

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, 2024 г.

Выходит 4 раза в год

	«Наука. Инновации. Технологии» (Nauka. Innovatsii. Tekhnologii) Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета
Учредитель	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
Главный редактор:	Белозеров В. С., д-р геогр. наук, профессор (Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия)
Заместитель главного редактора:	Щитова Н. А., д-р геогр. наук, профессор (Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия)
Международный редакционный совет:	Абшаев М. Т., д-р физ.-мат. наук, профессор (Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик, Россия); Воробьева О. Д., д-р экон. наук, профессор (Московский государственный университет, г. Москва, Россия); Гасумов В. А., д-р техн. наук, профессор (Азербайджанский технический университет, г. Баку, Россия); Герасименко Т. И., д-р геогр. наук, профессор (Оренбургский гос. университет, г. Оренбург, Россия); Диневич Л. А., д-р физ.-мат. наук, профессор (Тель-Авивский университет, г. Тель-Авив, Израиль); Жакин А. И., д-р физ.-мат. наук, профессор (Юго-Западный гос. университет, г. Курск, Россия); Зырянов А. И., д-р геогр. наук, профессор (Пермский государственный университет, г. Пермь, Россия); Ибрагимов А. И., д-р геогр. наук, профессор (Эгейский университет, Турция, г. Измир, Турция), Коляда А. А., д-р физ.-мат. наук, доцент (Белорусский гос. университет, г. Минск, Республика Беларусь); Лиховид А. А., д-р геогр. наук, профессор (Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия); Молодикова И. Н., канд. геогр. наук, директор программы (Центрально-Европейский университет, г. Будапешт, Венгрия); Нефедова Т. Г., д-р геогр. наук, вед. науч. сотрудник РАН (ИГ РАН, г. Москва, Россия); Панин А. Н., канд. геогр. н., доц. (Московский государственный университет, г. Москва, Россия); Рязанцев С. В., член-корреспондент РАН, д. экон. наук, профессор (Институт социально-политических исследований РАН, г. Москва, Россия); Тикунов В. С., д-р геогр. наук, профессор (Московский государственный университет, г. Москва, Россия); Хани А. А. К., канд. техн. наук, профессор (Иорданский университет науки и технологии, г. Ирбид, Иордания)
Ученый секретарь:	Соловьев И. А., канд. геогр. наук, доцент (Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия)
Свидетельство о регистрации	Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре (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
ISSN	2308-4758
DOI	https://doi.org/10.37493/2308-4758.0

	«Наука. Инновации. Технологии» (Nauka. Innovatsii. Tekhnologii) Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета
Редакционная коллегия:	Бадов А. Д., д-р геогр. наук, профессор (Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ), г. Ставрополь, Россия); Бекетов С. Б., д-р техн. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Белозеров В. С., д-р геогр. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Беляев Н. Г., д-р биол. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Гасумов Р. А., д-р техн. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Губарева Л. И., д-р биол. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Джандарова Т. И., д-р биол. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Диканский Ю. И., д-р физ.-мат. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Ерин К. В., д-р физ.-мат. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Закинян А. Р., д-р физ.-мат. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Закинян Р. Г., д-р физ.-мат. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Керимов А. Г., д-р техн. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Котти Б. К., д-р биол. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Лукьянов В. Т., д-р техн. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Лысенко А. В., д-р геогр. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Мишвелов Е. Г., д-р биол. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Полян П. М., д-р геогр. наук, вед. науч. сотрудник РАН (ИГ РАН, г. Москва, Россия); Разумов В. В., д-р геогр. наук, профессор (главный научный сотрудник ОАО «Российские космические системы», г. Москва, Россия); Соловьев И. А., канд. геогр. н., доцент (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Тимченко Л. Д., д-р ветеринар. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Толпаев В. А., д-р физ.-мат. наук, доцент (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Федорова Н. Г., д-р техн. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Харченко В. М., д-р геол.-минерал. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Шальнев В. А., д-р геогр. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия); Щитова Н. А., д-р геогр. наук, профессор (СКФУ, г. Ставрополь, Россия)
Типография	Издательско-полиграфический комплекс ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355029, Россия, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2.
Тираж	1 000 экз. Цена 534 руб.
Периодичность	4 выпуска в год
Журнал	«Наука. Инновации. Технологии» образован в 2012 году в результате перерегистрации журнала «Вестник Ставропольского государственного университета» в связи с переименованием учредителя. Дата выхода первого номера: 25.02.2013
Дата выхода	текущего номера: 02.04.2024
Материалы журнала	открытого доступа в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License, которая разрешает их использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.
Авторское право	на оригинал-макет и оформление принадлежит журналу, авторское право на статьи – авторам.
Адрес редакции Адрес издательства	355017, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1 Издательство Северо-Кавказского федерального университета, 355017, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
Телефон Сайт E-mail	(8652) 33-07-32 https://scienceit.elpub.ru/jour nit_ncfu@mail.ru
© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 2024	

	«Science. Innovations. Technologies» North-Caucasus Federal University
Founder	Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Education "North-Caucasus Federal University"
Chief Editor:	Vitaliy S. Belozеров, Dr. Sci. (Geogr.), Prof. (North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia)
Deputy Chief Editor:	Natalia A. Shchitova, Dr. Sci. (Geogr.), Prof. (North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia)
International Editorial Board:	Magomet T. Abshaev, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (High Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia); Olga D. Vorobieva, Dr. Sci. (Econ.), Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia), Vagif A. Gasumov, Dr. Sci. (Tech.), Professor (Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan); Tatiana I. Gerasimenko, Dr. Sci. (Geogr.), Professor (Orenburg State University, Orenburg, Russia); Leonid A. Dinevich, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel); Anatolii I. Zhakin, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (South-West State University, Kursk, Russia); Aleksandr I. Zyryanov, Dr. Sci. (Geogr.), Professor (Perm State University, Perm, Russia); Aydin I. Ibragimov., Dr. Sci. (Geogr.), Professor (Aegean University, Izmir, Turkey); Andrey A. Kolyada, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor (Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus); Andrei A. Likhovid, Dr. Sci. (Geogr.), Professor (North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia); Irina N. Molodikova, Cand. Sci. (Geogr.), Director of the program (Central European University, Budapest, Hungary); Tatyana G. Nefedova, Dr. Sci. (Geogr.), Leading Scientific Researcher (Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); Aleksander N. Panin, PhD of Geographical Sciences, Associate Professor (Moscow State University, Moscow, Russia); Sergey V. Ryazantsev, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Econ.), Professor (Institute of Social and Political Research of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); Vladimir S. Tikunov, Dr. Sci. (Geogr.), Professor (Moscow State University, Moscow, Russia); Abu A. K. Hani, Cand. Sci. (Tech.), Professor (Jordan University of Science and Technology, Irbid, Jordan)
Scientific Secretary:	PhD of Geographical Sciences, Associate Professor Ivan A. Soloviev (Caucasus Federal University, Stavropol, Russia)
Certificate	The journal is registered by the Federal service for supervision of communications, information technology, and mass media (Roskomnadzor). Registration certificate PI No FS77–52723 of 8.02.2013.
The Index	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
ISSN	2308-4758
DOI	https://doi.org/10.37493/2308-4758.0
The editorial office address	1, Pushkin St., Stavropol, 355017, Russia
Publisher's address	Publishing house of the North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin St., Stavropol, 355017, Russia
Ph. Website E-mail	(8652) 33-07-32 https://scienceit.elpub.ru/jour nit_ncfu@mail.ru

	«Science. Innovations. Technologies» North-Caucasus Federal University
Editorial team:	Alexander D. Badov, Dr. Sci. (Geogr.), Professor (North-Caucasus Federal University (NCFU), Stavropol, Russia); Sergey B. Beketov, Dr. Sci. (Tech.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Vitaliy S. Belozerov, Dr. Sci. (Geogr.), Professor ((NCFU), Stavropol, Russia); Nikolay G. Belyaev, Dr. Sci. (Biol.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Ramiz A. Gasumov, Dr. Sci. (Tech.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Lubov I. Gubareva, Dr. Sci. (Biol.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Tamara I. Dzhandarova, Dr. Sci. (Biol.), Associate Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Yuri I. Dikansky, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Constantine V. Erin, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Arthur R. Zakinyan, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Robert G. Zakinyan, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Abdul G. Kerimov, Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Boris K. Kotti, Dr. Sci. (Biol.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Vladimir T. Lukyanov, Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Alexey V. Lysenko, Dr. Sci. (Geogr), Associate Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Evgeny G. Mishvelov, Dr. Sci. (Biol.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Pavel M. Polyan, Dr. Sci. (Geogr.), Leading Scientific Researcher (Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); Victor V. Razumov, Dr. Sci. (Geogr.), Professor (Chief Researcher of Russian Space Systems, Moscow, Russia); Ivan A. Soloviev, PhD of Geographical Sciences, Associate Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Lyudmila D. Timchenko, Dr. Sci. (Veterin.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Vladimir A. Tolpaev, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Natalia Fedorova, Dr. Sci. (Tech.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Vladimir M. Kharchenko, Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Viktor A. Shalnev, Dr. Sci. (Geogr), Professor (NCFU, Stavropol, Russia); Natalia A. Shchitova, Dr. Sci. (Geogr.), Professor (NCFU, Stavropol, Russia)
Printing house	Publishing and printing complex of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North-Caucasus Federal University", 355029, Russia, Stavropol, Kulakova Avenue, 2.
Circulation:	1,000 copies. Price 534 rubles.
Frequency:	4 issues per year
The journal	"Science. Innovations. Technologies" was formed in 2012 as a result of the re-registration of the journal "Bulletin of the Stavropol state University" in connection with the renaming of the founder.
Release date of the first issue:	02/25/2013
Release date of the current issue:	04/02/2024
Journal	content is an open access under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright	for the original layout and design belongs to the journal, copyright for the articles belongs to the authors.
	© FSAEI HE "North-Caucasus Federal University", 2024

СОДЕРЖАНИЕ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», № 1, 2024

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

1.6.12	ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФ- ТОВ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)	
	Е. В. Герасименко, А. Х. Халидов Анализ биотопической приурочен- ности мышевидных грызунов на территориях при- родных очагов чумы и туляремии Республики Даге- стан	9
	EV. Gerasimenko, AKh. Khalidov Analysis of the biotopic occurrence of mouse-like rodents in the territories of natural foci of plague and tularemia in the Republic of Dagestan	10
	С. И. Сигида, Е. Г. Мишвелов, А. Л. Иванов, А. И. Белоусов Эколого-географический анализ жуужелиц интразональных биотопов Юго-Восточно- го Предкавказья	29
	Sl. Sigida, EG. Mishvelov, AL. Ivanov, AI. Belousov Ecological and Geographical Analysis of Ground Beetles of Intrazonal Biotopes of the Sout- heastern Pre-caucasus	30
1.6.18.	НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ)	
	Л. Т. Созаева Применение фазового анализа для прогнозирования многолетней динамики темпера- туры атмосферного воздуха	55
	LT. Sozaeva	

Application of phase analysis to predict
long-term dynamics of atmospheric air temperature 56

**А. А. Ташилова, Л. М. Федченко,
М. Ч. Залиханов, Н. В. Кондратьева**
Анализ динамики селей на фоне
климатических изменений в высокогорной зоне Ка-
бардино-Балкарии 71

**AA. Tashilova, LM. Fedchenko,
MCh. Zalikhanov, N.V. Kondratyeva**
Analysis of the dynamics of mudflows
amid climate changes in the high mountain zone of
Kabardino-Balkaria. 72

1.6.21. ГЕОЭКОЛОГИЯ

**И. В. Бегдай, К. В. Харин,
Л. И. Крылова, М. Д. Колбин**
Шумовое загрязнение территории
многоэтажных жилых застроек города Ставрополя 93

**IV. Begdai, KV. Kharin,
LI. Krylova, MD. Kolbin**
Noise pollution of the territory of multi-
story residential buildings in the city of Stavropol 94

**В. В. Разумов, Н. Д. Богданова,
Р. О. Калов, Н. В. Разумова, П. М. Полян**
Подверженность населенных пун-
ктов Республики Дагестан обвально-осыпным про-
цессам 117

**VV. Razumov, ND. Bogdanova,
RO. Kalov, NV. Razumova,
PM. Polyan**
Exposure of the settlements in the Re-
public of Dagestan to landslide processes. 118

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

2.8.4.	РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)	
	Е. И. Инякина, Е. Е. Левитина, А. В. Плазун, М. Д. З. Альшейхли	
	Поддержание эффективной эксплу- атации малодебитных скважин при разработке Се- номанской залежи.	143
	El. Inyakina, EE. Levitina, AV. Plazun, MJZ. Alsheikhli	
	Maintaining Efficient Operation of Low- Yield Wells During the Development of the Cenomanian Deposit	144
	А.-Г. Г. Керимов, Е. Г. Керимова, Т. А. Гунькина, Л. С. Мкртчян, Е. С. Ключа	
	Результаты определения коэффи- циента пористости в нефтенасыщенных глинистых породах	159
	A-G.G. Kerimov, EG. Kerimova, TA. Gunkina, LS. Mkrtchian, ES. Kliupa	
	Results of Determining the Porosity Coefficient in Oil-Saturated Clay Rocks	160

Научная статья

УДК 599.323:616.98-036.2:579.842.23:579.841.95(470.67)

<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.1>

АНАЛИЗ БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРИРОДНЫХ ОЧАГОВ ЧУМЫ И ТУЛЯРЕМИИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Екатерина Владимировна Герасименко^{1*},
Арслан Халитович Халидов²

¹ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора (д. 15, ул. Советская, г. Ставрополь, 355035, Российская Федерация)

² Дагестанская противочумная станция Роспотребнадзора, (д. 13Д, ул. Гагарина, г. Махачкала, 367000, Российская Федерация)

¹ 89197539723@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4010-8019>

² 29ars72@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку

Аннотация.

Мышевидные грызуны в природных очагах чумы занимают важное место как потенциальные резервуары возбудителя этого опасного заболевания, выступая в ряде случаев как основные, либо как второстепенные носители патогена. На территории Республики Дагестан, характеризующейся разнообразием природных условий – от равнинных сухих пустынь до предгорий и высокогорий, обилием антропогенных биотопов, эта группа мелких млекопитающих в отношении видового разнообразия достаточно широко представлена. Данная работа основана на анализе результатов многолетнего эпизоотологического мониторинга за период 2010–2021 гг., проведенного в трех природных очагах чумы: Дагестанский равнинно-предгорный, Прикаспийский песчаный и Восточно-Кавказский высокогорный и туляремии (Равнинно-предгорный степной, Терско-Кумский пойменно-болотный и Высокогорный предгорно-горно-ручевой). Для оценки избирательности вида в выборе биотопа использовали показатель степени биотопической приуроченности F_{ij} (Ю. А. Песенко, 1982). Все расчеты осуществлялась с помощью Microsoft Office Excel. В данных расчетах доминировали эвритопные виды, которые могут включаться в эпизоотический процесс в периоды активизации очагов способствуя распространению возбудителей инфекций. Выявлена приуроченность большинства видов к увлажненным

биотопам берегов рек и каналов, которые могут быть станциями переживания мелких млекопитающих в периоды депрессии численности. В данном биотопе необходимо проводить более основательное эпизоотологическое обследование на туляремию и другие особо-опасные инфекции. Предложенный метод позволит упорядочить контроль за мышевидными грызунами и оптимизировать работу эпизоотологического обследования на территории Республики Дагестан.

Ключевые слова: природный очаг, туляремия, чума, биотопическая приуроченность, мышевидные грызуны

Для цитирования: Герасименко Е. В., Халидов А. Х. Анализ биотопической приуроченности мышевидных грызунов на территориях природных очагов чумы и туляремии Республики Дагестан // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 7–26. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.1>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 21.11.2023;
одобрена после рецензирования 21.01.2024;
принята к публикации 01.03.2024.

1.6.12

Physical Geography and Biogeography, Soil Geography and Landscape Geochemistry (Geographical Sciences)

Research article

Analysis of the biotopic occurrence of mouse-like rodents in the territories of natural foci of plague and tularemia in the Republic of Dagestan

**Ekaterina V. Gerasimenko^{1*},
Arslan Kh. Khalidov²**

¹ Stavropol Anti-Plague Institute of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) (15, Sovetskaya St., Stavropol, 355035, Russian Federation)

² Dagestan Anti-Plague Station of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor)

¹ 89197539723@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4010-8019>

² 29ars72@mail.ru

* Corresponding author

Abstract.

Mouse-like rodents in natural plague foci occupy an important place as potential reservoirs of the causative agent of this dangerous disease, acting in some cases as the main or secondary carriers of the pathogen. On the territory of the Republic of Dagestan, characterized by a variety of natural conditions – from flat dry deserts to foothills and highlands, with an abundance of anthropogenic biotopes, this group of small mammals is quite widely represented in terms of species diversity. This work is based on the analysis of the results of long-term epizootological monitoring over the period 2010–2021 carried out in three natural foci of plague: Dagestan plain-foothill, Caspian sandy and East Caucasian high-mountain and tularemia (Plain-foothill steppe, Terek-Kuma floodplain-marsh and High-mountain foothill-mountain-stream). To assess the selectivity of a species in choosing a biotope, the authors used the degree of biotopic confinement Fij (Y.A. Pesenko, 1982). All calculations were carried in Microsoft Office Excel. In these calculations, eurytopic species dominated, which can participate in the epizootic process during periods of activation of foci, contributing to the spread of infectious agents. It was revealed that most species are confined to moist biotopes of river banks and canals, which can be habitats for small mammals during periods of population depression. In this biotope, it is necessary to conduct a more thorough epizootological examination for tularemia and other particularly dangerous infections. The proposed method will make it possible to streamline the control of mouse-like rodents and optimize the work of epizootological examination on the territory of the Republic of Dagestan.

Keywords:

natural focus, tularemia, plague, biotopic occurrence, mouse-like rodents

For citation:

Gerasimenko EV, Khalidov AKh. Analysis of the biotopic occurrence of mouse-like rodents in the territories of natural foci of plague and tularemia in the Republic of Dagestan. Science. Innovations. Technologies. 2024;1;7–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.1>

Conflict of interest:

the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 21.11.2023;
approved after reviewing 21.01.2024;
accepted for publication 01.03.2024.

Введение

В Республике Дагестан расположены территориально сочетанные природные очаги чумы (Дагестанский равнинно-предгорный, Прикаспийский песчаный и Восточно-Кавказский высокогорный) и туляремии (Равнинно-предгорный степной, Терско-Кумский пойменно-болотный и Высокогорный предгорно-горно-ручевой) [1, 2, 3, 4, 5].

Мышевидные грызуны в природных очагах чумы занимают важное место как потенциальные резервуары возбудителя этого опасного заболевания, выступая в ряде случаев как основные, либо как второстепенные носители патогена [6, 7, 8]. На территории Республики Дагестан, характеризующейся разнообразием природных условий – от равнинных сухих пустынь до предгорий и высокогорий, обилием антропогенных биотопов эта группа мелких млекопитающих в отношении видового разнообразия представлена достаточно широко. Являясь полиэстальными растительноядными видами, эти грызуны способны при благоприятных условиях (в годы повышенной влажности) быстро наращивать свою численность, расширяя размеры поселений и долю заселяемых биотопов. В периоды аридных циклов, напротив, численность их сокращается, зверьки остаются только в резерватах – биотопах, где сохраняются условия для переживания неблагоприятных периодов. В многолетнем аспекте с учетом экологической пластичности разных видов отмечается достаточно выраженная биотопическая приуроченность их группировок, что и явилось предметом наших исследований. Определение степени «предпочтения» или «избегания» к обитанию грызунов в разных стациях на территории природных очагов чумы и туляремии имеет большое теоретическое и практическое значение, что обосновывает актуальность выбранной темы работы.

Биотоп в экологии – относительно однородный по абиотическим факторам среды участок обитания вида или многовидовых группировок растений и животных [9]. Выяснение предпочтения вида тех или иных биотопов имеет важное значение для оценки роли этого вида в поддержании и распространении эпизоотий в природных очагах особо-опасных инфекций.

Для оценки избирательности вида в выборе биотопа, использовали показатель степени биотопической приуроченности F_{ij} (Ю. А. Песенко, 1982) [10]. Этот показатель позволяет более точно определить экологический статус и место видов мышевидных грызунов в биоценозе. Распределение вида по биотопам зависит от многих факторов, а именно от обеспеченности пищей, наличия укрытий, благоприятных условий для размножения, конкуренции с другими видами, входящими в сообщества данного биотопа.

Цель исследования – изучение биотопической приуроченности мышевидных грызунов – второстепенных носителей возбудителей чумы и туляремии на территории Республики Дагестан.

Материалы и методы исследования

В работе использовались многолетние данные эпизоотологического мониторинга, проведенного в трех природных очагах: Прикаспийском песчаном, Дагестанском равнинно-предгорном, Восточно-Кавказском высокогорном специалистами ФКУЗ «Дагестанская противочумная станция». Мелких млекопитающих отлавливали методом ловушко-линий. Для этого использовали давилки-плашки, которые устанавливали в линии (по 100 шт., расстояние между ловушками 10 м, экспозиция в течение 1 сут). В качестве приманки использовали семена подсолнечника, смоченные в растительном масле. Все значения уловов переводили на 100 ловушечных ночей. Уровни численности оценивали по Г. А. Новикову [11]: низкая – меньше 10 особей на 100 ловушко-суток, средняя – больше 10 особей и высокая – более 30 особей. Для выяснения показателя биотопической приуроченности вида был рассчитан средний многолетний показатель численности по видам с 2010 по 2021 г. в каждом биотопе по всем очагам. Для оценки избирательности вида использовали показатель степени биотопической приуроченности F_{ij} (Ю. А. Песенко, 1982). Показатель рассчитывали по формуле: $F_{ij} = (n_{ij} \times N - n_i \times N_j) / (n_{ij} \times N + n_i \times N_j - 2n_{ij} \times N_j)$, где n_{ij} — число особей i -го вида в j -й выборке (биотопе) объемом N_j , n_i — число особей этого вида во всех сборах общим объемом N . Величина F_{ij} измеряется в диапазоне от «+1» до «-1». Значение показателя F_{ij} больше нуля интерпретируется как проявление определенных предпоч-

тений к данному типу местообитания, в котором вид встречается регулярно, а меньше нуля – как отсутствие явных предпочтений. Чем сильнее отклонение показателя от нуля, тем больше приуроченность или избегание [11, 12]. Показатель (F_{ij}) рассчитывали для каждого вида в отдельных биотопах по очагам. Все расчеты осуществлялись с помощью Microsoft Office Excel.

Для более четкой интерпретации результатов нами была разработана следующая шкала с учетом всех показателей степени биотопической приуроченности вида для каждой зоны в отдельном очаге чумы. Были взяты положительные и отрицательные результаты, чтобы найти квартили числового набора. В итоге получили следующие показатели чисел, которые в данной работе нам помогут более четко охарактеризовать полученные показатели приуроченности.

Дополнительные показатели приуроченности интерпретировались следующим образом:

1. **Положительные значения:** а) низкая приуроченность – показатель характеризует, что вид в биотопе показывает слабую степень присутствия; б) средняя приуроченность – показатель характеризует, что вид показывает меньшую степень предпочтения к определенным биотопам; в) высокая приуроченность – показатель характеризует постоянство обитания вида в биотопе. Чем ближе показатель к единице, тем более вид приурочен к данному биотопу;
2. **Отрицательные значения:** а) безразличие – вид не предпочитает, но и не избегает биотоп; б) случайные посещения – вид встречается в биотопе редко, но тем не менее присутствует; в) избегание – вид встречается в биотопе крайне редко, избегая его, и чем более отрицательное значение показателя F_{ij} , тем больше степень избегания видом данного биотопа.

Результаты и обсуждение

Восточно-Кавказский высокогорный очаг имеет две зоны: горная и предгорная. В горной зоне фауна представлена тремя видами: полевка обыкновенная домовая и малая лесная мыши.

Таблица 1.

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ВИДОВ ПО БИОТОПАМ В ВОСТОЧНО-КАВКАЗСКОМ ВЫСОКОГОРНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ В ГОРНОЙ ЗОНЕ

Table 1. Analysis of the degree of biotopic confinement of species by biotopes in the East Caucasus high-mountain plague focus in the mountain zone

Виды	Высокотравные луга	Берега рек, каналов	Горная степь	Посевы зерновых	Бурьяны	Стерня, пахота	Посевы овощных	Сады, огороды	Шкала (Fij)	
									избегание	приуроченность
Полевка обыкновенная	0,6	0,4	0,3	0,6	0,3	0,4			-0,2	0,3
Мышь домовая	0,2			0,7			1		-0,4	0,4
Мышь малая лесная	0,4			-0,6	-0,6		0,4	0,6	-0,6	0,5

Полевка обыкновенная имеет высокую приуроченность к биотопам «высокотравные луга» и «посевы зерновых»; среднюю приуроченность к биотопам «берега рек и каналов» и «стерня, пахота»; низкую к биотопам «горная степь» и «бурьяны»; на биотопах «сады, огороды» и «посевы овощных» вид отсутствует. *Мышь домовая* демонстрирует высокую приуроченность к биотопам «посевы овощных» и «посевы зерновых», низкую приуроченность к биотопам «высокотравные луга», на остальных биотопах данный вид отсутствует. *Мышь малая лесная* имеет высокую приуроченность к биотопу «сады, огороды», среднюю к биотопам «высокотравные луга» и «посевы овощных»; избегает биотопы: «посевы зерновых» и «бурьяны»; в остальных биотопах вид отсутствует.

