из родников Корыта, Холодный и Серафима Саровского остается в пределах значения, соответствующего категории нормально пресных вод. За тот же период в роднике Чаша наблюдается уменьшение степени минерализации от пресноватых до нормально-пресных. В Михайловском роднике наоборот, отмечено увеличение от нормально-пресных до пресноватых. Такое колебание показателей связано с интенсивным выпадением осадков в период отбора проб, а также увеличением в источниках концентрации хлоридов.

Во всех родниках на протяжении периода наблюдения сохранялась общая закономерность повышения содержания хлоридов. При исследовании проб, отобранных весной, зафиксировано превышение содержания хлоридов во всех родниках практически в 2 раза выше нормы ПДК. Увеличение концентрации связано с очень сильной миграционной способностью этого элемента, связанной со слабой сорбцией, легкой растворимостью и малым потреблением живыми организмами. Поэтому концентрация ионов хлорида в воде подвержено сильным колебаниям как сезонным, так и суточным. Содержание нитритов во всех пробах соответствует норме.

Ярко выражено изменение содержания растворенного кислорода в воде родников по сезонам. Самые высокие показатели зафиксированы осенью, самые низкие зимой 2022 г., что укладывается в нормы СанПиН. Растворенный кислород поступает в родниковые

Таблица 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОБ РОДНИКОВОЙ ВОДЫ
Г. СТАВРОПОЛЯ 2021–2022 ГГ.Table 1. Results of hydrochemical analysis of spring water samples in Stavropol
2021–2022

Показатели, ед. изм.	Корыта			Чаша			Холодный
	осень	зима	весна	осень	зима	весна	осень
ОБЩИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ							
pH, ед. pH	8,15±0,05	8,22±0,05	8,47±0,05	8,32±0,05	8,45±0,05	8,47±0,05	7,62±0,05
Жесткость, мг-экв/л	2,48±0,04	10,35±0,04	6,19±0,03	4,52±0,04	5,36±0,04	6,12±0,03	4,25±0,02
Электропроводность, $\mu\text{S}/\text{cm}$	774,1±0,05	787,3±0,05	891,3±0,05	777,4±0,05	524±0,05	588,5±0,05	362,3±0,05
Минерализация, мг/л	492,6±0,02	501,3±0,03	570,4±0,06	497,5±0,03	335,4±0,04	376,6±0,02	231,8±0,04
Растворенный кислород, мг/л	10,08±0,5	6,97±0,5	5,37±0,5	14,24±0,5	8,5±0,5	7,92±0,5	12,78±0,5
Прозрачность, см	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30
Запах, баллы	1	1	1	0	0	1	2
Вкус и привкус, баллы	2	1	3	2	1	3	3
Температура, °C	11,7 ±0,5	11,5±0,5	12,5±0,5	10,1±0,5	10,1±0,5	10,2±0,5	9,1±0,5
КАТИОНЫ							
Fe, мг/л	0,9845	0,0261	0,1457	0,4852	0,0653	0,0047	0,5343
Mn, мг/л	0,0139	0,0174	0,0175	0,0100	0,0107	0,017	0,0191
АНИОНЫ							
NO ₂ , мг/л	0,32±0,01	0,0163±0,03	0,0181±0,05	0,32±0,01	0,0124±0,02	0,0162±0,01	0,52±0,1
SO ₄ , мг/л	123,5±0,01	69,5±0,02	48,0±0,01	43,75±0,01	8,0±0,01	18,5±0,01	128,2±0,002
Cl, мг/л	110,05±0,004	99,04±0,003	598,5±0,002	78,1±0,003	60,1±0,004	603,5±0,005	106,5±0,04
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ							
Cu, мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Cd, мг/л	0,0047	0,0083	0,0091	0,0062	0,0077	0,0072	0,0132
Co, мг/л	0,0028	0,0124	0,0081	0,0128	0,0109	0,0019	0,0071
Ni, мг/л	0,0754	0,0038	0,3102	0,4541	0,0166	0,0104	0,1135
Pb, мг/л	0,0699	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Zn, мг/л	н/о	0,0066	0,0036	н/о	0,0011	н/о	н/о

		Михайловский			Серафима Саровского			ПДК
зима	весна	осень	зима	весна	осень	зима	весна	
8,14±0,05	8,24±0,05	7,54±0,05	7,95±0,05	8,23±0,5	7,73±0,05	7,81±0,05	8,19±0,05	6,0–9,0
5,11±0,03	8,05±0,05	5,64±0,03	8,25±0,02	8,23±0,01	3,44±0,05	4,92±0,04	9,95±0,02	7,0–10,0
731,8±0,05	795,9±0,05	516,1±0,05	1013±0,05	1172±0,05	370,6±0,05	395,5±0,05	841,2±0,05	не норм.
468,3±0,05	498,5±0,03	330,6±0,002	648,3±0,004	750,1±0,003	237,2±0,03	197,7±0,04	538,4±0,05	1000
7,62±0,5	8,68±0,5	12,26±0,5	8,2±0,5	8,7±0,5	7,77±0,5	4,47±0,5	6,55±0,5	> 4
> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30
1	1	0	0	1	1	1	1	2–3
1	3	1	1	3	1	1	2	2–3
8,2±0,5	12,9±0,5	10,1±0,5	8,2±0,5	9,1±0,5	11,9±0,5	11,8±0,5	12,9±0,5	не норм.
0,0261	0,0794	0,3531	0,3268	1,2843	2,2135	0,1135	0,032	0,3
0,0174	0,0087	0,0066	0,0011	0,01	0,0327	0,0068	0,034	0,1
0,0182±0,2	0,013±0,1	0,39±0,03	0,0132±0,04	0,0119±0,03	0,36±0,1	0,0123±0,2	0,014±0,1	3,0
107,5±0,005	93,5±0,001	165,5±0,01	65,2±0,02	24,5±0,01	113,2±0,01	78,5±0,02	74,2±0,01	500,0
85,2±0,05	614,51±0,01	177,5±0,05	159,1±0,01	614,15±0,04	92,3±0,01	102,1±0,03	610,4±0,05	350,0
н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	1,0
0,0038	0,0169	0,0113	0,0068	0,0075	0,0138	0,0151	0,006	0,001
0,0005	0,0119	0,0086	0,0115	0,0134	0,0039	0,0071	0,0088	0,1
н/о	0,0135	0,9101	0,0438	7,6667	0,6503	0,0241	0,028	0,1
н/о	0,0151	0,0136	н/о	н/о	0,0151	0,0211	н/о	0,03
0,0994	0,2545	н/о	н/о	н/о	н/о	0,0503	0,048	5,0

воды благодаря адсорбции из атмосферы, а также поступления в источник с дождевыми и снеговыми водами, поэтому наибольшая ее концентрация отмечена в переходный период (осенью). Общая жесткость во всех пробах не превышает ПДК. Вода родников в течение периода исследований изменяется от умеренно-жестких до очень жестких. Большие колебания жесткости воды в источниках объясняется погодными условиями во время отбора и спецификой геохимического состава водовмещающих пород.

По органолептическим показателям вода всех исследуемых источников соответствует санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам. Но осенью и весной из-за высокого содержания железа и хлоридов в пробах воды отмечен вяжущий и соленый вкус, ухудшающий органолептические свойства. Наиболее проблемными и критическими показателями загрязненности воды родников являются тяжелые металлы: Cd, Ni, Fe и Pb, эти показатели имеют устойчивый характер. Мониторинговые исследования гидрохимического состава воды родника Корята показали плавный рост концентрации Cd с превышением ПДК. Pb был обнаружен только осенью с превышением нормы. Колебания Fe связано с высоким содержанием растворенного кислорода осенью, его значение в этот период превысило в 3 раза ПДК. Концентрация Ni в осенне-зимний период оставалась в пределах нормы, весной значение увеличилось до 3 ПДК.

Родник Чаша отличается меньшим количеством случаев превышения ПДК по химическим веществам по сравнению с остальными. Наибольшие концентрации Fe и Ni выше ПДК зафиксированы осенью, наименьшие – весной. Содержание Cd во всех пробах оставалось выше нормы ПДК в 5–7 раз. В воде Михайловского родника зафиксировано превышение по Cd (до 11 ПДК осенью) и Ni (до 76 ПДК весной). Также наблюдается тенденция увеличения содержания Fe от 1,2 до 7,5 ПДК. Такое резкое повышение за короткий период времени может свидетельствовать, о появлении источника загрязнения.

Наибольшие концентрации Fe и Ni зафиксированы в осенних пробах родника Холодный с превышением нормы в 1,7 и 1,1 раза соответственно. Во всех пробах обнаружен Cd превышающий ПДК, высокие показатели отмечены весной (17 ПДК), низкие – зимой (3,8 ПДК). По содержанию Fe источник Серафима Саровского отлича-

ется от других наибольшими показателями. Превышение Cd наблюдается во всех пробах и достигает наибольшего значения зимой (15 ПДК). Высокое содержание Ni в 6,5 ПДК обнаружено осенью, далее его концентрация уменьшается, но все еще превышает норму. Уровень концентрации Pb оставался стабильно высоким для источника до весеннего периода, на тот момент он не был обнаружен вообще.

Таким образом, во всех пяти исследуемых родниках наблюдаются колебания содержания тяжелых металлов, что обуславливается благоприятными слабощелочными условиями для их осаждения в форме нерастворимых гидроксидов, карбонатов и других солей, а также химическим составом водовмещающих пород, эрозийными процессами, ливневыми стоками. По результатам исследования проведено ранжирование родниковых вод г. Ставрополя, на основе присвоения баллов каждому загрязняющему веществу. Для каждого родника были рассчитаны баллы по сезонам и выведены средние значения и индекс загрязнения воды (ИЗВ) (табл. 2).

Согласно общепринятой классификации, к токсичным и трудно выводимым элементам относятся Pb и Cd, которые были обнаружены во всех пробах родниковой воды и они значительно превышают нормы ПДК. Из токсичных легко выводимых в родниках содержатся — Ni, Mn, NO₂. Эти вещества также были обнаружены во всех пяти источниках. Наибольшие концентрации никеля отмечены в Михайловском роднике. Из биогенных зафиксированы Fe, Co, Zn. Концентрация Co и Zn не превышает нормы. Осенью 2021 г. во всех пробах отмечены колебания содержания Fe с превышением ПДК. К биогенным веществам также относится Cu, которая не была обнаружена в образцах родниковой воды.

Ранжирование качества родниковых вод г. Ставрополя показало, что наибольшее количество загрязняющих веществ содержится в роднике Михайловском, а наименьшее – в Чаше. Для оценки качества и пригодности использования воды из природных источников был взят на вооружение индекс загрязнения воды (ИЗВ), рассчитанный для каждого родника в период исследований 2021–2022 гг. и проведено сравнение с ранее полученными данными 2015 г. (рис. 2).

Расчет интегральных показателей качества воды помог понять, что ухудшение качества воды родников в городе наблюдается осенью 2021 г. и весной 2022 г. Минимальные значения ИЗВ

Таблица 2. РАНЖИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА РОДНИКОВЫХ ВОД Г. СТАВРОПОЛЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ В НИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
Table 2. Ranking of the quality of spring waters of Stavropol by the content of pollutants in them

№	Название родника	Место расположения родника	Содержание ЗВ, балл
1	Чаша	Урочище Мамайская лесная дача	16,0
2	Корыта	Урочище родника Корыта	18,7
3	Холодный	Урочище Таманская лесная дача	21,6
4	Серафима Саровского	Храм Преподобного Серафима Саровского Чудотворца	14,2
5	Михайловский	Урочище Таманская лесная дача	25,0

отмечены в 2015 г. и зимой 2022 г. для родников – Корыта, Чаша и Холодного, воды можно отнести к умеренно-загрязненным и загрязненным с минимальным экологическим риском. Высокие показатели ИЗВ Михайловского родника объяснимы значительным увеличением концентрации никеля (76 ПДК) весной 2022 г. Источник Серафима Саровского наиболее загрязнен осенью 2021 г. и зимой 2022 г. в связи с увеличением содержания в воде таких металлов как Cd, Pb, Fe.

Наименьшие значения ИЗВ принадлежат роднику Чаша, он является относительно чистым по сравнению с остальными, так как менее подвержен антропогенному воздействию из-за своего расположения в глубине лесного массива, вдали от селитебной зоны, автодорог и промышленных предприятий. Кроме загрязнения вод тяжелыми металлами и хлоридами, зафиксировано несоответствие обустройства каптажных камер по СанПиН 2.1.4.1175–02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водо-

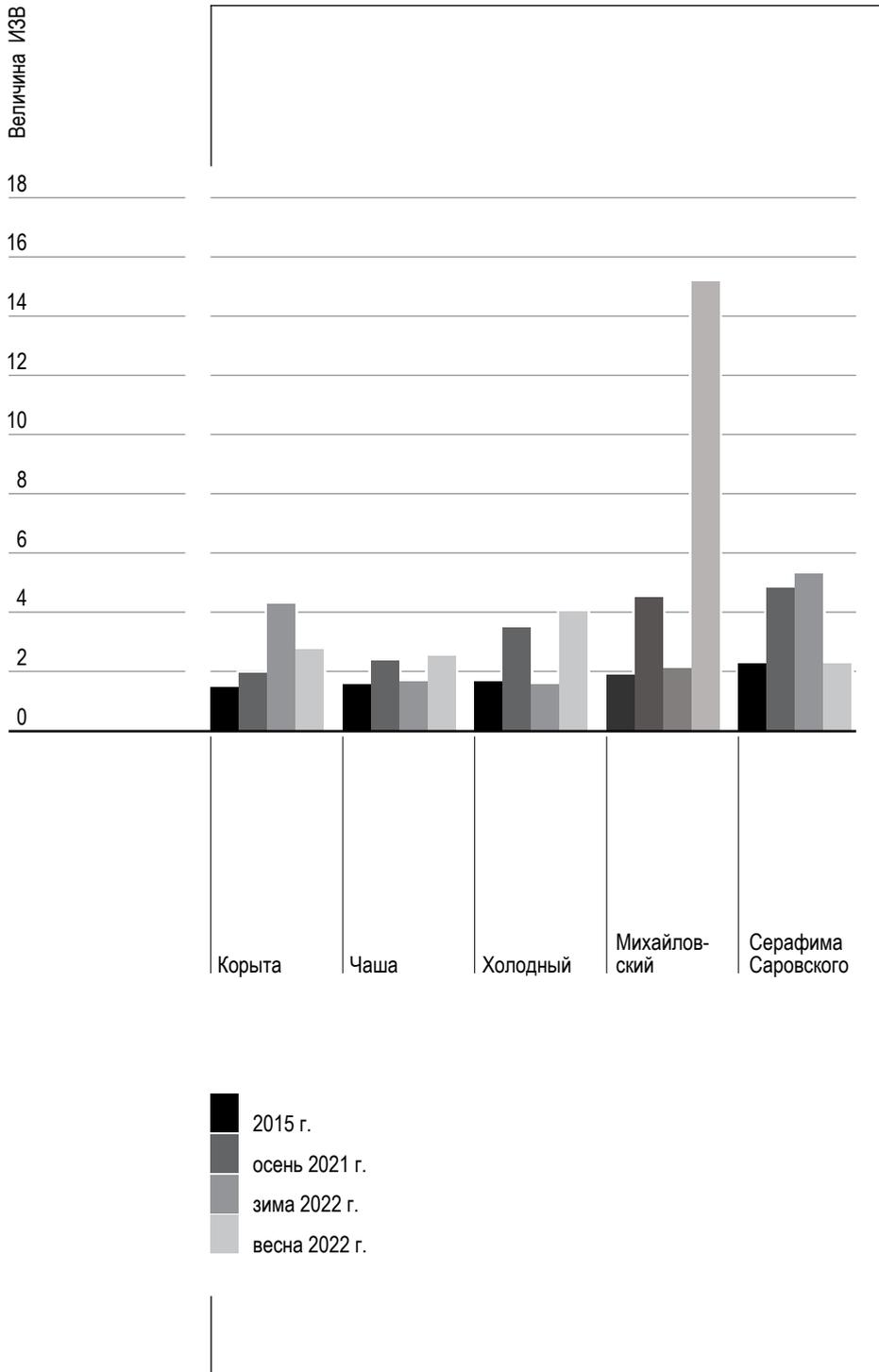


Рис. 2.

Индекс загрязнения воды родников г. Ставрополя.

Fig. 2. Water Pollution Index of water springs in Stavropol.

снабжения. Санитарная охрана» [14] для родников Чаша, Михайловский, Серафима Саровского и Холодного.

Таким образом, во всех пяти родниках на протяжении периода мониторинга с осени 2021 г. по зиму – весну 2022 г. отмечено загрязнение тяжелыми металлами, их концентрации значительно превышают предельно-допустимые концентрации. Индекс загрязнения воды не является постоянной величиной и значительно меняется как по датам отбора проб, так и по родникам. Их большинство относится к умеренно-загрязненным и загрязненным. Михайловский родник – чрезвычайно грязный. Использование воды из источников Серафима Саровского и Михайловский даже в случае чрезвычайной ситуации опасно для здоровья. Употребление воды с предварительной очисткой возможно в течение непродолжительного времени из родников – Корята, Чаша, Холодный.

Выводы

На территории г. Ставрополя находятся несколько десятков родников. Некоторые из них являются памятниками природы краевого значения, другие – местом отдыха и паломничества, как источник Серафима Саровского. По результатам гидрохимического анализа качества воды обнаружено загрязнение тяжелыми металлами (Cd, Pb, Ni, Fe) во все периоды исследования с 2015 г. по 2022 г. Также отмечено превышение нормы по хлоридам весной 2022 г. во всех родниках. Выяснили, что ИЗВ не является постоянной величиной и значительно меняется как по датам отбора проб, так и по родникам. Наибольший показатель ИЗВ отмечен для Михайловского родника весной 2022 г., наименьший для Корята и Чаши по сравнению с данными полученными ранее в 2015 г., что свидетельствует об ухудшении качества воды родников.

Требованиям СанПиНа 2.1.4.1175–02 соответствует только родник Корята. По сравнению с 2015 г. значительно улучшилось его благоустройство. Для остальных источников необходимо провести работы по обустройству в соответствии с нормативом СанПин [14]. По результатам бактериологического анализа качества воды отмечены значительные колебания показателя ОМЧ. Изменения отмечены как посезонно, так и по родникам. Сезонные колебания связаны с физиологической активностью микроорганизмов в раз-

ное время года, однако эти показатели не превышают допустимых значений.

Таким образом, использование родниковой воды г. Ставрополе в случае чрезвычайной ситуации без рисков для здоровья населения возможно только из родников – Корята, Чаша и Холодный, но с предварительной дополнительной очисткой и в течение непродолжительного времени.

Библиографический список

1. Бегдай И.В. Бондарь Е.В., Перекопская Н.Е. Исследование загрязнения родников города Ставрополя методом факторного анализа // Наука. Инновации. Технологии. 2016. № 2. С. 77–88.
2. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М., Стандартинформ, 2019. 31 с.
3. ГОСТ 31954-2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости воды. – Введ. 2014.01.01. М.: Стандартинформ, 2018. 18 с.
4. ГОСТ Р 57164-2016. Вода питьевая. методы определения запаха, вкуса и мутности. – Введ. 2018.01.01. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с.
5. Еремина А.В. Университетские родники г. Томска: состав и особенности обустройства // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4–8 апреля 2016 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР); Общество инженеров-нефтяников, международная некоммерческая организация, Студенческий чаптер; Под редакцией А. Ю. Дмитриева. Т. 1. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. С. 648–650.
6. МУК 4.2.1018-01. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды. – Введ. 2001.07.01. М., 2001. 32 с.
7. Перекопская Н.Е., Бондарь Е.В. Гидрохимическая характеристика родниковых вод города Ставрополя // Научно-исследовательские публикации. 2015. № 2(22). С. 53–58.

8. ПНД Ф 14.1:2.159-2000. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом. М., 2000. 14 с.
9. ПНД Ф 14.1:2:4.139-98. Методика измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектрометрии. М., 1998. 24 с.
10. Попова З.И., Круглова А.П., Якунин А.А. Оценка качества воды родников г. Рязань // Биозкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы: Материалы 6-й Международной научно-практической конференции, посвящённой 105-летию со дня рождения д-ра биол. наук, профессора В.Е. Тимофеева и 95-летию со дня рождения канд. биол. наук, доцента А.И. Борисовой, Самара, 15 ноября 2017 года / отв. редактор С.И. Павлов. Самара: Самарский государственный социально-педагогический университет, 2017. С. 230–234.
11. РД 52.24.381-2006. Массовая концентрация нитритов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. Ростов-на-Дону, 2006. 27 с.
12. РД 52.24.407-2017 «Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика измерений аргентометрическим методом». Ростов-на-Дону, 2017. 28 с.
13. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 2002. 62 с.
14. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. М., 2002. 17 с.
15. Соболева О.А., Анищенко Л.Н. Оценка родниковых вод Брянской области по данным эколого-химического и фитотоксикологического анализов // Экологическая химия. 2022. Т. 31. № 1. С. 40–45.
16. Экологический паспорт г. Ставрополя. Ландшафт. Ставрополь: Орфей, 1995. 78 с.
17. Abdesselam S., Halitim A., Jan A. et al. Anthropogenic contamination of groundwater with nitrate in arid region: case study of southern Hodna (Algeria). *Environ Earth Sci* 70, 2013, 2129–2141. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1834-5>.
18. Ashbolt N.J., Grabow W., Snozzi M. Indicators of microbial

- water quality. In *Water Quality: Guidelines, standards and health – assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*, (eds. L. Fewtrell and J. Bartram), 2001. P. 289–315, IWA, London.
19. Soulsby C., Chen M., Malcolm R. Towards groundwater protection in the UK: problems of integrating science and policy. In *Water Quality: Processes and policy*, (eds. S.T. Trudgill, D.E. Walling and B.W. Webb), 1999. P. 151–179, John Wiley & Sons, Chichester.
 20. Szczucińska A. Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors. *Environ Earth Sci* 75, 2016, 712. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5548-y>.