Таблица 2. АНАЛИЗ СТЕПЕНИ БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ВИДОВ ПО БИОТОПАМ В ВОСТОЧНО-КАВКАЗСКОМ ВЫСОКОГОРНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ
Table 2. Analysis of the degree of biotopic confinement of species by biotopes in the East Caucasus high-mountain plague focus in the foothill zone

Виды	сады, виноградники	бурьяны	горная степь	лес, кустарник	берега рек, каналов	попынь / злак. степ.	сады, огороды	Шкала (Fij)	
								Избегание	Приурочен-ность
Полевка обыкновенная	0,2	-0,3	-0,3	-0,5	0,4	0,5	—	-0,2	0,2
Мышь домовая	0,2	0,6	-0,1	0,4	0,2	—	—	-0,3	0,4
Мышь малая лесная	0,3	-0,4	0,3	0,3	-0,2	-0,2	—	-0,4	0,5
Мышь полевая	0,2	—	0,5	—	—	—	0,6		
Полевка общественная	—	0,2	-0,3	—	—	—	0,6		

В предгорной зоне фауна мышевидных грызунов представлена следующими видами: полевки обыкновенная и общественная, домовая, полевая и малая лесная мыши.

Полевка обыкновенная имеет высокую приуроченность к биотопу «попынно-злаковая степь»; среднюю приуроченность к биотопу «берега рек и каналов»; низкую к биотопу «сады, виноградники»; случайные посещения в биотопах «бурьяны» и «горная степь»; избегает биотопы «лес, кустарники» на биотопе «сады, огороды» вид отсутствует. *Мышь домовая* имеет высокую приуроченность к биотопу «бурьяны»; среднюю к «лес, кустарники», низкую приуроченность к биотопам «берега рек, каналов» и «сады виноградники»; случайные посещения в биотопе «горная степь»; в биотопах «са-

ды, огороды» и «полынно-злаковая степь» вид отсутствует. *Мышь малая лесная* имеет среднюю приуроченность к следующим биотопам: «сады, виноградники», «горная степь» и «лес, кустарники»; к биотопам: «берега рек и каналов» и «полынно-злаковая степь» проявляет безразличие; биотоп «бурьяны» избегает; на биотопе «сады, огороды» вид отсутствует. *Мышь полевая* имеет высокую приуроченность к биотопам «сады, огороды» и «горная степь»; низкую к биотопу «сады, виноградники», на остальных биотопах вид не обнаружен. *Полевка общественная* имеет высокую приуроченность к биотопу «сады, огороды»; низкую приуроченность к биотопу «бурьяны»; случайные посещения к биотопу «горная степь», в других биотопах отсутствует.

Прикаспийский песчаный природный очаг поделен на территории ландшафтно-климатических районов Ногайской, Кизлярской и Моздокской степей.

На территории Кизлярской степи *полевка общественная* имеет высокую приуроченность к биотопу «лес, кустарники»; низкую приуроченность к биотопу «бурьяны» и «пески»; избегает биотоп «берега рек и каналов». *Мышь домовая* имеет низкую приуроченность к биотопу «пески», безразличие к биотопу «бурьяны», случайные посещения к биотопам «берега рек и каналов» и «лес, кустарники». *Малая лесная мышь* имеет высокую приуроченность к биотопу «лес, кустарники» и низкую приуроченность «бурьяны», безразличие к биотопу «пески» и случайные посещения к биотопу «берега рек и каналов». Данные рассматриваемых видов приведены в таблице 3.

На территории Моздокской степи *полевка общественная* имеет высокую приуроченность к биотопу «полынно-злаковая степь», среднюю приуроченность к биотопу «пески» и низкую приуроченность к биотопам: «стерня пахота», «берега рек и каналов», «лес, кустарники», «посевы кормовых» и «целина, залежь»; случайные посещения на биотопе «бурьяны», избегает – «поливные плантации». *Мышь малая лесная* имеет высокую приуроченность к биотопам «лес, кустарники», «стерня, пахота», среднюю приуроченность к биотопам «бурьяны», низкую к «берега рек и каналов»; случайные посещения на биотопе «целина, залежь»; избегает биотопы:

Таблица 3.

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ВИДОВ
ПО БИОТОПАМ В ПРИКАСПИЙСКОМ ПЕСЧАНОМ ПРИРОДНОМ
ОЧАГЕ ЧУМЫ В КИЗЛЯРСКОЙ СТЕПИ
Table 3. Analysis of the degree of biotopic confinement of species by
biotopes in the Caspian sandy natural focus of the plague in the Kizlyar
steppe

Виды	Лес, кустарники	Пески	Берега рек и каналов	Бурьяны	Шкала (Fij)	
					избегание	приуроченность
Полевка общественная	0,3	0,06	-0,3	0,08	-0,05	0,07
Мышь домовая	-0,07	0,005	-0,05	-0,01	-0,07	0,05
Малая лесная мышь	0,2	-0,03	0,009	0,05	-0,09	0,1

«пески», «попынно-злаковая степь», «посевы кормовых» на биото-
пе «поливные плантации» вид отсутствует. *Мышь домовая* имеет
среднюю приуроченность к биотопам «целина, залежь»; низкую к
«посевы кормовых» и «бурьяны»; безразличие к биотопам «пески»
и «поливные плантации»; случайные посещения к биотопам «бере-
га рек и каналов» и «стерня, пахота»; избегание биотопов «лес, кус-
тарники» и «попынно-злаковая степь». *Полевка обыкновенная* име-
ет высокую приуроченность к биотопам «поливные плантации» и
«берега рек и каналов»; безразличие к биотопу «стерня, пахота»; из-
бегает биотопы «бурьяны» и «лес, кустарники» в остальных биото-
пах вид отсутствует [13, 14]. Данные рассматриваемых видов при-
ведены в таблице 4.

На территории Ногайской степи *полевка общественная* имеет
высокую приуроченность к биотопу «берега рек и каналов»; сред-

Таблица 4.

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ВИДОВ ПО БИОТОПАМ В ПРИКАСПИЙСКОМ ПЕСЧАНОМ ПРИРОДНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ В МОЗДОКСКОЙ СТЕПИ

Table 4. Analysis of the degree of biotopic confinement of species by biotopes in the Caspian sandy natural focus of the plague in the Mozdok steppe

Виды	Полынно-злаковая степь Пески		Стерня пахота	Берега рек и каналов	Лес, кустарники	Целина, залежь	Поливные плантации	Бурьяны	Посевы кормовых	Шкала (Fij)	
										избегание	приуроченность
Полевка общественная	0,6	0,3	0,2	0,2	0,1	0,00006	-0,4	-0,1	0,05	-0,1	0,2
Мышь малая лесная	-0,5	-0,4	0,6	0,2	0,6	-0,2	—	0,3	-0,8	-0,2	0,3
Мышь домовая	-0,7	-0,05	-0,1	-0,1	-0,4	0,3	-0,02	0,01	0,2	-0,4	0,5
Полевка обыкновенная	—	—	-0,05	0,5	-0,6	—	0,7	-0,6			

ную приуроченность к биотопу «пески»; низкая приуроченность «лес, кустарники»; безразличие к биотопу «бурьяны»; случайные посещения в биотопе «бахча»; на биотопах «поливные плантации» и «полынно-злаковая степь» вид отсутствует. *Мышь домовая* имеет среднюю приуроченность к биотопу «поливные плантации»; низкую приуроченность к биотопам: «бахча», «бурьяны», «лес, кустарники», «берега рек и каналов» и «пески»; избегает биотоп «полынно-злаковая степь». *Мышь полевая* демонстрирует высокую приуроченность к биотопу «берега рек и каналов»; случайные посещения к биотопу «бурьяны», в остальных биотопах отсутствует. *Хомячок серый* демонстрирует высокую приуроченность к биотопу «пески»; среднюю приуроченность к биотопу «берега рек и каналов»; избегает биотоп «бурьяны» на остальных биотопах вид отсутствует. *Мышь малая лесная* имеет высокую приуроченность к био-

Таблица 5. АНАЛИЗ СТЕПЕНИ БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ВИДОВ ПО БИОТОПАМ В ПРИКАСПИЙСКОМ ПЕСЧАНОМ ПРИРОДНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ В НОГАЙСКОЙ СТЕПИ
Table 5. Analysis of the degree of biotopic confinement of species by biotopes in the Caspian sandy natural focus of the plague in the Nogai steppe

Виды	Берега рек и каналов	Лес, кустарники	Пески	Бахча	Поливные плантации	Бурьяны	Полынно-злаковая степь	Шкала (Fij)	
								избегание	приуроченность
Полевка общественная	0,9	0,04	0,6	-0,25	—	-0,04	—	-0,1	0,08
Мышь домовая	0,06	0,04	0,009	0,08	0,4	0,04	-0,4	-0,2	0,4
Мышь полевая	0,9	—	—	—	—	-0,2	—	-0,3	0,7
Хомячок серый	0,4	—	0,9	—	—	-0,8	—		
Мышь малая лесная	0,7	0,8	—	—	—	0,4	—		
Полевка обыкновенная	0,9	0,5	0,05	—	0,5	0,06	0,5		

топам «лес, кустарники» и «берега рек и каналов»; низкую приуроченность к биотопу «бурьяны», на остальных биотопах отсутствует. *Полевка обыкновенная* имеет высокую приуроченность к биотопу «берега рек и каналов», среднюю приуроченность к биотопам «лес, кустарники», «поливные плантации» и «полынно-злаковая степь», низкую приуроченность к биотопам «бурьяны» и «пески», на биотопе «бахча» вид отсутствует. Данные рассматриваемых видов приведены в таблице 5.

Дагестанский равнинно-предгорный очаг расположен в предгорной и равнинной зонах Республики Дагестан. На территории

равнинной зоны зарегистрировано четыре вида мышевидных грызунов: полевка общественная, домовая, полевая и малая лесная мыши. В предгорной зоне – общественная полевка, домовая и малая лесная мыши.

В равнинной зоне *мышь полевая* демонстрирует высокую приуроченность к биотопам «берега рек и каналов» и «лес, кустарники», в других биотопах отсутствует. *Мышь малая лесная* имеет высокую приуроченность к биотопу «бахча»; среднюю приуроченность к биотопам: «лес, кустарники» и «попынно-злаковая степь», низкую к биотопам «берега рек и каналов», «тростники»; безразлична к биотопу «бурьяны»; избегает биотопы: «стерня, пахота» и «посевы зерновых»; в других биотопах отсутствует. *Мышь домовая* имеет среднюю приуроченность к биотопам: «бурьяны», «поливные плантации» и «попынно-злаковая степь», низкую приуроченность к следующим биотопам: «лес, кустарники», «берега рек и каналов», «стерня, пахота» и «пески», к биотопу «тростники» – безразличие; избегает «посевы кормовых», «посевы зерновых»; на биотопах «бахча» и «сады, виноградники» данный вид не обнаружен. *Полевка общественная* имеет среднюю приуроченность к биотопам «сады виноградники», «посевы кормовых» и «посевы зерновых», низкую приуроченность к биотопам: «пески», «поливные плантации» и «стерня, пахота»; к биотопам «лес, кустарники», «берега рек и каналов», «попынно-злаковая степь», «тростники» и «бурьяны» проявляет случайные посещения, на биотопе «бахча» вид отсутствует. Данные рассматриваемых видов приведены в таблице 6.

В предгорной зоне *полевка общественная* имеет среднюю приуроченность к биотопу «горные луга» и низкую приуроченность к биотопам: «посевы зерновых», «целина, залежь», «бурьяны», «горная степь», «стерня, пахота», «попынно-злаковая степь»; безразличие к биотопам: «лес, кустарники» и «сады, огороды»; избегает «сады, виноградники»; на биотопе «бахча» вид отсутствует. *Мышь домовая* имеет высокую приуроченность к биотопу «бахча» и низкую приуроченность к биотопам: «сады виноградники» и «попынно-злаковая степь»; безразличие к биотопам «стерня, пахота», «лес, кустарники», «сады огороды», «бурьяны», «горная степь» и «посевы зерновых»; избегает биотоп «целина, залежь»; на биотопе

Таблица 6. АНАЛИЗ СТЕПЕНИ БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ВИДОВ ПО БИОТОПАМ В ДАГЕСТАНСКОМ РАВНИННО-ПРЕДГОРНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ В РАВНИННОЙ ЗОНЕ
Table 6. Analysis of the degree of biotopic confinement of species by biotopes in the Dagestan plain-foothill plague focus in the plain zone

Виды	Лес, кустарник	Пески	Польны/злак. степь	Берега рек, каналов	Сады, виноградники	Полivные плантации
Полевка общественная	-0,3	0,1	-0,2	-0,3	0,3	0,01
Мышь домовая	0,1	0,07	0,02	0,1	—	0,2
Мышь малая лесная	0,3	—	0,3	0,1	—	—
Мышь полевая	0,6	—	—	0,9	—	—

Таблица 7. АНАЛИЗ СТЕПЕНИ БИОТОПИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ ВИДОВ ПО БИОТОПАМ В ДАГЕСТАНСКОМ РАВНИННО-ПРЕДГОРНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ
Table 7. Analysis of the degree of biotopic confinement of species by biotopes in the Dagestan plain-foothill plague focus in the foothill zone

Виды	Целина, залежь	Бурьяны	Горная степь	Лес, кустарник	Посевы зерновых	Стерня, пахота
Полевка общественная	0,2	0,1	0,1	-0,09	0,2	0,1
Мышь домовая	-0,6	-0,1	-0,2	-0,07	-0,2	-0,05
Мышь малая лесная	0,3	-0,07	0,2	0,4	-0,2	-0,5

	Бурьяны	Стерня, пахота	Посевы зерновых	Посевы кормовых	Тростники	Бахча	Шкала (Fij)	
							избегание	приуроченность
	-0,1	0,01	0,3	0,3	-0,2	—	-0,1	0,1
	0,2	0,04	-0,4	-0,5	-0,05	—	-0,2	0,2
	-0,05	-0,4	-0,9	—	0,01	0,8	-0,3	0,4
	—	—	—	—	—	—		

	Сады, виноградники	Горные луга	Полыны/злак, степь	Сады, огороды	Бахча	Шкала (Fij)	
						избегание	приуроченность
	-0,5	0,4	0,08	-0,1	—	-0,1	0,1
	0,08	—	0,03	-0,03	0,5	-0,2	0,2
	0,4	—	-0,7	0,4	—	-0,3	0,4

«горные луга» вид отсутствует. *Мышь малая лесная* имеет среднюю приуроченность к биотопам «лес, кустарники», «сады, виноградники» и «сады, огороды»; низкую приуроченность к биотопам «целина, залежь» и «горная степь»; безразлична к биотопу «бурьяны»; случайные посещения биотопа «посевы зерновых»; избегает биотопы «стерня, пахота» и «попынно-злаковая степь»; на биотопах «горные луга» и «бахча» вид отсутствует. Данные рассматриваемых видов приведены в таблице 7.

Заключение

Анализ приуроченности к различным биотопам мышевидных грызунов выявил, что большинство видов эвритопны, но степень привязанности к тому или другому биотопу различна.

Эвритопные виды как второстепенные носители природноочаговых инфекций играют особую важную роль, так как в периоды активизации очагов способствуют распространению возбудителей инфекций. Стенотопные виды поддерживают высокую численность в определенных биотопах, играя важную роль в поддержании острых локальных эпизоотий чумы, туляремии и других природноочаговых инфекций.

На территории Прикаспийского песчаного природного очага в результате анализа приуроченности видов выяснилось, в Ногайской степи присутствуют стенотопные виды: *серый хомячок* приурочен к биотопу «пески»; *мышь полевая*, *полевки обыкновенная* и *общественная* приурочены к биотопу «берега рек и каналов» и *мышь малая лесная* предпочитает биотоп «лес, кустарники», остальные виды эвритопны. Все виды Моздокской и Кизлярской степей эвритопны.

На территории Восточно-Кавказского высокогорного очага определены стенотопные виды – в горной зоне: *мышь домовая* предпочитает биотоп «посевы овощных»; в предгорной зоне – *мышь полевая* предпочитает биотоп «сады, огороды», остальные виды эвритопны.

На территории Дагестанского равнинно-предгорного очага по результатам нашей работы выявлен один стенотопный вид – в равнинной зоне: *мышь полевая* приурочена к биотопу «берега рек и каналов», остальные виды в равнинной и предгорной зоне эвритопны.

При изучении природно-очаговых инфекций большое значение имеет выяснение характера связей между возбудителями и носителями инфекций. С этой целью важно выяснить не только биотопическую приуроченность переносчиков инфекции, но и тесноту связи возбудителя с тем или иным элементом ландшафта. В данных расчетах на территориях природных очагов обнаружилось, что типичным для большинства мышевидных грызунов оказался биотоп «берега рек и каналов», что позволяет предположить, возможность циркуляции возбудителя туляремии на территории Республики Дагестан. Стоит отметить, что последняя вспышка туляремии в Республике Дагестан была зарегистрирована в очаге пойменно-болотного типа в августе-сентябре 1999 г., когда в эпизоотический процесс были вовлечены домовые и лесные мыши. За последние годы второстепенные носители вовлекались в эпизоотию чумы лишь в Прикаспийском песчаном очаге, где в 2014 г. выделен один штамм возбудителя чумы от трех блох *Nosopsyllus mokrzeckyi*, очесанных с двух *серых хомячков* – биотоп «пески» [13,14].

Предложенный метод позволит упорядочить контроль за мышевидными грызунами и оптимизировать работу эпизоотологического обследования на территории Республики Дагестан.

Список источников

1. Бамматов Д. М. Сочетанные природные очаги опасных инфекционных болезней бактериальной и вирусной этиологии на территории Республики Дагестан // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 331.
2. Газиев С. Г.-М. Природные очаги туляремии в Дагестане / С. Г.-М. Газиев, А. И. Климова, Т. И. Казакова // Материалы научно-производственной конференции, посвященной юбилею противочумной службы в Дагестане. Махачкала, 1998. С. 143–146.
3. Дятлов А. И. Антоненко А. Д., Грижебовский Г. М. и др. Природная очаговость чумы на Кавказе. Ставрополь: Противочумный институт, 2001. 345 с.
4. Григорьев М. П. Сочетанная природная очаговость бактериальных и вирусных инфекций в Терско-Сунженском междуречье // Современные аспекты эпидемиологического надзора за особо опасными инфекционными заболеваниями.

ниями на Юге России: мат-лы науч.-практ. конф. Ставрополь, 2007. Ч. 2. С. 191–194.

5. Природные очаги чумы Кавказа, Прикаспия, Средней Азии и Сибири / ред.: Г. Г. Онищенко, В. В. Кутарев. М.: Медицина, 2004. 158 с.
6. Найдено П. Е. Природные очаги на Кавказе и проблема их оздоровления: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ставрополь, 1980. 60 с.
7. Козлов М. П., Султанов Г. В. Чума: природная очаговость, эпизоотология. Махачкала, 2000. 303 с.
8. Максимов А. А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. Новосибирск: Наука, 1984. 250 с.
9. Карасева Е. В., Телицына А. Ю. Методы изучения грызунов в полевых условиях: Учеты численности и мечение. М.: Наука, 1996. 228 с.
10. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982. 287 с.
11. Новиков Г. А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. М.: Сов. наука, 1949. 502 с.
12. Наглов В., Загороднюк И. Статистический анализ приуроченности видов и структуры сообществ // *Proceedings of Theriological School*. Vol. 7 (2006) 291 p.
13. Герасименко Е. В., Лазаренко Е. В., Халидов А. Х., Кесьян А. А. Биотопическое распределение мелких мышевидных грызунов в Прикаспийском песчаном природном очаге чумы // *Млекопитающие в меняющемся мире: Актуальные проблемы териологии: сборник*. 2022. № 1. С. 76.
14. Герасименко Е. В., Газиева А. Ю., Халидов А. Х., Кесьян А. А. Биотопическое распределение мелких мышевидных грызунов в Прикаспийском песчаном природном очаге чумы // *Наука. Инновации. Технологии*. 2021. № 2. С. 89–90.

References

1. Bamatov DM. Combined natural foci of dangerous infectious diseases of bacterial and viral etiology on the territory of the Republic of Dagestan. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern problems of science and education. 2013;3:331. (In Russ.).
2. Gaziyevev SG-M, Klimova AI, Kazakova TI. Natural foci of tularemia in Dagestan. In *Materials of the scientific and production*

- conference dedicated to the anniversary of the anti-plague service in Dagestan. Makhachkala; 1998;143–146. (In Russ.).
3. Dyatlov AI, Antonenko AD, Grizhebovskiy GM et al. Natural focality of plague in the Caucasus. Stavropol: Protivochumnyy institute; 2001. 345 p. (In Russ.).
 4. Grigor'yev MP. Combined natural focality of bacterial and viral infections in the Terek-Sunzha interfluve. In Modern aspects of epidemiological surveillance of especially dangerous infectious diseases in the South of Russia: material, scientific and practical. conf. Stavropol; 2007;2:191–194. (In Russ.).
 5. Onishchenko GG, Kutarev VV. Natural foci of plague in the Caucasus, Caspian region, Central Asia and Siberia. Moscow: Meditsina; 2004. 158 p. (In Russ.).
 6. Nayden PYe. Natural foci in the Caucasus and the problem of their recovery: abstract of thesis. dis. Dr. Sci. (Biology). Stavropol, 1980. 60 p. (In Russ.).
 7. Kozlov MP, Sultanov GV. Plague: natural focality, epizootology. Makhachkala; 2000. 303 p. (In Russ.).
 8. Maksimov AA. Long-term fluctuations in the number of animals, their causes and forecast. Novosibirsk: Nauka; 1984. 250 p. (In Russ.).
 9. Karaseva YeV, Telitsyna AYu. Methods for studying rodents in the field: Population counts and tagging. Moscow: Nauka; 1996. 228 p. (In Russ.).
 10. Pesenko YuA. Principles and methods of quantitative analysis in faunal studies. Moscow; 1982. 287 p. (In Russ.).
 11. Novikov GA. Field studies of the ecology of terrestrial vertebrates. Moscow: Sov. Nauka; 1949. 502 p. (In Russ.).
 12. Naglov V, Zagorodnyuk I. Statistical analysis of species occurrence and community structure. In Proceedings of Theriological School. 2006;7;291. (In Russ.).
 13. Gerasimenko EV, Lazarenko YeV, Khalidov AKh, Kes'yan AA. Biologic distribution of small mouse-like rodents in the Caspian sandy natural focus of plague. Mlekopitayushchie v menyayushchemsya mire: *Aktual'nye problemy teriologii: sbornik* = Current Problems of Theriology. Mammals in a Changing World. 2022;1;76. (In Russ.).
 14. Gerasimenko EV, Gaziyeva AYu, Khalidov AKh, Kes'yan AA. Biologic distribution of small mouse-like rodents in the Caspian sandy natural focus of plague. *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2021;2;89-90. (In Russ.).

Информация об авторах

Екатерина Владимировна Герасименко – зоолог лаборатории медицинской зоологии Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора, Scopus ID: 57210105426 и РИНЦ: ID 1228529.

Арслан Халитович Халидов – кандидат биологических наук, заведующий зоологическим отделом Дагестанской противочумной станции Роспотребнадзора.

Вклад авторов

Екатерина Владимировна Герасименко. Проведение исследования – сбор, анализ и интерпретация данных. Утверждение окончательной рукописи – принятие на себя ответственности за все виды работ, целостность всех частей статьи и ее окончательной версии.

Арслан Халитович Халидов. Подготовка и редактирование текста – составление рукописи и ее окончательного варианта, вклад в научную верстку.

Information about the authors

Ekaterina V. Gerasimenko – Zoologist of the Laboratory of Medical Zoology of the Stavropol Anti-Plague Institute of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor), Scopus ID: 57210105426 and RSCI ID: 1228529.

Arslan Kh. Khalidov – Cand. Sci. (Biology), Head of the Zoological Department of the Dagestan Anti-Plague Station of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor).

Contribution of the authors

Ekaterina V. Gerasimenko. Conducting research – data collection, analysis and interpretation. Approval of the final manuscript – acceptance of responsibility for all types of the work, integrity of all parts of the paper and its final version.

Arslan Kh. Khalidov. Text preparation and editing – drafting of the manuscript and its final version, contribution to the scientific layout.