References

1. Begdai I.V., Bondar E.V., Perekopskaya N.E. Investigation of pollution of springs of Stavropol by factor analysis method // *Science. Innovations. Technologies*. 2016. No. 2. P. 77–88. (In Russ.).
2. GOST 31861-2012. Water. General requirements for sampling. M., Standartinform, 2019. 31 p. (In Russ.).
3. GOST 31954-2012. Drinking water. Methods for determining water hardness. – introduction. 2014.01.01. M.: Standartinform, 2018. 18 p. (In Russ.).
4. GOST R 57164-2016. Drinking water. methods for determining odor, taste and turbidity. – introduction. 2018.01.01. M.: Standartinform, 2019. 23 p. (In Russ.).
1. Yeremina A.V. University springs of Tomsk: composition and improvement features // *Problems of geology and subsoil development : proceedings of the XX International Symposium named after Academician M.A. Usov of students and young scientists dedicated to the 120th anniversary of the founding of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 4–8 April 2016 / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU), Institute of Natural Resources (IPR); Society of Petroleum Engineers, international non-profit organization, Student Chapter; Editor A. U. Dmitriev. Part 1. Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University, 2016. P. 648–650. (In Russ.).*
2. MUC 4.2.1018-01 Methodical instructions. Control methods. Biological and microbiological factors. Sanitary and microbiological analysis of drinking water. 2001.07.01. Moscow, 2001. 32 p. (In Russ.).

7. Perekopskaya N.E., Bondar E.V. Hydrochemical characteristics of spring waters of the city of Stavropol // Scientific research publications. 2015. № 2(22). P. 53–58. (In Russ.).
8. Federal environmental regulations. 14.1:2.159-2000. The method of measuring the mass concentration of sulfate ions in samples of natural and wastewater turbidimetric method. Moscow, 2000. 14 p. (In Russ.).
9. Federal environmental regulations. 14.1:2:4.139-98. The method of measuring the mass concentrations of cobalt, nickel, copper, zinc, chromium, manganese, iron, silver, cadmium and lead in samples of drinking, natural and wastewater by atomic absorption spectrometry. Moscow, 1998. 24 p. (In Russ.).
10. Popova Z.I., Kruglova A.P., Yakunin A.A. Assessment of the water quality of springs in Ryazan // Bioecological local lore: world, Russian and regional problems : Materials of the 6th International Scientific and Practical conference dedicated to the 105th anniversary of the birth of Doctor of Biological Sciences, Professor V.E. Timofeev and the 95th anniversary of the Birthday of Candidate of Biological Sciences, Associate Professor A.I. Borisova, Samara, November 15, 2017 / Responsible editor S.I. Pavlov. Samara: Samara State Socio-Pedagogical University, 2017. P. 230–234. (In Russ.).
11. Guidance document 52.24.381-2006. The mass concentration of nitrites in the waters. The method of performing measurements by photometric method with Griss reagent. Rostov-on-Don, 2006. 27 p. (In Russ.).
12. Guidance document 52.24.407–2017 “Mass concentration of chlorides in waters. Measurement methodology by the argentometric method” Rostov-on-Don, 2017. 28 p. (In Russ.).
13. SanPiN 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements for the water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. M., 2002. 62 p. (In Russ.).
14. SanPiN 2.1.4.1175-02. Hygienic requirements for the quality of water of non-centralized water supply. Sanitary protection of sources. M., 2002. 17 p. (In Russ.).
15. Soboleva O.A., Anishchenko L.N. Assessment of spring waters of the Bryansk region according to ecological, chemical and toxicological analyses // Environmental chemistry. 2022. Part. 31. No. 1. P. 40–45. (In Russ.).
16. Environmental passport of Stavropol. Landscape. Stavropol, Orpheus, 1995. 78 p. (In Russ.).

17. Abdesselam S., Halitim A., Jan A. et al. Anthropogenic contamination of groundwater with nitrate in arid region: case study of southern Hodna (Algeria). *Environ Earth Sci* 70, 2013, 2129–2141. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1834-5>.
17. Ashbolt N.J., Grabow W., Snozzi M. Indicators of microbial water quality. In *Water Quality: Guidelines, standards and health – assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*, (eds. L. Fewtrell and J. Bartram), 2001. P. 289–315, IWA, London.
19. Soulsby C., Chen M., Malcolm R. Towards groundwater protection in the UK: problems of integrating science and policy. In *Water Quality: Processes and policy*, (eds. S.T. Trudgill, D.E. Walling and B.W. Webb), 1999. P. 151–179, John Wiley & Sons, Chichester.
20. Szczucińska A. Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors. *Environ Earth Sci* 75, 712, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5548-y>.

Поступило в редакцию 18.12.2022,

принята к публикации 13.02.2023.

Об авторах

Бегдай Инна Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета, заведующая НУЛ биогеохимии окружающей среды Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: algae@mail.ru.

Бондарь Елена Васильевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: stalker-vin@yandex.ru.

Харина Елена Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, доцент базовой кафедры микробиологии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: euphorbia@mail.ru.

Еремеева Яна Витальевна, магистрант кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: eremeeva14012001@gmail.com.

Гасюкова Марина Витальевна, магистрант кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета, Северо-Кавказского федерального университета; г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, корп. 2, ауд. 334.
E-mail: gasyu17kova@gmail.com.

About the authors

- Begday** Inna Vladimirovna, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and Biogeography, Faculty of Medicine and Biology, Head of the Scientific and Educational Laboratory of Environmental Biogeochemistry, North Caucasus Federal University. E-mail: algae@mail.ru.
- Bondar** Elena Vasilyevna, PhD, Associate Professor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Biogeography, Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University; Stavropol, Pushkin str., 1, building 2, room 334. E-mail: stalker-vin@yandex.ru.
- Kharina** Elena Ivanovna, Associate Professor of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Basic Department of Microbiology, Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University. E-mail: euphorbia@mail.ru.
- Yermeeva** Yana Vitalievna, Master's degree student of the Department of Ecology and Biogeography of the Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University.
E-mail: eremeeva14012001@gmail.com.
- Gasuykova** Marina Vitalievna, Master's degree student of the Department of Ecology and Biogeography of the Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University.
E-mail: gasyu17kova@gmail.com.

1.6.21 ГЕОЭКОЛОГИЯ
УДК 504.056; 873.33.31.23
DOI: 10.37493/2308-4758.2023.1.6

Разумов В. В.,
Залиханов М. Ч.,
Богданова Н. Д.,
Разумова Н. В. Высокогорный геофизический институт Росгидромета,
г. Нальчик, Россия
Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве,
г. Москва, Россия;
Российские космические системы Роскосмоса, г. Москва, Россия

ОПОЛЗНЕВЫЕ И ОБВАЛЬНО-ОСЫПНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ ИНГУШЕТИЯ

Введение. Существенное воздействие на геологическую среду Республики Ингушетия и развитие опасных склоновых процессов оказывает строительство, реконструкция и эксплуатация автомобильных дорог, которые вносят значительные изменения в природную обстановку горных склонов. В статье приводится оценка степени активности и опасности проявления оползневых и обвально-осыпных процессов на автомобильных дорогах республики за 2005–2022 гг.

Материалы и методы исследований. Ключевым методом, применяемым в данной работе, стал анализ различных материалов, содержащих информацию об активности проявления оползневых и обвально-осыпных процессов на автомобильных дорогах Республики Ингушетия. В качестве основных использовались литературные источники, отчеты и опубликованные данные Центра государственного мониторинга состояния недр ФГБУ «Гидроспецгеология» за 2005–2022 гг.

Результаты исследований и их обсуждение. Авторами охарактеризованы условия и причины, а также оценена активность и опасность оползневых и обвально-осыпных проявлений, произошедших на автомобильных дорогах Республики Ингушетия за 2005–2022 гг. В работе приведены сведения о масштабах разрушений и деформаций полотна автодорог под воздействием этих процессов.

Выводы. Проведенный анализ активности оползневых проявлений на дорогах Республики Ингушетия за последние 18 лет показал, что наибольший размах оползневой деятельности отмечался в 2010, 2016 и 2017 гг., а очень слабая степень активности наблюдалась в 2008 г. Максимальная обвально-осыпная активность на дорогах республики наблюдалась в 2005 и 2013 гг., а минимальная — в 2019 г. По результатам исследования выявлены наиболее подверженные оползневому и обвально-осыпным процессам участки автодорог республики. Выполненный анализ свидетельствует о преобладающем развитии оползневых проявлений на дорогах Малгобекского административного района, а обвально-осыпных — на дорогах Джейрахского района.

Ключевые слова: оползневые и обвально-осыпные процессы, оползни, обвалы и осыпи, активизация, проявления.

- Razumov V. V.**, High-Mountain Geophysical Institute of Roshydromet, Nalchik, Russia
- Zalikhhanov M. Ch.**, High-Mountain Geophysical Institute of Roshydromet, Nalchik, Russia
- Bogdanova N. D.**, Institute of Geotechnics and Engineering Surveys in Construction, Moscow, Russia
- Razumova N. V.** JSC “Russian Space Systems” of Roscosmos, Moscow, Russia

Landslide and Landslide-Talus Processes on the Highways of the Republic of Ingushetia

- Introduction.** A significant impact on the geological environment of the Republic of Ingushetia and the development of dangerous slope processes is exerted by the construction, reconstruction and operation of highways, which make significant changes to the natural environment of mountain slopes. The article provides an assessment of the degree of activity and danger of landslide and landslide-talus processes on the highways of the republic for 2005–2022.
- Materials and research methods.** The key method used in this work was the analysis of various materials containing information on the activity of the manifestation of landslide and avalanche-talus processes on the highways of the Republic of Ingushetia. The main sources used were literary sources, reports and published data of the Center for State Monitoring of the State of the Subsoil (GMSN) of the Federal State Budgetary Institution “Hydrospetsgeology” for 2005–2022.
- Research results and their discussion.** The authors characterized the conditions and causes, as well as assessed the activity and danger of landslide and landslide-talus manifestations on the highways of the Republic of Ingushetia for 2005–2022. The paper provides information on the extent of the destruction and deformation of the roadway.
- Conclusions.** The analysis of the activity of landslide manifestations on the roads of the Republic of Ingushetia over the past 18 years has shown that the greatest extent of landslide activity was observed in 2010, 2016 and 2017, and a very weak degree of activity was observed in 2008. The maximum landslide activity on the roads of the republic was observed in 2005 and 2013, and the minimum — in 2019. According to the results of the study, the sections of the republic’s highways that are most susceptible to landslide and landslide-talus processes have been identified. The performed analysis indicates the predominant development of landslide manifestations on the roads of the Malgobek administrative district, and landslide-talus — on the roads of the Jeyrakh district.
- Key words:** andslide and landslide-scrce processes, landslides, landslides and scrce, activation, manifestations.

Введение

Оползень, согласно [20], можно описать как смещение вниз по склону массы рыхлой горной породы под влиянием силы тяжести, особенно при насыщении рыхлого материала водой. Обвалы представляют собой склоновые гравитационные процессы, проявляющиеся в обрушении части горных пород массива и отличающиеся кратковременностью проявления (скорости смещения пород достигают сотен м/с). Обвалы образуются на склонах крутизной более 45 градусов. Осыпи, как процесс, характеризуются меньшими скоростями смещения, более мелкими фракциями обломочного материала и образуются в основном на склонах, крутизна которых превышает 30 градусов [8, 20]. Условия и причины образования оползневых и обвально-осыпных процессов подробно описаны в научной литературе.

Республика Ингушетия расположена на северных склонах предгорий Большого Кавказа и на прилегающих к нему малых хребтах – Терском, Сунженском, Скалистом. На территории республики выделяются три структурно-геоморфологические зоны: равнинная, предгорная и горная. Равнинная зона находится на севере субъекта, на территории Малгобекского, основной части Назрановского и северной части Сунженского районов. Центральная часть Сунженского и юго-восточная часть Назрановского районов расположены в предгорной зоне. К горной зоне, характеризующейся высокой расчлененностью рельефа, относятся территории Джейрахского и южной части Сунженского районов.

Оползневые процессы в республике развиты практически во всех структурно-геоморфологических зонах: от предгорных наклонных и внутригорных равнин до высокогорной области. Наиболее интенсивно поражена оползнями область низкогорного рельефа (Терский и Сунженский хребты) и подобласть низкогорного структурно-денудационного рельефа. В средне- и высокогорной областях республики, а также в межгорной Северо-Юрской депрессии пораженность оползнями минимальна [2]. В пределах Алханчуртской и Чеченской предгорных равнин наблюдаются в основном суффозионно-структурные и консистентные оползни [4–7, 12], связанные с лессовыми отложениями. В области Передовых хребтов и Черногорской моноклинали оползни формируются на глинистых отложе-

ниях мелкообломочной формации олигоцен-миоценового возраста. Терский хребет сложен глинами (сланцеватыми, известковистыми и песчанистыми) и песчаниками (железистыми и глинистыми), а также мергелями, галечниковыми конгломератами и др. [4–7, 14, 17]. Оползни Терского и Сунженского хребтов представлены в основном оползнями-потоками [4–7, 11] с шириной до 0,2 км и длиной от 1,0 км и более при мощности рыхлого покрова 1,5–2,8 м [1].

Обвальнo-осыпные процессы наиболее развиты в горной части республики и обусловлены глубоко расчлененным крутосклонным рельефом. Пораженность территории республики обвальнo-осыпными процессами увеличивается к югу и составляет более 3–10% в области межгорной северо-юрской депрессии (Сунженский район) и более 10% в области высокогорного (Джейрахский район) рельефа. Высокая дислоцированность пород (сланцы, известняки и др.), нередко опрокинутое залегание, крутые углы падения, высокая трещиноватость, зачастую приуроченная к тектоническим нарушениям, — все это приводит к ежегодной активизации обвальнo-осыпных процессов [4–7, 18, 19].

Существенное воздействие на геологическую среду республики и развитие опасных склоновых процессов оказывает строительство, реконструкция и эксплуатация автомобильных дорог (а/д), которые вносят значительные изменения в природную обстановку горных склонов. Основными оползне-обвалообразующими факторами на дорогах республики являются природные (таяние снега и ледников, атмосферные осадки, эрозионные процессы) и техногенные (подрезка и пригрузка склонов при строительстве и устройстве полотна дорог; подпруживание поверхностного стока и сброс атмосферных вод на склоны; утечки воды из водопроводов и канализаций; динамические нагрузки от транспорта, ударно-вибрационных механизмов и взрывных работ; складирование в пределах низовых откосов дорог рыхлообломочного материала и др.) [9, 10, 14–18]. При землетрясениях силой 6–7 баллов также возможна катастрофическая активизация оползней и обвалов [15–17]. Абсолютное большинство обвальнo-осыпных и значительное количество оползневых проявлений на территории республики фиксируется в районах автомобильных дорог.

Целью настоящего исследования является оценка степени активности и опасности проявления оползневых и обвально-осыпных процессов на автомобильных дорогах Республики Ингушетия за 2005–2022 гг.

Одними из основных задач, решаемых в данной работе, являются:

- характеристика основных условий и причин активизации оползневых и обвально-осыпных процессов на автодорогах республики;
- изучение активности и опасности проявления этих процессов на автодорогах республики.

Материалы и методы исследований

Ключевым методом, применяемым в данной работе, стал анализ различных материалов, содержащих информацию об активности проявления оползневых и обвально-осыпных процессов на дорогах Республики Ингушетия. В качестве основных использовались литературные источники и опубликованные данные Центра государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) ФГБУ «Гидроспецгеология» [4–7]. Обобщение и систематизация собранного материала с единых методических позиций позволили достаточно достоверно оценить масштабы распространения и активность проявления оползневых и обвально-осыпных процессов на автомобильных дорогах изучаемой территории.

В исследовании дополнительно были использованы следующие материалы (далее – отчеты):

- отчет по объекту 60-4 «Ведение государственного мониторинга состояния недр территории Южного федерального округа в 2005–2007 гг.». Книга 1 (ЮРЦ ГМСН ФГБУ «Гидроспецгеология», Ессентуки, 2007);
- отчет о результатах работ по объекту 6-06/07 «Ведение государственного мониторинга состояния недр территории Южного федерального округа в 2008–2010 гг.». Книга 2 (ЮРЦ ГМСН ФГБУ «Гидроспецгеология», Ессентуки, 2011);

- геологический отчет по объекту «Государственный мониторинг состояния недр территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2011–2013 гг.». Книга 2 (ЮРЦ ГМСН ФГБУ «Гидроспецгеология», Ессентуки, 2013);
- геологический отчет о результатах выполненных работ по объекту «Государственный мониторинг состояния недр территории Северо-Кавказского ФО в 2014–2015 гг.». Книга 1 (ЮРЦ ГМСН ФГБУ «Гидроспецгеология», Ессентуки, 2015).

Необходимо отметить, что в разное время ведение государственного мониторинга состояния недр на территории Республики Ингушетия за исследуемый период осуществлялось организациями-филиалами (ГУП «РЦ Ингушмониторинг», ООО «Технострой», ООО «Росгеоинжиниринг», ООО «Центр ГИДИС») Южного регионального центра (ЮРЦ) ГМСН ФГБУ «Гидроспецгеология».

Результаты исследований и их обсуждение

Приведенный ниже анализ имеющихся мониторинговых материалов ФГБУ «Гидроспецгеология» и его филиала – Южного регионального центра (ЮРЦ) ГМСН [4–7], — а также литературных источников [1–3, 13, 17] и данных отчетов, позволил оценить (в пределах изучаемого периода времени) активность и опасность оползневой и обвально-осыпной деятельности на автомобильных дорогах республики (рис. 1, 2). Ниже показаны результаты этой оценки по годам.

В **2005 г.** активность оползневых процессов на дорогах республики была ниже среднемноголетних значений, а обвально-осыпных – высокая. Оползневые деформации были зафиксированы на 10 участках вдоль а/д «Даттых–Галашки» Сунженского района. Так, в результате весенней оползневой активизации был разрушен участок а/д «Галашки – Мужичи» длиной 50 м.

Обильные осадки в мае-июле 2005 г. вызвали 11 активизаций обвально-осыпного процесса вдоль а/д «Чми – Таргим» в Джейрахском районе. В окрестностях с. Джейрах обвальные массы разруши-

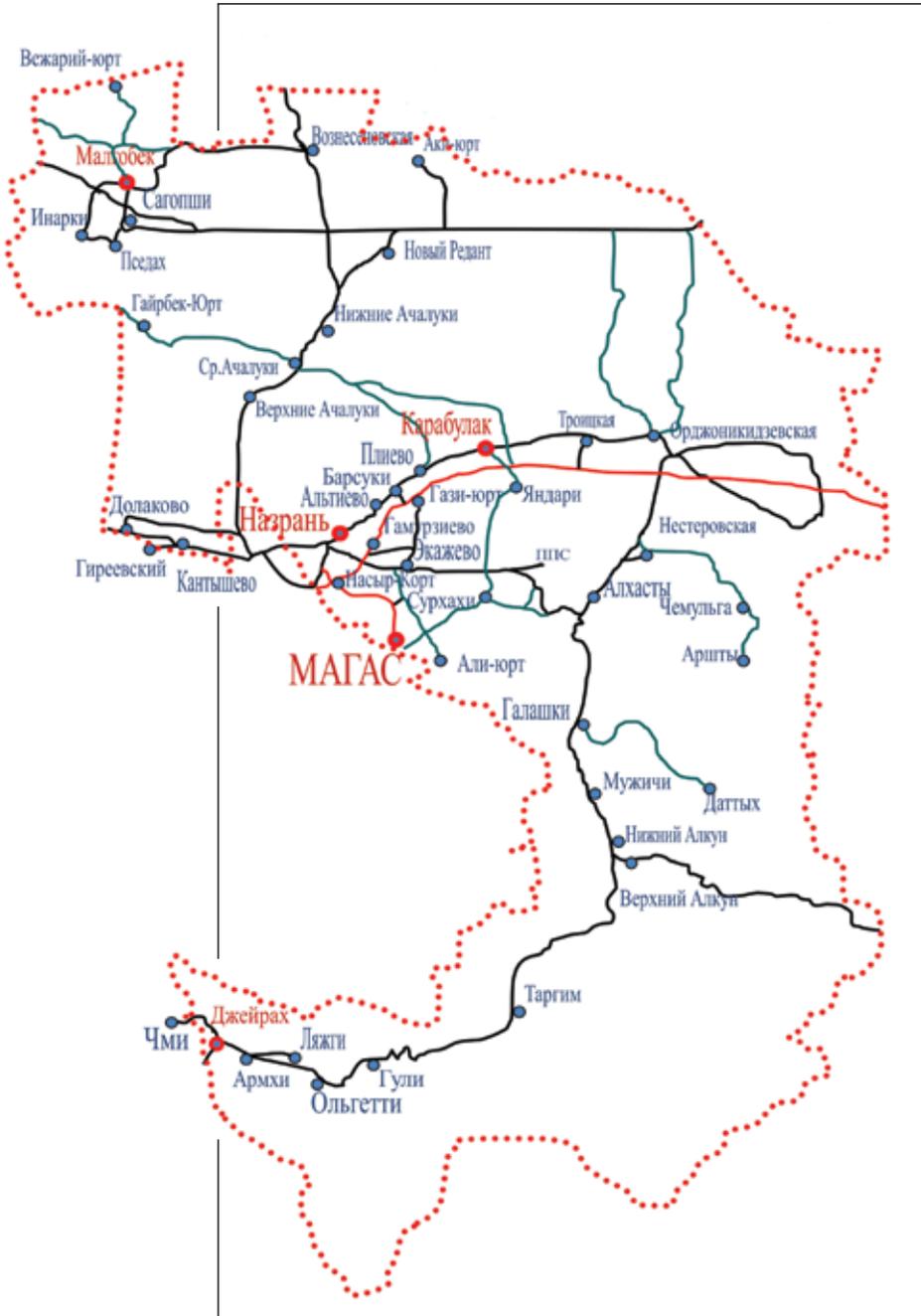


Рис. 1.