1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв
и геохимия ландшафтов

Научная статья
УДК 595.771
<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.2>

**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ЖУЖЕЛИЦ ИНТРАЗОНАЛЬНЫХ БИОТОПОВ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

**Сергей Иванович Сигида^{1*},
Евгений Георгиевич Мишвелов²,
Александр Львович Иванов³,
Анатолий Иванович Белоусов⁴**

^{1, 2, 3, 4} Северо-Кавказский федеральный университет (д. 1, ул. Пушкина, Ставрополь, 355017, Российская Федерация)
¹ omophron@yandex.ru
² mishvelov@mail.ru
³ alivanov@ncfu.ru
⁴ belousov04@yandex.ru
* Автор, ответственный за переписку

Аннотация.

В степной зоне Юго-Восточного Предкавказья преимущественно на светло-каштановых почвах широко распространены солончаки и солонцы. Они населены весьма характерной и своеобразной фауной жужелиц, связанной в своем развитии с осолоненными почвами. Однако к настоящему времени специальных научных исследований, посвященных жужелицам засоленных биотопов исследуемой территории Восточного Предкавказья, изучению их экологии и биологии, очень мало, что и определило цель исследований, направленных на решение вышеуказанных проблем. Регистрация состава популяции галофильных герпетобионтных жужелиц, исследовалась динамика численности, экологическая структура и географический анализ. В ходе исследования был проведен анализ экологических и зоогеографических характеристик жужелиц, было выявлено соотношение различных видов жужелиц Юго-Восточного Предкавказья. Установлено, что некоторые виды могут служить индикатором наличия солонцов и солончаков. Галофильные комплексы жужелиц степной зоны (исследуемый регион) находятся в настоящее время под постоянной угрозой уничтожения человеком. Активно истребляются плавни в низовьях Кумы, Сулака и других степных рек, что, естественно, приводит к обеднению солончаковой фауны жужелиц, исчезают ори-

гинальные представители галофитных стадий – *Scarites angustus* Chaud., *Clivina laevifrons* Chaud., *Dyschirius pusillus* Dej., *Bembidion quadriplagiatum* Motsch., *B. normannum* Dej., *Pogonus reticulatus* Schaum., *P. cumanus* Lutschn и др.

Ключевые слова: галофилы, галогигрофилы, засоленные биотопы, жужулицы, индикаторы, экологический анализ, географический анализ

Для цитирования: Сигида С. И., Мишвелов Е. Г., Иванов А. Л., Белоусов А. И. Эколого-географический анализ жужулиц интразональных биотопов Юго-Восточного Предкавказья // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 27–52. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.2>

Статья поступила в редакцию 06.12.2022;
одобрена после рецензирования 01.11.2023;
принята к публикации 01.02.2024.

Конфликт интересов: один из авторов статьи — доктор биологических наук, профессор Мишвелов Евгений Георгиевич является членом редакционной коллегии журнала «Наука. Инновации. Технологии». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

1.6.12. **Physical Geography and Biogeography, Soil Geography and Landscape Geochemistry**
Research article

Ecological and Geographical Analysis of Ground Beetles of Intrazonal Biotopes of the Southeastern Pre-caucasus

**Sergey I. Sigida^{1*},
Evgeny G. Mishvelov²,
Alexander L. Ivanov³,
Anatoly I. Belousov⁴**

^{1, 2, 3, 4} North-Caucasus Federal University (1, Pushkin St., 355017, Stavropol, Russian Federation)

¹ omophron@yandex.ru

² mishvelov@mail.ru

³ alivanov@ncfu.ru

⁴ belousov04@yandex.ru

* Corresponding author

Abstract.

In the steppe zone of the Southeastern Pre-Caucasus, mainly on light chestnut soils, salt marshes are widespread. They are

inhabited by a very characteristic and peculiar fauna of ground beetles, associated in their development with saline soils. However, to date, there are very few special scientific studies devoted to ground beetles of saline biotopes of the studied territory of the Eastern Caucasus, the study of their ecology and biology, which determined the purpose of research aimed at solving the above problems. Registration of the population composition of halophilic herpetobiont ground beetles, population dynamics, ecological structure and geographical analysis were studied. In the course of the study, an analysis of the ecological and zoogeographic characteristics of ground beetles was carried out, the ratio of different species of ground beetles of the Southeastern Caucasus was revealed. It has been specified that some species can serve as an indicator of the presence of salt marshes. Halophilic complexes of ground beetles of the steppe zone (the studied region) are currently under constant threat of human destruction. The floodplains in the lower reaches of the Kuma, the Sulak and other steppe rivers are actively exterminated, which naturally leads to the depletion of the salt marsh fauna of ground beetles, the original representatives of halophytic stations disappear – *Scarites angustus* Chaud., *Clivina laevifrons* Chaud., *Dyschirius pusillus* Dej., *Bembidion quadriplagiatum* Motsch., *B. normannum* Dej., *Pogonus reticulatus* Schaum., *P. cumanus* Lutschn and other.

Keywords: halophiles, halohyrophiles, saline biotopes, ground beetles, indicators, ecological analysis, geographical analysis

For citation: Sigida SI, Mishvelov EG, Ivanov AL, Belousov AI. Ecological and geographical analysis of ground beetles of intrazonal biotopes of the Southeastern Pre-caucasus (как в названии статьи и содержании). Science. Innovations. Technologies. 2024;(1):27–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.2>

Conflict of interest: one of the authors of article — Evgeny G. Mishvelov, Dr. Sci. (Biology), Professor, is a member of editorial board of journal “Science. Innovations. Technologies”. The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript.

The article was submitted 06.12.2022;
approved after reviewing 01.11.2023;
accepted for publication 01.02.2024.

Введение

В степной зоне Юго-Восточного Предкавказья преимущественно на светло-каштановых почвах широко распространены солончаки и солонцы. Эти почвы встречаются в виде сплошных массивов или в комплексе с лугово-болотными почвами в бессточных понижениях рельефа на окраинах лиманов, в поймах рек, по днищам пересыхающих озер.

Солончаковые биотопы и берега осолоненных водоемов населены весьма характерной и своеобразной фауной жужелиц, связанной в своем развитии с осолоненными почвами.

Однако к настоящему времени специальных научных исследований, посвященных жужелицам засоленных биотопов исследуемой территории Восточного Предкавказья, изучению их экологии и биологии, очень мало, что и определило цель исследований, направленных на решение вышеуказанных проблем.

Материалы и методы исследований

В течение 2010–2020 гг. авторы проводили мониторинг состояния популяции жужелиц в засоленных стациях степной зоны Юго-Восточного Предкавказья [1; 2; 3], который включал регистрацию состава популяции галофильных герпетобионтных жужелиц, исследовалась динамика численности, экологическая структура, затем выполнялся географический анализ [4; 5; 6].

Результаты исследований и их обсуждение

Сбор материала проводился во время экспедиций и стационарных наблюдений.

Всего было исследовано более 30 географических точек.

При полевых исследованиях применялись различные методы изучения беспозвоночных [7; 8]. За время исследований проведено более 15 тысяч ловушко-суток и взято 110 почвенных проб, в результате чего собрано 10 тысяч экземпляров жужелиц из различных частей региона.

Всего за период исследований в пределах региона нами обнаружены 68 видов галофилов из 23 родов (табл. 1)

Таблица 1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЗООГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ЖУЖЕЛИЦ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ
Table 1. Ecological and zoogeographic characteristics of ground beetles
of the South-Eastern Caucasus

Трибы, Роды, Виды	Экологическая группа	Зоогеографическая характеристика	Засоленные биотопы
1	2	3	4
Подсем. Cicindelinae Триба Cicindelini Род Cicindela Linne, 1758			
C. (C.) chiloleuca F.	7	Ск	ч
(Euqrappa) arenaria Fussl.	2	Е-Ср	р
C. (E.) contorta F-W.	2	П-Сра	ч
C. (Lophyridia) littoralis Fabr.	2	ТПа	ч
Надтриба Scarititae Триба Scaritini Род Scarites Fabricius, 1775 S.(Scallophorites) angustus Chaud.	2	П-Сра	ч
S. (s.str.) salinus Dej	2	П-Сра	ч
S.(s.str.) eurytus F.-W.	2	Е-Ср	ч
S.(s.str.) laeviqatus F.	2	Ср	ч
S.(s.str.) terricola Bon.	3	Тпа	ч
Триба Clivinini Род Clivina Latreille, 1802 C. laevifrons Chaud.	2	В-Ср	р
C. ypsilon Dej.	2	Ср	ч
Род Dyschiruis Bonelli, 1813 D. apicalis Putz.	2	Е-Ср	р
D. chalceus Er.	2	ЗП	ч
D. luticola Chaud.	2	Е-Ср	ч
D. salinus Schaum.	2	Тет	ч
D. strumosus Er.	2	ЗП	р
D. pusillus Dej.	2	Ск	ч

1	2	3	4
Надтриба Trechitae Триба Tachyni Род Tachys Stephens, 1829 T. (Eotochys) centriustatus Rtt.	2	Е-Ср	р
T. (Paratachys) micros F.-W.	3	ЗП	ч
T. (P.) tutkestanicus Csiki	2	П-Сра	ч
Род Bembidion Latreille, 1802			
B. (Emphanes) minimum F.	2	ЗП	ч
B. (E.) quadriplagiatum Motsch.	2	ЗП	ч
B. (E.) normannum Dej.	2	Е-Ср	р
B. (E.) rivulare Dej.	2	Ср	ч
B. (E.) tenellum Er.	2	Е-Ср	ч
B. (Talanes) aspericollе Germ.	1	Е-Ср	ч
B. (T.) subfasciatum Chaud.	1	В-Ср	ч
Триба Pogonini Род Cardioderus Dejean, 1828 C. chloroticus F.-W.	2	Ск	р
Род Pogonus Nicolai, 1822 P. (s. str.) iridipennis Nic.	2	Ск	ч
P. (s. str.) littoralis Duft	2	Е-Ср	ч
P. (s. str.) luridipennis Germ.	2	ЗП	ч
P. (s. str.) orientalis Dej.	1	В-Ср	р
P. (s. str.) reticulatus Schaum	1	Ср	р
P. (s. str.) submarginatus Rtt	2	В-Ср	р
P. (s. str.) transfuga Chud.	2	Ск	ч
P. (Pogonidius) cumanus Lutschn	1	Ск	р
P. (P.) meridionalis Dej.	2	Понг	р
P. (P.) punctulatus Dej.	2	Ср	ч

1	2	3	4
Род Pogonistes Chaudoir, 1870 P. angustus Gebl.	2	Ск	р
P. convexicollis Chaud.	2	В-Ср	р
P. rufoaeneus Dej.	2	П-Сра	ч
Надтриба Pterostichitae Триба Pterostichini Род Poesilus Bonelli, 1810 P. (Angoleus) lissoderus Chaud.	1	Ск	р
P. (A.) puncticollis Dej.	6	Е-С	ч
P. (Angoleus) nitens Chaud	6	В-Ср	р
Род Pterostichus Bonelli			
P. (Argutor) cursor Dej.	1	Ср	ч
Триба Agonini Род Agonum Bonelli, 1810 A. (s.str.) lugens Duft.	4	Е-Ср	ч
Триба SPHODRINI Род Calathus Bonelli			
C. (Neocalathus) cinctus Motsch	5	Е-Ср	р
Триба Zabryni Род Amara Bonelli, 1810			
A. (Amathitis) abdominalis Motsch	4	Понт	ч
A. (A.) parvicollis Gebl.	1	Ск	ч
Род Curtonotus Stephens, 1828			
C. cribricollis Chaud.	7	Понт	р
Триба HARPALINI Род Anisodactylus Dejean A. (Hexatrichus) pseudoaeneus Dej.	2	Га	р
Род Acupalpus Latreille, 1829 A. elegans Dej.	2	Е-Ср	р
Род Trichocellus Ganglbauer, 1892			
T. placidus Gyll.	6		р

1	2	3	4
Род Dicheirotichus Jacquelin du Val, 1857 D. obsoletus Dej.	1	Е-Ср	ч
D. ustulatus Dej.	1	Ск	р
Род Ophonus Dejean, 1821 O. (Cephalophonus) cephalotes Fairm.	1	Ск	ч
O. (Metophonus) rupicola Sturm	1	Ср	ч
O. (s.str) sabulicola Panz.	6	Е-Ср	р
Род Harpalus Latreille, 1802			
H. (Harpalophonus) steveni Dej.	1	Ск	р
H. (H.) hospes Sturm	1	Ск	р
H. (H.) circumpunctatus Chaud.	1	В-Ср	р
H. (Artabas) splendens Gebl.	1	Ск	р
H. (A.) stierlini Poncy.	1	Понт	р
H. (s.str.) oblitus Dej	7	Ск	р
Род Daptus Fischer-Waldheim, 1824 D. pictus F.-W.	2	П-Ср	р
D. vittatus F.-W.	2		р
Триба Brachinini Род Brachinus Weber, 1801 B. ejaculans F.-W.	6	ЗП	ч
B. elegans Chaud.	5	В-Ср	ч
B. plagiatus Reiche	6	Ср	р
B. cruciatus Quens.	5	В-Ср	ч

Примечание: ч – часто, р – редко; Тiла – Транспалеарктический, Зп – Западнопалеарктический, Е-С – Европейско-сибирский, Тет – Тетийский, Ср – Средиземноморский, Пок – Поктический, Е-Ср – Европейско-средиземноморский, Ск – Скифский, Е-Ср – Европейско-среднеазиатский

Экологические группы: 1 – галофилы, 2 – галогигрофилы, 3 – реофилы, 4 – стагнофилы, 5 – политопные мезофилы, 6 – степные мезофилы, 7 – степные мезоксерофилы.

Наибольшим количеством видов характеризуются: *Pogonus* (10), *Bembidion* (7), *Harpalus* (6).

Из широко распространенных обитателей солонцов следует назвать транзональные солончаковые виды *Cicindela chiloleuca* Fisch., *C. (Lophyridia) littoralis* Fabr., передне-среднеазиатский *C. (Eugrapha) contorta* F.-W., европейско-средиземноморский *C. (E.) arenaria* Füssl [9]. *Carabini*, *Cychrini*, *Nebrini*, *Notiophilini* в описываемых биотопах совсем не представлены, зато большинство видов трибы *Scaritini* – типичные обитатели солончаковых стаций. Это туранский *Scarites angustris* Chaud, обнаруженный нами в глинистой засоленной почве Прикаспийской низменности, литоральный средиземноморский *S. laevigatus* F. К галофильному комплексу относится переднесреднеазиатский *S. salinus* Dej., встреченный на поле с посевами озимого ячменя в Георгиевском районе Ставропольского края. По всей вероятности, нахождение этого галофила в агроценозах связано с внесением минеральных удобрений на поля. Преимущественно к солончакам приурочен широко распространенный южнопалеарктический *S. terricola* Bon., который в массе встречается на побережье озера Маныч, соленого озера Давсун.

Характерны для солончаков и многие *Clivini*. Например, *Clivina upsilon* Dej., массовый вид в приводных и засоленных стациях юго-восточных районов степного Предкавказья. Значительно реже в подобных условиях встречался *C. laevifrons* Chaud. В обширном роде *Dyschirius*, многие виды которого приурочены к берегам водоемов, следует выделить галофилов: *D. apicalis* Putz., – обитателя побережья Черного моря, *D. Chalceus* Er., встречающегося на солончаках Предкавказья, *D. luticola* Chaud., встреченного на побережье озера Маныч в Арзгирском районе Ставропольского края, *D. pusillus* Dej., многочисленного на берегах соленого озера Давсун. Резко галофильный *D. salinus* Schaum – обитатель литоралей и солончаков на глинистой почве, весьма многочислен в Приманычье. В аналогичных условиях обитает и другой галобионт-*D. strumosus* Dej.

Преимущественно к солончакам приурочен крупный хищник *Broscus semistriatus* F.-W., хотя встречается еще в агроценозах и урбо-ландшафтах.

Многие виды индикаторы из трибы Tachyni характеризуют засоленные биотопы степной зоны. Например, *T. scuallaris* Steph., встреченный на побережье озер Маныч и Давсун. Особо следует обратить внимание на находку нами на берегу соленого озера Давсун галофильного *T. (Eotachys) centriustatus* Rtt., который широко распространен в Средней Азии от Туркмении до Прибалхашья и в Северном Афганистане. Это одна из находок на крайней западной части ареала этого вида. На солончаках у воды обычны *T. micros* F.-W. и *T. turkestanicus* Csiki.

Один из обширнейших родов жуужелиц *Bembidion* представлен в засоленных стациях под родами *Talanes* и *Emphanes* – это западнопалеарктический *B. (T.) aspericolle* Germ., обнаруженный на влажных, засоленных почвах в Красногвардейском районе Ставропольского края, восточно-средиземноморский *B. (T.) subfasciatum* Chaud, выловленный нами в плавнях близ с. Константиновского Петровского района Ставропольского края. Очень часто в восточных районах степного Предкавказья в обилии по берегам озер Маныч, Давсун встречается средиземноморский *B. (E.) latiplaga* Chaud. На солончаках, вблизи с. Каясула Курского района и с. Величаевского Левокумского района Ставропольского края, в массе – западнопалеарктический *B. (E.) minimum* F.

В плавнях реки Кумы, в таких же условиях окрестностей селения Махмуд-Мектеб Нефтекумского района Ставропольского края обнаружен *B. (E.) quadriplagiatus* Motsch. К галофильному комплексу относится и *B. (E.) normannum* Dej., – обычный обитатель солончаков и лагун, предпочитающий влажные глинистые засоленные стаии озера Давсун и литоралей Черного и Каспийского морей. В степях юга России многочислен средиземноморский *B. (E.) rivulare* Dej., который обитает и в опресненных околородных стациях (берег пруда в окрестностях села Казинка Грачевского района Ставропольского края). Приурочен к засоленным почвам Левокумского, Арзгирского и Нефтекумского районов Ставропольского края европейско-средиземноморский *B. (E.) tenellum* Er.

К числу характернейших обитателей солончаков степной зоны относятся представители трибы *Pogonini*: а именно – субэндемич-

ный для зоны монотипический род *Cardioderus* с видом *C. chloroticus* F-W., встреченным нами на побережье Азовского моря.

Многочисленные виды рода *Pogonus* доминируют в засоленных стациях Приманычья *P. iridipennis* Nic. Только по берегам морей встречается европейско-средиземноморский *P. littoraiis* Duft. Обычен как на влажных, так и на сухих солонцеватых почвах западнопале-арктический *P. orientalis* Dej. А *P. reticulatus* Schaum был обнаружен лишь однажды вблизи Тамани на морском побережье. Также редок *P. submarginatus* Rtt., который в наших сборах представлен единичной особью, отловленной вблизи Сенгилеевского озера.

В юго-восточной части европейских степей на солончаках обычен скифский *P. transfuga* Chaud., высокая численность этого вида наблюдалась на побережье Каспийского моря. Крайне редки находки субэндемичного для степной зоны галофильного *P. sultanus* Lutschn., напротив, очень широко распространен скифский *P. meridionalis* Dej., найденный на побережье озера в Арзгирском районе, в плавнях близ с. Каясула Нефтекумского района Ставропольского края и в долине реки Калаус в районе Прикалаусских высот. Обычен в засоленных стациях юго-восточных районов Ставропольского края субэндемичный для степной зоны *P. punctulatus* Dej.

К галофильному комплексу относятся виды рода *Pogonistes*. Из них спорадично встречается на побережье озера Маныч скифский *P. angustus* Gebl. и восточно-средиземноморский *P. convexicollis* Chaud., – на побережье Таманского полуострова. Значительно чаще – передне-среднеазиатский *P. rufoaeneus* Dej., в Приманычье и по берегам Азовского (Приморско-Ахтарск) и Каспийского (Сулак) морей.

Patrobini и *Deltomerini* не представлены на засоленных стациях степных ландшафтов, а триба *Pterostichini* содержит ряд галофильных видов из родов *Poecilus* и *Pterostichus*. Так, большой голарктический род *Poecilus* расчленяется на ряд подродов. В засоленных стациях обитают представители подрода *Angoleus* и *Derus*: из них обычен скифский *P. (A.) lissoderus* Chaud. (побережье Азовского моря), во многих местах и в массе встречается *A. (A.) puncticollis* Dej., который не строго придерживается засоленных участков и заходит даже в агроценозы, что можно объяснить применением ми-

неральных удобрений, либо вторичным засолением почв при умеренном поливе. Единичны находки *P. (A.) nitens* Chaud., хотя Е. В. Комаров [10] отметил, что в Волгоградской области этот вид, не встречавшийся ранее, в настоящее время входит в доминантную группу как богарных, так и орошаемых агроценозов.

Из галофильных видов подрода *Derus* следует назвать *P. (D.) advena* Quens., распространенного в степях Предкавказья и *P. (Lygopedius) lygoderus* Chaud., ареал которого охватывает степи восточного Крыма и Предкавказья, а нами обнаружен на Таманском полуострове.

Обширный род *Pterostichus* в засоленных стациях представлен широко распространенным средиземноморским *P. (Argutor) cursor* Dej., который часто встречается на берегах озера Маныч, рек Дунды и Кумы.

Большинство видов рода *Agonum* обитают во влажных местах или у воды. Иногда по берегам солонцеватых водоемов можно встретить *A. lugens* Duft., (солончаки близ с. Махмуд-Мектеб Нефтекумекского района Ставропольского края, долина реки Дунды Апанасенковского района Ставропольского края).

Из *Sphodrinini* к галофильному комплексу можно отнести *Calathus cinctus* Motsch., обнаруженного на побережье Черного моря в районе Геленджика на песчаной почве.

Триба *Zabrinini* в исследуемом регионе также содержит галобионтные виды подрода *Amathitis* рода *Amara* – *A. (A.) abdominalis* Motsch., обитатель засоленных почв, встреченный в Приманычье и *A. (A.) parvicollis* Gebl., ареал которого охватывает степи Предкавказья, Нижнего Поволжья, Алтая и Казахстана, а нами обнаружен на побережье Азовского моря в окрестностях Ейска.

Род *Curtonotus* на засоленных стациях представлен *C. cribricollis* Chaud., находки которого отмечались на побережье озера Маныч вблизи села Дивное. Менее резко галофилен *C. propinquus* Men.

Очень богат видами комплекс солончаковых *Harpalini*. Среди них – *Anisodactylus pseudoaeneus* Dej., предпочитающий солевые почвы Приманычья. Несколько тяготеет к засоленным стациям *Stenolophus proximus* Dej., выявленный в долине рек Кумы и Калаус. В плавнях нижнего течения реки Кумы обнаружен степной галобионт *S. steveni* Kr.

Во влажных засоленных почвах преимущественно по берегам соленых водоемов обитает характерный галофил из рода *Ascarpalpus* – *A. elegans* Dej., найденный в указанных условиях в Грачевском и Изобильненском районах Ставропольского края.

Тяготеет к берегам засоленных водоемов *Trichocellus placidus* Gyll., найденный в зарослях тростника на берегу соленого водоема вблизи Новотроицкого водохранилища.

Типичными галобионтами являются виды палеарктического рода *Dicheirottrichus*.

Это европейско-средиземноморский *D. obsoletus* Dej., обнаруженный на побережье Азовского (в районе Ейска) и Каспийского (близ города Сулак) морей, а также *D. ustulatus* Dej., найденный на побережье Каспийского моря вблизи города Каспияска.

На побережье озера Маныч обычен *Ophonus* (*Cephalophonus*) *cephalotes* Fairm.

Встречаются на засоленных стациях средиземноморский *O. guricoia* Sturm., обнаруженный на Таманском полуострове, и европейско-средиземноморский *O. sabulicola* Panz., найденный в окрестностях города Геленджик.

Обширный род *Harpalus* широко представлен в степях Предкавказья. Он включает и некоторые галофильные виды подродов *Harpalophon* и *Artabas*. Так, в засоленных биотопах окрестностей города Ставрополя обычен скифский *H. (H.) hospes* Sturm. В большой степени приурочены к солончакам Прикаспийской низменности восточносредиземноморский *H. (H.) circumpunctatus* Chaud. и скифский *H. (H.) steveni* Dej., хотя последний встречался и на полях вблизи с. Сотниковского Буденновского района Ставропольского края.

Степной галофил *H. (A.) splendens* Gebl., обнаружен в засоленных участках нижнего течения реки Кумы. Понтический *H. (A.) stierlini* Poncy, найден на Таманском полуострове.

Характернейшими для засоленных почв Предкавказья являются виды из рода *Daptus*. Обычен в низовьях реки Кумы и в Приаманье западнопалеарктический степной галобионт *Daptus vittatus* F.-W. На солончаках Прикаспийской низменности – передне-среднеазиатский *D. pictus* F.-W.

Небольшой род *Dinodes* из *Callistini*; представлен в засоленных биотопах описываемого региона *D. viridis* Men., найденным на солончаках вблизи города Сулак.

Гигрофильный западнопалеарктический *Chlaenius spoliatus* Rossi обитает по берегам стоячих или медленно текущих вод, однако при этом заходит и в засоленные станции.