Сеть автомобильных дорог на территории Республики Ингушетия. (<http://www.ingushavtodor.ru/wp-content/uploads/2016/06/carta-1.docx>).

Fig. 1. The network of highways on the territory of the Republic of Ingushetia (<http://www.ingushavtodor.ru/wp-content/uploads/2016/06/carta-1.docx>).

Количество
оползневых
и обвально-осыпных
проявлений

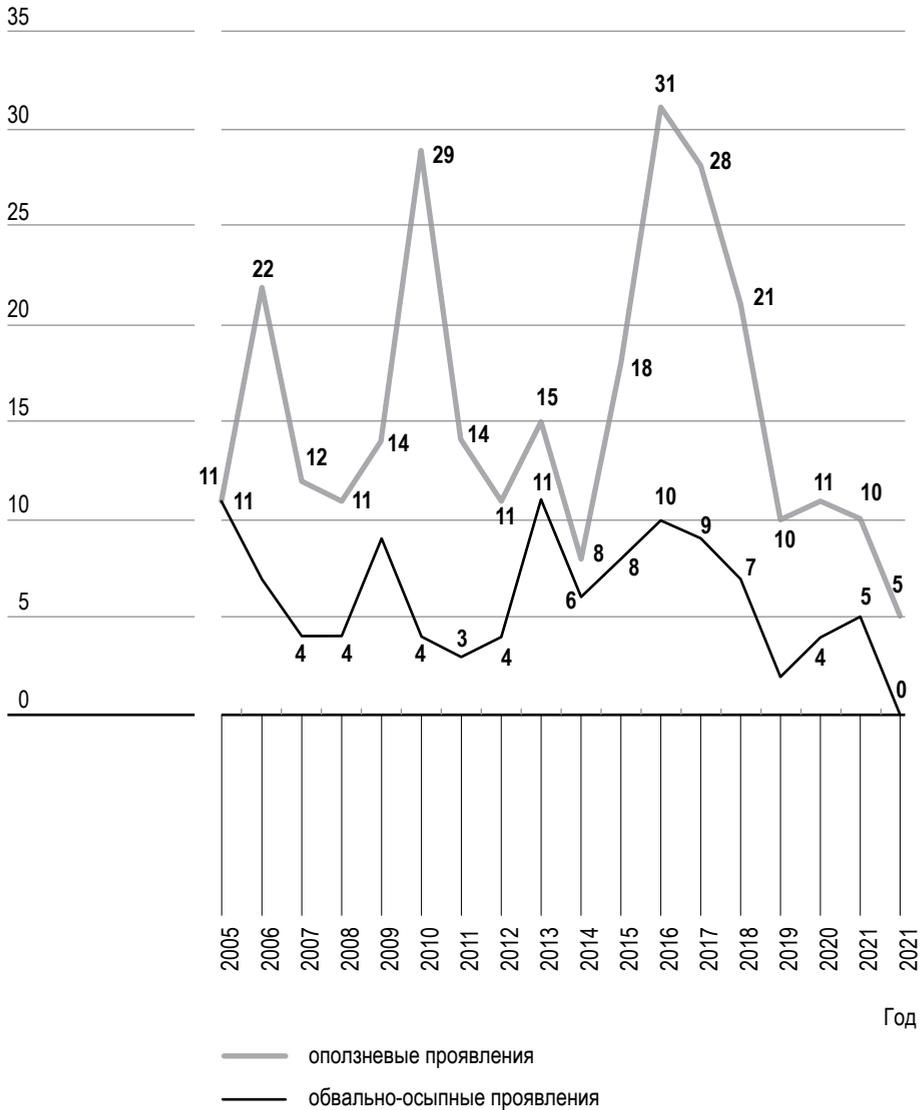


Рис. 2.

Динамика активных проявлений оползневых и обвально-осыпных процессов на дорогах Республики Ингушетия за период 2005–2022 гг.

Fig. 2. Dynamics of active manifestations of landslide and landslide-talus processes on the roads of the Republic of Ingushetia for the period 2005–2022.

ли 15 м полотна дороги. Обвал, произошедший в районе с. Армхи, привел к разрушению 150 м дороги. В районе с. Ольгетти на трех участках автодороги обвальными массами (объем до 2,4 тыс. м³) было перекрыто 10, 20 и 30 м полотна дороги. Между селами Ольгетти и Таргим было зафиксировано пять участков активизации обвально-осыпных процессов объемом до 2,1 тыс. м³.

В апреле–мае **2006 года** довольно высокая активность оползневого процесса была зафиксирована на дорогах Малгобекского и Сунженского районов республики. Так, в г. Малгобек оползневыми подвижками было разрушено 5 м полотна внутригородской дороги. На а/д «Вознесенская–Моздок» (в пределах Малгобекского района) наблюдалась активизация оползневого процесса на четырех участках, в результате чего было разрушено более 50 м полотна. Следует отметить, что в 2005 г. здесь проводилась реконструкция (укладка асфальта и создание гравийного основания) дороги. Оползневыми подвижками также было разрушено 40 м полотна а/д «Вознесенская–Малгобек». На а/д «Даттых–Галашки» (Сунженский район) было зафиксировано 16 активных оползней (объем наиболее крупного составил 67 тыс. м³), оползневыми подвижками было разрушено около 200 м полотна дороги. В результате весенней оползневой активизации также было разрушено 20 м а/д «Галашки–Мужичи» длиной 20 м.

Обвально-осыпная активность в 2006 г. была на среднемноголетнем уровне. Проявления были отмечены в Джейрахском районе на а/д «Чми – Таргим», где после сильных дождей на семи обвальных участках наблюдалась их активизация. Так, 12 апреля на 8 км дороги обвальными массами (породы терригенно-глинисто-сланцевой формации нижне-средней юры) было перекрыто 40 м автодороги. Объем обвалившихся пород составил около 600 м³. Обвал, произошедший в районе с. Армхи, привел к разрушению уже 100 м дороги. На участке между селами Ольгетти и Таргим обвальными массами (объем до 2,1 тыс. м³) было перекрыто также 100 м полотна дороги.

В **2007 году** на дорогах республики была зафиксирована низкая активность оползневых и обвально-осыпных процессов. Оползневые проявления отмечались на отдельных участках автодорог

Малгобекского и Сунженского районов. Так, оползневые смещения привели к разрушению 50 м полотна на трех участках а/д «Вознесенская – Моздок» (Малгобекский район). Вдоль а/д «Назрань – Вознесенская» (в 0,2 км южнее ст. Вознесенская) в результате оползневых подвижек был поврежден участок дороги длиной 40 м и шириной 2,5 м. На а/д «Даттых – Галашки» (Сунженский район) оползневая активизация наблюдалась на семи участках, что привело к разрушению около 150 м дороги. Весной 2007 г. оползневыми массами было перекрыто 30 м а/д «Галашки – Мужичи».

Значимые обвальнo-осыпные активизации в 2007 г. были зафиксированы на четырех участках а/д «Чми – Таргим». Так, в окрестностях с. Джейрах (на двух участках) обвальными массами было перекрыто 80 м полотна дороги. В верховьях р. Армхи была зафиксирована осыпь, которая перекрыла 50 м дороги. Между селами Ольгетти и Таргим обвальными массами (объем до 2,1 тыс. м³) было перекрыто 50 м полотна дороги.

В 2008 году на дорогах республики опять фиксировалась низкая активность оползневых и обвальнo-осыпных процессов. В Малгобекском районе незначительная оползневая активизация произошла на Терском хребте, вдоль двухкилометрового участка а/д «Вознесенская – Моздок» (северо-западнее ст. Вознесенская), где было отмечено четыре активных оползня (объемом от 2,4 до 60,0 тыс. м³). Сползшие массы повредили проезжую часть дороги. Два крупных активных оползня также были отмечены на а/д «Вознесенская – Малгобек» (в районе ст. Вознесенская), здесь существовала угроза повреждения проезжей части дороги. В Сунженском районе на а/д «Даттых – Галашки» было зафиксировано пять активных оползней (объем наиболее крупного достигал 67 тыс. м³).

В 2008 г. было зафиксировано четыре обвальнo-осыпных проявления, приведших к частичному разрушению и перекрытию автодорог. Подавляющая часть проявлений отмечена в откосах а/д «Чми – Таргим» и «Алкун – Таргим». Возле с. Джейрах произошло разрушение 50 м автодороги, на другом участке обвальными массами была перекрыта дорога.

В 2009 году активность оползневых процессов на дорогах республики оценивалась как низкая, а обвальнo-осыпных находилась

на среднемноголетнем уровне. В Малгобекском районе незначительная оползневая активизация произошла на Терском хребте, где было выявлено пять оползневых проявлений вдоль полуторакилометрового участка а/д «Вознесенская – Моздок». В горной части республики, на а/д «Даттых – Галашки» Сунженского района, было зафиксировано девять проявлений оползневого процесса, в результате чего разрушено 30 м полотна дороги.

В мае 2009 г. в высокогорной зоне республики было выявлено девять обвально-осыпных проявлений. Все зафиксированные активизации отмечены на дорогах «Чми – Таргим» и «Алкун – Таргим». Так, вдоль а/д «Чми – Таргим» активизация фиксировалась на восьми участках, причем на трех из них была отмечена угроза разрушения дороги, а на остальных участках дорогу засыпало обвалившимися массами.

В 2010 году активность оползневых процессов на дорогах республики была высокой, а обвально-осыпных – низкой. Значительному воздействию оползней подверглись дороги Малгобекского района. Так, вдоль а/д «Вознесенская – Моздок» в апреле-мае активизировалось 11 оползней, разрушивших в нескольких местах 200 м ее полотна. Только активизация одного крупного оползня (размеры 100 × 300 м, мощность до 5 м, объем 150 тыс. м³) привела к полному разрушению 50 м полотна дороги. Вдоль а/д «Вознесенская – Малгобек» (западная окраина ст. Вознесенская) наблюдалось четыре активных оползня. Наиболее крупный, расположенный на выезде из станции, разрушил 15 м и частично деформировал 40 м полотна дороги. Активизация еще трех оползней привела к деформации около 50 м полотна на других участках. Частичная активизация старого оползня вдоль а/д «Назрань – Вознесенская» (в 0,2 км южнее ст. Вознесенская) привела к разрушению 70 м полотна дороги. В октябре в г. Малгобек оползневыми подвижками было разрушено 50 м внутригородской дороги. В Сунженском районе оползневая активизация наблюдалась на 12 участках а/д «Даттых – Галашки». Все активизировавшиеся оползни фиксировались и ранее, новых форм не было выявлено.

В 2010 г. было выявлено четыре обвально-осыпных проявления вдоль а/д «Чми – Таргим». Общая протяженность перекры-

тых (обвалившимися массами) участков полотна дороги составила 125 м.

В 2011 году активность оползневых процессов на дорогах республики оценивалась на уровне ниже среднемноголетних показателей, а обвально-осыпных процессов была низкой. Воздействию оползневого процесса в основном подверглись дороги в Малгобекском («Назрань – Вознесенская», «Вознесенская – Моздок», «Вознесенская – Малгобек») и Сунженском («Галашки – Датгых») районах. Так, на а/д «Вознесенская – Моздок» (на участке протяженностью 1,2 км) была отмечена активизация семи небольших (не более 1,0 тыс. м³), ранее зафиксированных оползней, что привело к деформации полотна дороги на нескольких участках. На а/д «Вознесенская – Малгобек» (в районе водонапорных сооружений) оползневые массы (объем – до 700 м³) частично разрушили 20 м ее полотна. На а/д «Датгых – Галашки» (на участке длиной 7 км) наблюдалось шесть активных оползней, которые в нескольких местах деформировали полотно дороги.

Все зафиксированные в этом году обвально-осыпные проявления были отмечены в мае-июне вдоль а/д «Чми – Таргим». Наиболее заметная их активизация произошла на 7-м и 9-м км дороги, где обвалами и осыпями было перекрыто 35 и 30 м ее полотна. На выезде из с. Ольгетти обвалом было перекрыто 20 м полотна дороги.

В 2012 году на дорогах республики также наблюдалась незначительная оползневая и обвально-осыпная деятельность, несмотря на выпадение значительного количества осадков (на метеостанции «Назрань» с апреля по июнь выпало более 368 мм). Оползневая активность особо проявилась на дорогах Малгобекского района. Так, на семи участках а/д «Вознесенская – Моздок» было деформировано 83 м полотна. Одним из оползней (объем 18,0 тыс. м³) было перекрыто 50 м дороги шириной до 5 м. Активизация остальных шести (объем 4–6 тыс. м³) наблюдалась в основном в пределах ранее выделенных оползневых контуров. На а/д «Вознесенская – Малгобек» (западная окраина ст. Вознесенская) в результате четырех оползневых активизаций было повреждено 100 м полотна дороги (на протяжении 300 м). На а/д «Датгых – Галашки» (Сунженский район) оползневых активизаций в текущем году не наблюдалось, вследст-

вие ее реконструкция (выравнивание и расширение полотна). Отмечавшиеся здесь ранее активные оползни были практически полностью сnivelированы.

Зафиксированные в этом году четыре обвальные активизации были отмечены в мае-июне на а/д «Чми – Таргим» после выпадения интенсивных осадков. Так, восточнее с. Джейрах 18 июня обвальными массами было перекрыто 20 м полотна дороги. На правом берегу р. Армхи (на новом участке дороги), в результате активизации обвального процесса было деформировано 70 м полотна дороги.

В 2013 году активность обвально-осыпных процессов на дорогах республики была высокой, а оползневых – ниже среднемноголетних показателей. В основном все оползневые проявления фиксировались вдоль а/д «Назрань – Вознесенская», «Вознесенская – Моздок», «Вознесенская – Малгобек», «Галашки – Даттых». На а/д «Вознесенская – Моздок» активность оползней (Малгобекский район) сохранилась, а кроме того, они увеличились в объеме. Так, на одном из участков оползневыми массами (36,0 тыс. м³) было разрушено 40 м дороги. Еще два крупных оползня (35,0 и 25,0 тыс. м³) разрушили дорогу на двух других участках (протяженностью 70 и 50 м). Активизация остальных четырех оползней (каждый объемом до 16 тыс. м³) привела к деформации и разрушению около 100 м дороги. Активизация пяти оползней (один из них – вновь образовавшийся) вдоль а/д «Вознесенская – Малгобек» (на западной окраине ст. Вознесенская) привела к разрушению 120 м дороги. Летом, на трех участках обновленной а/д «Даттых – Галашки» (Сунженский район) оползневыми подвижками (объемом 1,8–18,0 тыс. м³) было разрушено 300 м ее полотна.

Интенсивные осадки, выпавшие в апреле-июле 2013 г. в высокогорье республики, спровоцировали активизацию обвально-осыпных процессов на 11 участках а/д «Чми – Таргим». Так, в июне наблюдалась наиболее значимая деформация полотна дороги на двух участках. На первом участке (в 3 км северо-западнее с. Джейрах) обвальными массами было разрушено 150 м дороги, а в 2,5 км северо-западнее с. Джейрах – 50 м. На других участках активизация обвально-осыпных процессов привела только к вывалу материала на дорогу.

В 2014 году активность оползневых процессов на дорогах республики была низкой, а обвально-осыпных оценивалась на уровне среднемноголетних показателей. Большинство оползневых проявлений, как и в предыдущие годы, отмечалось вдоль а/д «Вознесенская – Моздок», «Вознесенская – Малгобек», «Галашки – Даттых». Оползневые подвижки привели к деформации полотна а/д «Вознесенская – Моздок» на двух небольших участках. На а/д «Вознесенская – Малгобек» оползневыми массами (объем 175 тыс. м³) было деформировано 70 м полотна дороги. Вдоль а/д «Галашки – Даттых» на пяти участках наблюдались оползневые активизации. На одном из них оползневые массы (объем 15 тыс. м³) деформировали 30 м дороги. Еще четыре оползня (общим объемом до 600 м³) частично перекрыли 10 м дороги.

В этом году на а/д «Чми – Таргим» было выявлено шесть активных проявлений обвально-осыпных процессов, в том числе одно – на участке «Джейрах – Бейни», где было перекрыто 20 м полотна дороги. Основным фактором активизации явились атмосферные осадки. В мае-июне обвально-осыпные процессы оказали воздействие на участки дорог «Алкун – Таргим» и «Ольгетти – Бейни». На одном участке обвально-осыпными массами было перекрыто 60 м полотна дороги, а на участке «Таргим – Джейрах» была деформирована дорога в двух местах длиной 10 и 20 м. Также наблюдалось перекрытие дороги на западной окраине с. Ольгетти (25 м) и в 2-х км восточнее с. Ольгетти (20 м).

В 2015 году активность оползневых и обвально-осыпных процессов на дорогах республики оценивалась на уровне среднемноголетних показателей. В области низкогорного рельефа наиболее крупные оползневые проявления отмечались на двух участках а/д «Вознесенская – Малгобек». На первом участке оползневые подвижки (площадь 13,0 тыс. м²) деформировали в двух местах 70 м полотна дороги. Активизация второго оползня (площадь до 200 м²) не причинила особого ущерба дорожному полотну. На а/д «Вознесенская – Моздок» активизация оползня в старых границах привела к разрушению 8 м полотна дороги. В области средне-низкогорного рельефа оползневые активизации наблюдались в пределах а/д «Галашки – Даттых» (Сунженский район), где было зафиксировано 15

проявлений. Активность двух наиболее крупных оползней привела к деформации 30 м полотна дороги.

В весенне-летний период 2015 г., после выпадения атмосферных осадков, было выявлено восемь активных обвально-осыпных проявлений. Обвальными массами на двух участках было деформировано 30 м а/д «Таргим – Джейрах», а на а/д «Ольгетти – Бейни» было перекрыто 60 м полотна дороги. На западной окраине с. Ольгетти было перекрыто 25 м автодороги «Чми – Таргим», а в 2-х км восточнее с. Ольгетти — 20 м. На а/д «Джейрах – Бейни» обвальными массами было перекрыто 20 м полотна дороги.

В 2016 году активность оползневого и обвально-осыпного процесса на дорогах республики оценивалась как высокая. Основная оползневая активизация фиксировалась на дорогах в пределах подбласти низкогорного структурно-денудационного рельефа. Были отмечены небольшие оползневые подвижки вдоль а/д «Вознесенская – Моздок». На а/д «Вознесенская – Малгобек» сползшие массы (объем 1,5 тыс. м³) деформировали 50 м полотна дороги. Также отмечались активные оползневые подвижки на внутрисельских дорогах в селах Малгобекского (Нижние и Средние Ачалуки, ст. Вознесенская) и Сунженского (с. Галашки) районов. Так, в ст. Вознесенская оползнем (объем 800 м³) было деформировано 20 м полотна внутрисельской дороги. В результате летней активизации четырех оползней было деформировано 60 м внутрисельской дороги и в с. Галашки.

Высокая активность оползневого процесса наблюдалась и вдоль а/д «Даттых – Галашки» (Сунженский район), где было выявлено 19 активных оползней, 15 из которых деформировали 260 м полотна дороги (рис. 3).

С мая по октябрь 2016 г. на дорогах республики было выявлено 10 активных обвально-осыпных проявлений. Основными факторами их активизации явились метеорологический и техногенный. Только вдоль а/д «Таргим – Джейрах» было зафиксировано шесть активных проявлений (объем смещенных масс 150–1800 м³). На одном из участков (в 0,8 км восточнее с. Армхи) осыпью (объем 1800 м³) было перекрыто 30 м полотна дороги, а еще на трех участках (длиной 4, 10 и 10 м) произошло заваливание дороги обвально-осыпными массами (объем 2940 м³, 2250 м³, 200 м³) (рис. 4).



Рис. 3.

Оползневые деформации на участке а/д «Даттых – Галашки» в 2016 г. Фото ГУП «РЦ Ингушмониторинг».

Fig. 3. Landslide deformations in the section of the “Dattykh – Galashki” highway in 2016. Photo by Ingushmonitoring.



Рис. 4.

Обвал горных пород на а/д «Чми – Таргим» (Джейрахский район), 2016 г. Фото ГУП «РЦ Ингушмониторинг».

Fig. 3. Rock collapse at the "Chmi – Targim" airport (Jeyrakh district), 2016. Photo by Ingushmonitoring.

В 2017 году активность оползневой процесс на дорогах республики оценивалась как высокая, а обвально-осыпных — выше среднесезонных значений. Основная оползневая активизация была зафиксирована в пределах подобласти низкогорного структурно-денудационного рельефа. Многочисленные оползневые подвижки были отмечены вдоль а/д «Вознесенская – Моздок» и «Вознесенская – Малгобек». Оползневые подвижки, произошедшие в с. Галашки (Сунженский район) в июне и июле 2017 г., привели к разрушению 30 м асфальтированной внутрисельской дороги, а в с. Мужичи — к перекрытию 30 м полотна внутрисельской дороги (без покрытия) на трех участках. На а/д «Даттых – Галашки» оползневая деформация полотна дороги отмечалась на четырех участках суммарной длиной 77 м. На внутрисельских дорогах (села Гули и Джейрах Джейрахского района) также были зафиксированы оползневые активизации, которые привели к перекрытию и деформации полотна дорог на небольших участках.