Мы неоднократно вылавливали этот вид на соленых берегах озера Маныч в Арзгирском и Апанасенковском районах Ставропольского края.

Почти всесветно распространенный род *Brachinus* содержит ряд галофильных видов. Это средиземноморские *B. plagiatus* и *B. ejaculans* F.-W., собранные в Прикаспийской низменности.

Анализ структуры населения галофильных видов жуужелиц исследуемого региона показывают, что среди них доминируют галогигрофилы (42 вида или 46,1%), галофилы (20 и 21,9%). Мало представлены эвритопные степные мезофилы и стагнофилы (рис. 1).

На основании вышеизложенного можно констатировать, что фауна жуужелиц солончаков представлена многими специфическими видами, которые являются показателями уникальности природных комплексов степных ландшафтов Предкавказья.

Для классификации всех выявленных на исследуемой территории видов жуужелиц была использована номенклатура зоогеографических подразделений Палеарктики А.П. Семенова-Тян-Шанского (1936) с изменениями для области Древнего Средиземья по О.Л. Крыжановскому (1965). Некоторые термины приведены из работ А.Ф. Емельянова (1974), А.С. Замотайлова (2005) [11; 12; 13; 14].

Изучение типов ареалов жуужелиц исследуемого региона позволило выделить 10 зоогеографических групп видов, имеющих сходное географическое распространение, входящих в 2 зоогеографических комплекса. Общий спектр географических элементов фауны жуужелиц Юго-Восточного Предкавказья представлен ниже:

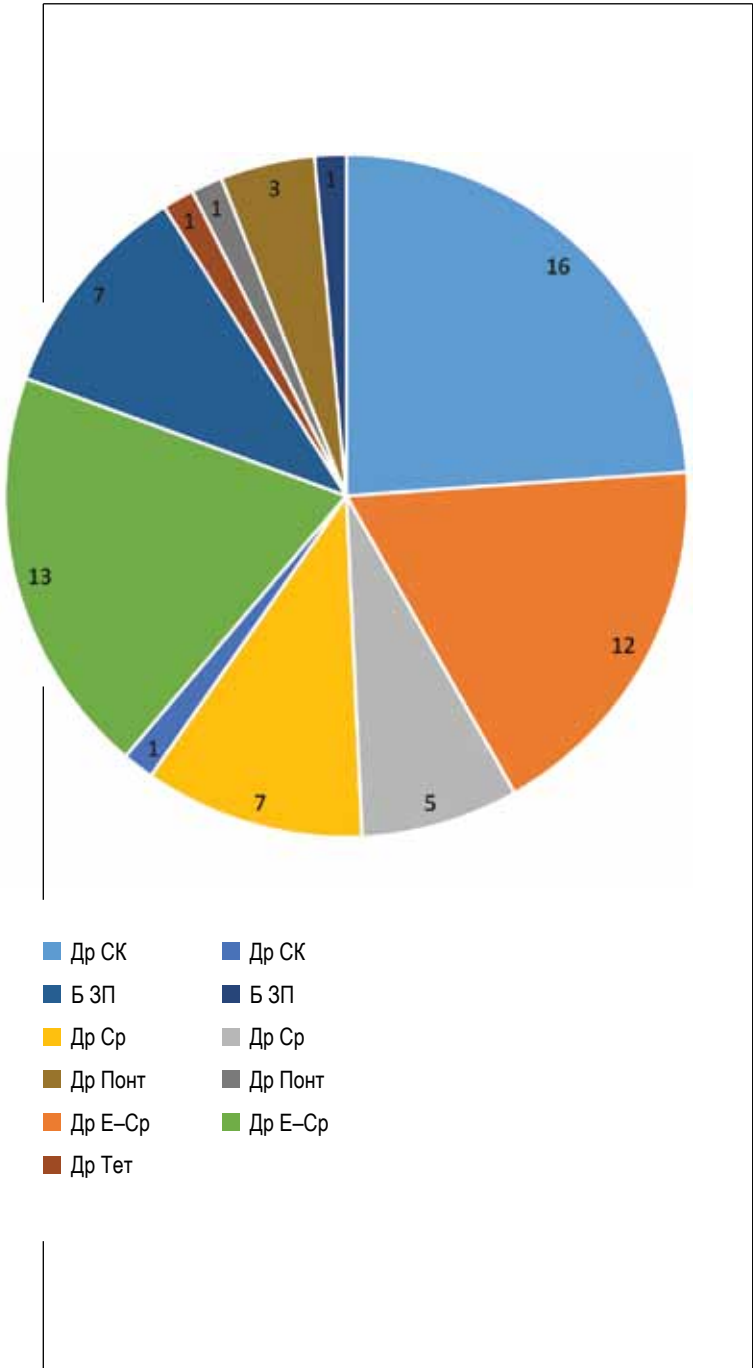


Рис. 1. Анализ структуры населения галофильных видов жуужелиц, %.
Fig. 1. Analysis of the population structure of halophilic species of ground beetles, %.

Таблица 2. СПЕКТР ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ФАУНЫ ЖУЖЕЛИЦ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ
Table 2. Spectrum of geographical elements of the ground beetle fauna of the South-Eastern Ciscaucasia

Комплекс	Бореальный	Древне средиземно-морский	Кавказский	Космополитный
Количество	209	287	163	3

Распределение жужелиц по зоогеографическим комплексам и типам ареалов в пределах Юго-Восточного Предкавказья отражено в нижеследующей таблице 3.

Таблица 3. ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ
Table 3. Zoogeographical complexes

I.	БОРЕАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС
1.	Голарктический (15)
2.	Транспалеарктический (40)
3.	Западнопалеарктический (80)
4.	Европейско-сибирский (46)
II.	ДРЕВНЕСРЕДИЗЕМНОМОРСКИЙ КОМПЛЕКС
5.	Тетийский (5)
6.	Средиземноморский (115)
7.	Восточносредиземноморский (44)
8.	Понтический (12)
9.	Европейско-средиземноморский (83)
10.	Скифский (58)
11.	Передне-среднеазиатский (21)

1. Голарктический тип ареала включает в себя виды, распространенные в Евразии и внетропической Америке (Канарская и Сонорская области). Сюда же мы относим виды, имеющие циркумареалы с большими разрывами, как полизональные, так и зональные, включая бореомонтанные. Этим типом ареала обладают:

Notiophilus aquaticus L., *Elaphrus riparius* L., *Dyschirius politus* Dej., *Nomius pygmaeus* Dej., *Tachyta nana* Dyll., *Bembidion assimille* Gyll., *B. quadrimaculatum* L., *B. tetracolum* Say., *Agonum thoreyi* Dej., *A. obscurum* Herbst., *Calathus melanocephalus* L., *Amara quenseli* Schaum., *A. Lunicollis* Schiod., *A. erratica* Duft., *Curtonotus torridus* Panz.

2. Транспалеарктический тип ареала включает виды, встречающиеся в пределах бореальной Евразии от Атлантики до Тихого океана. Это

Carabus granulatus L., *C. clathratus* L., *Scarites terricola* Bon., *Clivina fossor* L., *Dyschilrius globosus* Herbst., *D. aeneus* Dej., *D. lafertei* Putz., *D. nitidus* Dej., *D. tristis* Steph., *Bembidion lampron* Herbst., *B. properans* Steph., *B. articulatum* Panz., *B. octomaculatum* Goeze., *B. varium* Ol., *B. obliquum* Sturm., *Poecilus versicolor* Sturm., *Pterostichus oblongopunctatus* F., *Pt. niger* Schall., *Pt. nigrita* Payk., *Agonum assimile* Pk., *Synuchus nivalis* Panz., *Calathus micropterus* Duft., *C. halensis* Schall., *Amara apricaria* Payk., *A. aenea* Dej., *A. ovata* Fabr., *Anisodactylus signatus* Panz., *Pseudoophonus griseus* Pz., *P. calceatus* Duft., *Harpalus affinis* Schrnk., *H. distinguendus* Duft., *H. tardus* Pz., *H. servus* Duft., *Chlaenius tristis* Schall., *Lebia crux-minor* L., *Microlestes minutulus* Goeze., *Syntomus pallipes* Dej., *S. truncatellus* L., *Gicindela littoralis* Fabr.

3. Западнопалеарктический тип ареала имеют виды, занимающие западную часть Палеарктики от Атлантики и Средиземья до Западной Сибири и Средней Азии, исключая часто территорию тундры и смешанные с ней районы тайги. К ним относятся:

Cicindela germanica L., *Calosoma inquisitor* L., *Carabus convexus* Fabr., *Elaphrus uliginosus* F., *Clivina collaris* Hbst., *Dyschirius chalcus* Er., *D. strumosus* Er., *D. agnatus* Motsch., *Trechus quadristriatus* Schrnk., *Tachys micros* F.-W., *Asaphidion austriacum* Gschweiger, *Bembidion guttula* Fabr., *B. fumigatum* Duft., *B. quadripustulatum* Serv., *B. aspericole* Germ., *E. minimum* F., *B. tetragrammum* Chaud., *B. saxatile* Gyll., *Pogonus luridipennis* Germ., *Poecilus cupreus* L., *P. lepidus* Leske., *Pterostichus vernalis* Panz., *P. anthracinus* Ill., *Olithopus sturmi* Duft., *Agonum sexpunctatum* L., *A. moestum* Duft., *Anchomenus dorsalis* Pont., *Calathus ambiguus* Payk., *Amara tricuspidata* Dej., *A. similata* Gyll., *A. familiaris* Duft., *A. eurynota* Panz., *A. ingenua* Duft., *A. communis* Pz., *A. consularis* Duft., *A. bifrons* Gyll., *A. equestris* Duft., *A. tibialis* Payk., *Curtonotus convexusculus* Marsch., *Anisodactylus binotatus* Fabr., *Stenolophus discophorus* F.-W., *Acupalpus dorsalis* Fabr., *Ophonus puncticeps* Steph., *O. rufibarbis* Redt., *O. stictus* Steph., *O. nitidulus* Steph., *Pseudoophonus rufipes* Dej., *Harpalus anxius* Duft., *H. fuscicornis* Men., *H. rubripes* Duft., *H. serripes* Quens., *H. smaragdinus* Duft., *H. winkleri* Schaub., *H. melancholicus* Dej., *Daptus vittatus* F.-W., *Chlaenius nigricornis* Fabr., *Ch. spoliatus* Rossi, *Ch. Vestitus* Pk., *Ch. nitidulus* Schrnk., *Badister bipustulatus* F., *B. peltatus* Pz., *B. collaris* Motsch., *Licinus depressus* Pk., *L. spoliatus* Rossi., *Panagaeus crux-major* L., *Odacantha melanura* L., *Lebia chlorocephala* Hoffm., *L. cyanocephala* L., *Syntomus foveatus* Fourer, *Cymindis variolosa* F., *Brachinus crepitans* L., *B. explosens* Duft.

Южнопалеарктическая группа -

Cicindela lunulata nemoralis Ol., *Bembidion caucasicola*

Net.

4. Европейско-сибирский тип ареала. Виды, распространенные в лесной и отчасти лесостепной зонах Европы, Кавказа и Сибири, иногда встречаются также в горах Средней Азии и восточного Средиземноморья, т.е. имеют бореомонтанные ареалы

Cicindela hybrida L., *C. campestris* L., *Carabus violaceus* L., *Leistus rufescens* F., *Notiophilus palustris* Duft., *Elaphrus cupreus* Duft., *Dyschirius obscurus* Gyll., *Asaphidion pallipes* Duft., *Bem-*

bidion striatum Fabr., *B. punctulatum* Drap., *B. dentellum* Thunb., *Poecilus punctulatus* Schall., *Pterostichus gracilis* Dej., *P. macer* Marsch., *P. melanarius* III., *P. aterrimus* Herbst., *P. minor* Gyll., *P. strenuus* Panz., *P. diligens* Sturm, *Agonum gracilipes* Duft., *A. livens* Gyll., *A. gracile* Gyll., *A. micans* Nic., *A. viduum* Panz., *Calathus erratus* C. Schlb., *Amara curta* Dej., *A. littorea* Thoms., *A. nitida* Sturm, *A. fulva* Mull., *A. municipalis* Duft., *A. majuscula* Chd., *Acupalpus exiguus* Dej., *Stenolophus mixtus* Hbst., *Anthracus consputus* Duft., *Bradycellus collaris* Payk., *Ophonus puncticollis* Pk., *Harpalus latus* L., *H. fuscipalpis* Sturm, *H. froelichi* Sturm, *H. politus* Dej., *H. sarmaticus* Motsch, *Callistus lunatus* F., *Masoreus wetterhali* Gyll.

5. Тетийский тип ареала, или собственно Древнесредиземноморский –

Dyschiricus pusillus Dej., *D. salinus* Schaum., *Apotomus testaceus* Dej., *Tachys scutellaris* Steph., *Amblystomus metalliscens* Doj., *Microlestes corticalis* Dufour.

6. Средиземноморский тип ареала. Виды, широко распространенные в области Средиземноморья, иногда имеют значительные дизъюнкции в ареале –

Scarites laevigatus F., *Clivina ypsilon* Dej., *Dyschirius ruficornis* Putz., *D. cylindricus* Dej., *Elaphropus haemorrhoidalis* Ponza, *Limnanastis galilaeus* Pioch la Brulere., *Bembidion latiplaga* Chaud., *B. rivulare* Dej., *B. atlanticum* Wall., *Pogonus reticulatus* Schaum., *Poecilus puncticollis* Dej., *Pterostichus inquinatus* Sturm, *P. cursor* Dej., *P. elongatus* Duft., *Atranus collaris* Men., *Amara fusca* Dej., *A. sollicita* Pont., *Gynandromorphus etruscus* Quens., *Stenolophus proximus* Dej., *Egadroma marginatum* Dej., *Ophonus cribricollis* Dej., *O. rupicola* Sturm, *O. similis* Dej., *O. nigripennis* Schal., *Pangus scaritides* Sturm., *Parophonus laeviceps* Men., *P. planicollis* Dej., *Acinopus picipes* Ol., *A. ammophilus* Dej., *Ditomus calidoni* Rossi., *D. tricuspidatus* F., *Dinodes decipiens* Dufour., *Apristus subaeneus* Chd., *Microlestes negrita* Wall., *M. fulvibasis* Reitt., *Syntomus fuscomaculatus* Motsch., *Cymindis axilaris* Fabr., *Polystichus connexus* Bon., *Brachinus plagiatus* Reiche., *B. exalans* Rossi.

7. Восточносредиземноморский тип ареала. Виды, заселяющие Восточное Средиземноморье к востоку от Балканского полуострова до Средней и Центральной Азии. Некоторые виды этой группы заходят в степи европейской части нашей страны, Южную Европу. Сюда относятся

Cicindela fischeri Ad., *C. orientalis* Dej., *Leistus fulvus* Chaud., *Clivina laevifrons* Chaud., *Dyschirius gibbifrons chalybeus* Putz., *Tachys centriustatus* Rtt., *Elaphropus caraboides* Motsch., *Bembidion subfasciatum* Chaud., *B. caucasicum* Motsch., *B. elburziacum* Morw., *B. subcostatum* Motech., *B. quadricolle* Motsch., *B. moschatum* Peyron., *B. brunnicorne* Dej., *B. praeustum* Dej., *Pogonistes orientalis* Dej., *P. submarginatus* Rtt., *Pogonistes convexicollis* Chaud., *Poecilus nitens* Chaud., *Pterostichus leonisi* Apf., *P. fuscicornis* Reiche., *Agonum bodemeyeri* Reitt., *A. extensum* Men., *A. holdhausi* Apf., *Zabrus trinii* F.-W., *Stenolophus persicus* Mannh., *Harpalus circumpunctatus* Chaud., *H. albanicus* Roitt., *H. saxicola* Dej., *H. quadripunctatus* Dej., *Parophonus suturalis* Cheud., *Acinopus laevigatus* Men., *Oedesis caucasicus* Dej., *Dixus obscurus* Dej., *D. semicilindricus* Giln., *Amblystomus levantinus* Reitt., *Epomis dajeani* Dej., *Badister dilatatus* Chaud., *Microlestes fusuralis* Reitt., *Cymindis lineata* Quens., *Brachinus alexandri* F. Batt., *B. ejaculans* F.-W., *B. nigricornis* Gebl., *B. cruciatus* Quens.

8. Понтический тип ареала. Виды, заселяющие степную зону Европы, обычны в Крыму и Приазовье –
Carabus bosporanus F.-W., *C. campestris* F.-W., *C. hungaricus* F., *Notiophilus laticollis* Chd., *Dyschirius caspius* Putz., *Bembidion inoptatum* Shaum., *Calathus distinguendus* Chaud., *Amara proxima* Putz., *A. abdominalis* Motsch., *Curtonotus cribricollis* Chaud., *Harpalus stierlini* Poncy, *Cymindis cylindrica* Motsch.

9. Европейско-средиземноморский тип ареала. Виды, обитающие в Европе и Средиземноморье, иногда заходят в Казахстан и Среднюю Азию, но в этом случае встречаются лишь в Южной Европе. Это:
Cicindela arenaria Fuessl., *Omophron limbatus* F.,

Calosoma sycophanta L., *Nebria brevicollis* F., *Leistus rufomarginatus* Duft., *Notiophilus rufipes* Curt., *Scarites eurytus* F.-W., *Dyschirius apicalis* Putz., *D. laticollis* Chaud., *D. substriatus* Duft., *Thalasophilus longicornis* Sturm, *Tachys scutellaris* Steph., *I. bistriatus* Duft., *I. fulvicollis* Dej., *Elaphropus diabrachus* Kol., *Porotachys bisulcatus* Nic., *Bembidion biguttatum* Fabr., *B. quinquestriatus* Gyll., *B. tenellum* Er., *B. ephippium* Motsch., *B. ruficorne* Sturm., *B. elongatum* Dej., *B. coeruleum* Serv., *B. testaceum* Duft., *B. terminale* Heer., *B. scapulare* Dej., *B. lunulatum* Fouror, *B. normannun* Dej., *B. tibiale* Duft., *B. tricolor* Fabr., *Pogonus littoralis* Duft., *Agonum atratum* Duft., *A. viridicupreum* Gz., *A. lugens* Duft., *A. marginatum* L., *Calathus fuscipes* Cz., *C. mollis* Marsch., *Amar lucida* Duft., *Zabrus tenebrioides* Goeze., *Diachromus germanus* Gz., *Stenolophus teutonus* Schrnk., *S. skrimschiranus* Steph., *Acupalpus interstitialis* Reitt., *A. elegans* Dej., *A. luteatus* Duft., *A. meridianus* L., *A. suturalis* Dej., *Dicheirotichus obsoletus* DeJ., *Ophonus azureus* F., *O. diffinis* DeJ., *O. ardosianus* Lutschn., *O. melleti* Heer., *O. parallelus* Dej., *Harpalus honestus*, *H. tenebrosus* Dej., *H. atratus* Latr., *H. pygmaeus* Dej., *Parophonus maculicornis* Duft., *P. mendax* Rossi, *Chlaenius festivus* Pk., *Oodes gracilis* Villa., *Badister unipustulatus* Bon., *B. sodalis* Duft., *Licinus cassideus* F., *Lebia humeralis* Dej., *L. trimaculata* Vill., *Demetrias imperialis* Germ., *Paradromius linearis* Ol., *Dromius quadrimaculatus* L., *Philorhizus nigriventris* C.G. Thoms., *Microlestes plagiatatus* Duft., *Syntomus obscuroguttatus* Duft., *Cymindis humeralis* Four., *C. scapularis* Schaum., *Brachinus psophia* Serv., *B. elegans* Cheud.

10. Скифский тип ареала. Это виды, распространенные в степной зоне Евразии и степеподобных ландшафтах Средиземноморья –

Cicindela chiloleuca V F., *C. atrata* Pall., *C. elegans* F.-W., *C. gracilis* Pall., *Calosoma denticolle* Gebl., *Carabus bessarabicus* F.-W., *Dyschirius rufipes* Dej., *Broscus semistriatus* F.-W. *Tachys lencoranicus* Csiki, *Limnastis tesquorum lutschniki* Ar. et Kryz., *Cardioderus chloroticus* F.-W., *Pogonus cumanus* Lutschn., *P. iridipennis* Nic., *P. meridionalis* Dej., *P. punctulatus* Dej., *P. transfuge* Chaud., *Pogonistes angustus* Gebl., *Poecilus anodon* Chaud., *P. sericeus* F.-W., *P. subcoeruleus* Quone., *P. crenuliger* Cheud., *P. lissoderus* Chaud., *P. advena* Quens.,

Taphoxenus gigas F.-W., *T. rufitarsis* F.-W., *Amara chaudiroidi* Putz., *A. tescicola* Zimm., *A. Sabulosa* Serv., *A. parvicollis* Gobl., *A. lutescens* Reitt., *Curtonotus aulicus* Panz., *Zabrus spinipes* F., *Anisodactylus pseudoaeneus* Dej., *Dicheirotrichus ustulatus* Dej., *Ophonus cephalotes* Fairm., *O. minimus* Motsch., *Harpalus hospes* Sturm, *H. steveni* Dej., *H. splendens* Gebl., *H. akinini* Tschitsch., *H. amator* Reitt., *H. amplicollis* Men., *H. calathoides* Men., *H. foveiger* Tschitsch., *H. zabroides* Dej., *H. flavicornis* Dej., *H. Ravescens* Pill et Mitt., *H. hirtipes* Pz., *Chlaenius alutaceus* Gebl., *Corsyra fusula* F.-W., *Demetrias monostigma* Sam., *Cymindis decora* F.-W., *C. picta* Pall., *C. lateralis* F.-W. *Brachinus hamatus* F.-W., *Mastax thermarum* Stev.

11. Передне-среднеазиатский тип ареала. Виды, свойственные средней и Азии и восточному Средиземноморью (обычно только Кавказу), иногда встречаются на юге европейской части нашей страны. Сюда относятся виды, известные лишь с Кавказа и из Копетдага, –

Cicindela contorta F.-W., *C. inscripta* Zunbk., *C. caucasica* Ad., *Scarites bucida* Pall., *S. salinus* Dej., *Duschirius ferganensis* Znoiko, *Techys turkestanicus* Csiki., *Pogonistes rufoaeneus* Dej., *Amara ambulans* Zimm., *A. morio* Men., *Curtonotus propinquus* Men., *Hemimaular morio* Men., *Stenolophus steveni* Kr., *Trichocellus discicollis* Dej., *Daptus pictus* F.-W. *Dixus eremita* Dej., *Dinodes cruralis* F.-W., *Chlaenius aeneocephalus* Dej., *Brachinus brevicollis* Motsch.

Заключение

В заключение следует сказать, что галофильные комплексы жуужелиц степной зоны (исследуемый регион) находятся в настоящее время под постоянной угрозой уничтожения человеком. Активно истребляются плавни в низовьях Кумы, Сулака и других степных рек, что, естественно, приводит к обеднению солончаковой фауны жуужелиц, исчезают оригинальные представители галофитных стадий – *Scarites angustus* Chaud., *Clivina laevifrons* Chaud., *Dyschirius pusillus* Dej., *Bembidion quadriplagiatum* Motsch., *B. normannum* Dej., *Pogonus reticulatus* Schaum., *P. cumanus* Lutschn и др.

Идет интенсивная мелиорация засушливых и полупустынных ландшафтов. В результате чего опресняются и вовлекаются в хозяйственный оборот многие гектары бывших естественных галофитных территорий. Нельзя не согласиться с необходимостью этого направления деятельности человека. Однако уникальность природных комплексов степных и опустыненных ландшафтов юго-востока России несомненно требует создания охраняемых зон на этих территориях.

Список источников

1. Зуев Р.В., Сигида С.И. Биотопическая приуроченность Chilopoda и Diplopoda Центрального Предкавказья // Наука. Инновации. Технологии. 2018. №3. С. 141–154.
2. Сигида С.И., Зуев Р.В. Зоогеографический анализ Chilipoda и Diplopoda фауны Центрального Предкавказья // Наука. Инновации. Технологии. №4. 2017. С. 185–196.
3. Сигида С.И. О ландшафтном распределении жесткокрылых (Coleoptera) в пределах Предкавказья // Проблемы развития биологии и экологии на Северном Кавказе. Матер. 50 науч. конф. «Университетская наука – региону». Ставрополь, 2005. С. 257–258.
4. Годунова Е.И., Сигида С.И., Патютя М.Б. Почвенная мезофауна и лесостепных агроландшафтов Центрального Предкавказья: монография // Ставрополь: «Агрус» Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. 176 с.
5. Сигида С.И. Формы антропогенного воздействия на фауну жуужелиц Предкавказья. Проблемы их охраны // Проблемы развития биологии и экологии на Северном Кавказе. Матер. 51 науч. конф. «Университетская наука – региону». Ставрополь: СГУ, 2006. С. 178–183.
6. Сигида С.И. Сапрофаги Центрального Предкавказья. 2022. С. 449–451.
7. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 275 с.
8. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М., 1971. 163 с.
9. Kryzhanovsky OL, Belousov IA, Kabak II, Kataev BM, Markarov KV, Shilenkov VG. A Checklist of the Ground-Beetles of

Russia and Adjacent Lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Sofi a-Moscow, Pensoft, 1995. 271 p.

10. Комаров Е.В. Комплекс жуужелиц (Coleoptera, Carebidae) пшеничного поля и его изменение под влиянием орошения в полупустынной зоне Нижнего Поволжья. Биоценоз пшеничного поля. М.: Наука, 1986. С. 86–93.
11. Крыжановский О.Л. Об объёме и зоогеографическом расчленении Палеотропического доминиона. Современные проблемы зоогеографии. М.: Наука, 1980. С. 61–80.
12. Емельянов А. Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов // Энтотол. обзор. 1974. № 53. С.497–522.
13. Замотайлов А.С. Географическая и экологическая эволюция жуужелиц подсемейства Patrobin (Coleoptera, Carabidae). Майкоп: Издательство Адыгейского государственного университета, 2005. 208 с.
14. Лопатин И.К. Зоогеография. 2-е изд. Минск: Высшая школа, 1989. 318 с.

References

1. Zuev RV, Sigida SI. Biotopic association of Chilopoda and Diplopoda in the Central Ciscaucasia. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2018;(3):141–154. (In Russ.).
2. Sigida SI, Zuev RV. Zoogeographic analysis of Chilipoda and Diplopoda fauna of the Central Ciscaucasia. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2017;(4):185–196. (In Russ.).
3. Sigida SI. On the landscape distribution of Coleoptera (Coleoptera) within the Ciscaucasia. Problems of development of biology and ecology in the North Caucasus. In Mater. 50 scientific conf. "University science for the region." Stavropol, 2005. P. 257–258. (In Russ.).
4. Godunova EI, Sigida SI, Patyuta MB. Soil mesofauna and forest-steppe agrolandscapes of the Central Ciscaucasia: monograph. Stavropol: AGRUS of the Stavropol State. Agrarian University; 2014. 176 p. (In Russ.).
5. Sigida SI. Forms of anthropogenic impact on the ground beetle fauna of Ciscaucasia. Problems of their protection. Problems of development of biology and ecology in the North Caucasus.

- Mater. 51 scientific conf. "University science for the region." Stavropol: SSU, 2006. P. 178–183. (In Russ.).
6. Sigida SI. Saprophages of the Central Ciscaucasia. 2022: 449–451. (In Russ.).
 7. Gilyarov MS. Zoological method of soil diagnostics. Moscow: Nauka; 1965. 275 p.
 8. Fasulati KK. Field study of terrestrial invertebrates. Moscow; 1971. 163 p. (In Russ.).
 9. Kryzhanovsky OL, Belousov IA, Kabak II, Kataev BM, Markarov KV, Shilenkov VG. A Checklist of the Ground-Beetles of Russia and Adjacent Lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Sofia-Moscow, Pensoft; 1995. 271 p.
 10. Komarov EB. The complex of ground beetles (Coleoptera, Carebidae) of the wheat field and its change under the influence of irrigation in the semi-desert zone of the Lower Volga region. Biocenosis of the wheat field. Moscow: Nauka; 1986;86–93. (In Russ.).
 11. Kryzhanovsky OL. On the volume and zoogeographic dismemberment of the Paleotropic dominion. Modern problems of zoogeography. Moscow: Nauka; 1980;61-80. (In Russ.).
 12. Emelyanov AF. Suggestions on the classification and nomenclature of areas. *Entomol. obzor* = Entomol. Review. 1974;(53):497–522. (In Russ.).
 13. Zamotailov AS. Geographical and ecological evolution of ground beetles of the subfamily Patrobin (Coleoptera, Carabidae). Maykop: Publishing House of the Adygea State University; 2005. 208 p. (In Russ.).
 14. Lopatin IK. Zoogeography. 2nd ed. Minsk: Higher School; 1989. 318 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Сергей Иванович Сигида – доктор биологических наук, профессор кафедры общей биологии и биоразнообразия Северо-Кавказского федерального университета.

Евгений Георгиевич Мишвелов – доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и биогеографии Северо-Кавказского федерального университета, Scopus ID: 57191577389.

Александр Львович Иванов – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений Северо-Кавказского федерального университета.

Анатолий Иванович Белоусов – доктор экономических наук, профессор кафедры цифровых бизнес-технологий и систем учета Северо-Кавказского федерального университета, Scopus ID: 57198763714.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

Sergey I. Sigida – Dr. Sci. (Biol.), Professor of the Department of General Biology and Biodiversity of North-Caucasus Federal University.

Evgeny G. Mishvelov – Dr. Sci. (Biol.), Professor of the Department of Ecology and Biogeography of North-Caucasus Federal University, Scopus ID: 57191577389.

Alexander L. Ivanov – Dr. Sci. (Biol.), Professor of the Department of Botany, Physiology and Biochemistry of Plants of North-Caucasus Federal University.

Anatoly I. Belousov – Dr. Sci. (Econ.), Professor of the Department of Digital Business Technologies and Accounting Systems of North-Caucasus Federal University, Scopus ID: 57198763714.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Научная статья
УДК 551.583
<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.3>

ПРИМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Лежинка Танашевна Созаева

Высокогорный геофизический институт (д. 2, пр. Ленина, Нальчик,
360030, Российская Федерация)
lj_k_62@rambler.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-9840-3566>

Аннотация.

Многолетние осредненные значения температуры атмосферного воздуха (годовые, осенние, зимние, весенние и летние) являются одной из ключевых позиций, использующихся для принятия научно обоснованных решений по адаптации сельскохозяйственных культур к изменяющимся природно-климатическим условиям. Несмотря на их широкое применение для анализа и прогнозирования различных метеорологических параметров атмосферы, еще недостаточно изучена природа таких рядов. Этим определяется актуальность детального анализа и прогнозирования временных рядов температуры атмосферного воздуха. При этом считается, что они формируются под влиянием линейного и циклического факторов. Для выявления циклических составляющих применяется один из сильных и адекватных инструментов анализа временных рядов — фазовый анализ. В данном исследовании для предпрогнозного анализа строится фазовый портрет временного ряда значений средних температур воздуха за осенний период по метеостанции г. Нальчика с 1961 по 2022 г. Для отбора наиболее значимых периодов квази-циклов применяется теория нечеткой логики, на базе которой реализован алгоритм формирования нечеткого множества длин квази-циклов. Дальнейшее прогнозирование значений временного ряда на ретроспективном участке проводится методом наименьших квадратов. По итогам проведенного исследования обнаружено, что предлагаемая модель позволяет прогнозировать значения средних осенних температур воздуха с высокой точностью ($\approx 5\%$). Во временном ряду средних осенних температур воздуха прослеживается цикл, характерный 11-летнему циклу солнечной активности и его фазам. Все критерии качества предлагаемой модели удовлетворяют требованиям, предъявляемым к каче-

ству и адекватности моделей прогноза. Эту модель возможно применить к анализу и прогнозированию значений средних температур воздуха за весенний, летний и зимний сезоны, а также в целом среднегодовые температуры. Исследование показало, что временной ряд, характеризующий температурный режим атмосферного воздуха, являющийся очень сложным по своей природе, возможно прогнозировать с применением фазового анализа.

Ключевые слова: временные ряды, фазовый предпрогнозный анализ, метеопараметры, температура атмосферного воздуха

Для цитирования: Созаева Л. Т. Применение фазового анализа для прогнозирования многолетней динамики температуры атмосферного воздуха // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 53–68. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.3>

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.08.2023;
одобрена после рецензирования 12.12.2023;
принята к публикации 01.03.2024.

1.6.18. Atmospheric and Climate Sciences (Physical and Mathematical Sciences)
Research article

Application of phase analysis to predict long-term dynamics of atmospheric air temperature

Lezhinka T. Sozaeva

High-Mountain Geophysical Institute (2, Lenin Ave., Nalchik, 360030, Russian Federation)
lj_k_62@rambler.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-9840-3566>

Abstract.

Long-term average values of atmospheric air temperature (annual, autumn, winter, spring and summer) are one of the key points used to make scientifically valid decisions on the adaptation of crops to changing climate and environmental conditions. Despite their widespread use for the analysis and forecasting of various meteorological parameters of the atmosphere, the nature of such series has not yet been sufficiently studied. This determines the relevance of detailed

analysis and forecasting of time series of atmospheric air temperature. At the same time, they are considered to be formed under the influence of linear and cyclic factors. To identify cyclical components, one of the most powerful and adequate time series analysis tools called phase analysis is used. In this study, a phase portrait of the time series of average air temperatures for the autumn period at the Nalchik weather station from 1961 to 2022 is constructed for preforecast analysis. To select the most significant periods of quasi-cycles, the theory of fuzzy logic is used. On its basis an algorithm for the formation of a fuzzy set of quasi-cycle lengths is implemented. Further prediction of the values of the time series in the retrospective section is carried out by the least square method. Further forecasting of time series values in the retrospective section is carried out using the least squares method. According to the results of the conducted research, it was found that the proposed model makes it possible to predict the values of average autumn air temperatures with high accuracy (5 %). In the time series of average autumn air temperatures, a cycle characteristic of the 11-year cycle of solar activity and its phases is traced. All the quality criteria of the proposed model meet the requirements for the quality and adequacy of forecast models. This model can be applied to the analysis and forecasting of the average values of atmospheric air temperatures for the spring, summer and winter periods, as well as the average annual temperatures in general. The research has shown that the time series characterizing the temperature regime of atmospheric air, which is very complex in nature, can be predicted using phase analysis.

Keywords: time series, phase forecast analysis, meteorological parameters meters, air temperature

For citation: Sozaeva LT. Application of phase analysis to predict long-term dynamics of atmospheric air temperature. Science. Innovations. Technologies. 2024;(1):53-68. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.3>

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interests.

The article was submitted 15.08.2023;
approved after reviewing 12.12.2023;
accepted for publication 01.03.2024.

Введение

Временная изменчивость осредненных значений температуры атмосферного воздуха (годовые, осенние, зимние, весенние и летние) носит сложный характер и является одной из ключевых позиций не только потребностей климатологии, но и нужд экономики региона. Модельные значения метеопараметров на последующие годы могут быть востребованы для принятия научно обоснованных решений по адаптации сельскохозяйственных культур к изменяющимся природно-климатическим условиям. Несмотря на широкое применение временных рядов для анализа и прогнозирования различных характеристик температурного режима атмосферы [1, 2, 3, 4, 5], их природа еще недостаточно изучена. Что касается температурного режима, то имеются в виду значения средних сезонных и годовых температур, а также экстремально высоких и низких температур воздуха.

В данной работе рассматриваются многолетние значения средних температур воздуха за осенний период, выбор которых обоснован их актуальностью в климатологии, особенно в строительной отрасли, а также в сельском хозяйстве.

Известно, что на формирование временных рядов природно-климатических характеристик оказывают влияние факторы линейного и циклического характера. Целью настоящего исследования является анализ и прогнозирование значений временных рядов метеорологических параметров с учетом цикличностей. Для достижения цели исследования поставлены следующие задачи:

- проведение фазового анализа временного ряда значений средних температур воздуха;
- определение коэффициентов модели прогнозирования с помощью метода наименьших квадратов для последующего прогнозирования выбранного метеопараметра на будущее;
- оценка качества модели с помощью показателей и критериев точности.

Материалы и методы исследований

Объектом данного исследования является температурный режим воздуха г. Нальчика, расположенного в предгорной зоне Юга России. Средние показатели температуры воздуха в этом городе колеблются от $(+25...+28)^{\circ}\text{C}$ – в июле, до $(-3...-5)^{\circ}\text{C}$ – в январе. Среднегодовая температура воздуха составляет $9,6^{\circ}\text{C}$. Самая высокая температура воздуха наблюдается в конце июля, а наиболее низкая – в конце января или в начале февраля. Возможны оттепели зимой до $+15^{\circ}\text{C}$ и выше. Характерной особенностью климата города Нальчика являются значительные суточные колебания температуры, связанные с горно-долинным ветром.

Материалами данного исследования являются многолетние значения средних температур воздуха за осенний период (сентябрь, октябрь и ноябрь) по метеостанции г. Нальчика с 1961 по 2022 г., предоставленные Северо-Кавказским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В ходе исследования временной ряд разбивается на две части: 1961–2016 гг. и 2017–2022 гг. Предпрогнозный анализ проводится для первой части временного ряда, а для второй – прогнозируются значения средних температур воздуха и сравниваются с фактическими значениями ряда (ретро-прогнозирование).

При построении модели прогнозирования различных параметров временных рядов предполагается, что они формируются под влиянием линейного и некоторой совокупности циклических факторов. С учетом такого предположения модель изменения во времени временного ряда в общем случае записывается в виде:

$$Y(t) = a_0 + b_0 t + \sum_{i=1}^N \left(a_i \cos \frac{2\pi t}{T_i} + b_i \sin \frac{2\pi t}{T_i} \right), \quad (1)$$

где $Y(t)$ — значение наблюдений в момент времени t ;

a_0, b_0, a_i, b_i — коэффициенты линейной и циклических составляющих;

T_i — периоды, под влиянием которых формируются текущие значения ряда;

i — меняется от 1 до N (количество скрытых во временном ряду периодов).

Моделирование временного ряда (1) заключается в выявлении скрытых в них периодичностей и последующем прогнозировании на ретроспективном участке.

Существуют классические методы выявления цикличностей во временных рядах различной природы (ARIMA, SSA и др.) [6, 7, 8]. Согласно методу ARIMA исходный ряд должен быть стационарным. В случае SSA анализа значения периодов циклических компонент зависят от правильного выбора длины окна сингулярного разложения исходного ряда. Кроме того, оба метода требуют принадлежности к нормальному распределению, что не всегда имеет место для природных рядов. Предлагаемый фазовый анализ лишен выше отмеченных требований, а значения периодов не зависят от длины окна ряда.

Фазовый анализ предполагает построение фазового портрета и его разложение на квази-циклы. Для его интерпретации введем понятие фазового пространства. Фазовое пространство — это двумерное пространство, по координатным осям которого откладывается функция $Y(t)$ и ее первая производная по времени $Y'(t)$. Известно, что состояние системы в таком пространстве в любой момент времени изображается фазовой точкой. С изменением времени эта точка движется по фазовой траектории, представляющей собой фазовый портрет.

На первом этапе данного исследования проводится фазовый анализ, заключающийся в создании фазового портрета значений средних температур воздуха за осенний период и разложении его на квази-циклы — звенья, соединяющие соседние точки. При построении фазового портрета соседние точки соединяются кривой аппроксимации кубическими сплайн-функциями, обладающими сглаживающими свойствами [9, 10]. Визуальный анализ фазового портрета дает возможность получить информацию (периоды квази-циклов) в виде нечетких представлений. Для отбора наиболее значимых периодов применяется так называемая теория нечетких множеств Лотфи Заде [11, 12].

На втором этапе методом наименьших квадратов определяются значения неизвестных коэффициентов a_0 , b_0 , a_i , b_i , которые вместе с периодами подставляются в исходное уравнение модели (1).

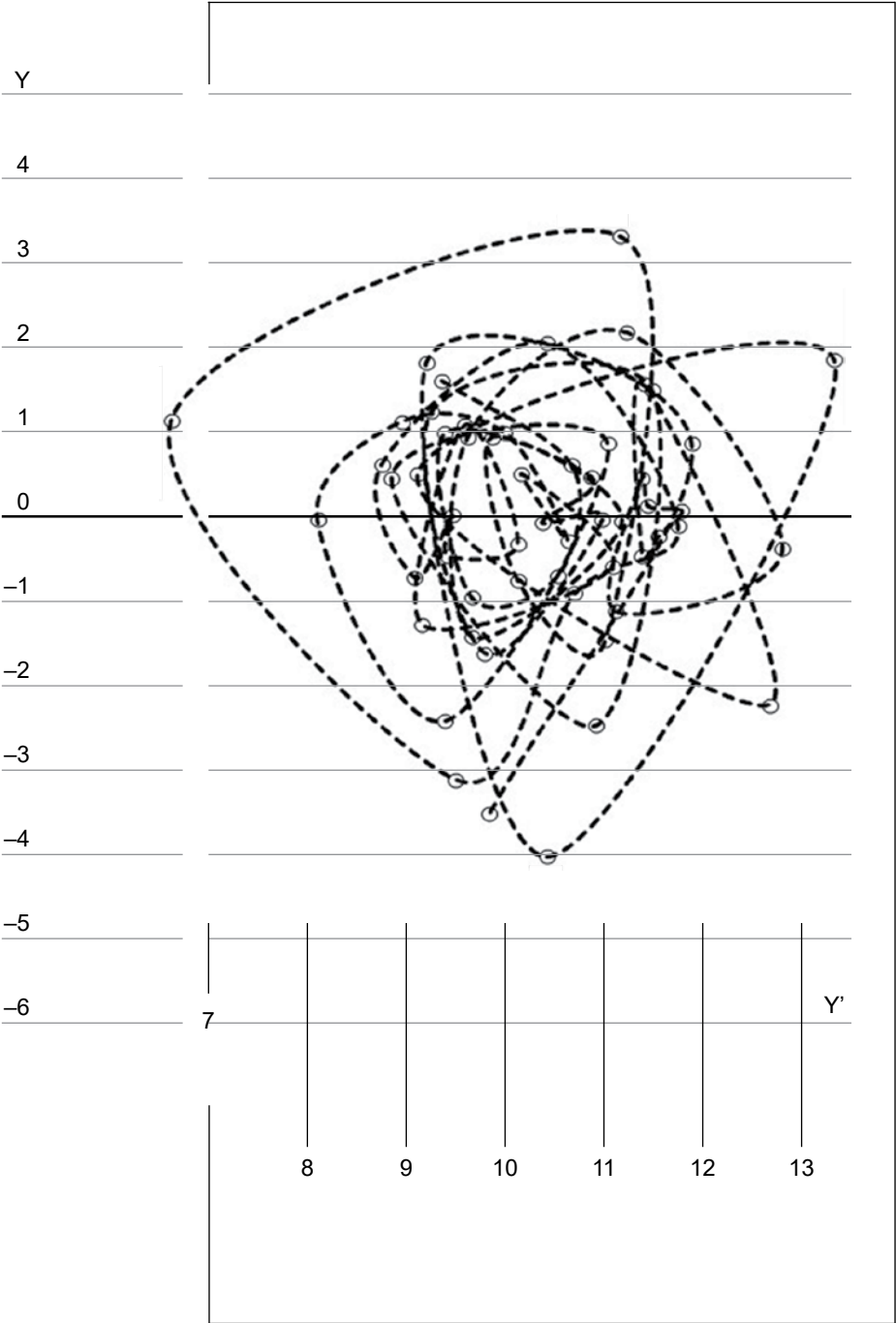


Рис. 1.

Полный фазовый портрет временного ряда значений средних температур воздуха.

Fig. 1. Complete phase portrait of the time series of mean air temperatures.

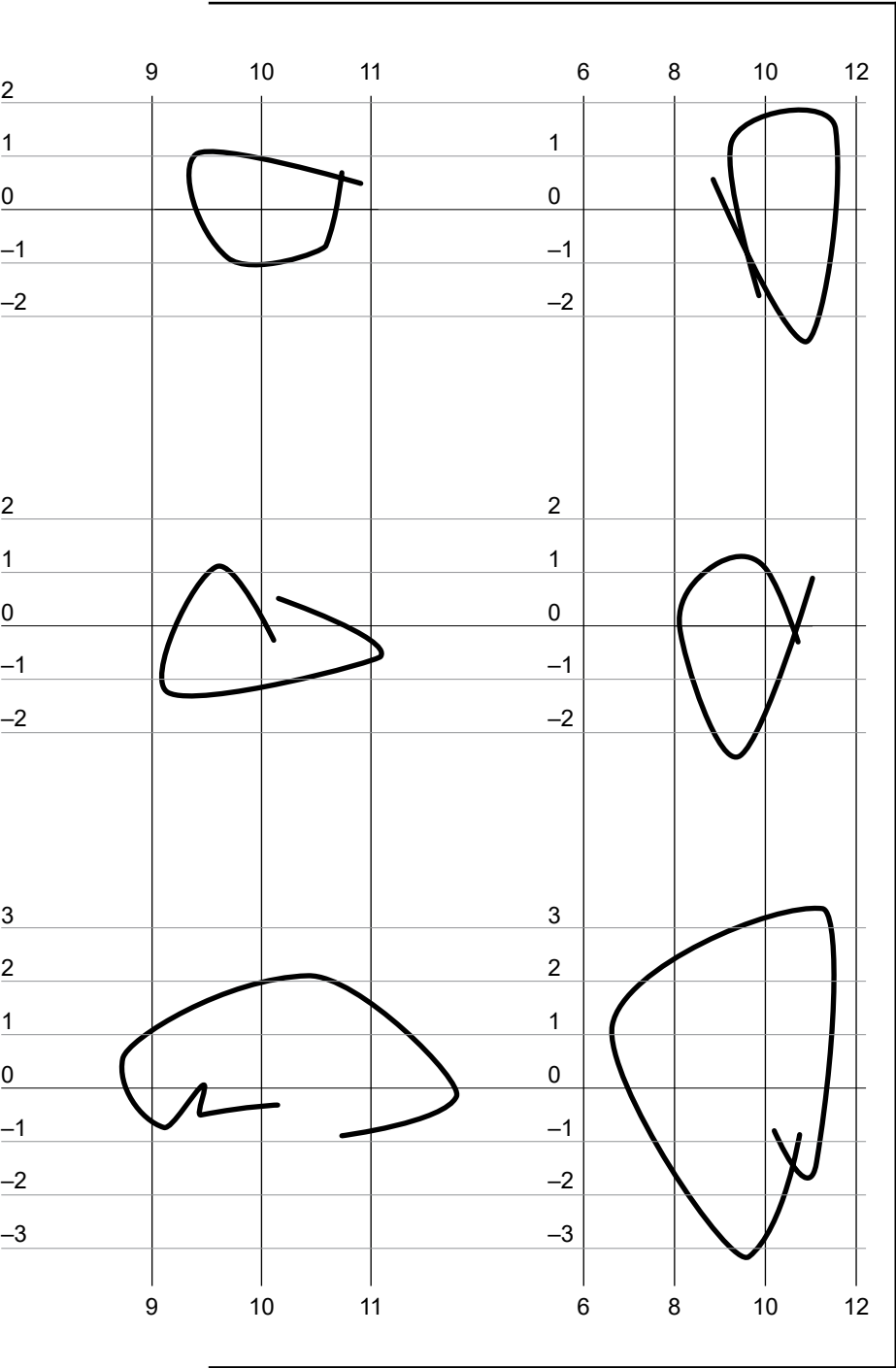


Рис. 2. Фрагменты фазового портрета временного ряда значений средних температур воздуха.
Fig. 2. Fragments of the phase portrait of the time series of mean air temperatures.

Найденные модельные значения временного ряда сравниваются с соответствующими фактическими значениями (ретро-прогнозирование). Проводится оценка качества модели с помощью показателей и критериев точности.

Результаты исследований и их обсуждение. По предложенному алгоритму был построен фазовый портрет временного ряда средних значений температуры воздуха за осенний период (рис. 1). Из рисунка видно, что ряд состоит из серии циклических составляющих. Для выделения периодов циклическостей полный фазовый портрет был последовательно разложен на составляющие (квазициклы), базирующиеся на визуализации (на экране монитора) фрагментов данного фазового портрета (рис. 2).

Оказалось, что исследуемый временной ряд содержит в себе 24 квази-цикла, статистика которых представлена в таблице 1.

Для отбора наиболее значимых из 24 квази-циклов, выявленных из временного ряда средних осенних температур воздуха, привлекались категории нечеткой логики [11, 12].

Набор длин квази-циклов представлялся в виде нечеткого множества (табл. 1). Была сформирована функция принадлежности μ , принимающая значения $0 < \mu < 1$. Значение $\mu = 1$ соответствует истинности высказывания, а значение $\mu = 0$ — ее отсутствию.

Заведомо высокое значение функции принадлежности, равное $\mu(L_1) = 0,98$, было присвоено наиболее часто встречающемуся квази-циклу с $L_1 = 2,93$. Затем рассчитывались функции принадлежности для остальных квази-циклов по формуле:

$$\mu(L_i) = \frac{\mu(L_1)}{v(L_1)} \cdot v(L_i), \quad i = 2, \dots, 9.$$

Наиболее значимыми оказались квази-циклы длины 2,93; 5,01; 10,09 и 12,59. Этому подтверждением являются численные значения соответствующих функций принадлежности 0,98; 0,65; 0,65 и 0,65, попадающие в область более 0,5 [11, 12].