Обвально-осыпных активизаций в 2017 г. на дорогах республики было выявлено девять, шесть из них — в пределах межгорной Северо-Юрской депрессии и три проявления — в области среднегорного рельефа. На трех участках а/д «Таргим — Нижний Алкун» (7 км, 13 км и 15 км) были выявлены обвально-осыпные проявления, общей площадью 2550 м² и объемом смещенных масс 3225 м³. На первом участке (длина 15 м, ширина 120 м, объем до 2700 м³) наблюдалось перекрытие 10 м полотна дороги (с покрытием) шириной до 2 м. На втором участке (длина 30 м, ширина 15 м, объем до 225 м³) существовала угроза разрушения дороги. На третьем участке (длина 15 м, ширина 20 м, объем до 300 м³) также существовала угроза разрушения дороги. На двух участках а/д «Ольгети – Гули» (0,47 и 1,70 км) обвально-осыпными массами (объем 2400 м³ и 2350 м³) было перекрыто 80 м полотна дороги. Воздействию обвально-осыпных процессов подверглось два участка а/д (без покрытия) «Бейни – Джейрах» (1,33 и 3,88 км). На первом участке осыпью (длина 20 м, ширина 15 м, объем до 300 м³) было перекрыто 15 м полотна дороги. На втором участке осыпными массами (объемом 1875 м³ и площадью 1250 м²) было перекрыто 30 м полотна. На а/д «Армхи – Ольгети» (2,38 км) осыпные массы (длина 80 м, ширина

15 м, объем 600 м³) перекрыли 15 м дороги. В с. Джейрах обвально-осыпными массами (длина 44 м, ширина 25 м, объем до 1100 м³) было перекрыто 20 м полотна внутрисельской дороги (с покрытием) шириной до 1,5 м.

В 2018 г. активность оползневых и обвально-осыпных процессов на дорогах республики оценивалась на уровне среднесезонных показателей, но ниже активности 2017 г., что связано, в первую очередь, с уменьшением количества осадков, выпавших в процессоопасные сезоны 2018 г. относительно осадков 2016–2017 гг. Большая часть из 21 выявленных оползневых проявлений была зафиксирована в пределах подобласти низкогорного структурно-денудационного рельефа (15 проявлений). В г. Малгобек было выявлено два активных оползня (объем 45,9 тыс. м³ и 108 м³), деформировавших 8 м полотна внутригородской дороги (без покрытия). Оползневые подвижки наблюдались вдоль а/д «Вознесенская – Моздок» и «Вознесенская – Малгобек». В Сунженском районе на трех участках /д «Даттых – Галашки» (6,9 км, 7,5 км и 10,7 км) было повреждено 38 м полотна дороги. На а/д «Галашки – Мужичи» оползнем (площадь 2,8 тыс. м², объем 11,2 тыс. м³) было деформировано 20 м ее полотна. В Джейрахском районе два активизировавшихся оползневых массива (объем 1100 м³ и 256 м³) в с. Таргим привели к деформации (22 м и 24 м) внутрисельской дороги. На внутрисельских дорогах населенных пунктов Гули и Джейрах Джейрахского района также были зафиксированы оползневые активизации, которые привели к перекрытию и деформации полотна дорог на небольших участках.

В 2018 г. на дорогах республики было выявлено семь активных обвально-осыпных проявлений, четыре из них — в пределах межгорной Северо-Юрской депрессии и три — в области среднегорного рельефа. После выпадения большого количества атмосферных осадков были зафиксированы проявления осыпного процесса на трех участках а/д «Ольгети – Гули» (0,47 км, 0,81 км и 1,70 км). Объем смещенных осыпных масс на первых двух участках составил соответственно 160 м³ и 100 м³. Здесь негативного воздействия на дорогу осыпные процессы не оказали. На третьем участке осыпными массами (объем 1200 м³) было перекрыто 40 м обочины дороги. В Сунженском районе на трех участках а/д «Таргим – Нижний

Алкун» (7,0 км, 15,0 км и 15,03 км), после выпадения значительного количества атмосферных осадков, с июня были выявлены активные осыпи (объемы смещенных осыпных масс составили 150 м³, 100 м³, 3000 м³) не оказавшие негативного воздействия на полотно дороги.

В 2019 году активность оползневой и обвально-осыпной процесса на дорогах республики оценивалась как низкая, гораздо ниже активности 2018 г., что связано, в первую очередь, с уменьшением количества выпавших осадков в 2019 г., по сравнению с 2017–2018 гг. На дорогах республики было выявлено 10 оползневых проявлений, большая часть из которых (6 активизаций) была зафиксирована в области средне-низкогорного рельефа. Большинство активных оползней отмечалось в Сунженском районе. Так, подвижка оползня (объем 59,5 м³, площадь 119 м²) в с. Галашки привела к разрушению 10 м полотна внутрисельской дороги (с покрытием), а на трех участках а/д «Даттых – Галашки» (5,2 км, 6,6 км и 6,9 км) оползневые активизации (объемом от 25 до 360 м³), привели к незначительным разрушениям обочины дороги (без покрытия). На а/д «Таргим – Нижний Алкун» было выявлено два активных оползня. На первом оползневом участке (площадь 2200 м², объем смещенных масс 1100 м³) было деформировано 22 м полотна дороги. Второй оползень (площадь 256 м²) деформировал 24 м полотна дороги.

В 2019 г. на дорогах республики было выявлено всего два обвально-осыпных проявления. Одна активизация (объем смещенных масс 150 м³) была зафиксирована на а/д «Таргим – Нижний Алкун» (7 км), где осыпными массами было частично перекрыто 5 м полотна дороги. Второе проявление было выявлено в августе на восточной окраине с. Армхи, где наблюдалось смещение обвально-осыпных масс (объем 425 м³, площадь 425 м²) на внутрисельскую дорогу.

В 2020 году активность оползневой и обвально-осыпной процесса на дорогах республики также оценивалась как низкая. Из 11 оползневых активизаций, выявленных на дорогах республики, семь проявлений было зафиксировано в откосах автодорог «Вознесенская – Моздок», «Вознесенская – Подгорное», «Вознесенская – Малгобек». Так, на трех участках а/д «Вознесенская – Моздок» (0,58 км, 0,69 км и 1,44 км) были выявлены активные оползни. Наиболее крупная активизация (объем смещенных масс 150 м³, пло-

щадь 300 м²) была отмечена на втором участке (0,69 км) дороги, где оползневыми массами было деформировано 20 м полотна дороги (с твердым покрытием). Вдоль а/д «Вознесенская – Малгобек» активные оползни были выявлены на двух участках (0,63 и 2,58 км). Наиболее крупный оползень (объем 180 м³, площадь 360 м²), образовавшийся на втором участке (2,58 км), деформировал 30 м полотна дороги (с твердым покрытием). На а/д «Вознесенская – Подгорное» также была отмечена активизация двух оползней (площадью 500 и 600 м²), не оказавших негативного воздействия на дорогу. На дорогах Сунженского района было выявлено четыре активных проявления оползневого процесса, суммарная площадь активизации составила 1565 м², с общим объемом смещенных масс 2165 м³. Так, на а/д «Галашки – Мужичи» (2,96 км) оползневыми массами (объем 1200 м³) было перекрыто 40 м полотна дороги (с твердым покрытием), а на а/д «Даттых – Галашки» (6,35 км) оползнем (объем 450 м³) было перекрыто 10 м полотна дороги.

В этом же году на дорогах республики было выявлено четыре активных обвально-осыпных проявления (два — в области межгорной Северо-Юрской депрессии и два — в области среднегорного рельефа). Основным фактором активизации явился метеорологический. В Сунженском районе на а/д «Таргим – Нижний Алкун» было отмечено два обвально-осыпных участка, представленных терригенными отложениями юрского возраста (в виде валунов, гравия и гальки). На первом участке (15,44 км) осыпными массами (площадь осыпи 175 м², объем 87,5 м³, мощность 0,5 м) было перекрыто 10 м полотна дороги (с покрытием). Вторая осыпь (площадь активной части 1600 м², объем 1600 м³, мощность 1 м), образовавшаяся на 17,45 км дороги, негативного воздействия на полотно дороги не оказала. В Джейрахском районе на а/д «Ольгети – Гули» было выявлено два активных обвала (с суммарным объемом смещенных масс 1600 м³) не оказавших негативного воздействия на дорогу. Обвальным процессом были охвачены терригенные отложения (аргиллиты) юрского возраста. На первом участке дороги (3,67 км) площадь активной части обвала составила 1050 м² (длина 35 м, ширина 30 м), мощность 1 м, объем 1050 м³. На втором участке (0,61 км) площадь обвалившихся масс достигла 1200 м² (длина 60 м, ширина 20 м), мощность 1 м, объем 1200 м³.

В 2021 г. на территории республики было выявлено 15 проявлений опасных склоновых процессов, из них 10 оползневого характера и 5 — обвально-осыпного. Активность оползневого и обвально-осыпного процессов на дорогах республики оценивалась как низкая. За этот год оползневymi процессами было разрушено и деформировано 108 м дорог (с твердым покрытием). Наибольшее количество выявленных оползневых проявлений было зафиксировано в средне-низкогорной области – на дорогах Сунженского и Малгобекского районов. В пределах Малгобекского района оползневая активизация была выявлена на двух участках, где общая площадь активных проявлений составила 2300 м², с общим объемом смещенных масс 5650 м³. В результате наиболее крупного оползня-обвала (площадь 540 м²) на а/д «Вознесенская – Малгобек» (2,58 км) было деформировано 90 м ее полотна. Активизация оползня (объем 250 м³, площадь 500 м²) в г. Старый Малгобек (в 1 км к западу от участка им. Шерипова) привела к деформации 18 м полотна внутригородской дороги (с покрытием) шириной до 4 м. На дорогах Сунженского района была выявлена активизация пяти оползней. Общая площадь активизации составила 654 м², с суммарным объемом смещенных масс 904 м³. Так, вдоль а/д «Даттых – Галашки» были зафиксированы три оползня (6,6 км, 6,7 км и 6,59 км) с площадью активизации 72 м², 80 м² и 180 м², которые существенного воздействия на дорогу не оказали. В пределах с. Галашки было выявлено два активных оползня с объемом смещенных масс 108 м³ и 500 м³, воздействия на дорожную сеть здесь также не было зафиксировано.

Обвально-осыпные процессы в 2021 г. были зафиксированы в Сунженском районе, на пяти участках а/д «Таргим – Нижний Алкун» (7,65 км, 7,90 км, 9,4 км, 15,44 км, 17,45 км). Общая площадь активизаций составила 5800 м², с суммарным объемом смещенных масс 5350 м³. Негативного воздействия обвально-осыпных масс на полотно дороги не наблюдалось.

В 2022 году на дорогах республики были зафиксированы проявления только оползневого характера с низкой степенью активности. Фактором активизации явились атмосферные осадки. В мае месяце оползневые проявления наблюдались на дороге (в районе г. Старый Малгобек), где были отмечены оползневые смещения

грунтов (площадь 325 м², объем 163 м³, мощность 0,5 м), представленные суглинками, глинами и алевролитами. Активизация оползня привела к деформации 10 м обочины дороги (с покрытием). В этом же месяце оползневыми массами (площадь 750 м², объем 750 м³, мощность 1 м), представленными суглинками и глинами, было деформировано 30 м обочины внутригородской дороги (с покрытием) в г. Старый Малгобек. В июне оползневые активизации произошли на трех участках а/д «Даттых – Галашки» (Сунженский район). Оползневыми подвижками были затронуты горные породы, представленные суглинками и глинами. На первом участке дороги (0,5 км) наблюдалось обрушение стенки уступа, образование внутриоползневых уступов и трещин закола на теле оползня (площадь 1800 м², объем 3600 м³, мощность 2 м). Негативного воздействия на полотно дороги не наблюдалось. На втором участке (5,26 км) активизация оползня (площадь 375 м², объем 375 м³, мощность 1 м) привела к разрушению 20 м полотна дороги (с покрытием) шириной 1,5 м. На третьем участке (13,3 км) наблюдалось обрушение стенки уступа и образование внутриоползневого уступа на теле оползня (площадь 120 м², объем 180 м³, мощность 1,5 м). Негативного воздействия на полотно дороги не фиксировалось.

Проведенный анализ показал, что наибольшая оползневая активность в Республике Ингушетия отмечается на дорогах Малгобекского («Вознесенская – Моздок», «Вознесенская – Назрань», «Вознесенская – Малгобек») и Сунженского («Даттых – Галашки», «Галашки – Мужичи») районов. Развитие обвально-осыпных процессов в основном проявляется на дорогах Джейрахского и реже на юге Сунженского района и практически ежегодно приводит к разрушению или перекрытию отдельных участков а/д «Алкун – Таргим – Джейрах – Чми», единственной дороги, связывающей Джейрахский и южную часть Сунженского районов с северными районами республики. Только за 2010–2022 гг. на территории Республики Ингушетия было разрушено и деформировано оползневыми и обвально-осыпными процессами 5,226 км дорог (из них с покрытием 3,332 км, без покрытия 1,894 км), в том числе оползневыми процессами — 4,055 км (из них с покрытием 2,320 км, без покрытия 1,735 км), а обвально-осыпными — 1,171 км (из них с покрытием 1,012 км, без покрытия 0,159 км) (табл.).

Таблица.

ПРОТЯЖЕННОСТЬ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
РЕСПУБЛИКИ ИНГУШЕТИЯ, ИСПЫТАВШИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ
ОПОЛЗНЕВЫХ И ОБВАЛЬНО-ОСЫПНЫХ ПРОЦЕССОВ
ЗА ПЕРИОД 2010–2022 гг., км

Table. The length of sections of highways of the Republic of Ingushetia
affected by landslide and landslide-talus processes for the period 2010–
2022, km

Годы	Склоновые процессы					
	Всего		в том числе			
	дороги с твердым покры тием	дороги без покры тия	оползневые		обвално-осыпные	
			дороги с твердым покры тием	дороги без покрытия	дороги с твердым покры тием	дороги без покрытия
2010	0,568	0,380	0,443	0,380	0,125	0,000
2011	0,270	0,080	0,185	0,075	0,085	0,005
2012	0,440	0,100	0,283	0,100	0,157	0,000
2013	0,640	0,490	0,440	0,480	0,200	0,010
2014	0,229	0,075	0,119	0,030	0,110	0,045
2015	0,203	0,078	0,078	0,048	0,125	0,030
2016	0,279	0,299	0,249	0,275	0,030	0,024
2017	0,254	0,333	0,129	0,288	0,125	0,045
2018	0,084	0,042	0,044	0,042	0,040	0,000
2019	0,061	0,007	0,056	0,007	0,005	0,000
2020	0,136	0,010	0,126	0,010	0,010	0,000
2021	0,108	0,000	0,108	0,000	0,000	0,000
2022	0,060	0,000	0,060	0,000	0,000	0,000
Всего	3,332	1,894	2,320	1,735	1,012	0,159

Наибольший ущерб автомобильным дорогам республики в результате активизации склоновых процессов был нанесен в 2010 и 2013 гг., а наименьший — в 2019 и 2022 г.

Выводы

Проведенные систематизация и анализ различных источников, содержащих информацию о распространении и активности проявления оползневых и обвально-осыпных процессов на дорогах Республики Ингушетия, позволили охарактеризовать условия и причины, а также оценить активность и опасность оползневых и обвально-осыпных проявлений на дорогах республики за 2005–2022 гг. Анализ активности оползневых проявлений за последние 18 лет показал, что наибольший размах оползневой деятельности на дорогах отмечался в 2010, 2016 и 2017 гг., а очень слабая степень активности наблюдалась в 2008 г. Максимальная обвально-осыпная активность на дорогах республики наблюдалась в 2005 и 2013 гг., а минимальная — в 2019 г. Максимальное число случаев активизации оползневых процессов было приурочено к началу летнего периода и в основном обусловлено ливневыми дождями. Обвально-осыпная активизация происходила в основном в весенне-летний период — во время выпадения аномального количества осадков. По результатам исследования выявлены наиболее подверженные оползневым и обвально-осыпным процессам участки автодорог республики. Выполненный анализ свидетельствуют о преобладающем развитии оползневых проявлений на дорогах Малгобекского района, а обвально-осыпных — на дорогах Джейрахского района. В работе приведены сведения о масштабах произошедших разрушений и деформаций полотна автодорог. Так, только за 2010–2022 гг. на территории республики было разрушено и деформировано склоновыми процессами 5,226 км дорог (из них с покрытием 3,332 км, без покрытия 1,894 км), в том числе оползневыми процессами — 4,055 км (из них с покрытием 2,320 км, без покрытия 1,735 км), а обвально-осыпными — 1,171 км (из них с покрытием 1,012 км, без покрытия 0,159 км). Анализ социально-экономических последствий наиболее масштабных оползневых и обвально-осыпных активизаций, произошедших на дорогах республики, позволяет сделать вывод о довольно значительной степени их опасности.

Библиографический список

1. Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Республики Ингушетия от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2004–2021 гг.». Магас: Главное управление МЧС России по Республике Ингушетия, 2005–2022.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Ингушетия в 2017 году. Магас: Комитет Республики Ингушетия по экологии и природным ресурсам, 2017. 66 с.
3. Доклад о состоянии и использовании земель в Республике Ингушетия в 2010 г., Магас: Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Ингушетия, 2011. 55 с.
4. Информационные бюллетени о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2004–2021 гг. Вып. 28–45. М.: Геоинформмарк, 2005–2022.
5. Информационные бюллетени о состоянии недр территории Северо-Кавказского федерального округа Российской Федерации за 2015–2021 гг. Вып. 12–18. Ессентуки: Гидроспецгеология, 2016–2022.
6. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации (по кварталам) за 2007–2022 гг. М.: Гидроспецгеология, 2007–2022.
7. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Северо-Кавказского федерального округа (по кварталам) за 2006–2022 гг. Ессентуки: Гидроспецгеология, 2006–2022.
8. Коломенский Н.В. Специальная инженерная геология. М.: Недра, 1969. 335 с.
9. Корчагина Е.А., Гедуева М.М., Атаев З.В., Джаппуев Д.Р., Дроздов А.Л. Геоэкологические исследования на территории Северного Кавказа // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 2 (100). С. 126–138.
10. Кюль Е.В. Оценка подверженности территорий Республики Ингушетия и Чеченской Республики опасным природным процессам // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2020. Т. 5. № 2 (20). С. 30–41.
11. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневой процесса на европейской территории СССР. М.: Недра, 1980. 213 с.

12. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. М.: Стройиздат, 1972. 340 с.
13. Паспорт республиканской целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций на территории Республики Ингушетия на 2007–2010 годы». Магас, 2007 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/819000112> (дата обращения: 16.06.2020).
14. Разумов В.В., Аджиев А.Х., Разумова Н.В., Глушко А.Я., Шагин С.И., Кондратьева Н.В., Притворов А.П., Колычев А.Г., Шаповалов М.А., Опасные природные процессы Северного Кавказа. М.: Феория, 2013. 320 с.
15. Разумов В.В., Богданова Н.Д., Разумова Н.В. Анализ активности оползневой деятельности на Северном Кавказе в XXI в. // ГеоРиск. 2021. Т. XV. № 1. С. 8–25,
16. Разумов В.В., Висхаджиева К.С., Богданова Н.Д., Лысенко А.В. Опасность и активность оползневой деятельности на территории Кавказских Минеральных Вод // Наука. Инновации. Технологии. 2020. № 1. С. 47–72.
17. Разумов В.В., Лиховид А.А., Шаповалов Д.А., Шагин С.И., Разумова Н.В., Богданова Н.Д. Оползневая деятельность на Северном Кавказе в XXI веке. М.: Феория; Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2022. 368 с.
18. Разумов В.В., Разумова Н.В. Обвально-осыпные процессы на территории Северного Кавказа // Геориск. 2013. № 1. С. 44–52.
19. Сергеева Г.А., Андреева Е.С., Адамян В.Л. Условия формирования селевых потоков Республики Ингушетия (Восточный Кавказ) // Успехи современного естествознания. 2020. № 4. С. 151–156.
20. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / под ред. А.И. Спиридонова. М.: Советская энциклопедия, 1980. 703 с.

References

1. State reports "On the state of protection of the population and territories of the Republic of Ingushetia from natural and man-made emergencies in 2004–2021." Magas: The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Republic of Ingushetia, 2005–2022. (In Russ.).
2. State report on the state of natural resources and the environment of the Republic of Ingushetia in 2017. Magas: Com-

- mittee of the Republic of Ingushetia on Ecology and Natural Resources, 2017. 66 p. (In Russ.).
3. Report on the state and use of land in the Republic of Ingushetia in 2010, Magas: Department of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography in the Republic of Ingushetia, 2011. 55 p. (In Russ.).
 4. Newsletters on the state of the subsoil on the territory of the Russian Federation in 2004–2021. Issue 28–45. Moscow: Geoinformmark, 2005–2022. (In Russ.).
 5. Newsletters on the state of the subsoil of the territory of the North Caucasus Federal District of the Russian Federation for 2015–2021. Issue 12–18. Essentuki: Hydrospegeology, 2016–2022. (In Russ.).
 6. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes on the territory of the Russian Federation (by quarters) for 2007–2022. Moscow: Hydrospegeology, 2007–2022. (In Russ.).
 7. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes on the territory of the North Caucasus Federal District (by quarters) for 2006–2022. Essentuki: Hydrospegeology, 2006–2022. (In Russ.).
 8. Kolomenskiy N.V. Special engineering geology. M.: Nedra, 1969. 335 p. (In Russ.).
 9. Korchagina E.A., Gedueva M.M., Ataev Z.V., Dzhappuev D.R., Drozdov A.L. Geoecological studies on the territory of the North Caucasus // Izvestiya Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2021. No. 2 (100). P. 126–138. (In Russ.).
 10. Kuhl E.V. Assessment of the susceptibility of the territories of the Republic of Ingushetia and the Chechen Republic to dangerous natural processes // Grozny Natural Science Bulletin. 2020. Vol. 5. No. 2 (20). P. 30–41. (In Russ.).
 11. Kuntzel V.V. Regularities of the landslide process on the European territory of the USSR. M.: Nedra, 1980. 213 p. (In Russ.).
 12. Maslov N.N., Kotov M.F. Engineering geology. M.: Stroyizdat, 1972. 340 p. (In Russ.).
 13. Passport of the republican target program "Risk reduction and mitigation of the consequences of emergency situations on the territory of the Republic of Ingushetia for 2007–2010". Magas, 2007. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/819000112> (date of address: 06/16/2020). (In Russ.).
 14. Razumov V.V., Adzhiev A.H., Razumova N.V., Glushko A.Ya.,

- Shagin S.I., Kondratieva N.V., Pritvorov A.P., Kolychev A.G., Shapovalov M.A., Dangerous natural processes of the Northern Caucasus. M.: Feoria, 2013. 320 p. (In Russ.).
15. Razumov V.V., Bogdanova N.D., Razumova N.V. Analysis of landslide activity in the North Caucasus in the XXI century // GeoRisk. 2021. Volume XV. No. 1. P. 8–25. (In Russ.).
 16. Razumov V.V., Viskhadzhieva K.S., Bogdanova N.D., Lysenko A.V. Danger and activity of landslide activity on the territory of the Caucasian Mineral Waters // Nauka. Innovation. Technologies. 2020. No. 1. P. 47–72. (In Russ.).
 17. Razumov V.V., Likhovid A.A., Shapovalov D.A., Shagin S.I., Razumova N.V., Bogdanova N.D. Landslide activity in the North Caucasus in the XXI century. M.: Feoria – Stavropol: North Caucasus federal university, 2022. 368 p. (In Russ.).
 18. Razumov V.V., Razumova N.V. Landslide-talus processes in the territory of the North Caucasus // Georisk. 2013. No. 1. P. 44–52. (In Russ.).
 19. Sergeeva G.A., Andreeva E.S., Adamyan V.L. Conditions of formation of mudflows of the Republic of Ingushetia (East Caucasus) // Successes of modern natural science. 2020. No. 4. P. 151–156. (In Russ.).
 20. Quadrilingual encyclopedic dictionary of terms on physical geography / edited by A.I. Spiridonov. M.: Soviet Encyclopedia, 1980. 703 p. (In Russ.).

**Поступило в редакцию 12.01.2023,
принята к публикации 15.03.23.**

Об авторах

Разумов Виктор Владимирович, доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Высокогорного геофизического института Росгидромета.
E-mail: razumov_vv@mail.ru

Залиханов Михаил Чоккаевич, доктор географических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник Высокогорного геофизического института Росгидромета.
E-mail: zalihanovm@mail.ru

Богданова Наталья Дмитриевна, инженер Института геотехники и инженерных изысканий в строительстве.
E-mail: kolesova@igiis.ru

Разумова Наталья Викторовна, кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник АО «Российские космические системы» Роскосмоса.
E-mail: razumova-nv@yandex.ru

About the authors

Razumov Viktor Vladimirovich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Federal State Budgetary Institution "Vysokogorny Geophysical Institute" of Roshydromet. E-mail: razumov_vv@mail.ru

Zalikhanov Mikhail Chokkaevich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Institution "Vysokogorny Geophysical Institute" of Roshydromet.
E-mail: zalihanovm@mail.ru

Bogdanova Natalia Dmitrievna, Engineer of LLC "Institute of Geotechnics and Engineering Surveys in Construction".
E-mail: kolesova@igiis.ru

Razumova Natalia Viktorovna, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of JSC "Russian Space Systems" of Roscosmos. E-mail: razumova-nv@yandex.ru

2.8.4.
УДК 622.279.51
DOI:

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
10.37493/2308-4758.2023.1.7

Ваганов Е. В.,
Сохошко С. К.,
Краснов И. И.

Газпром недра, г. Тюмень, Россия;
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия;
Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного
федерального университета им. М. К. Аммосова, г. Мирный,
Россия

ПРОГНОЗ УСПЕШНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВОДОПРИТОКОВ В ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

Введение.

Изучение геологического строения газовых и газоконденсатных залежей при прогнозе и их разработке позволяет выявить основные причины возникновения обводненности продукции скважин. Прогноз базируется на исследовании путей прорыва подошвенной и контурной воды из водоносного горизонта. Также в процессе гидрохимического контроля определяется, что прорыв воды происходит из-за подъема ГВК или нарушения герметичности заколонного пространства [1, 2].

Материалы и методы
исследований.

На основании промысловых исследований показано, что депрессионная воронка в настоящий период разработки в апт-сеноманском водоносном комплексе, сформировалась вследствие эксплуатации газовых залежей Уренгойской и Ен-Яхинской площадей [3, 4]. Согласно методике И. П. Чоловского определялась энтропия коллекторов по расчлененности в качестве меры неоднородности в интервале вскрытия продуктивного пласта. В результате анализа выявлен механизм обводнения скважин в области распределения факторов песчаности и неоднородности [5–7]. Определено, что интенсивность вторжения вод во многом зависит от фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород залежи и водонапорного бассейна. Поэтому темпы подъема ГВК и изменение насыщенности связаны с особенностями литологического и тектонического строения разреза в пределах отдельных участков залежи действующих эксплуатационных скважин [8, 9].

Результаты исследований

и их обсуждение.

Большинство эксплуатируемых скважин на Уренгойском месторождении имеют минимальный коэффициент пористости 24 %, а коэффициент песчаности коллекторов в интервале вскрытия пласта — минимум 85 %. Невыдержанность по толщине и по площади, а также существенная опесчаненность глинистых пластов обуславливает тесную гидродинамическую взаимосвязь пластов. Следовательно, средневзвешенные значения анализируемых параметров можно принять как граничные условия прогнозирования обводнения и запуска скважины в эксплуатацию после проведения мероприятий по ограничению водопритоков.

Выводы.

Для прогноза успешности водоизоляционных работ проведен анализ геологических факторов песчаности и неоднородности по разрезу. В качестве меры неоднородности в интервале перфорации определялась энтропия коллекторов по расчлененности.

Прогнозирование обводнения скважин на данной стадии разработки газовых залежей месторождений Крайнего севера является актуальным, так как требует решения проблемы добычи природного газа с повышенным содержанием пластовой воды в продукции скважин. На основе результатов анализа причин обводнения фонда скважин выявлено, что при выполнении (МОПВ) необходимо учитывать особенности геологического строения, расположения глинистых пропластков и проницаемость продуктивных горизонтов. Также рекомендуется проводить повторную перфорацию, затем выполнить закачку водоизоляционного состава с докреплением цементом на скважинах имеющих глинистые пропластки небольшой толщины более одного метра с чередующимися продуктивными пропластками небольшой толщины.

Ключевые слова: коэффициент песчаности, прогноз успешности ВИР, интервалах перфорации, эксплуатационная скважина, распределение пористости, механизм обводнения скважин, текущего положения ГВК.

**Vaganov E. V.,
Sokhoshko S. K.,
Krasnov I. I.**

Gazprom Nedra LLC, Tyumen, Russia
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia
Mirny Polytechnic Institute (branch) of North-Eastern Federal University, Mirny, Russia

Substantiation of Methods to Remove Water Inflows in Wells Draining Gas Condensate Deposits

Introduction.

Forecasting the intrusion of formation waters into the reservoir determines the time of watering wells and, therefore, is necessary for planning and implementing measures to limit water inflows. The study of the geological structure of gas and gas condensate deposits during the development of oil and gas condensate fields makes it possible to identify the main causes of the occurrence and development of water cut in well production. The forecast is based on the study of the ways of breakthrough of bottom and contour water from the aquifer. Also, in the process of hydrochemical control, it was determined that water breakthrough occurs due to the rise of the GWC and the violation of the tightness of the annulus [1, 2].

Materials and research methods.

On the basis of field studies, it was shown that the depression funnel in the current period of development in the Aptian-Cenomanian aquifer complex was formed as a result of the exploitation of gas deposits in the Urengoyskaya and Yen-Yakhinskaya areas [3, 4]. According to the methodology of I.P. Cholovsky, the entropy of reservoirs was determined by dissection as a measure of heterogeneity in the inter-

val of opening a productive reservoir. As a result of the analysis, the mechanism of well watering in the area of distribution of the factors of net-to-grossness and heterogeneity was revealed [5–7]. It has been determined that the intensity of water intrusion largely depends on the porosity and permeability properties (PRP) of the rocks of the deposit and the watershed. Therefore, the rate of GWC rise and the change in saturation are associated with the features of the lithological and tectonic structure of the section within individual sections of the deposit of operating production wells [8, 9].

Research results and their discussion.

Most of the wells in operation at the Urengoykoye field have a minimum porosity factor of 24%, and the net-to-gross ratio of the reservoirs in the formation interval is at least 85%. The analysis of the geological structure during the development of gas deposits in the Urengoykaya and Yen-Yakhinskaya areas made it possible to determine the causes of the occurrence and development of water cut in well production. It is based on the study of the ways in which formation waters enter the well from the aquifer. Irregularity in thickness and area, as well as significant sandiness of clay layers causes a close hydrodynamic relationship of the layers. Therefore, the weighted average values of the analyzed parameters can be taken as the boundary conditions for predicting watering and putting the well into operation after carrying out measures to limit water flow. To predict the success of waterproofing work, an analysis of the geological factors of sand content and heterogeneity along the section was also carried out. As a measure of heterogeneity in the perforation interval, the entropy of reservoirs was determined by stratification. According to the chemical analysis of samples taken from the wells, geophysical studies of the current position of the GWC and the results of measures to limit the inflow of water (WRI), the boundaries of the sectors were determined.

Conclusions.

Forecasting well watering at this stage of development of gas deposits in the Far North fields is very relevant, as it necessitates the formulation and solution of the problem of production and treatment of natural gas with a high content of formation water in well production. Based on the results of the analysis of the reasons for the downtime of the well stock, taking into account the geological structure, the location of clay interlayers and the permeability of productive horizons, it is recommended to carry out geological and technical measures (GTO) on the wells. Thus, for wells with sufficiently thick shale interlayers up to 5.0 meters, it is necessary to carry out (MOW) by installing cement bridges in the zone of shale interlayers. It is also recommended to re-perforate and then re-inject the water-proofing composition with additional cement in wells with clay interlayers of a small thickness of more than one meter with alternating productive interlayers of small thickness.

Key words:

net-to-gross ratio, VIR success forecast, perforation intervals, production well, porosity distribution, well watering mechanism, current GWC position.

Введение

Прогноз подъема условной границы раздела пластовых вод и газа позволяет определить время обводнения залежи. Это необходимо для планирования и внедрения мероприятий по ограничению водопритоков в скважинах. Прогноз базируется на исследовании путей прорыва контурной воды и подтягивание подошвенной из водоносного горизонта. Также в процессе гидрохимического контроля определено, что прорыв воды происходит из-за подъема ГВК и нарушения герметичности заколонного пространства [1, 2].

На основании результатов анализа проб отбираемой жидкости из скважин в процессе гидрохимического контроля показано, что одной из главных причин обводнения скважин является нарушение цементного камня и как правило поступление воды по заколонному пространству.

Также в процессе гидрохимического контроля определено, что прорыв воды происходит из-за подъема ГВК и нарушения герметичности заколонного пространства.

Материалы и методы исследований

На основании промысловых исследований выявлено, что депрессионная воронка в настоящий период разработки в апт-сеноманском водоносном комплексе, протягивается с севера на юг и с запада на восток. Она сформировалась вследствие эксплуатации сеноманской залежи месторождений Большого Уренгоя. На отдельных участках депрессионная воронка охватила почти на всю мощность апт-сеноманский водоносный комплекс. Разработка газовых залежей месторождений Большого Уренгоя ведется при упруговодонапорном режиме. Доказательством этого является то, что буквально через год после ввода УКПГ произошло падение давления и подъем ГВК в зоне УКПГ. На основании результатов гидродинамических исследований выявлено, что внедрение пластовых вод и образование депрессионной воронки происходит неравномерно по площади залежи [3, 4].

Наибольшая скорость подъема ГВК наблюдается в высокопроницаемых коллекторах. Различные темпы подъема газо-водяного раздела и изменения насыщенности отложений сеномана связаны с

геологофизическими особенностями, со временем ввода отдельных УКПГ и с уровнями отбора пластового газа [5–7].

По методике И.П. Чоловского определялась энтропия коллекторов по расчлененности в качестве меры неоднородности в интервале вскрытия пласта (перфорации). В результате проведенного анализа выявлен механизм обводнения скважин, который показан секторами в области распределения факторов песчаности и неоднородности [8–9].

Результаты исследований и их обсуждение

Особенности геологического строения газоконденсатных залежей позволяют выявить, что воды исследуемого комплекса высоконапорные и у них повышенная водообильность. Апт-сеноманский водоносный комплекс наиболее полно изучен в интервале отложений сеноманского яруса. Невыдержанность опесчаненности глинистых пластов по толщине существенно характеризует гидродинамическую их взаимосвязь (табл. 1).

Таким образом, водоносные сеноманские коллекторы характеризуются высокими свойствами: по минерализации воды в пределах 16,0–19,0 г/л, по типу они хлоридно-натриевые. Для условий разработки Уренгойского месторождения они показаны секторами в области распределения факторов песчаности и неоднородности (рис. 1).

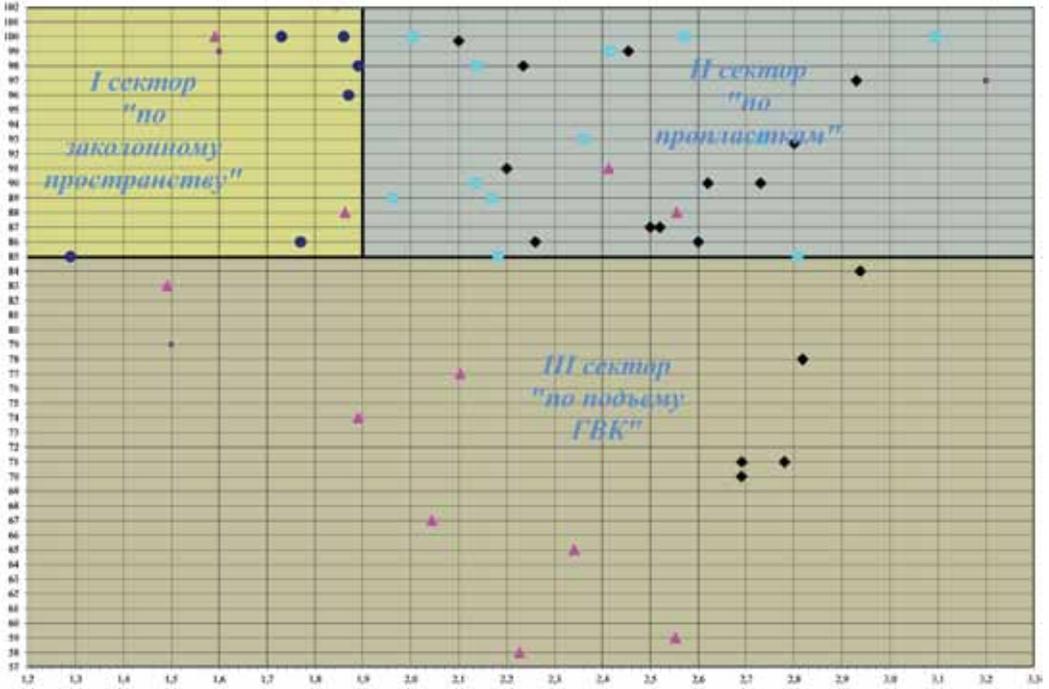
Для прогноза успешности водоизоляционных работ выполнена оценка факторов неоднородности по площади газовой залежи. В интервале перфорации определялась энтропия коллекторов по расчлененности. На основании результатов исследований выявлены причины обводнения скважин. Определялись условные границы секторов по химическому анализу отобранных проб из скважин, согласно геофизическим исследованиям за продвижением текущего положения газовой водяной контактной (ГВК) и результатам мероприятий по ограничению притоков воды (МОПВ). При этом каждый механизм обводнения требует соответствующих технологии устранения причин водопритока [8–10].

При поступлении воды в скважины преимущественно по проницаемым пропласткам и приток пластовой воды по заколонному пространству ликвидируется различными материалами. Как прави-

Таблица 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА В ОБЪЕМЕ СЕНОМАНСКОГО ЯРУСА
Table 1. Characteristics of the aquifer in the volume of the Cenomanian stage

Параметры	Единицы измерения	Среднее значение	Диапазон изменения	
			минимальное значение	максимальное значение
Давление в залежи на дату проведения замера	МПа	12,2	12,1	12,4
Коэффициент объемного расширения вод	доли ед.	1,002	1,001	1,003
Вязкость воды	мПа·с	0,77	0,68	0,78
Общая минерализация вод	г/дм ³	18	14	22
Плотность пластовых вод при 20 °С	г/см ³	1,012	1,009	1,015

ло обводнение по заколонному пространству происходит из-за низкого качества цементного камня. Соответственно ликвидировать приток воды нужно закачкой водоизолирующих составов на цементной основе в место негерметичности. Приток же ликвидировать пластовой воды по проницаемым пропласткам рекомендуется пере-



- — скважины с успешным результатом МОПВ;
- ▲ — скважины с отрицательным результатом МОПВ;
- ◆ — обводнившиеся скважины до МОПВ;
- — скважины с притоком пластовой воды после МОПВ

Рис. 1.

Распределение факторов песчанности и неоднородности пласта, влияющих на успешность МОПВ на скважинах Уренгойской площади.

Fig. 1. Distribution of factors of net-to-gross ratio and reservoir heterogeneity that affect the success of the WDM in the wells of the Urengoy area.

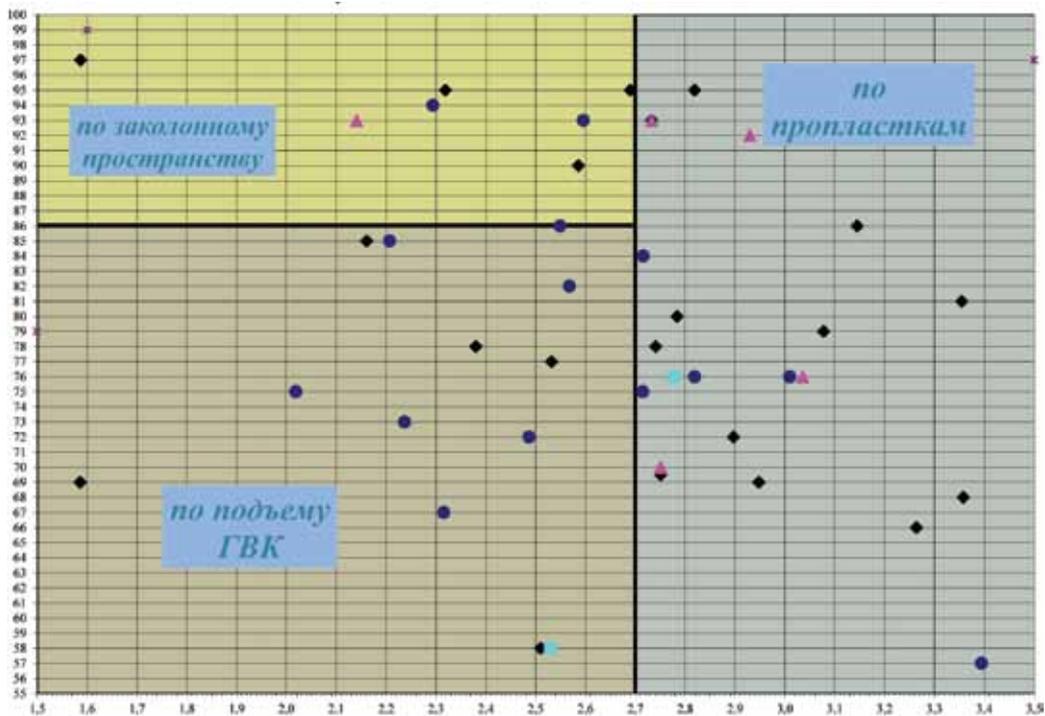
ходом на вышележащий продуктивный интервал. Выделяется четко выраженная граница, разделяющая скважины I и II секторов на «наличие и отсутствие пластовой водой». При наличии эффекта от закачки водоизолирующих составов эта граница не должна получиться, т. е. в секторе «по пропласткам» тоже должно быть такое чередование.

Прогнозировать ограничение водопритока в скважины рекомендуется после перехода на вышележащий горизонт. Высокая неоднородность продуктивного пласта провоцирует продвижение воды с уровня ГВК в сторону уменьшения неоднородности. После проведения МОПВ возросла их успешность при частичной изоляции работающего интервала. Результатом стала увеличенная продолжительность эффекта мероприятий и выросшая эффективность данных работ [11, 12].

Таким образом, на основании результатов анализа в III секторе «по подъему ГВК» во всех скважинах после МОПВ, как и предполагалось, получен отрицательный результат. Хотя в оставшихся двух секторах практически все скважины запущены в эксплуатацию. С учетом пониженных ФЕС в секторах I и II все скважины с отрицательным результатом в дальнейшем введены в работу после повторного освоения. Возможно, причина отрицательного МОПВ в этих секторах может быть технической.

Так, для эффективного планирования МОПВ статистическое прогнозирование для условий Уренгойской площади имеет большое значение и позволяет предполагать целесообразность мероприятий.

Аналогичные исследования успешности МОПВ, проведены на Ен-Яхинской площади. Они показали, что факторами запуска скважин в эксплуатацию являются пористость и эффективная толщина коллекторов в интервале пласта. Определенные граничные значения пористости и эффективной толщины пласта для запуска скважин Ен-Яхинской площади в эксплуатацию составляют 24% и 18 метров соответственно. Механизм обводнения скважин как и на Уренгойской площади зависит от песчанности и литологической неоднородности коллекторов в интервале перфорации, с той разницей, что на Ен-Яхинской площади границы разделяющей скважины



- — скважины с успешным результатом МОПВ;
- ▲ — скважины с отрицательным результатом МОПВ;
- ◆ — обводнившиеся скважины до МОПВ;
- — скважины с притоком пластовой воды после МОПВ

Рис. 2.