На рисунке 3 представлен временной ряд значений средних температур воздуха: исходный на участке 1961–2022 гг., аппроксимированный сплайнами на участке 1961–2016 гг.; а также прогнозированные значения с учетом циклическостей, скрытых в фактическом

Таблица 1. СТАТИСТИКА ЦИКЛИЧНОСТЕЙ
Table 1. Statistics of cycles

Квази-цикл	1	2	3	4	5
Длина	3,5	3,6	4	3,6	4,3

Квази-цикл	13	14	15	16	17
Длина	6,8	9	10	10	10,15

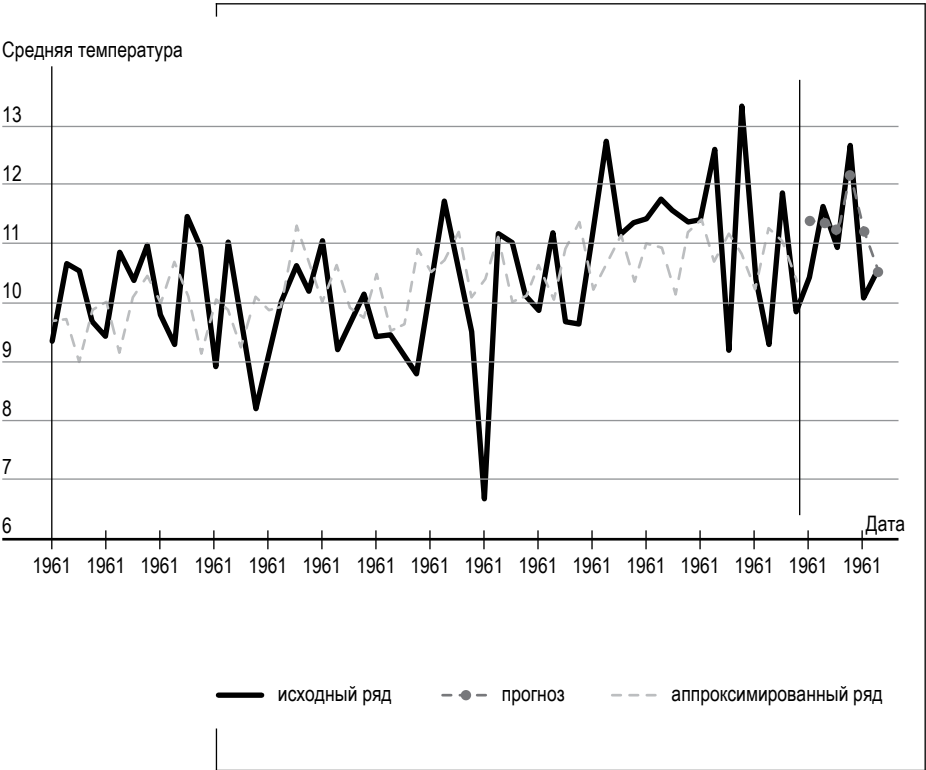


Рис. 3. Исходный и аппроксимированный ряды, прогнозируемые значения средних температур воздуха за осенний период с 2017 по 2022 г.
Fig. 3. Initial and approximate series, predicted values of average air temperatures for the autumn period from 2017 to 2022 yrs.

6	7	8	9	10	11	12
4,84	4,8	5	5,4	5,76	6,0	6,7

18	19	20	21	22	23	24
10,20	12,5	12,6	12,4	12,8	13,8	17

Таблица 2.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НЕЧЕТКОГО МНОЖЕСТВА ДЛИН
КВАЗИ-ЦИКЛОВ

Table 2. Representation of the fuzzy set of lengths of quasi-cycles

Длина квази-цикла, $L_i = 1 \div 9$	2,93	5,01	5,88	6,75	9	10,09	12,59	13,8	17
Частота появления квази-циклов, f	5	4	2	2	1	4	4	1	1
Доля квази-цикла в общем числе, v	0,21	0,17	0,08	0,08	0,04	0,17	0,17	0,04	0,04
Функция принадлежности, μ	0,98	0,65	0,33	0,33	0,16	0,65	0,65	0,16	0,16

ряду — 2017–2022 гг. Вертикальная линия на рисунке отделяет фактические данные от прогнозированных.

Во временном ряду средних температур в осеннее время были обнаружены циклы 3-, 5-, 10- и 13-летние, скорее всего связанные с солнечной активностью. В частности, 10- и 13-летние циклы близки к 11-летнему солнечному циклу (9–13 лет), 5-летний соответствует полупериоду солнечной активности (5–7 лет), 3-летний — четверти цикла солнечной активности [13].

Основным критерием оценки качества прогностической модели является средняя абсолютная ошибка MAPE, характеризующая точность прогноза. Из литературы известно, что значение $MAPE < 10\%$ свидетельствует о высокой точности моделей прогнозов.

Оказалось, что средняя абсолютная ошибка прогноза исследуемого ряда равна $MAPE = 4,99$ (табл. 3), из чего следует, что точность прогноза по предлагаемой модели определяется как высокая.

Кроме того, качество прогностической модели оценивается по остаткам ряда, полученным после удаления из исходного ряда наблюдений неслучайной составляющей (модельной), что требует проверки нормальности их распределения. Для этого применяется тест Колмогорова–Смирнова [14], согласно которому отклонение от нормального распределения считается существенным при его уровне значимости $p < 0,05$. Для остатков исследуемого ряда оказалось $p = 0,53$, т. е. остатки незначимо отличаются от нормального распределения.

Затем проверяется отсутствие в остатках автокорреляции с помощью теста Льюинга–Бокса [14]. По результатам расчетов уровень значимости теста принял высокое значение $p = 0,47$, что является показателем отсутствия автокорреляции в остатках, т. е. остатки временного ряда соответствуют «белому шуму».

Таким образом, применение фазового анализа для выявления скрытых периодичностей во временном ряду позволяет прогнозировать многолетние средние значения температур воздуха за осенний период с высокой точностью.

Отметим, что предлагаемый алгоритм можно применить для прогнозирования не только осенних, но и других сезонных, а также годовых значений средних температур воздуха.

Таблица 3.

ОШИБКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ СРЕДНИХ
ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА НА 2017–2022 ГГ.
Table 3. Errors in forecasting the values of average air temperatures
for 2017–2022 yrs.

Дата	Фактические значения	Прогностические значения	MAPE
2017	10,43	11,38	9,11
2018	11,63	11,37	2,26
2019	10,90	11,24	3,12
2020	12,67	12,15	4,08
2021	10,07	11,21	11,36
2022	10,53	10,53	0,03
Средняя абсолютная ошибка			4,99

Заключение

Получено, что временной ряд значений средних температур воздуха за осенний период содержит периоды, связанные с 11-летним циклом солнечной активности и его фазами.

Критерии качества предлагаемого метода прогнозирования значений средних осенних температур атмосферного воздуха удовлетворяет всем критериям и требованиям качества и адекватности, предъявляемым к моделям прогнозирования. В том числе, средняя относительная ошибка предлагаемого метода прогнозирования ($\approx 5\%$) свидетельствует о высокой точности модели. Это делает возможным применение фазовых портретов при анализе и прогнозировании не только средних температур воздуха, но и других природно-климатических характеристик.

Список источников

1. Алдошкина Е. С., Кузнецов А. Д., Пугачев А. А. Опыт использования аппарата нейронных сетей для анализа и прогноза временного ряда температуры воздуха // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2009. № 11. С. 91–100.
2. Бисочков Р. М. Пути решения проблем прогнозирования климата в КБР // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3 (31). С. 54–58.
3. Ефременко Д. С., Кузнецов А. Д., Сероухова О. С. Об одном алгоритме выявления локальных трендов при анализе метеорологических временных рядов // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2016. № 45. С. 132–141.
4. Паровик Р. И., Фирстов П. П. Фазовый анализ временных рядов геофизических полей // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2013. № 6 (1). С. 23–29.
5. Перепелица В. А., Попова Е. В. Фрактальный анализ поведения природных временных рядов // Современные аспекты экономики. 2002. № 9 (22). С. 185–200.
6. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / пер. с англ. А. Л. Левшина. М.: Мир, 1974. 406 с.
7. Голяндина Н. Э. Метод «Гусеница»-SSA: анализ временных рядов: учебное пособие. СПб.: СПбГУ, 2004. 76 с.
8. Голяндина Н. Э. Метод «Гусеница»-SSA: прогноз временных рядов: учебное. СПб.: СПбГУ, 2004. 50 с.
9. Альберг Дж., Нильсон Э., Уолт Дж. Теория сплайнов и ее приложения. М.: Мир, 1972. 316 с.
10. Вагер Б. Г., Серков Н. К. Сплайны при решении прикладных задач метеорологии и гидрологии. СПб.: Гидрометеоздат, 1987. 160 с.
11. Zade L. Fuzzy sets // Information and control. 1965. No. 8. P. 338–358.
12. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
13. Ривин Ю. Р. Циклы земли и Солнца. М.: Наука, 1989. 162 с.
14. Бююль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. СПб.: ДиаСофтЮп, 2005. 608 с.

References

1. Aldoshkina ES. Experience in using the apparatus of neural networks for the analysis and forecast of the time series of air temperature. *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* = Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2009;(11):91–100. (In Russ.).
2. Bischokov RM. Ways to solve the problems of climate forecasting in the KBR. *Vestnik Kurganskoy GSKHA* = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2019;3(31):54–58. (In Russ.).
3. Efremenko DS, Kuznetsov AD, Seroukhova OS. On one algorithm for identifying local trends in the analysis of meteorological time series. *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* = Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2016;(7):132–141. (In Russ.).
4. Parovik RI, Firstov PP. Phase analysis of time series of geophysical fields. *Vestnik KRAUNTS. Fiziko-matematicheskiye nauki* = Vestnik KRAUNC. Physical and mathematical sciences. 2013;6(1):23–29. (In Russ.).
5. Perepelitsa VA, Popova EV. Fractal analysis of the behavior of natural time series. *Sovremennyye aspekty ekonomiki* = Modern aspects of economics. 2002;9(22):185–200. (In Russ.).
6. Box GEP, Jenkins GM. Time series analysis, forecasting and control. San Francisco: Holden-Day Publ.; 1970. 575 p. (In Russ.).
7. Golyandina NE. The Caterpillar-SSA Method: Time Series Analysis: A Study Guide. St. Petersburg: St. Petersburg State University; 2004. 76 p. (In Russ.).
8. Golyandina NE. Caterpillar-SSA method: time series forecasting: educational. St. Petersburg: St. Petersburg State University; 2004. 50 p. (In Russ.).
9. Alberg J, Nilson E, Walt J. Theory of splines and its applications. New York: Academic Press; 1967. 304 p. (In Russ.).
10. Vager BG, Serkov NK. Splines in solving applied problems of meteorology and hydrology. St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 1987. 160 p. (In Russ.).
11. Zade L. Fuzzy sets. Information and control. 1965;8:338–358.
12. Kofman A. Introduction to the theory of fuzzy sets. Moscow: Radio and communication; 1982. 432 p. (In Russ.).

13. Rivin YuR. Cycles of the earth and the sun. Moscow: Nauka; 1989. 162 p. (In Russ.).
14. Byuyul A, Tsefel P. SPSS: the Art of Information Processing. Analysis of Statistical Data and Restoration of Hidden Patterns. St. Petersburg: DiaSoftYup Publ.; 2005. 608 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Лежинка Танашевна Созаева — кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник Высокогорного геофизического института, Scopus ID: 57204527832, Researcher ID: AIC-6568-2022

Information about the authors

Lezhinka T. Sozaeva — Cand. Sci. (Phys.–Math.), Associate Professor, Senior Research Associate of the High-Mountain Geophysical Institute, Scopus ID: 57204527832, Researcher ID: AIC-6568-2022.

Научная статья
УДК 551.583
<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.4>

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СЕЛЕЙ НА ФОНЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ВЫСОКОГОРНОЙ ЗОНЕ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

Алла Амарбиевна Ташилова^{1*},
Людмила Михайловна Федченко²,
Михаил Чоккаевич Залиханов³
Наталья Владимировна Кондратьева⁴

^{1,2,3,4} Высокогорный геофизический институт (д. 2, пр. Ленина, 360030, Нальчик, Российская Федерация)

¹ tashilovaa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2368-6047>

² fedchenkolm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2104-6289>

³ zalihanovm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5248-521X>

⁴ kondratyeva_nat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7313-4489>

* Автор, ответственный за переписку.

Аннотация.

Объектом исследования являются опасные склоновые явления (сели) в горах Кабардино-Балкарской республики (КБР) на фоне изменения климатических условий теплого сезона (май–сентябрь). В работе приводятся результаты статистического, частотного и регрессионного анализа динамики числа сходов селей, сумм осадков, средних температур высокогорной зоны КБР в период 1953–2015 гг. Статистический анализ временных рядов проводился с помощью пакета программ SPSS 20.0. Линейные тренды были построены с помощью встроенной функции рабочего листа Excel ЛИНЕЙН. Эффективность (коэффициент детерминации R^2) и качество регрессионных моделей в целом и по параметрам оценивались с помощью критерия Фишера (F) и их значимостей (Sig.). Для выявления статистического равенства или неравенства средних показателей в двух периодах использовались t -критерий. Получено, что в период 1953–2015 гг. имел место незначительный рост суммы осадков и средней температуры. При анализе статистик рядов в двух периодах 1953–1983 гг. и 1984–2015 гг. получено, что средние и суммарные характеристики количества селей, сумм осадков и температур возрастают во втором периоде. Частотный анализ показал, что из 499 случаев схода селей за 63 года 32 % приходилось на 9 случаев в сезон (май–сентябрь). Частотный анализ подтвердил однородность распределения сумм осадков: почти в 60 % случаев сумма осадков варьируется в узком интервале от 92,7 до 104,1 мм. Для ряда температур наиболее часто (37 %) имела место сред-

няя температура теплого сезона $t = 10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; 31 % соответствовал интервалу температуры от $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $11,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Проведенный анализ позволяет говорить об усилении частоты опасных склоновых явлений на фоне современного изменения климата, в том числе в высокогорной зоне.

Ключевые слова: количество сходов селей, сумма осадков, средние температуры, описательная статистика, регрессия, частотный анализ, F -критерий, t -тест

Для цитирования: Ташилова А.А., Федченко Л.М., Залиханов М.Ч., Кондратьева Н.В. Анализ динамики селей на фоне климатических изменений в высокогорной зоне Кабардино-Балкарии // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 69–90. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.4>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 02.10.2023;
одобрена после рецензирования 02.12.2023;
принята к публикации 01.02.2024.

1.6.18.

Atmospheric and Climate Sciences
(Physical and Mathematical Sciences)
Research article

Analysis of the dynamics of mudflows amid climate changes in the high mountain zone of Kabardino-Balkaria

Alla A. Tashilova^{1*},
Lyudmila M. Fedchenko²,
Mikhail Ch. Zalikhanov³
Nataliya V. Kondratyeva⁴

^{1, 2, 3, 4} High-Mountain Geophysical Institute (2, Lenin av., 360030, Nalchik, Russian Federation)

¹ tashilovaa@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2368-6047>

² fedchenkolm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2104-6289>

³ zalihanovm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5248-521X>

⁴ kondratyeva_nat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7313-4489>

* Corresponding author

Abstract.

The object of the study is a dangerous slope phenomenon (mudflow) in the mountains of the Kabardino-Balkarian Republic (KBR) against the background of changing climatic conditions of the warm season

(May-September). The paper presents the results of statistical, frequency and regression analysis of the dynamics of the number of mudflows, precipitation amounts, and average temperatures in the high-mountain zone of the KBR in the period 1953–2015. Statistical analysis of time series was carried out using the SPSS 20.0 software package. Linear trends were generated using Excel built-in LINEST worksheet function. The efficiency (coefficient of determination R^2) and quality of regression models in general and by parameters were assessed using the Fisher test (F) and their significance (Sig.). The t -test was used to identify statistical equality or inequality of means between two periods. It was found that in the period 1953–2015 there was a slight increase in precipitation and average temperature. When analyzing the statistics of series in two periods 1953–1984 and 1984–2015, it was found that the average and total characteristics of the number of mudflows, precipitation and temperatures increase in the second period. Frequency analysis showed that out of 499 cases of mudflows over 63 years, 32 % occurred in 9 cases per season (May-September). Frequency analysis confirmed the homogeneity of the distribution of precipitation amounts: in almost 60 % of cases, the precipitation amount varies in a narrow range from 92.7 mm to 104.1 mm. For a number of temperatures, the most common (37 %) was the average temperature of the warm season $t = 10.2$ °C; 31% corresponded to the temperature range from 10.7 °C to 11.8 °C. The analysis allows us to talk about an increase in the frequency of dangerous slope phenomena against the background of modern climate change, including in the high mountains.

Keywords: quantity of mudflows, total precipitation, average temperatures, descriptive statistics, regression, frequency analysis, F -test, t -test

For citation: Tashilova AA, Fedchenko LM., Zalikhanov MCh, Kondratyeva NV. Analysis of the dynamics of mudflows amid climate changes in the high mountain zone of Kabardino-Balkaria. Science. Innovations. Technologies. 2024;(1):69–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.4>

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 02.10.2023;
approved after reviewing 02.12.2023;
accepted for publication 01.02.2024.

Введение

Высокогорная зона Кабардино-Балкарии, согласно оценке авторов Кадастра селевой опасности юга Европейской части России [1], характеризуется высокой степенью селевой опасности. Катастрофические селевые процессы со значительными разрушениями неоднократно происходили в XX – начале XXI в. на фоне регионального изменения климата [2–8]. Интерес к количественной оценке селевого риска в этом регионе всегда определялся освоением региона Приэльбрусья в качестве туристско-рекреационной территории, значительно активизировавшейся в последние годы. Не меньший интерес представляют аналогичные исследования в других регионах Российской Федерации. И. В. Мальневой в работе [5] сделан вывод, что повышение температуры за теплый период в высокогорье Центрального Кавказа будет способствовать увеличению активности гляциальных селей. Повышение температур связано с изменением многолетнего режима атмосферной циркуляции, определяющего селеопасную погоду на данной территории (элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ) 12а, 13л и др. по типизации Б. Л. Дзердзеевского www.atmospheric-circulation.ru). В работе [6] авторы (Шныпарков А. Л., Колтерманн П. К. и др.) отмечают, что на Черноморском побережье Кавказа продолжительный период с положительной температурой воздуха формирует благоприятные условия для длительного селеопасного периода, в высокогорье – до 6–7 месяцев. Ведущую роль в формировании селевых процессов играет увеличение количества осадков на Черноморском побережье Кавказа. По результатам исследования восточных районов РФ автор (Лапердин В. К.) в работе [7] делает вывод, что на основе анализа за прошедший период (45 лет) произошло изменение климата, определившего уменьшение выпадения интенсивных многодневных осадков, в отличие от юга Европейской части России, и формирования селей в целом по Восточной Сибири.

Метеорологические показатели погоды, влияние которых на развитие селевых процессов были выявлены в процессе исследований, широко используются для краткосрочных (заблаговременных до 2–3 дней) прогнозов схода селей в текущий сезон [9]. Необходимо отметить, что время и повторяемость селевой опасности, которые находятся в прямой зависимости от синоптического фактора

(даты выпадения аномально высокого количества осадков), пока не прогнозируются.

Целью данного исследования является выявление особенностей динамики количества сходов селей на фоне длительного (более 60 лет) изменения сумм осадков, средних температур высокогорной зоны Кабардино-Балкарской республики. В работе приводятся результаты статистического, регрессионного и частотного анализа исследуемых рядов для понимания проблемы опасности роста схода селей в современный период.

Материалы и методы исследований

В работе проведен статистический и регрессионный анализ числа сходов селей в теплые сезоны года (май-сентябрь) с 1953 по 2015 г. в высокогорной зоне Кабардино-Балкарии, данные о которых были предоставлены д.г.н. Н. В. Кондратьевой [10]. Климатологические исследования основываются на данных многолетних метеорологических наблюдений на метеостанции Терскол с 1953 по 2015 г., предоставленные Северо-Кавказским УГМС. Терскол – высокогорная станция, расположенная в Баксанском ущелье между склоном горы Чегет и Терскольским ущельем на высоте 2144 м над уровнем моря.

Для анализа динамики процесса важно, чтобы с учетом конкретных целей исследования временной ряд имел достаточную длину. Из работы [11] следует, что 50 значений за период наблюдений считается достаточным, в нашем случае – это 63 значения.

Статистический анализ временных рядов проводился с помощью программы SPSS 20.0 [12]. В статистический пакет SPSS 20.0 входят отдельные модули, в которых представлен набор статистических процедур для исследования временных рядов: описательные методы, включая метод бутстрепа; корреляционные и регрессионные методы, методы сглаживания (простое скользящее среднее, Брауна, Холта и др.), метод частотного анализа (гистограммы), определение экстремальных значений.

Линейные тренды, характеризующие тенденцию рассматриваемых величин за период наблюдений с 1953 по 2015 г. были построены с помощью встроенной функции рабочего листа Excel ЛИ-

НЕЙН. Регрессионная статистика включает в себя угловые коэффициенты с ошибками, свободный член с ошибкой, статистику Фишера (F), статистику Стьюдента (t -критерий) для определения статистической значимости полученных коэффициентов, коэффициент детерминации (R^2):

$$R^2 - 1 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \hat{y})^2} \quad (1)$$

где $\sum(\hat{y} - \bar{y})^2$ – сумма квадратов отклонений, обусловленная регрессией;

$\sum(y - \hat{y})^2$ – остаточная сумма квадратов отклонений.

С помощью критерия Фишера оценивалось качество регрессионной модели в целом и по параметрам. Для проверки гипотезы о значимости коэффициента детерминации (тренда) рассчитывался критерий Фишера (F -тест) по формуле:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - k - 1}{k}, \quad (2)$$

где R^2 – коэффициент детерминации,
 n – число наблюдений,
 k – число независимых параметров линейной регрессии. Число степеней свободы определялось выражением $d_f = n - k - 1$.

Для проверки гипотезы о значимости коэффициента детерминации тренда рассчитывалось фактическое значение критерия Фишера ($F_{\text{факт.}}$) по формуле (2). Теоретическое значение критерия Фишера ($F_{\text{теор.}}$) определялось из таблиц при заданном уровне значимости $p = 0,05$ и числе степеней свободы $d_f = 61$ [13]. Если фактическое значение критерия Фишера выше теоретического ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$), то тренд статистически значим. Результаты регрессии рядов с указанием угловых коэффициентов регрессии, их погрешностей, эффективности моделей (R^2) и значений статистик Фишера (F) и их значимостей (Sig.) сведены в таблицу 1.

Результаты исследований и их обсуждение

Как показали результаты исследования (табл. 1) линейная регрессия ряда числа сходов селей характеризовалась положительным угловым коэффициентом $a = 0,08$ п/год, и за исследованный период (63 года) происходил рост количества селей на $\sim 1/10$ лет. При учете стандартной ошибки δ минимальная и максимальная границы 95 % доверительного интервала для углового коэффициента определялись как $[0,08 - 2\delta; 0,08 + 2\delta]$ и принимали значения 0,0034 п/год и 0,156/год, то есть рост количества варьировался от нуля до полутора за десятилетие. По показателям статистической надежности ($R^2 = 0,067$, $F_{факт.} = 4,36$ превышает $F_{теор.} = 4,0$ на 5%-ном уровне Sig. 0,041<0,05) данная регрессионная модель обес-

Таблица 1.

РЕГРЕССИЯ РЯДОВ ЧИСЛА СХОДА СЕЛЕЙ, СУММ ОСАДКОВ И СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР В ТЕПЛЫЕ ПЕРИОДЫ (МАЙ-СЕНТЯБРЬ) 1953–2015 ГГ.
Table 1. Regression of series of the number of mudflows, precipitation amounts and average temperatures during warm periods (May-September) 1953–2015 гг.

$Y = ax + b$	Число селей	Осадки	Температура
Угловой коэффициент регрессии a ,	0,08 п/год	0,17 мм/год	0,005 °C/год
Стандартная ошибка, δ	0,038	0,12	0,006
Нижние 95 %	0,0034	0,0	-0,006
Верхние 95 %	0,156	0,42	0,016
Коэффициент детерминации R_2	0,067*	0,028	0,012
Критерий Фишера фактический, $F_{факт.}$	4,36	1,78	0,76
Критерий Фишера табличный на 5% уровне для $df = 61$, $F_{теор}$	4,0	4,0	4,0
Значимость Sig. F-крит. на 5% уровне ($p < 0,05$)	0,041	0,19	0,39

* статистически значимый R_2 выделен полужирным.

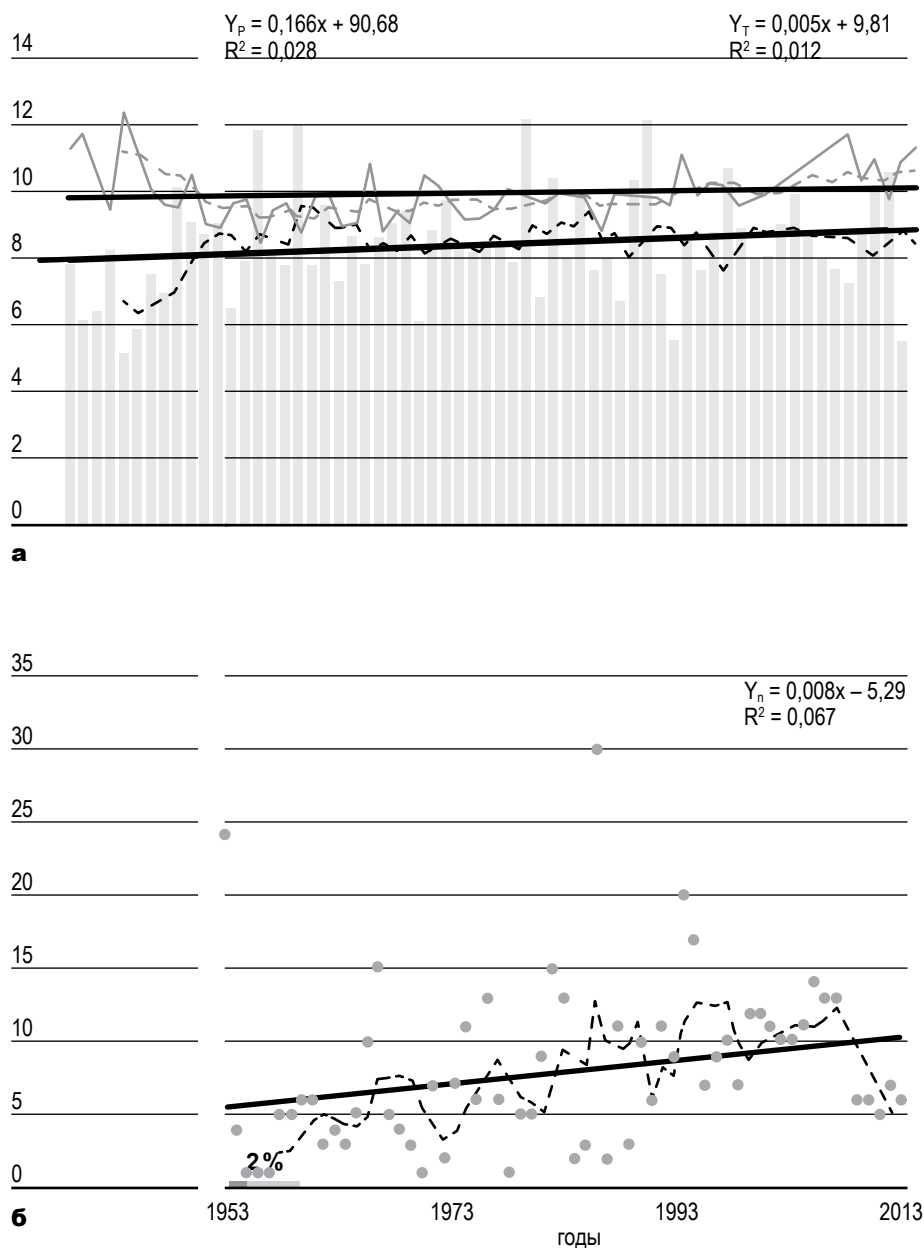


Рис. 1.

Динамика рядов: а) число сходов селей (Y_n), б) сумма осадков (Y_p , диаграмма), средняя температура (Y_t , ломаная) с линейными трендами (прямые) и 5-летними скользящими средними (пунктирные линии), 1953–2015 гг.

Fig. 1. Dynamics of series: a) the quantity of mudflows (Y_n), б) the sum of precipitation (Y_p , diagram), average temperature (Y_t , broken line) with linear trends (straight lines) and 5-year moving averages (dashed lines), 1953–2015.

печивает вероятность получения такого тренда не случайно. Увеличение количества селей имело место на статистически значимом уровне.

В период 1953–2015 гг. наблюдался незначительный рост суммы осадков на 1,66 мм/10 лет ($R^2 = 0,028$, $F_{\text{факт.}} = 1,78 < F_{\text{теор.}} = 4,0$ на 5 % уровне $\text{Sig. } 0,19 > 0,05$) и средней температуры на 0,05 °C/10 лет ($R^2 = 0,012$, $F_{\text{факт.}} = 0,76 < F_{\text{теор.}} = 4,0$ на 5 % уровне $\text{Sig. } 0,39 > 0,05$).

Хотелось бы заметить, что с начала 60-х гг. XX столетия в высокогорной зоне Кавказа наблюдается статистически значимый рост температуры в теплый период на 0,32 °C/10 лет ($R^2 = 0,44 \%$, $\text{Sig. } 0,0 < 0,05$) на фоне незначительного роста осадков (1,77 мм/10 лет, $R^2 = 0,004$), сравнимый с ростом температур в других климатических зонах юга европейской территории России, становясь все более значительным фактором, оказывающим влияние на деградацию ледников и уменьшение водного баланса горных территорий [14, 15].

Представление о природе временного ряда можно составить по его графику (рис. 1) с линейным трендом и скользящим средним. Одним из непараметрических методов выявления тренда является метод скользящего среднего, при котором случайные отклонения погашаются. При сглаживании этим методом значения уровней ряда заменяются средними значениями, которые характеризуют срединную точку периода скользящего.

На графике рисунка 2а резко выделяющиеся значения обозначают периоды повышения селевой активности, что косвенно указывает на то, что ряд содержит циклическую компоненту. Из рисунка 2б видно, что с начала 50-х до 70-х гг. температура понижалась, а сумма осадков незначительно увеличивалась, далее имело место медленное увеличение как температуры, так и осадков [14]. Для полного анализа структуры ряда и выделения возможных периодичностей необходимо в дальнейшем провести спектральный анализ.

Коротко опишем основные статистические характеристики рядов для всех подпериодов, воспользовавшись данными результатов описательной статистики для всего периода 1953–2015 гг., первого и второго подпериодов: 1953–1983 гг. и 1984–2015 гг. (табл. 2).

Таблица 2.

ОПИСАТЕЛЬНЫЕ СТАТИСТИКИ РЯДОВ:

а) числа схода селей,

б) сумм осадков,

в) средней температуры

Table 2. Descriptive statistics of the series: а) quantity of mudflows,

b) amounts of precipitation, c) average temperature

Статистики	1953–2015 гг.			1953–1983 гг.			1984–2015 гг.		
	а) п	б) мм	в) °С	а) п	б) мм	в) °С	а) п	б) мм	в) °С
Среднее, $\bar{x}$	7,9	95,9	9,96	6,4	93,77	9,82	9,6	98,26	10,09
Медиана, Me	6	93,88	9,840	5	93,7	9,60	10	96,0	9,92
Мода, Mo	6	94,9	9,6	5	58,32	9,02	6	62,58	9,82
Стандартное откл., σ	5,67	18,06	0,81	5,2	17,55	0,92	5,70	18,28	0,66
Дисперсия, σ^2	32,1	326,3	0,657	27,08	307,9	0,848	32,50	334,4	0,44
Асимметрия As	1,41	0,36	0,73	1,53	0,39	1,08	1,48	0,34	0,61
Экцесс, E	3,17	0,26	0,43	3,03	0,76	0,85	4,21	0,18	0,31
Размах, R	30	80,2	3,9	24	78,54	3,90	28	75,92	2,96
Минимум, Min	0	58,3	8,5	0	58,32	8,50	2	62,58	8,70
Максимум, Max	30	138,5	12,4	24	136,9	12,40	30	138,5	11,66
Сумма среднего, $\sum$	499	6047,5	627,8	191	2903,4	304,9	308	3144,1	323,0

Из таблицы 2 видно, что средние и суммарные характеристики количества селей возрастают во втором подпериоде: среднеарифметическое с $n = 6,3$ до $n = 9,6$, медиана с $Me = 5$ до $Me = 10$, сумма среднего со $\sum = 191$ до $\sum = 308$ на статистически

значимом уровне. Средние характеристики суммы осадков увеличились с $\bar{x} - 93,77$ мм до $\bar{x} - 98,26$ мм, суммарные с $\Sigma = 2903,4$ мм до $\Sigma = 3144,12$ мм. Средние характеристики температуры выросли с $\bar{x} - 9,82$ °С до $\bar{x} - 10,09$ °С, медиана с $Me = 9,6$ °С до $Me = 9,92$ °С, сумма температур с $\Sigma = 304,9$ °С до $323,02$ °С.

Для выявления сходства и различия в характеристиках колеблемости рядов рассмотрим коэффициенты осцилляции (K) и вариации (V). Они позволяют сравнить характер разброса в различных распределениях и определить, насколько однородна рассматриваемая выборка. Расчет показателей меры относительного разброса осуществляется как отношение абсолютного показателя (для осцилляции – это размах R , для вариации – это среднеквадратическое отклонение σ) к средней арифметической $\bar{x}$, выраженное в процентах [10]. Коэффициент осцилляции отражает относительную изменчивость крайних значений (R) признака вокруг средней $\bar{x}$:

$$K = \frac{R}{\bar{x}} 100 \%. \quad (3)$$

Характеристику колеблемости всех вариантов совокупности, коэффициент вариации V дает оценку типичности средних величин:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100 \%. \quad (4)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение,
 $\bar{x}$ – среднее арифметическое значение выборки.

Вариация характеризует изменчивость величины признака у отдельных единиц ряда, возникающая в результате того, что индивидуальные значения складываются под влиянием разнообразных факторов. Величина коэффициента вариации позволяет судить о степени однородности признаков ряда. Под однородными данными понимается некоторый уровень их рассеяния, при котором рассчитываемые статистические показатели (средняя, дисперсия и др.) будут давать надежную и качественную характеристику анализируемой совокупности. Если коэффициент вариации меньше 10 %, то степень рассеивания данных считается незначительной;

от 10 % до 20 % – средней;
больше 20 % – значительной.

Воспользовавшись данными из таблицы 2, рассчитаем коэффициенты осцилляции K_i и вариации V_i ($i=3$) рядов. Коэффициент K_1 ряда числа сходов селей равен: $K_1 = (R/\bar{x})100\% = (30/7,92)100\% = 378,8\%$. Разница между крайними значениями ($R = \max - \min = 30$) значительно (на 278,8 %) превышает среднее значение $\bar{x} = 7,92$, что является показателем наличия скрытых осцилляций в ряду. Коэффициент вариации V_1 ряда числа схода селей $V_1 = (5,67/7,92)100\% = 71,6\%$ характеризует его неоднородность, то есть 71,6 % составляет средний разброс случайной величины от среднего значения (7,92) этой величины. Величины рассчитанных коэффициентов свидетельствуют о том, что колеблемость уровней в первом ряду (число сходов селей) высокая: ряд следует считать неоднородным, а его среднее значение – ненадежным. Вместо среднеарифметического количества схода селей $n = 7,92$, на которое влияют высокие значения аномальных элементов ($n = 24, n = 30$), для надежного среднего надо использовать медиану $Me = 6$.

Для осадков коэффициенты осцилляции K_2 и вариации V_2 равны соответственно $K_2 = 83,6\%$ и $V_2 = 18,8\%$. Для температуры коэффициенты осцилляции K_3 и вариации V_3 принимают значения $K_3 = 39\%$ и $V_3 = 8,1\%$. Второй и третий ряды (осадки и температура) можно считать однородными, а их среднеарифметические – надежными.

На втором этапе определим стационарность временных рядов. Стационарность – это свойство временного ряда, которое означает, что его средние и стандартные отклонения не меняются со временем. Если временной ряд является стационарным, то его можно легко анализировать и прогнозировать. Нестационарный временной ряд может иметь тренд (постоянный рост или падение), цикличность (повторение циклов) или сезонность (повторение определенных событий в разное время года). Для этого ряд разбивается на две группы: составляются ряды данных за периоды 1953–1983 гг. (1 подпериод) и 1984–2015 гг. (2 подпериод), и проверяется гипотеза о равенстве средних значений и дисперсий данных

в этих группах. Используя модуль SPSS 20.0 с одно-выборочным *t*-тестом, получим результаты сравнения средних двух подпериодов. В случае с первым рядом (сели) *t*-тест показал уровень значимости $Sig. = 0,003 < 0,05$, то есть вероятность ошибки (0,33 %) при отклонении нулевой гипотезы значительно ниже уровня допустимой ошибки (5 %) при 95 % доверительном интервале. Нулевая гипотеза о равенстве средних может быть отклонена, и средние ($\bar{x}_1 = 6,4$, $\bar{x}_2 = 9,6$), дисперсии ($\sigma_1^2 = 27,08$, $\sigma_2^2 = 32,5$) и стандартные отклонения ($\sigma_1 = 5,204$, $\sigma_2 = 5,701$) ряда в двух подпериодах отличаются статистически значимо. Следовательно, ряд с числом сходов селей – нестационарный.

Для ряда осадков *t*-тест (табл. 3) сравнения средних в двух подпериодах показал уровень значимости $Sig. = 0,175 > 0,05$, нулевая гипотеза подтверждена и средние значения осадков двух подпериодов отличаются статистически незначимо – ряд стационарный. Значимая разница ($Sig. = 0,026 < 0,05$) между средними температурами в двух подпериодах определила ряд температур как нестационарный, также как ряд количества схода селей.

Таблица 3. ОДНО-ВЫБОРОЧНЫЙ Т-КРИТЕРИЙ
Table 3. One-sample *t*-test

Количество селей, <i>n</i>	Проверяемое значение <i>n</i> = 6,38 (1953–1983 гг.)			
	Среднее (1984–2015 гг.)	<i>t</i> -критерий	Значимость (2-сторонняя)*	Разность средних
	9,63	3,220	0,003	3,25
Осадки, мм	Проверяемое значение <i>P</i> = 93,77 мм			
	98,25	1,39	0,175	4,48
Температура, °C	Проверяемое значение <i>t</i> = 9,82 °C			
	10,09	2,346	0,026	0,27

* значимость на уровне $p < 0,05$.

Таблица 4. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СЕЛЕЙ
Table 4. Extreme values of the number of mudflows

			Год наблюдения	Количество селей, n
Сели	Высшие	1	1987 г.	30
		2	1953 г.	24
		3	1995 г.	20
		4	1996 г.	17
		5	1967 г., 1983 г.	15
	Низшие	1	1957 г.	0
		2	1956 г.	0
		3	1979 г.	1
		4	1971 г.	1
		5	1955 г.	1

Климатический экстремум (экстремальное метеорологическое или климатическое) – это достижение метеорологической или климатической переменной значения, которое выше (ниже) некоторого порога, близкого к верхнему (или нижнему) диапазону наблюдаемых значений переменной. Используя модуль разведочного анализа программы SPSS 20.0 для ранжированного ряда с числом селей были определены экстремумы, превосходящие некоторые пороговые значения: 5 верхних экстремальных значений выше 95 % процентиля и 5 нижних экстремумов ниже 5 % процентиля (табл. 4).

Из таблицы 4 видно, что четыре верхних экстремума ($n=30$, 20, 17 и 15 количества сходов селей) из пяти определены в 1983, 1987, 1995, 1996 гг., в период после 1976 года, определенного как начало глобального потепления. И, наоборот, четыре нижних экстре-

му ($n = 0$ (2 раза), $n = 0$ (2 раза)) из пяти определены в период до 1976 года (1955, 1956, 1957, 1971 гг.), что указывает на рост числа сходов селей в современный период.

Проведем оценку частотного распределения рядов, воспользовавшись гистограммами с частотным распределением величин по карманам (интервалы величин с определенным шагом). Количество интервалов гистограммы (карманов) зависит от количества данных и для его определения часто используется формула $\sqrt{N}$, где N – это количество данных в выборке, в нашем случае $n = \sqrt{N} = \sqrt{63} \approx 8$. Для определения шага кармана (Δ) находится разность максимального (R_{max}) и минимального (R_{min}) значений за весь период и делится на количество интервалов ($n = 8$): $\Delta = (R_{max} - R_{min}) / n$.

Положительная асимметрия и высокий эксцесс ($As = 1,41$ и $E = 3,17$) ряда числа селей характеризует распределение с правосторонним хвостом с редкими событиями, но значительными по величине, большинство их значений сосредоточено в узком интервале. В теплые сезоны 1953–2015 гг. из общего количества $n = 499$ случаев в 32 % процентах на теплый сезон приходилось $n = 9$ случаев, 24 % – на $n = 4$ и $n = 13$ сходов, 13 % – на $n = 17$ сходов и по 2 % на экстремально высокое число сходов $n = 21$, 26 и 30 (рис. 2).

Частотный анализ подтвердил однородность распределения сумм осадков: почти в 60 % случаев сумма осадков варьируется от 92,7 мм до 104,1 мм (рис. 2). По 10 % приходится на 81,2 и 115,6, оставшиеся 8 % – на 60–70 мм, 14 % – на 130–140 мм. Распределение симметричное, по результатам частотного анализа не выявлено преимущественного количества теплых сезонов ни с минимальными, ни с максимальными суммами осадков.

Из рисунка 2 видно, что распределение температур имеет правостороннюю асимметрию ($As = 0,73$). Наиболее часто (в 37 % случаев) имела место средняя температура теплого сезона $t = 10,2$ °С, в 32 % случаев температура была немного ниже – от 9,1 °С до 9,6 °С, экстремально низкая $t = 8,5$ °С встречалась один раз. На более высокие температуры от $t = 10,7$ °С до $t = 11,8$ °С приходится 29 % и на экстремально высокую температуру $t = 12,3$ °С – 2 %, что характеризует асимметрию в сторону более высоких температур.

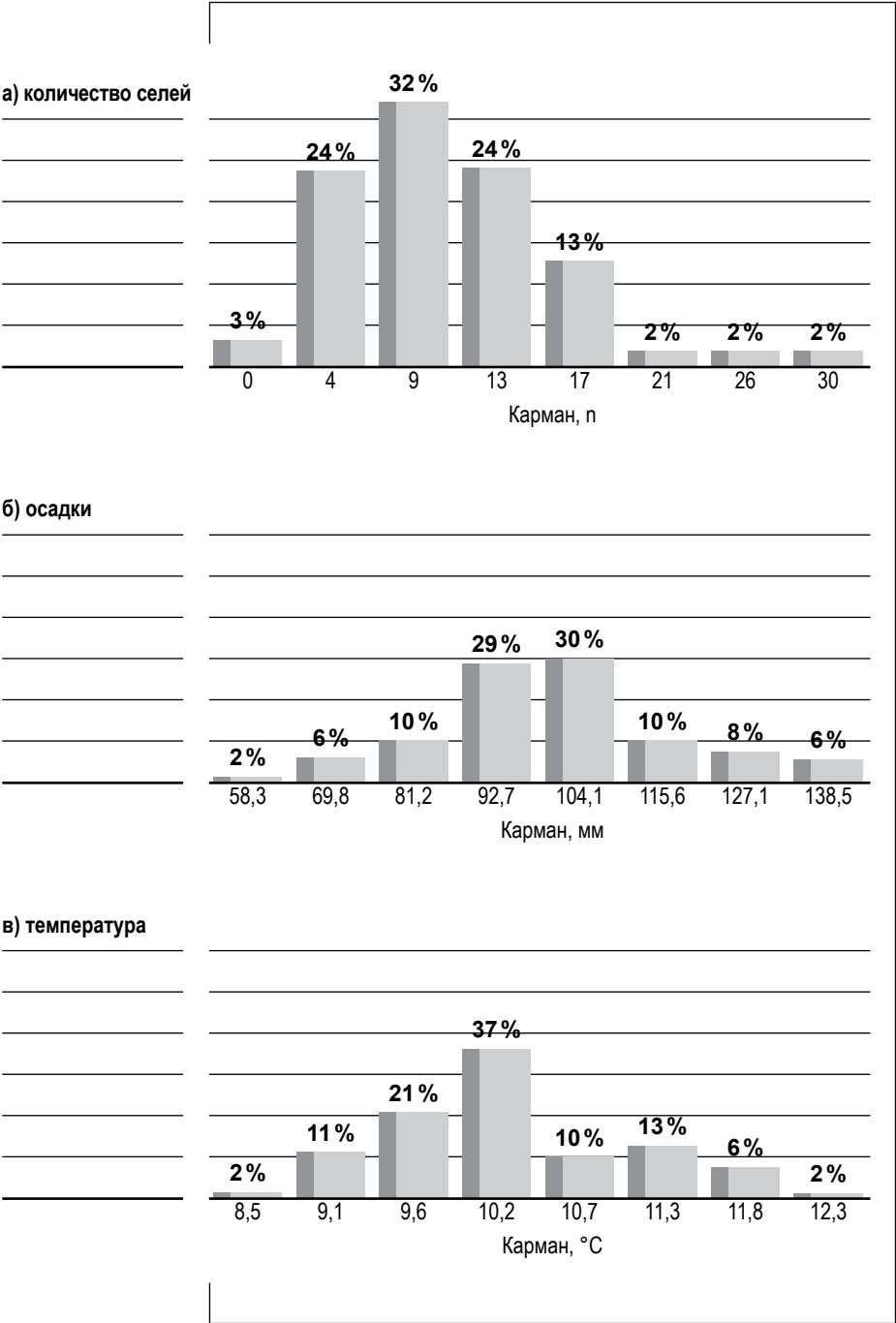


Рис. 2. Частотный анализ рядов: а) числа схода селей (%), б) осадков, в) температур в теплые сезоны 1953–2015 гг.
Fig. 2. Frequency analysis of the series: a) the quantity of mudflows (%), b) precipitation, c) temperatures in the warm seasons of 1953–2015.

Заключение

В результате регрессионного анализа в период с 1953 по 2015 г. была выявлена тенденция роста количества селей на статистически значимом уровне (~ 1 случай/10 лет, $R^2 = 0,067$), незначительный рост сумм осадков (1,66 мм/10 лет, $R^2 = 0,028$) и температуры (0,05 °C/10 лет, $R^2 = 0,012$).

При разделении исследуемого периода на два подпериода 1953–1983 гг. и 1984–2015 гг. описательные статистики показали увеличение во втором подпериоде как средних, так и суммарных характеристик количества селей на статистически значимом уровне, незначительный рост сумм осадков, средних температур. Коэффициент вариации ряда числа схода селей характеризует его неоднородность, а значимая разница ($Sig. < 0,05$) между средними в подпериодах – его нестационарность, что указывает на наличие скрытых осцилляций. Величина коэффициентов вариации рядов средней температуры и сумм осадков определила их однородность, при этом ряд средней температуры не стационарен, также как ряд количества сходов селей. Наибольшее количество экстремальных значений селей были выявлены в современный период: в 1983, 1987, 1995, 1996 гг., после 1976 года, определенного как начало глобального потепления.

Из результатов частотного анализа следует, что за 63 года из всех случаев ($n = 499$) 32% приходилось на 9 сходов селей в теплый сезон; по 2% на экстремально высокое число сходов $n = 21$, 26 и 30. Частотный анализ подтвердил однородность распределения сумм осадков: почти в 60% случаев сумма осадков варьируется в узком интервале от 92,7 до 104,1 мм. Для ряда температуры наиболее часто (37%) имела место средняя температура теплого сезона $t = 10,2^\circ\text{C}$. Изменение температуры за исследованный долговременный период (63 года) имеет правостороннюю асимметрию, так же, как и количество схода селей.

Все это позволило говорить об усилении частоты опасных склоновых явлений (селей) в высокогорной зоне Кабардино-Балкарии в современный период изменения климата. Для полного анализа динамики рядов и выделения возможных периодичностей необходимо в дальнейшем проведение спектрального анализа, что по-

может в понимании оценки изменения числа сходов селей с учетом долговременных изменений климатических переменных.