Распределение песчанистости и эффективной толщины коллекторов, влияющих на успешность МОПВ на скважинах Ен-Яхинской площади.

Fig. 2. Distribution of net-to-gross ratio and effective thickness of reservoirs that affect the success of the WDM in the wells of the Yen-Yakhinskaya area.



● — скважины с положительным результатом МОПВ

Рис. 3.

Расположение скважин по причинам их обводнения после МОПВ.

Fig. 3. Location of wells by reasons for their watering after WDM.

по воде нет. Некоторые скважины остановились, находясь в эксплуатации менее месяца. Этому способствовала дополнительная перфорация (рис. 2).

Для определения оптимального коэффициента неоднородности для условий разработки Ен-Яхинской площади проведена оценка продолжительности эффекта после МОПВ, без учета дополнительной перфорации. На рисунке 3 показано распределение скважин по причинам их обводнения, запущенных в работу после МОПВ.

В данных скважинах проведена изоляция части интервала пласта и посчитаны коэффициенты неоднородности и песчанистости коллекторов в оставшемся интервале без дополнительной перфорации. Как видно, скважины с коэффициентом неоднородности более 2,1 нит находятся в простаивающем фонде или находятся в эксплуатации с периодическими остановками.

Стоит отметить, что с целью прогноза более продолжительного межремонтного периода эксплуатации скважин на Ен-Яхинской площади после МОПВ необходимо учитывать геологический фактор при частичной изоляции выработанного продуктивного горизонта. Дополнительная перфорация нового интервала позволяет запустить скважины в эксплуатацию на время, которое необходимо продвижению пластовой воды с оставшихся не отсеченными обводненных пропластков [13, 14].

Дополнительно при прогнозе фактора успешности МОПВ выполнен анализ по направлениям: исследования меченой жидкостью (МЖ) в скважинах Уренгойского месторождения и необходимость применения ВИС на Ен-Яхинской площади. Исследования скважин (МЖ) проводились в комплексе с геофизическими методами (ГИС) в процессе МОПВ, после подъема подземного оборудования. Результат этих исследований заключался в определении водонасыщенных выработанных пропластков для их дальнейшей изоляции и запуска скважин в эксплуатацию. Тем не менее выявлено, что в некоторых скважинах водоприток ликвидировать не удалось. Исследования мечеными жидкостями показали, что успешность мероприятий достигается за счет частичной изоляции интервала вскрытия пласта [15–16].

Наличие пластовой воды в скважинах после МОПВ означает низкую эффективность исследований мечеными жидкостями, которые определяют максимально выработанные пропластки, но не могут установить точно границу раздела между обводненными и газонасыщенными пропластками. Отсутствие пластовой воды в скважине № 15385, находящейся в секторе «по пропласткам», обусловлено наличием песчаной пробки, которая образовалась сразу после МОПВ и перекрыла обводненный интервал. Фактически данная скважина должна находиться в I секторе (по заколонному пространству) [17–20].

Песчаные пробки играют негативную роль в эксплуатации скважин на падающей стадии разработки месторождения, т. к. после их образования многие скважины работают без пластовой воды, независимо от геофизических исследований, которые показывают текущий уровень ГВК в продуктивном интервале. Это также подтверждается рядом скважин после размыва песчаной пробки (например, скважина № 11461 — после промывки пробки с помощью колтюбинговой установки появилась пластовая вода). Иногда данное явление проявляется после ошибочной глубины установки цементного моста. При этом корректируют конструкцию скважин для сдерживания напора обводнившихся пропластков. При высоко поднятых НКТ интервал их образования точно указывает на нужное место изоляции. Важно отметить, что в ряде скважин после освоения приток воды не ликвидирован по техническим причинам из-за негерметичности цементного моста: скважины № 15246, № 13236, № 12061 (установлен с помощью М-10, который размывается в обоих случаях и не зависит от состава). На основании выполненного анализа геологической службой УГПУ ООО «Газпром добыча Уренгой», если учесть большеобъемные закачки водоизолирующих составов (ВИС), выявлено, что в некоторых скважинах геологический фактор не выдержан и причиной успешности являются мероприятия по изоляции промытого интервала.

Выводы

Прогнозирование обводнения скважин на данной стадии разработки газовых залежей месторождений Крайнего севера является актуальным, так как требует решения проблемы добычи природного газа с повышенным содержанием воды. На основе результатов анализа причин обводнения фонда скважин выявлено, что при выполнении МОПВ необходимо учитывать особенности геологического строения, расположения глинистых пропластков и проницаемость продуктивных горизонтов.

Таким образом, для скважин, имеющих достаточно мощные до 5,0 метров глинистые пропластки, нужно проводить МОПВ методом установки цементных мостов в зоне глинистых пропластков. Также рекомендуется проводить повторную перфорацию, затем выполнить закачку водоизоляционного состава с докреплением цементным составом.

Полученные результаты расширяют возможности достоверного прогнозирования эффективности МОПВ и тем самым ориентируют специалистов о сроках внедрения необходимых новых технологических решений в области разработки газовых и газоконденсатных залежей.

Библиографический список

1. Ваганов Ю.В. Рекомендации по дополнению действующей структуры ремонтных работ // Бурение и нефть. 2021. № 12. С. 37–40.
2. Ваганов Е.В. Опыт проведения ВИР на скважинах, эксплуатирующих газоконденсатные залежи Берегового месторождения / Е.В. Ваганов, Е.Е. Левитина и др. // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 1. С. 27–38.
3. Ваганов Е.В., Сохошко С.К. Особенности проведения водоизоляционных работ на скважинах Берегового месторождения // Нефть и газ: опыт и инновации. 2021. Т. 5. № 2. С. 3–21.
4. Дерендяев Р.А., Дерендяев К.А. Оценка эффективности проведения водоизоляционных работ на Визейском объекте месторождения Пермского края // Master's Journal. 2019. № 2. С. 41–50.

5. Дерендяев Р.А., Пикулев А.С., Дерендяев К.А. Использование вероятностно-статистических методов для оценки эффективности применения технологий по ограничению водопритока // Нефтепромысловое дело. 2020. №5 (617). С. 48–53.
6. Дорфман М.Б., Харитонов М.М., Сентемов А.А. Прогнозирование эффективности проникновения водоизоляционных составов в неоднородном коллекторе на трехмерной модели пласта // Нефтепромысловое дело. 2021. №9 (633). С. 26–29.
7. Иванова М.С., Инякина Е.И. и др. Влияние горно-геологических условий на отработку запасов углеводородов // Горный журнал. 2019. №2. С. 10–12.
8. Кадыров Р.Р. Ремонтно-изоляционные работы в скважинах с использованием полимерных материалов. Казань, 2007. 424 с.
9. Колев Ж.М., Краснов И.И., Ваганов Е.В. Моделирование и обоснование ограничения водогазопритоков в скважины, эксплуатирующие нефтегазовые залежи // Нефть и газ: опыт и инновации. 2021. Т. 5. №1. С. 3–21.
10. Курочкин Б.М. Ремонтно-изоляционные работы в скважинах // Газовая промышленность. 2003. №12. С. 73–75.
11. Лапшин С.В. Новый тампонажный состав для технологии изоляционных работ в скважинах высокотемпературных пластов // Нефть. Газ. Новации. 2021. №11 (252). С. 45–47.
12. Леонтьев Д.С., Трифонов А.В. Технологии водоизоляционных работ в газодобывающих скважинах с применением колтюбинга // Научный журнал Российского газового общества. 2022. №2 (34). С. 40–46.
13. Краснов И.И., Ваганов Е.В. и др. Диагностика источников водопритока и перспективы технологий ограничения прорыва воды в скважины // Нефть и газ: опыт и инновации. 2019. №1. С. 20–34.
14. Леонтьев Д.С., Клещенко И.И. и др. Технология проведения водоизоляционных работ в газодобывающей скважине с применением колтюбинга // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2020. №6. С. 75–85.
15. Саранча А.В., Левитина Е.Е., Есиков С.Н. Применение различных технологий эксплуатации самопроизвольно останавливающихся газовых скважин на месторождениях Крайнего Севера // Наука. Инновации. Технологии. 2019. №3. С. 7–18.

16. Сингуров А.А., Нифантов В.И., Пищухин В.М., Гильфанова Е.В. Технологии и составы для водоизоляционных работ в газовых скважинах // Вести газовой науки. 2014. №4 (20). С. 75–80.
17. Силин М.А., Магадова Л.А., Заворотный В.Л. и др. Ремонтно-изоляционные работы в нефтяных и газовых скважинах с использованием установки гибкая труба (УГТ)-колтюбинг с применением безводного тампонажного раствора на углеводородной основе // Территория Нефтегаз. 2010. №2. С. 68–71.
18. Томская Л.А., Краснов И.И., Марakov Д.А. и др. Изоляционные технологии ограничения газопитоков в нефтяных скважинах месторождений Западной Сибири // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2016. №3 (53). С. 50–60.
19. Vaganov E.V., Tomskaya V.F., Krasnov I.I., Alsheikhly M.J.Z. Experience in developing oil and gas deposits with horizontal wells located near the gas processing plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. «International Conference on Extraction, Transport, Storage and Processing of Hydrocarbons and Materials, ETSaP 2020». 2020. С 012035.
20. Gadjiev D., Kochetkov I., Rustanov A. Mathematical Modeling of Gas and Water Cone Formation at an Oil Well // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1116 AISC. P. 758–772.

References

1. Vaganov Yu.V. Recommendations for supplementing the existing structure of repair work // Drilling and oil. 2021. No. 12. P. 37–40. (In Russ.).
2. Vaganov E.V., Levitina E.E. and others. Experience in carrying out testing at wells operating gas condensate deposits of the Beregovoye field // Science. Innovations. Technologies. 2021. No. 1. P. 27–38. (In Russ.).
3. Vaganov E.V., Sokhoshko S.K. Peculiarities of carrying out waterproofing works at the wells of the Beregovoy deposit // Oil and gas: experience and innovations. 2021. V. 5. No. 2. P. 3–21. (In Russ.).
4. Derendyaev R.A., Derendyaev K.A. Evaluation of the effectiveness of water-proofing works at the Viseysky object of the

- field in the Perm Territory // *Master's Journal*. 2019. No. 2. P. 41–50. (In Russ.).
5. Derendyaev R.A., Pikulev A.S., Derendyaev K.A. Using probabilistic-statistical methods to assess the effectiveness of applying technologies to limit water inflow // *Oilfield business*. 2020. No. 5 (617). P. 48–53. (In Russ.).
 6. Dorfman M.B., Kharitonov M.M., Sentemov A.A. Forecasting the efficiency of penetration of water-insulating compositions in a heterogeneous reservoir on a three-dimensional reservoir model // *Oilfield business*. 2021. No. 9 (633). P. 26–29. (In Russ.).
 7. Ivanova M.S., Inyakina E.I. and etc. Influence of mining and geological conditions on the development of hydrocarbon reserves // *Mining magazine*. 2019. No. 2. P. 10–12. (In Russ.).
 8. Kadyrov R.R. Repair and insulation works in wells using polymeric materials. Kazan, 2007. 424 p. (In Russ.).
 9. Kolev Zh.M., Krasnov I.I., Vaganov E.V. Modeling and justification for limiting water and gas inflows into wells operating oil and gas deposits // *Oil and gas: experience and innovations*. 2021. Vol. 5. No. 1. P. 3–21. (In Russ.).
 10. Kurochkin B.M. Repair and insulation works in wells // *Gas industry*. 2003. No. 12. P. 73–75. (In Russ.).
 11. Lapshin S.V. New grouting composition for the technology of isolation work in wells of high-temperature formations // *Oil. Gas. Innovations*. 2021. No. 11 (252). P. 45–47. (In Russ.).
 12. Leontiev D.S., Trifonov A.V. Technologies of waterproofing works in gas producing wells using coiled tubing // *Scientific journal of the Russian Gas Society*. 2022. No. 2 (34). P. 40–46. (In Russ.).
 13. Krasnov I.I., Vaganov E.V. and etc. Diagnostics of water inflow sources and prospects of technologies for limiting water breakthrough into wells // *Oil and gas: experience and innovations*. 2019. No. 1. P. 20–34. (In Russ.).
 14. Leontiev D.S., Kleshchenko I.I. and etc. Technology of waterproofing works in a gas producing well using coiled tubing // *News of higher educational institutions. Oil and gas*. 2020. No. 6. P. 75–85. (In Russ.).
 15. Sarancha A.V., Levitina E.E., Esikov S.N. Application of various technologies for the operation of spontaneously stopping gas wells in the fields of the Far North // *Science. Innovations. Technologies*. 2019. No. 3. P. 7–18. (In Russ.).

16. Singurov A.A., Nifantov V.I., Pishchukhin V.M., Gilfanova E.V. Technologies and compositions for waterproofing works in gas wells // Vesti gazovoy nauki. 2014. No. 4 (20). P. 75–80. (In Russ.).
17. Silin M.A., Magadova L.A., Zavorotny V.L. and etc. Repair and insulation work in oil and gas wells using a coiled tubing (UGT)-coiled tubing installation using an anhydrous oil-based cement slurry Silin // Territory Neftegaz. 2010. No. 2. P. 68–71. (In Russ.).
18. Tomskaya L.A., Krasnov I.I., Marakov D.A. and etc. Isolation technologies for limiting gas inflows in oil wells of Western Siberia fields // Bulletin of the North-Eastern Federal University. M.K. Ammosov. 2016. No. 3 (53). P. 50–60. (In Russ.).
19. Vaganov E.V., Tomskaya V.F., Krasnov I.I., Alsheikhly M.J.Z. Experience in developing oil and gas deposits with horizontal wells located near the gas processing plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Extraction, Transport, Storage and Processing of Hydrocarbons and Materials, ETSaP 2020". 2020. From 012035.
20. Gadjiev D., Kochetkov I., Rustanov A. Mathematical Modeling of Gas and Water Cone Formation at an Oil Well // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1116 AISC. P. 758–772.

**Поступило в редакцию 01.12.2022,
принята к публикации 01.03.2023.**

Об авторах

- Ваганов** Евгений Викторович, заместитель начальника управления, Газпром недра. E-mail: e.v.vaganov@icloud.com.
- Сохошко** Сергей Константинович, доктор технических наук профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета. E-mail: sohoshkosk@tyuiu.ru.
- Краснов** Иван Игнатьевич, кандидат технических наук, доцент базовой кафедры «Нефтегазовое дело», Политехнический институт Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова (филиал в г. Мирный). E-mail: iikrasnov17@gmail.com.

About the authors

Vaganov Evgeniy Viktorovich, Deputy Head of Department, Gazprom Nedra LLC. E-mail: e.v.vaganov@icloud.com.

Sokhoshko Sergey Konstantinovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department “Development and Operation of Oil and Gas Fields” of Tyumen Industrial University.
E-mail: sohoshkosk@tyuiu.ru.

Krasnov Ivan Ignatievich, PhD., Associate Professor of the Base Department of Oil and Gas, Mirny Polytechnic Institute (branch) of North-Eastern Federal University.
E-mail: iikrasnov17@gmail.com.

2.8.4.
УДК 622.279.51
DOI:

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
10.37493/2308-4758.2023.1.8

**Инякина Е. И.,
Левитина Е. Е.,
Рябикова К. О.,
Инякин В. В.**

Тюменский индустриальный университет
г. Тюмень
Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТОВОГО ФЛЮИДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ КАРСКОГО МОРЯ

Введение.

С расширением объемов бурения морского шельфа и отдалением месторождений от береговой линии возрастает количество добывающих скважин, расположенных в сложных подводно-геологических условиях, что осложняет проведение исследований. Например Юрхаровское месторождение расположено полосой вдоль Тазовского полуострова под акваторией Карского моря. При этом данные, получаемые по результатам исследований необходимы при подсчете запасов и проектировании разработки залежей углеводородов.

Материалы и методы

исследований.

Моделирование условий эксплуатации месторождения при различных термодинамических состояниях проводилось с целью определения влияния паров воды и фракций нефти на потери конденсата в процессе разработки залежи [6-9]. Эксперименты проводились для определения количества конденсата в составе пластового газа, физико-химических свойств углеводородов и влияния тяжелых фракций нефти на конденсатоотдачу [5, 10]. Прогнозирование потерь конденсата в залежи в зависимости от влияния негативных факторов необходимо учитывать при подсчете запасов углеводородов и составлении проекта разработки месторождения [11, 13].

Результаты исследований

и их обсуждение.

В изученной части разреза Юрхаровского месторождения, расположенного на шельфе Тазовской губы выявлены газовые залежи в апт-альб-сеноманском комплексе и газоконденсатные залежи с нефтяными оторочками в неокосском комплексе. Выделение объектов разработки основывалось на комплексе геолого-геофизических данных, основными из которых являются наличие в разрезе коллекторов и покрышек и единого гипсометрического положения ГВК или ВНК в случае нефтегазоконденсатной залежи. Корреляция разрезов скважин и выделение продуктивных пластов основывались на выборе реперов, похожести каротажных диаграмм,

с учётом характера насыщения коллекторов и результатов испытания скважин. В результате экспериментальных PVT-исследований определялось влияние водяного пара и фракций нефти как составной части углеводородной системы на величину пластовых потерь в залежи. Проведенный анализ выполненных исследований подтвердил, что многокомпонентные углеводородные системы состоят из смеси газа, конденсата и водяных паров, а также фракций нефти, что существенно меняет свойства системы и динамику ее фазовых процессов при разработке Юрхаровского месторождения.

Выводы. Проведенные PVT-эксперименты с целью выявления влияния водяных паров и компонентов нефти, находящихся в составе природного газа показали, что прогнозный текущий и конечный коэффициенты извлечения конденсата завышены. Анализ результатов исследований выявил различное влияние водяных паров на пластовые потери углеводородов в залежи из-за увеличения парциального давления. При наличии пластовой воды в газоконденсатной системе величина КИК уменьшилась до 4-5%. Таким образом определена причина увеличения пластовых потерь конденсата в залежи при разработке нефтегазоконденсатных месторождений на шельфе Карского моря.

Ключевые слова: шельф, газоконденсат, потери углеводородов, термодинамические исследования, коэффициент извлечения конденсата.

Inyakina E. I.,
Levitina E. E.,
Ryabikova K. O.,
Inyakin V. V.

Tyumen Industrial University,
Tyumen,
Russia

Investigation of Formation Fluid During the Development of Fields on the Kara Sea Shelf

Introduction. With the expansion of offshore drilling and the distance of fields from the coastline, the number of production wells located in difficult underwater geological conditions is increasing, which complicates research. For example, the Yurkharovskoye field is located in a strip along the Tazovsky Peninsula under the waters of the Kara Sea. At the same time, the data obtained from the results of research are necessary when calculating reserves and designing the development of hydrocarbon deposits.

**Materials and research
methods.**

Modeling of the operating conditions of the field under various thermodynamic conditions was carried out in order to determine the ef-

fect of water vapor and oil fractions on condensate losses during the development of the deposit [6–9]. The experiments were carried out to determine the amount of condensate in the reservoir gas, the physicochemical properties of hydrocarbons, and the effect of heavy oil fractions on condensate recovery [5,10]. Prediction of condensate losses in the reservoir depending on the influence of negative factors must be taken into account when calculating hydrocarbon reserves and drawing up a field development project [11, 13].

Research results and
their discussion.

In the studied part of the section of the Yurkharovskoye field, located on the shelf of the Taz Bay, gas deposits were identified in the Aptian-Albian-Cenomanian complex and gas condensate deposits with oil rims in the Neocomian complex. The selection of development objects was based on a set of geological and geophysical data, the main of which are the presence of reservoirs and seals in the section and a single hypsometric position of the GWC or WOC in the case of an oil and gas condensate deposit. Correlation of well sections and identification of productive formations was based on the choice of benchmarks, the similarity of well logs, taking into account the nature of reservoir saturation and well test results. As a result of experimental PVT studies, the influence of water vapor and oil fractions as an integral part of the hydrocarbon system on the reservoir losses in the deposit was determined. The analysis of the performed studies confirmed that multicomponent hydrocarbon systems consist of a mixture of gas, condensate and water vapor, as well as oil fractions, which significantly changes the properties of the system and the dynamics of its phase processes during the development of the Yurkharovskoye field.

Conclusions.

The conducted PVT-experiments in order to identify the effect of water vapor and oil components that are part of natural gas showed that the predicted current and final condensate recovery factors are overestimated. An analysis of the research results revealed a different effect of water vapor on reservoir losses of hydrocarbons in the deposit due to an increase in partial pressure. In the presence of formation water in the gas condensate system, the CFC value decreased to 4-5%. Thus, the reason for the increase in reservoir losses of condensate in the deposit during the development of oil and gas condensate fields on the shelf of the Kara Sea was determined.

Key words:

shelf, gas condensate, hydrocarbon losses, thermodynamic studies, condensate recovery coefficient

Введение

В настоящее время в рамках энергетической стратегии Российской Федерации ожидается активное освоение морских нефтегазоконденсатных залежей. С расширением объемов морского бурения и отдалением месторождений от береговой линии возрастает количество добывающих скважин, расположенных в сложных подводно-геологических условиях, что осложняет проведение исследований. Промысловый опыт разработки залежей нефти и газа Крайнего Севера показал, что начинать целесообразно освоение шельфовых месторождений в регионах с развитой инфраструктурой. Таким примером может быть Юрхаровское месторождение, рядом с которым разрабатываются нефтегазоконденсатные залежи Ямбургского месторождения и имеется уже работающая трубопроводная инфраструктура. Газоконденсатные залежи Юрхаровского месторождения расположены полосой вдоль Тазовского полуострова, в основном под акваторией Карского моря.

При проектировании разработки нефтегазоконденсатных месторождений необходимо учитывать негативное влияние на коэффициент извлечения конденсата водяных паров и нефтяных компонентов в составе пластового флюида [2–4]. Для оценки конденсатоотдачи и определения пластовых потерь углеводородов были выполнены термодинамические исследования рекомбинированных проб, отобранных из скважин при разработке шельфа Карского моря. Исследования проводились на PVT-установке фирмы Chandler Engineering, которая позволяет проводить опыты в широком диапазоне давлений и температур. Лабораторные PVT-опыты позволили определить влияние паров воды на величину потерь конденсата в залежи при различном ее содержании в системе. Было установлено, что наличие водяных паров повышает парциальное давление и увеличивает конденсацию углеводородов в залежи. Проведенный анализ исследований пластовых флюидов подтвердил, что фракции нефти в системе влияют на коэффициент извлечения конденсата (КИК).

Материалы и методы исследований

Моделирование осуществлялось способом дифференциальной конденсации с целью определения степени влияния

паров воды и тяжелых фракций нефти на потери конденсата в процессе разработки залежи [6–9]. В настоящее время мало изучено влияние пластовой воды и паров нефти на свойства газоконденсатных систем, в связи с этим необходимо исследование влияния парогазовой смеси на величину КИК [1, 18]. Был выполнен комплекс исследований пластовых проб из продуктивных горизонтов Юрхаровского месторождения [12]. Эксперименты проводились для определения физико-химических свойств углеводородов, оценки содержания конденсата в составе пластового газа и влияния тяжелых фракций нефти на конденсатоотдачу [5, 10]. Прогнозирование потерь конденсата в залежи в зависимости от влияния негативных факторов необходимо учитывать при подсчете запасов углеводородов и составлении проекта разработки месторождения [11, 13].

Промысловые исследования позволили определить дебит газа сепарации и содержание насыщенного конденсата в пластовом газе для расчета конденсатогазового фактора (КГФ). Состав пластовой газоконденсатной системы определялся исходя из содержания и объемов газа сепарации и нестабильного конденсата, отобранных в том же режиме сепарации. Прогноз пластовых потерь конденсата от участия неуглеводородных компонентов в термодинамических процессах необходим для получения исходных параметров при подсчете запасов углеводородов, а так же для проектирования разработки месторождений [15–17].

Результаты исследований и их обсуждение

В изученной части разреза Юрхаровского месторождения, расположенного на шельфе Тазовской губы, выявлены газовые залежи в апт-альб-сеноманском комплексе и газоконденсатные залежи с нефтяными оторочками в неокомском комплексе.

Залежь пласта БУ₅ вскрыта 35 скважинами (4 поисково-разведочные и 31 эксплуатационная), на различных а.о. от –2514,0 до –2601,6 м. Наличие залежи подтверждено опробованием одной поисково-разведочной и шестью эксплуатационными скважинами. Исследования ГДИ в эксплуатационных скважинах проведены совместно с нижележащими пластами (БУ₅¹, БУ₅², БУ₆¹, БУ₆²).

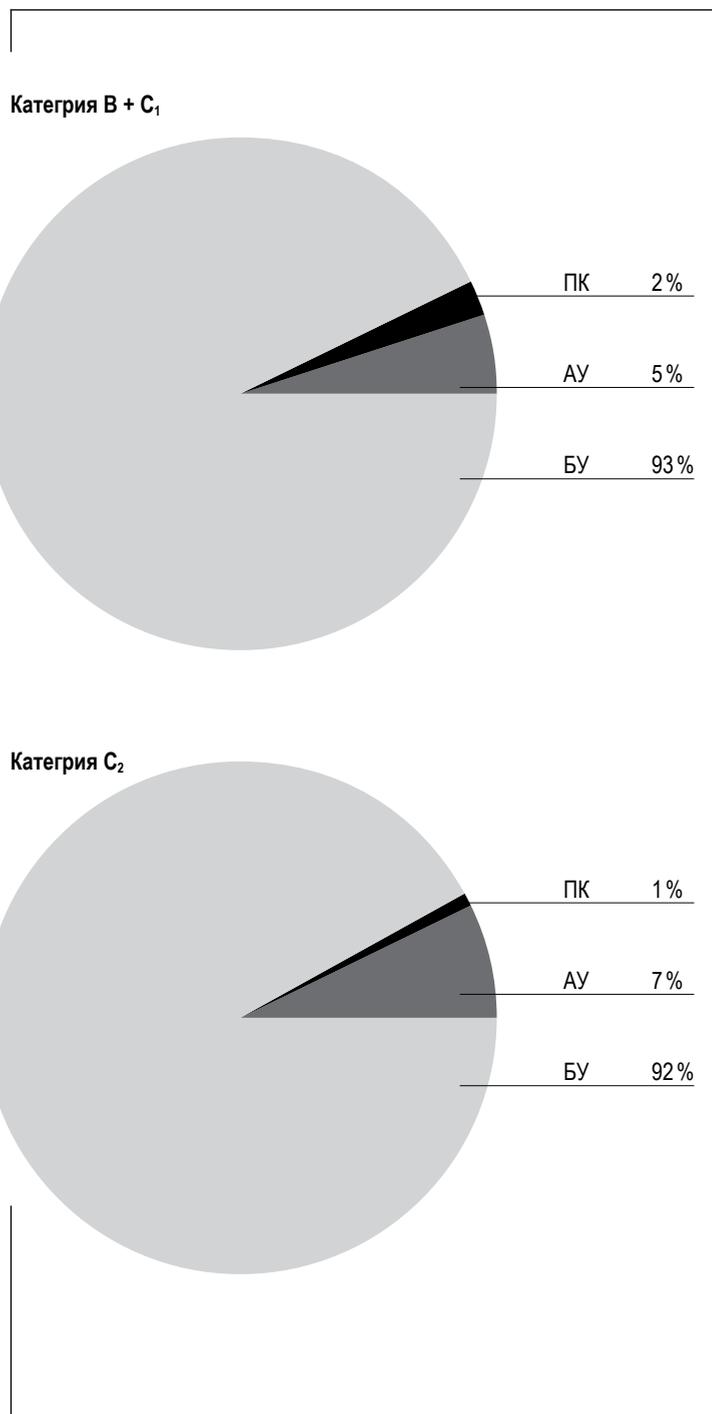


Рис. 1.

Распределение запасов конденсата по пластам месторождения.

Fig. 1. Distribution of condensate reserves by reservoir layers.

Пласт БУ₅¹ содержит одну газоконденсатную залежь, вскрытую 42 скважинами (8 поисково-разведочных и 34 эксплуатационные) на различных а.о. от -2535,9 до -2640,7 м. Пласт испытан в 5 поисково-разведочных скважинах и 7 эксплуатационных. Продуктивность залежи подтверждена опробованием скважины 100, где получен фонтан газоконденсата [14]. Ниже представлено распределение запасов конденсата по пластам Юрхаровского месторождения, расположенных вдоль Тазовского полуострова, в основном под акваторией Карского моря.

Изучение свойств пласта БУ₆ методами ГДИ было проведено в следующих эксплуатационных скважинах: (скважина №355, скважина №353, скважина №360) совместно с пластами (БУ₅⁰, БУ₅¹, БУ₆¹, БУ₆², БУ₇ [в скважине №360]), при этом дебиты пластового флюида составил 1499,23 тыс. м³/сут на штуцере 24 мм. Средние значения толщин по скважинам соответствуют 10,0 и 8,0 метров, соответственно. Средневзвешенная газонасыщенная толщина в целом по залежи определена равной 9,5 метров.

Залежь пласта БУ₆¹ вскрыта 16 скважинами на а.о. от -2604,1 до -2638,2 метров. Залежь подтверждена опробованием скважины №355 (1 и 2 ствол), а также скважиной №353 и скважиной №360. Исследования свойств пласта методами ГДИ проведены в следующих эксплуатационных скважинах: (скважина №355_2, скважина №353и скважина №360) совместно с пластами БУ₅⁰, БУ₅¹, БУ₅², БУ₆², БУ₇ (в скважине №360), при этом дебиты полученного пластового флюида составил 1559,2 тыс. м³/сут на штуцере 24 мм.

Распределение газонасыщенной толщины по продуктивным пластам месторождения показано на рисунке 2.

Пласт БУ₆² представлен одной газоконденсатной залежью, вскрытой 34 поисково-разведочными и эксплуатационными скважинами на а.о. от -2619,4 до -2709,8 м. Залежь подтверждена опробованием скважин 355 (1 и 2 ствол), 310, 120, 351, 353, 360.

Исследования свойств пласта методами ГДИ проведены в следующих эксплуатационных скважинах: совместно с пластами БУ₅⁰, БУ₅¹, БУ₅², БУ₆¹, БУ₇ (в скважине №360), при этом дебиты полученной газоконденсатной смеси изменяются от 1254,1 до 1700,9 тыс. м³/сут на штуцере 24 мм (скважине №360). Среднее значение газонасыщенной толщины пласта составляет 7,6 м (диапазон изменения

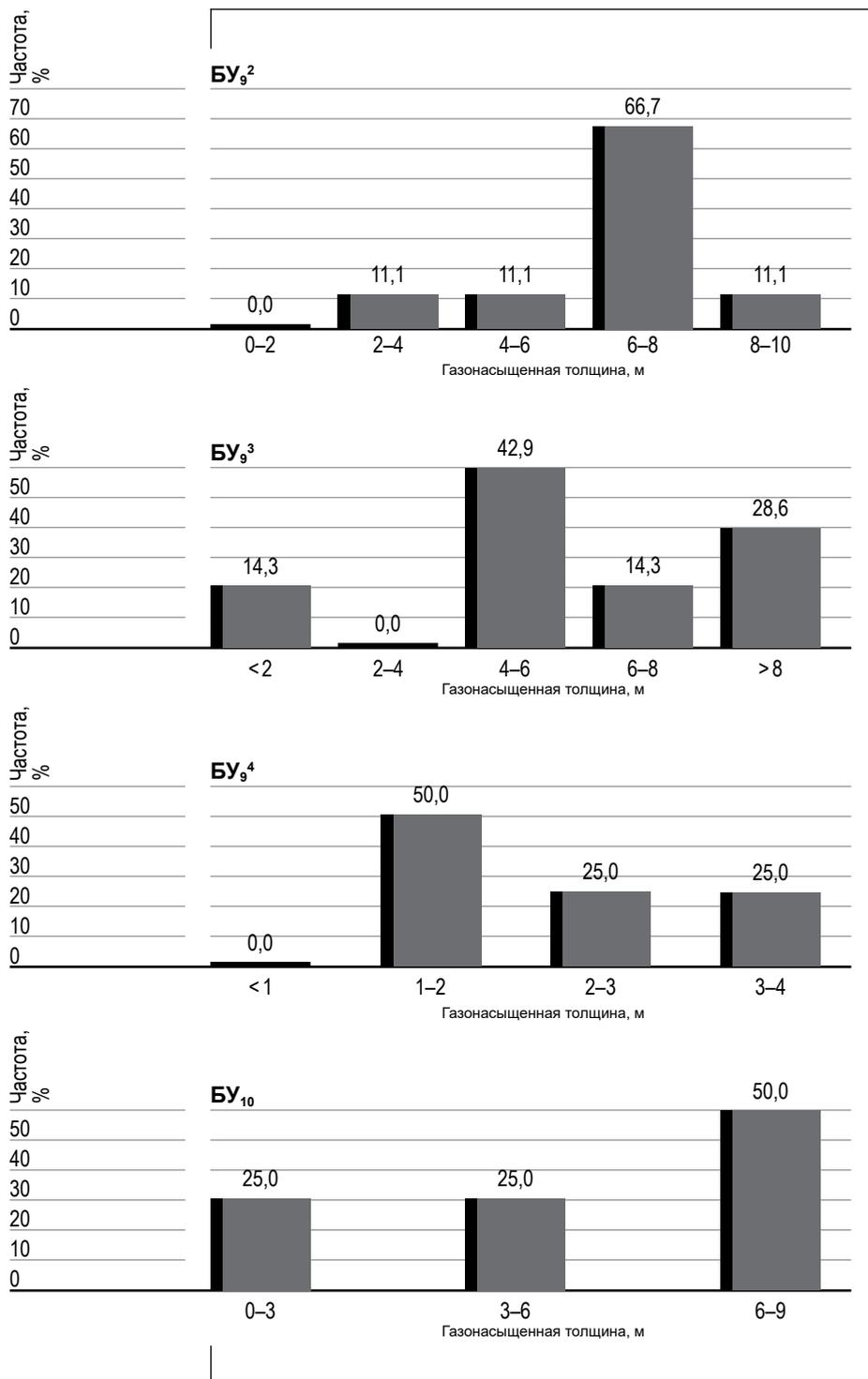


Рис. 2.

Распределение газонасыщенной толщины по пластам.
Fig. 2. Distribution of gas-saturated thickness across reservoirs.

от 2,2 м (скв. 313) до 10,8 м (скв. №368). Средневзвешенная газонасыщенная толщина в целом по залежи определена равной 8,2 м. ГВК принят на абсолютной отметке -2711 м. Залежь по насыщению газоконденсатная, по типу пластово-сводовая. Размеры залежи в принятом контуре $11,0 \times 7,3$ км, высота 101 метр.

Изучение пластовых газоконденсатных систем продуктивных горизонтов Юрхаровского месторождения проводилось с целью получения исходных данных, необходимых при подсчете запасов углеводородов. Экспериментальные PVT-исследования выполнялись на рекомбинированных пробах насыщенного конденсата и газа сепарации, отобранных на месторождении при исследовании скважин. Для определения величины пластовых потерь конденсата проводились исследования на пробах газоконденсатной смеси неоконских горизонтов Юрхаровского месторождения с различным содержанием конденсата в пластовом газе [12, 21].

Изотермы конденсации углеводородов пластовой смеси Юрхаровского месторождения по пластам БУ₅⁰, БУ₅¹ в присутствии пластовой воды в системе и без нее приведены на рисунке 3.

Исследования выполнялись при пластовых условиях и различном потенциальном содержании конденсата в пластовом газе. В опытах использовался конденсат и сепарационный газ, отобранный при исследовании скважин месторождения. Зависимость пластовых потерь конденсата от давления при различном потенциальном содержании, полученная в результате термодинамических исследований рекомбинированных проб газа сепарации и конденсата для пластов БУ₈⁰ - БУ₉¹, представлена на рисунке 4.

Следует отметить, что для более детального изучения влияния воды на фазовые процессы была проведена серия экспериментов. В экспериментах использовался конденсат с плотностью от 0,670 г/см³ до 0,716 г/см³ и молекулярной массой 89 г/моль. Результаты исследования газоконденсатной системы в присутствии фракций нефти в системе и без ее содержания при первичных (скв. №№ 90, 101) и текущих (скв. № 132, в 2-фазном состоянии) исследованиях по пласту БУ₈ приведены на рисунке 5.

Результаты исследования газоконденсатной системы в присутствии пластовой воды в системе и без ее содержания по скважинам №№ 270-283 Юрхаровского месторождения приведены на рисунке 6.

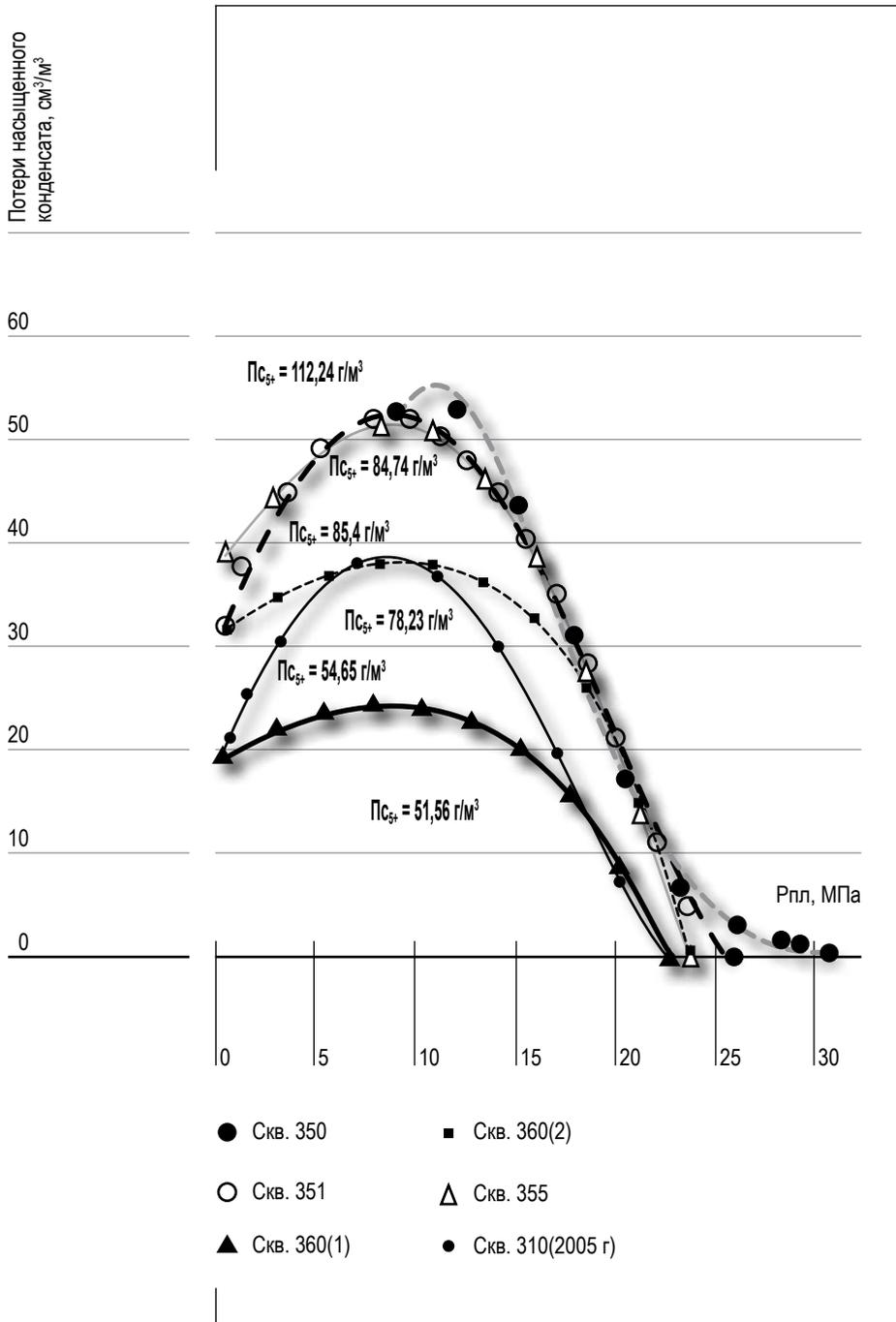


Рис. 3.

Результаты термодинамических исследований на начальной стадии разработки по пластам BU_5^0 , BU_5^1 .

Fig. 3. Results of thermodynamic studies at the initial stage of development for BU_5^0 , BU_5^1 formations.

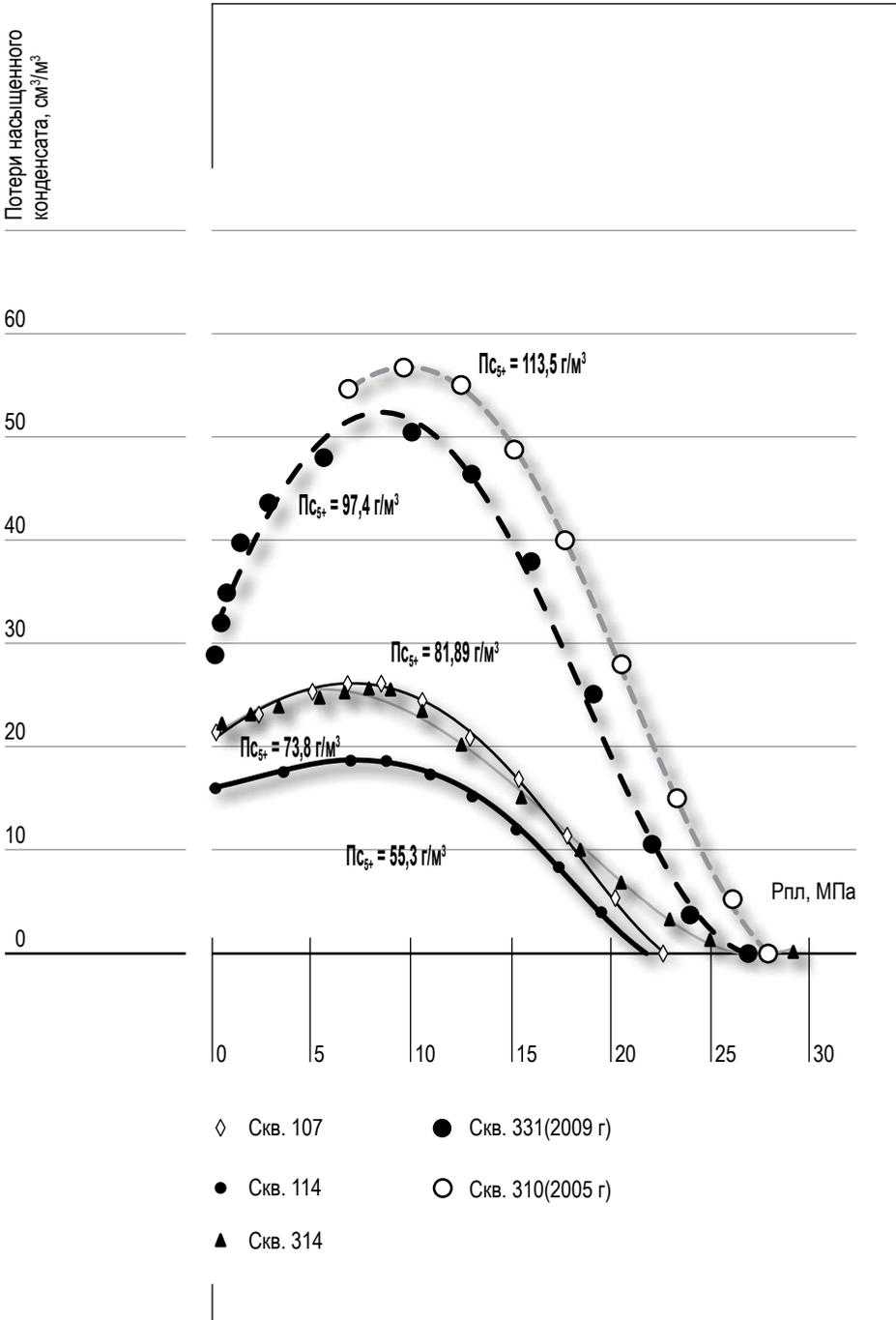


Рис. 4.

Результаты первичных (скв. № 107, 114, 314) и текущих исследований по пластам BU_9^0 - BU_9^1 Юрхаровского месторождения.

Fig. 4. The results of primary (wells № 107, 114, 314) and current studies on the layers BU_9^0 - BU_9^1 of the Yurkharovskoye field.

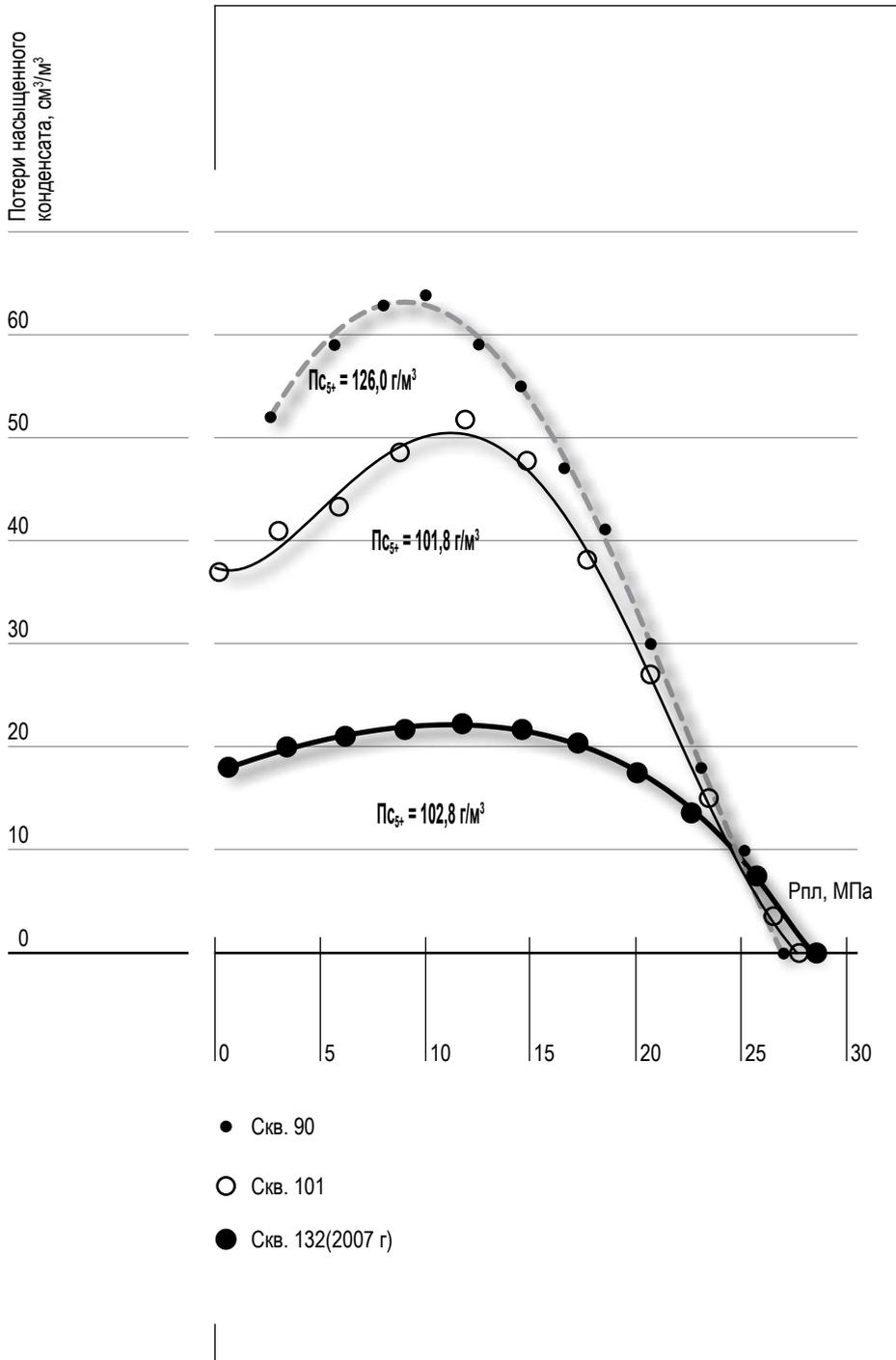


Рис. 5.

Результаты исследований по пласту БУ_8
 Fig. 5. Research results for the BU_8 formation.

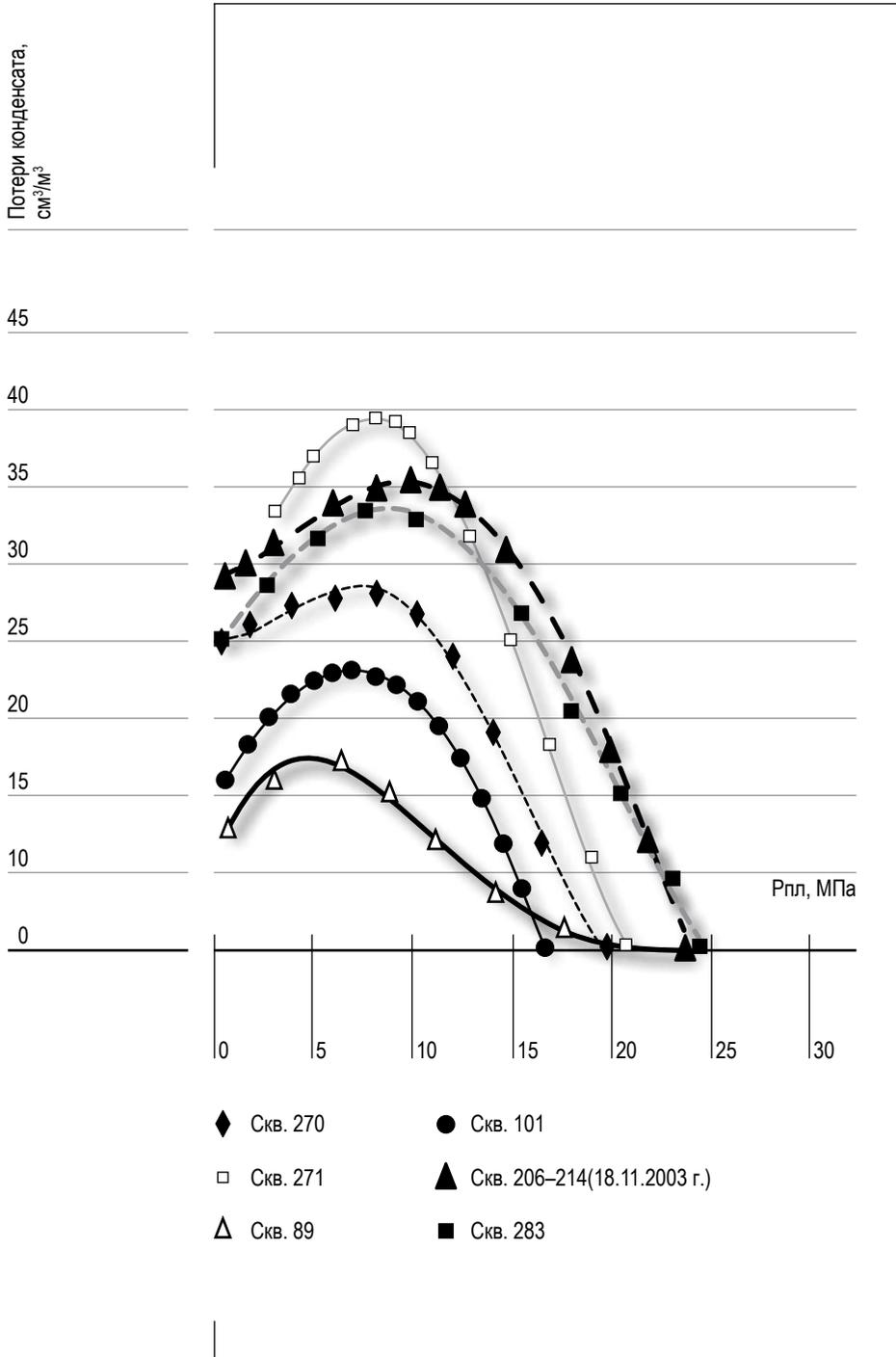


Рис. 6.

Кривые пластовых потерь при дифференциальной конденсации.

Fig. 6. Reservoir Loss Curves for Differential Condensatio.

Из выше представленных диаграмм видно, что наличие водяных паров изменяет давление начала конденсации. Графическая зависимость показывает, что для газоконденсатной системы при давлении максимальной конденсации наличие паров воды оказывает влияние на интенсивность выпадения насыщенного конденсата [19, 20].

На основании сравнения выполненных экспериментов установлено, что наличие в смеси водяного пара и компонентов нефти в пластовой газоконденсатной системе увеличивает конденсацию углеводородов и парциальное давление.

В результате экспериментальных PVT-исследований определялось влияние водяного пара и фракций нефти как составной части углеводородной системы на величину пластовых потерь в залежи. Лабораторные исследования позволили выявить негативное влияние этих факторов на величину потерь конденсата в залежи при различной температуре. Проведенный анализ выполненных исследований подтвердил, что многокомпонентные углеводородные системы состоят из смеси газа, конденсата и водяных паров, а также фракций нефти, что существенно меняет свойства системы и динамику ее фазовых процессов при разработке Юрхаровского месторождения.

Выводы

Проведенные PVT-эксперименты с целью выявления влияния водяных паров и компонентов нефти, находящихся в составе природного газа показали, что прогнозный текущий и конечный коэффициенты извлечения конденсата завышены. Анализ результатов исследований выявил различное влияние водяных паров на пластовые потери углеводородов в залежи из-за неодинаковой степени растворимости конденсата в газах. По своим физико-химическим свойствам нефти продуктивных пластов Юрхаровского месторождения могут быть от легких до тяжелых по плотности, преимущественно нефть относится к классу малосмолистых. Пластовые воды относятся к смешанному типу: гидрокарбонатно-натриево-му и хлоридно-кальциевому. Величина минерализации колеблется в пределах 4,5–17,8 г/л. Определена степень влияния водяных

паров и фракций нефти на пластовые потери конденсата в залежи при разработке нефтегазоконденсатных месторождений на шельфе Карского моря. За прошедший с начала разработки Юрхаровского месторождения период отмечается увеличение плотности и температуры начала кипения конденсата из пластов, эксплуатирующих залежи неокомского комплекса.

Благодарности

Авторы благодарят за поддержку данного исследования национальный проект «Наука и университеты» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FEWN-2021-0012).

Библиографический список

1. Брусиловский А.И. Методы расчета дифференциальной конденсации многокомпонентных систем // Тр. МИНХ и ГП им. И.М. Губкина. 1985. Вып. 182. С. 67–77.
2. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. М.: Грааль, 2002. 575 с.
3. Волохова А.В., Земляная Е.В., Качалов В.В., Сокотущенко В.Н. Обзор методов повышения компонентоотдачи при разработках газоконденсатных месторождений // Наука. Инновации. Технологии. 2019. №3. С. 19–48.
4. Гасанов И.Р. К вопросу определения давления начала конденсации газоконденсатных смесей в процессе разработки // Техника. Технологии. Инженерия. 2018. №2 (8). С. 1–6.
5. Гамидов Н.Н. Исследование влияния углекислого газа на фазовые превращения газоконденсатных систем и диспергирование ретроградного конденсата // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 2021. №4. С. 17–22.
6. Гриценко А.И., Гриценко И.А., Юшкин В.В. и др. Научные основы прогноза фазового поведения пластовых газоконденсатных систем. М.: Недра, 1995. 432 с.
7. Гриценко И.Ю., Островская Т.Д., Юшкин В.В. PVT-исследования Уренгойского месторождения Ачимовская свита // Изучение углеводородных систем сложного состава. М.: ВНИИГАЗ, 2000. С. 12–15.

8. Гуревич Г.Р., Леонтьев И.А., Непомнящий Л.Я. Влияние неуглеводородных компонентов на величину давления начала конденсации // Газовая промышленность. 1982. №9. С. 23–24.
9. Катанова Р.К. Иньякина Е.И., Грачева С.К. Результаты исследования свойств пластовых систем газоконденсатных залежей Среднетюньгского месторождения // Нефть и газ: опыт и инновации. 2018. Т. 2. №2. С. 8-28.
10. Краснова Е.И., Грачев С.И. Результаты исследования фазового поведения углеводородов при наличии пластовой воды в газоконденсатной системе // Академический журнал Западной Сибири. 2012. №4. С. 10.
11. Краснова Е.И., Островская Т.Д. Оценка увеличения продуктивности газоконденсатных скважин на поздней стадии разработки месторождений // Академ. журнал Западной Сибири. 2013. Т. 9. №6 (49). С. 31.
12. Комплексная технологическая схема разработки Юрхаровского месторождения / ООО ТюменНИИГипрогаз. Тюмень, 2000. 426 с.
13. Леонтьев И.А., Непомнящий Л.Я. Влияние различных компонентов на давление начала конденсации пластовых смесей // Теория и практика разработки газовых и газоконденсатных месторождений с низкопроницаемыми коллекторами. М., 1987. С. 109–113.
14. Медведев С.Г., Соловьев С.Г., Лузин А.А. Опыт разработки Юрхаровского нефтегазоконденсатного месторождения с использованием горизонтальных скважин // НТС Вести газовой науки, 2014. №4(20). С. 23.
15. Островская Т.Д., Гриценко А.И., Желтовский В.И. Метод внесения поправок по влиянию углекислого газа на фазовые превращения пластовых систем // Газовая промышленность. 1988. №1. С. 44–45.
16. Островская Т.Д., Гриценко И.А. Исследования газоконденсатных смесей, содержащих N₂, H₂S, CO₂ // Газовая промышленность. 1983. №8. С. 31–32.
17. Островская Т.Д., Иньякина Е.И., Краснов И.И. Влияние воды на извлечение углеводородов из пласта при разработке газоконденсатного месторождения // Научный форум. Сибирь. 2018. Т. 4. №2. С. 5.
18. Утробин Н.В. Оценка конечного коэффициента извлечения конденсата на гидродинамической модели Термо-

- карстового ГКМ // Нефтепромышленное дело. 2010. № 12. С. 55–58.
19. Inyakina E.I., Alsheikhly M.D.Z., Katanova R.K. Justification of condensate recovery during development of productive layers in Termokarstovoye field // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Science and Technology Conference "Earth Science". Chapter 3". 2021. P. 1–6.
 20. Krasnov I.I., Ostrovskaya T.D., Krasnova E.I. Features of forecasting condensate recovery on equipment from chandler // Engineering. 2012. Vol. 6. С. 64.
 21. Zeinalabideen M.J., Katanova R.K., Krasnov I.I., Inyakina E.I. Study of the effect of formation water during reserves estimation and designing hydrocarbon recovery of oil and gas condensate fields // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. 2020. Vol. 8. No. 4. P. 2029–2034.

References

1. Brusilovsky A.I. Methods for calculating the differential condensation of multicomponent systems // Tr. MINKH and GP im. THEM. Gubkin. 1985. Issue. 182. P. 67–77. (In Russ.).
2. Brusilovsky A.I. Phase transformations in the development of oil and gas fields. M.: Grail, 2002. 575 p. (In Russ.).
3. Volokhova A.V., Zemlyanaya E.V., Kachalov V.V., Sokotushchenko V.N. Review of methods for improving component recovery in the development of gas condensate fields. Nauka. Innovation. Technologies. 2019. No. 3. P. 19–48. (In Russ.).
4. Gasanov I.R. On the issue of determining the pressure of the start of condensation of gas condensate mixtures in the development process // Technique. Technologies. Engineering. 2018. No. 2 (8). P. 1–6. (In Russ.).
5. Gamidov N.N. Investigation of the effect of carbon dioxide on phase transformations of gas condensate systems and dispersion of retrograde condensate // Azerbaijan Oil Industry. 2021. No. 4. P. 17–22. (In Russ.).
6. Gritsenko A.I., Gritsenko I.A., Yushkin V.V. Nauchnye osnovy prognoza fazovogo povedeniya plastovykh gazokondensatnykh sistem [Scientific bases of prediction of phase behavior of reservoir gas condensate systems]. M.: Nedra, 1995. 432 p. (In Russ.).

7. Gritsenko I.Yu., Ostrovskaya T.D., Yushkin V.V. PVT-studies of the Urengoy field Achimov suite // Study of hydrocarbon systems of complex composition. Moscow: VNIIGAZ, 2000. P. 12–15. (In Russ.).
8. G. R. Gurevich, I. A. Leont'ev, and L. Ya. Influence of non-hydrocarbon components on the pressure value of the onset of condensation // Gas industry. 1982. No. 9. P. 23–24. (In Russ.).
9. Katanova R.K. Inyakina E.I., Gracheva S.K. The results of the study of the properties of reservoir systems of gas condensate deposits of the Srednetyungskoye field // Oil and gas: experience and innovations. 2018. V. 2. No. 2. P. 8–28. (In Russ.).
10. Krasnova E.I., Grachev S.I. The results of the study of the phase behavior of hydrocarbons in the presence of reservoir water in the gas condensate system // Academic Journal of Western Siberia. 2012. No. 4. P. 10. (In Russ.).
11. Krasnova E.I., Ostrovskaya T.D. Evaluation of the increase in the productivity of gas condensate wells at the late stage of field development // Akadem. Journal of Western Siberia. 2013. V. 9. No. 6 (49). P. 31. (In Russ.).
12. Integrated technological scheme for the development of the Yurkharovskoye field / TyumenNIIgiprogaz. Tyumen, 2000. 426 p. (In Russ.).
13. Leontiev I.A., Nepomnyashchy L.Ya. The influence of various components on the pressure of the beginning of condensation of reservoir mixtures // Theory and practice of developing gas and gas condensate fields with low-permeability reservoirs. M., 1987. P. 109–113. (In Russ.).
14. Medvedev S.G., Soloviev S.G., Luzin A.A. Experience in the development of the Yurkharovskoye oil and gas condensate field using horizontal wells // NTS Vesti gazovoy nauki, 2014. No. 4(20). P. 23. (In Russ.).
15. Ostrovskaya T.D., Gritsenko A.I., Zheltovsky V.I. The method of making corrections for the effect of carbon dioxide on the phase transformations of reservoir systems // Gas industry. 1988. No. 1. P. 44–45. (In Russ.).
16. Ostrovskaya T.D., Gritsenko I.A. Studies of gas condensate mixtures containing N₂, H₂S, CO₂ // Gas industry. 1983. No. 8. P. 31–32. (In Russ.).
17. Ostrovskaya T.D., Inyakina E.I., Krasnov I.I. Influence of water on the extraction of hydrocarbons from the reservoir during

- the development of a gas condensate field // Scientific forum. Siberia. 2018. V. 4. No. 2. P. 5. (In Russ.).
18. Utrobin N.V. Estimation of the final condensate recovery factor on the hydrodynamic model of the Termokarstovoye gas condensate field // Neftepromyslovoe delo. 2010. No. 12. P. 55–58. (In Russ.).
 19. Inyakina E.I., Alsheikhly M.D.Z., Katanova R.K. Justification of condensate recovery during development of productive layers in Termokarstovoye field // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. “International Science and Technology Conference “Earth Science”. Chapter 3”. 2021. P. 1–6.
 20. Krasnov I.I., Ostrovskaya T.D., Krasnova E.I. Features of forecasting condensate recovery on equipment from chandler // Engineering. 2012. Vol. 6. P. 64.
 21. Zeinalabideen M.J., Katanova R.K., Krasnov I.I., Inyakina E.I. Study of the effect of water formation during reserves estimation and designing hydrocarbon recovery of oil and gas condensate fields // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. 2020 Vol. 8. No. 4. P. 2029–2034.

**Поступила в редакцию 27.10.2022,
принята к публикации 24.01.2023.**

Об авторах

Инякина Екатерина Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.
E-mail: injakinaei@tyuiu.ru

Левитина Екатерина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.
E-mail: levitinaee@tyuiu.ru

Рябикова Ксения Олеговна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.
E-mail: rjabikovako@tyuiu.ru

Инякин Владислав Витальевич, ассистент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета.
E-mail: injakinvv@tyuiu.ru

About the authors

Inyakina Ekaterina Ivanovna, PhD, Associate Professor of the Department “Development and operation of oil and gas fields” of Tyumen Industrial University.
E-mail: Injakinaei@tyuiu.ru

Levitina Ekaterina Evgenievna, PhD, Associate Professor of the Department “Development and operation of oil and gas fields” of Tyumen Industrial University.
E-mail: levitinaee@tyuiu.ru

Ryabikova Ksenia Olegovna, PhD, Associate Professor of the Department “Development and operation of oil and gas fields” of Tyumen Industrial University.
E-mail: rjabikovako@tyuiu.ru

Inyakin Vladislav Vitalevich, Assistant of the Department “Development and operation of oil and gas fields” of Tyumen Industrial University.
E-mail: injakinvv@tyuiu.ru



НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

Выпуск №1, 2023 г.

Т
ь

Издательство Северо-Кавказского федерального
университета. г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1.

Корректор – М.И. Толмачев.
Компьютерная вёрстка – О.Г. Полевич.

Подписано в печать 20.03.2023 г. Выход в свет 27.03.2023 г.
Формат 70 × 108 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага
офсетная. Усл. печ. л. 15,4 Тираж 1000 экз. Цена 534 руб.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2.