Список источников

1. Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Гедуева М.М., Беккиев М.Ю., Перов В.Ф., Сейнова И.Б., Хучунаева Л.В. Кадастр селевой опасности юга европейской части России. М.: Фео-рия; Нальчик «Печатный двор», 2015. 148 с.
2. Кондратьева Н.В., Федченко Л.М., Разумов В.В., Беккиев М.Ю. Оценка возможных изменений активности селе-вых процессов на северном склоне Большого Кавказа в результате региональной климатической изменчивости // Ученые записки Российского государственного гидромете-орологического университета. 2017. № 49. С. 32–37.
3. Ташилова А.А. Анализ изменений климата в Терсколе за последние 60 лет // Доклады Всероссийской открытой конференции по физике облаков и активным воздействи-ям на гидрометеорологические процессы. Нальчик, 2021. С. 468–474.
4. Запороженко Э.В. Селевые потоки по рр. Кара-Кая-Су и Бирджалы-Су в Кабардино-Балкарской республике: срав-нительный анализ прошлой и новейшей истории // Вест-ник Владикавказского научного центра. 2008. Т. 8. № 2. С. 27–33.
5. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Увеличение опасности формирования гляциальных селей в Кабардино-Балка-рии в современный период // Лёд и Снег. 2013. № 3 (123). С. 113–120.
6. Шныпарков А.Л., Колтерманн П.К., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Перов В.Ф. Селевой риск на Черноморс-ком побережье Кавказа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Гео-графия. 2013. № 3. С. 42–48.
7. Лапердин В.К. Селевая и паводковая опасность в Восточ-ной Сибири (на примере южного Прибайкалья и Северно-го Забайкалья) // Труды Второй конференции, посвящен-ной 100-летию со дня рождения С.М. Флейшмана Москва, Россия, 17–19 октября 2012 г. Москва, 2012. С. 111–124.
8. Залиханов М.Ч., Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Разу-мов В.В. Учет генезиса селеобразования при предвари-

- тельной оценке максимального объёма твёрдых отложений селя на территории Северного Кавказа // ДАН. 2016. Т. 470. № 2. С. 212.
9. Сейнова И. Б., Золотарев Е. А. Ледники и сели Приэльбрусья (Эволюция оледенения и селевой активности). М.: Научный мир, 2001. 203 с.
 10. Кондратьева Н. В. Распространение и особенности проявления селевых процессов на северном и юго-западном склонах Большого Кавказа: дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.23 / Кондратьева Наталия Владимировна. Нальчик, 2018. 402 с.
 11. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление / Пер. с англ.; под ред. В. Ф. Писаренко. М.: Мир, 1974. Кн. 1. 406 с.
 12. Наследов А. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер, 2013. 416 с.
 13. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование: М.: Финансы и статистика, 2001. 228 с.
 14. Ашабоков Б. А., Федченко Л. М., Кешева Л. А., Теунова Н. В. Изменения температурного режима и режима осадков теплого и холодного периодов в различных климатических зонах Северо-Кавказского региона // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 3. С. 55–72.
 15. Ташилова А. А., Кешева Л. А., Теунова Н. В. Уменьшение водных ресурсов региона как следствие деградации ледников Северного Кавказа под воздействием климатических изменений // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 1 (127). С. 1–5.

References

1. Kondratyeva NV, Adzhiev AKh, Gedueva MM, Bekkiev MYu, Perov VF, Seynova IB, Khuchunaeva LV. Inventory of mudflow hazard in the south of the European part of Russia. Moscow: LLC "Feoria"; Nalchik "Printing Dvor"; 2015. 148 p. (In Russ.).
2. Kondratyeva NV, Fedchenko LM, Razumov VV, Bekkiev MYu. Assessment of possible changes in the activity of mudflow processes on the northern slope of the Greater Caucasus as a result of regional climatic variability. *Uchenye zapiski Rossi-*

jskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta = Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2017(49):32–37. (In Russ.).

3. Tashilova AA. Analysis of climate changes in Terskol over the past 60 years. In Reports of the All-Russian open conference on the physics of clouds and active influences on hydrometeorological processes. Nalchik, 2021;468–474. (In Russ.).
4. Zaporozhchenko EV. Mudflows along the river Kara-Kaya-Su and Birjaly-Su in the Kabardino-Balkarian Republic: a comparative analysis of past and recent history. *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra* = Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center. 2008;8(2):27–33. (In Russ.).
5. Malneva IV, Kononova NK. Increased risk of glacial mudflows in Kabardino-Balkaria in the modern period. *Lyod i Sneg* = Ice and Snow. 2013;3(123):113–120. (In Russ.).
6. Shnyparkov AL, Koltermann PK, Seliverstov YuG, Sokratov SA, Perov VF. Mudflow risk on the Black Sea coast of the Caucasus. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya* = *Vestn. Moscow un-ta. Ser. 5. Geography*. 2013;(3):42–48. (In Russ.).
7. Laperdin VK. Mudflow and flood danger in Eastern Siberia (on the example of the southern Baikal region and Northern Transbaikalia). In Proceedings of the Second Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of S.M. Fleishman. Moscow, Russia, October 17–19, 2012;111–124. (In Russ.).
8. Zalikhanov MCh, Kondratyeva NV, Adzhiev AKh, Razumov VV. Taking into account the genesis of mudflow formation in the preliminary assessment of the maximum volume of solid mudflow deposits in the North Caucasus. *DAN* = *DAN*. 2016;470(2):212. (In Russ.).
9. Seynova IB, Zolotarev EA. Glaciers and mudflows in the Elbrus region (Evolution of glaciation and mudflow activity). M.: Scientific World; 2001. 203 p. (In Russ.).
10. Kondratyeva NV. Distribution and features of mudflow processes on the northern and southwestern slopes of the Greater Caucasus. Dis. doc. geogr. Sciences: 25.00.23. Kondratyeva Natalia Vladimirovna. Nalchik; 2018. 402 p. (In Russ.).
11. Box J, Jenkins G. Time series analysis, forecast and management: Transl. from English. Ed. VF Pisarenko. Moscow: Mir; 1974. Book 1. 406 p. (In Russ.).
12. Nasledov A. IBM SPSS Statistics 20 and AMOS: professional statistical data analysis. St. Petersburg: Peter; 2013. 416 p. (In Russ.).

13. Afanasyev VN, Yuzbashev MM. Time series analysis and forecasting: Textbook. Moscow: Finance and Statistics; 2001. 228 p. (In Russ.).
14. Ashabokov BA, Fedchenko LM, Kesheva LA, Teunova NV. Changes in temperature and precipitation regime of warm and cold periods in different climatic zones of the North-Caucasus region. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2021;(3):55–72. (In Russ.).
15. Tashilova AA, Kesheva LA, Teunova NV. Decrease in the region's water resources as a consequence of the degradation of glaciers in the North Caucasus under the influence of climate change. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* = International Scientific Research Journal. 2023;1(127):1–5. (In Russ.).

Информация об авторах

Алла Амарбиевна Ташилова – доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории микрофизики облаков Высокогорного геофизического института, Scopus ID: 57191577384, Researcher ID: K-4321-2015.

Людмила Михайловна Федченко – доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник Высокогорного геофизического института, Scopus ID: 6602297635, Researcher ID: AAB-3697-2019.

Михаил Чоккаевич Залиханов – академик РАН, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник Высокогорного геофизического института, Scopus ID: 6506773102, Researcher ID: O-4232-2015.

Наталья Владимировна Кондратьева – доктор географических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела стихийных явлений Высокогорного геофизического института, Scopus ID: 57195421541.

Вклад авторов: все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

Alla A. Tashilova – Dr. Sci. (Phys.–Math.), Associate Professor, Senior Research Associate of Department of Physics of Clouds of the High-Mountain Geophysical Institute, Scopus ID: 57191577384, Researcher ID: K-4321-2015.

Lyudmila M. Fedchenko – Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Chief Researcher of the High-Mountain Geophysical Institute, Scopus ID: 6602297635, Researcher ID: AAB-3697-2019.

Mikhail Ch. Zalikhanov – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Chief Researcher of the High-Mountain Geophysical Institute, Scopus ID: 6506773102, Researcher ID: O-4232-2015.

Nataliya V. Kondratyeva – Dr. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Senior Research Associate of Natural Phenomena Department of the High-Mountain Geophysical Institute, Scopus ID: 57195421541.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Научная статья

УДК 908: 910.1

<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.5>

ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗАСТРОЕК ГОРОДА СТАВРОПОЛЯ

Инна Владимировна Бегдай^{1*},
Константин Викторович Харин²,
Любовь Игоревна Крылова³,
Михаил Дмитриевич Колбин⁴

^{1, 2, 3, 4} Северо-Кавказский федеральный университет (д. 1, ул. Пушкина, Ставрополь, 355017, Российская Федерация)

¹ algae@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7675-8078>

² k-harin79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9091-6375>

³ krylowa00@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4254-0149>

⁴ mrmateriar@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-4969-5025>

* Автор, ответственный за переписку

Аннотация.

В данной статье приводятся результаты измерений и оценка шумовой нагрузки на территории ЖК «Перспективный» и «Российский» г. Ставрополя. Замеры шума проводились в весенне-летний и осенне-зимний период 2022–2023 года. Результат замеров представлен средними значениями уровня шумового воздействия. На основании полученных данных была построена математическая модель распространения шума от транспортного потока в лиственный и безлиственный период. Провести исследование и дать оценку шумовой нагрузки в многоквартирной застройке на территории Юго-Западного района г. Ставрополя. Измерение шумовой нагрузки проводилось в соответствии с ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий». Для анализа и сравнения полученных данных с предельно допустимым значением был использован СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». В результате измерений были выявлены превышения предельно допустимого уровня шума на территории ЖК «Перспективный» и «Российский», причем дома в пределах ЖК «Перспективный» больше всего страдают от близости проезжей части и отсутствия или частичного озеленения. Были зафиксированы значения шума около жилых домов в пределах 70 дБА. На территории ЖК «Российский» высокие показатели встречаются на пешеходной

зоне вдоль Юго-Западного объезда. Непосредственно у домов превышений предельно допустимого уровня шумовой нагрузки отмечено не было. Полученная математическая модель отражает зависимость уровня шума от наличия и отсутствия листвы и плотности транспортного потока. По полученным данным можно сделать вывод, что ЖК «Перспективный» и «Российский» подвергаются значительному шумовому загрязнению. Это можно связать с недостатками в планировании обустройства территории и ростом числа транспортных средств.

Ключевые слова: шумовое загрязнение, озеленение, городская среда

Для цитирования: Бегдай И. В., Харин К. В., Крылова Л. И., Колбин М. Д. Шумовое загрязнение территории многоэтажных жилых застроек города Ставрополя // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 91–114. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.5>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 27.11.2023;
одобрена после рецензирования 23.01.2024;
принята к публикации 01.03.2024.

1.6.21. **Geocology (Geographical Sciences)**

Research article

Noise pollution of the territory of multistory residential buildings in the city of Stavropol

**Inna V. Begdai^{1*},
Konstantin V. Kharin²,
Lyubov I. Krylova³,
Mikhail D. Kolbin⁴**

^{1, 2, 3, 4} North-Caucasus Federal University (1, Pushkin St., 355017, Stavropol, Russian Federation)

¹ algae@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7675-8078>

² k-harin79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9091-6375>

³ krylowa00@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-4254-0149>

⁴ mrmateriar@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-4969-5025>

Abstract.

The article provides measurement results and an assessment of the noise load on the territory of the «Perspektivny» and «Rossiysky» residential complexes in Stavropol. Noise measurements were carried

out in the spring-summer and autumn-winter periods of 2022–2023. The measurement results are presented as average noise exposure levels. Based on the data obtained, a mathematical model of the propagation of noise from traffic flow during the deciduous and leafless period was built. To conduct a study and assess the noise load in a multistorey building on the territory of the South-Western district of Stavropol. The measurement of the noise load was carried out in accordance with GOST 23337-2014 “Noise. Methods for measuring noise in residential areas and in residential and public buildings”. To analyze and compare the data obtained with the maximum permissible value, SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans” was used. The measurement results revealed excess of maximum permissible noise level on the territory of the residential complex «Perspektivny» and «Rossiysky», and the houses within the residential complex «Perspektivny» suffer most from the proximity of the roadway and the absence or partial landscaping. Noise values were recorded near residential buildings in the range of 70 dBA. On the territory of the residential complex “Rossiysky”, high indicators are found on the sidewalk near the South-Western bypass. No excess of maximum permissible noise load level was noticed directly at the houses. The resulting mathematical model reflects the dependence of the noise level on the presence and absence of foliage and the density of traffic flow. Based on the data obtained, we can conclude that the residential complexes «Perspektivny» and «Rossiysky» are subject to significant noise pollution. This can be attributed to shortcomings in the planning of territory development and the increase in the number of vehicles.

Keywords: noise pollution, landscaping, urban environment

For citation: Begdai IV, Kharin KV, Krylova LI, Kolbin MD. Noise pollution of the territory of multistorey residential buildings in the city of Stavropol. Science. Innovations. Technologies. 2024;(1):91–114. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.5>

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 27.11.2023;
approved after reviewing 23.01.2024;
accepted for publication 01.03.2024.

Введение

На сегодняшний день территории городов подвергаются различным негативным воздействиям антропогенного характера. Химическому загрязнению атмосферного воздуха и водных объектов гораздо больше уделяется внимания, чем загрязнениям физического характера, такими как шумовая и вибрационная нагрузки. Однако шум также относится к фактору, влияющему на здоровье и благополучие населения. Согласно исследованиям, шум может оказывать значительное влияние на нервную систему, увеличивать содержание гормона стресса в организме, влиять на появление и развитие сердечно-сосудистых заболеваний, снижение слуховой чувствительности, появлению головных болей и прочих признаков утомления [1, 2]. С увеличением количества источников шума в городах растет и риск появления этих заболеваний у жителей. Транспортный поток является главным источником шума в городской среде.

Ставрополь является растущим городом, численность населения которого в последние годы увеличивается. По данным администрации города, в 2023 году было зарегистрировано 552 тыс. человек, что является абсолютным рекордом за все время [3]. Рост населения обуславливает увеличение транспортного потока и появление новых крупных жилых микрорайонов, что позитивно влияет на экономическое развитие города. Однако появляется ряд проблем экологического характера – увеличение шумовой нагрузки, отсутствие или недостаточное озеленение придорожных участков, неудачная проектировка транспортных путей, которая постоянно приводит к большим и длительным пробкам. Согласно исследованиям, в городе необходима оптимизация городских ландшафтов, и необходимо обращать внимание не только на материалы и методы звукоизоляции, но и прежде всего на городскую планировочную структуру для предотвращения негативного воздействия [4].

Данная проблема весьма ощутимо проявляется в юго-западном районе г. Ставрополя. По данным Росстата за 2023 г., население Юго-Западного района составляет больше 270 тыс. чел. от общего числа проживающих в городе. Это самый густонаселенный район с типовой многоэтажной застройкой, который постоянно подвергается интенсивной шумовой нагрузке от транспорта, количество кото-

рого продолжает расти. Согласно требованиям СП 42.13330.2016, суммарная площадь зеленых насаждений на территории рассматриваемого микрорайона должна составлять не менее 6 м² на одного человека, а для районов, располагающихся в степной и лесостепной зоне, в пределах которых и располагается город, эти значения надо увеличивать на 10–20% [5]. Также в соответствии с ОДМ 218.011-98 для комплексной защиты придорожных территорий установлены основные параметры защитных зеленых насаждений, учитывающих ширину защитной полосы не менее 10 м; высота деревьев и кустарников должна составлять не менее 7–8 м и 1,5–2 м соответственно [6]. К сожалению, на сегодняшний день данные требования на территории юго-западного района соблюдаются минимально, что не может не сказываться на превышении шумовой нагрузки.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось в весенне-летний и осенне-зимний период 2022–2023 года на территории ЖК «Перспективный» и части Юго-Западного объезда, а также ЖК «Российский» г. Ставрополя, (рис. 1, 2).

Замеры шумовой нагрузки проводились в будние и выходные дни – в мае 2022 г. для ЖК «Перспективный» и с октября 2022 г. по февраль 2023 г. для ЖК «Российский» в лиственный и безлиственный период. На территории ЖК «Перспективный» и части Юго-Западного района было выбрано 28 точек измерений, у ЖК «Российский» – 15 точек измерений. Для замеров выбирались дни с отсутствием выпадения осадков и сильного ветра. Были получены средние значения шумовой нагрузки.

Измерение шумовой нагрузки проводилось шумомером UNI-T UT352. В процессе измерения были получены средние, максимальные и минимальные значения уровня шумового воздействия. Режим измерения, используемый в процессе работы, – «А». Исследование проводилось согласно ГОСТу 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» [7]. Для сравнения полученных данных с предельно допустимыми значениями был использован СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов

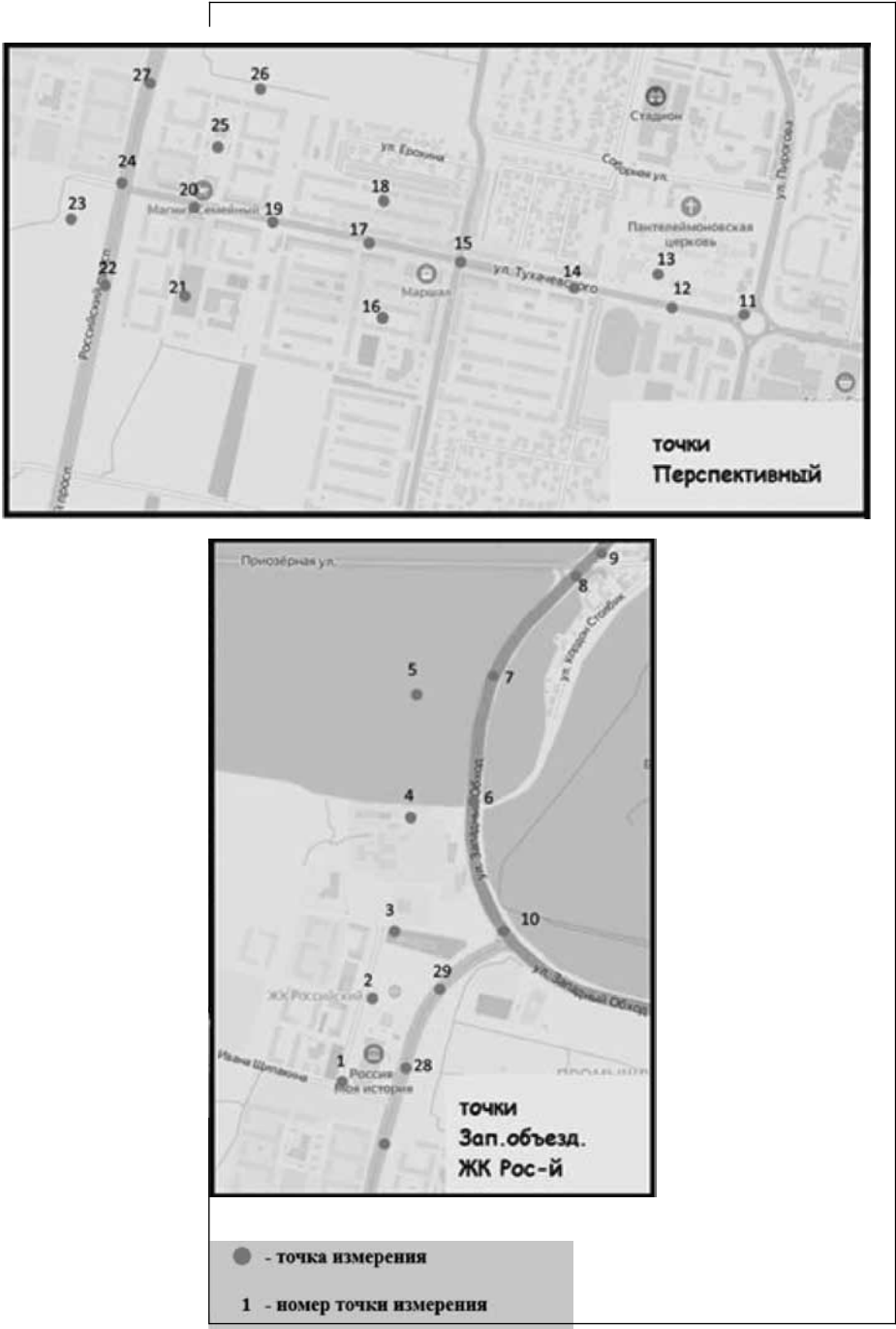


Рис. 1. Точки измерения ЖК «Перспективный» и Юго-Западный объезд (Google Карты).
Fig. 1. Measuring points of the «Perspektivnyy» residential complex and the South-Western detour (Google Maps).



Рис. 2. Точки измерения ЖК «Российский» (Google Карты).
Fig. 2. Measuring points of the residential complex «Rossiyskiy» (Google Maps).

среды обитания». Максимальный уровень звука L (Амакс) берется для «площадок отдыха, функционально выделенных на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, стационарных организаций социального обслуживания, организаций для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, площадок дошкольных образовательных организаций и других образовательных организаций» – 60 дБА [8].

Для исследования шумовой нагрузки выбирались территории с многоэтажными комплексами домов, которые постоянно подвергаются воздействию из-за близости проезжей части, наличия крупных магазинов, кафе, школ, детских садов, детских площадок, крупных площадей и достопримечательностей.

Одним из результатов исследования стало построение математической модели методом аппроксимации, которая описывает распространение шума от транспортного потока в лиственный и безлиственный период воздействия.

Результаты исследований и их обсуждение

«Перспективный» и «Российский» – это новые жилые комплексы, которые появились в течение последних десятилетий. Это густонаселенный район, который привлекает большое количество людей – от семей с детьми, до студентов со всего края и других регионов. При росте населения наблюдается увеличение транспортного потока, что ведет к образованию шумового загрязнения [9, 10]. При проведении исследований на территории ЖК «Перспективный» и Юго-западного обхода были получены данные уровня шума, представленные графически (рис. 3).

Максимальные значения были зафиксированы в пределах от точки №6 до №10 (в точке №9 вечером в час пик самое высокое значение доходит почти до 90 дБА). Это связано с близостью проезжей части и наличием крупных и затяжных пробок в утренние и вечерние часы.

Минимальные значения зафиксированы в точках №3 и №5, что можно объяснить удаленностью от дороги и наличием физической преграды для распространения шума в виде деревьев (точка №5 удалена от транспортной трассы почти на 50 м в лесном массиве). А также низкие значения в утреннее время зафиксировано бы-

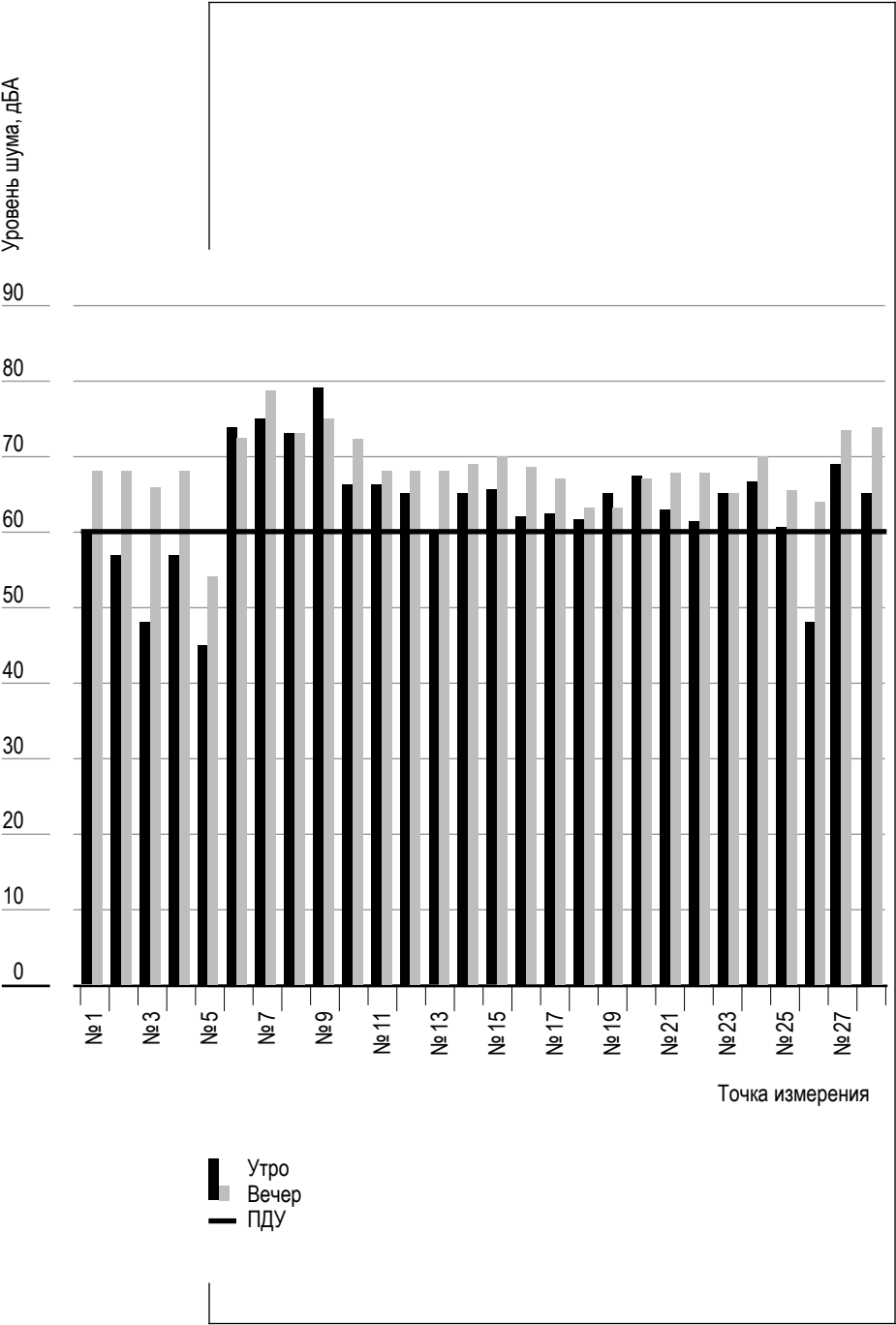


Рис. 3.

Средний уровень шумовой нагрузки в ЖК «Перспективный».

Fig. 3. The average noise load level in the «Perspektivny» residential complex.

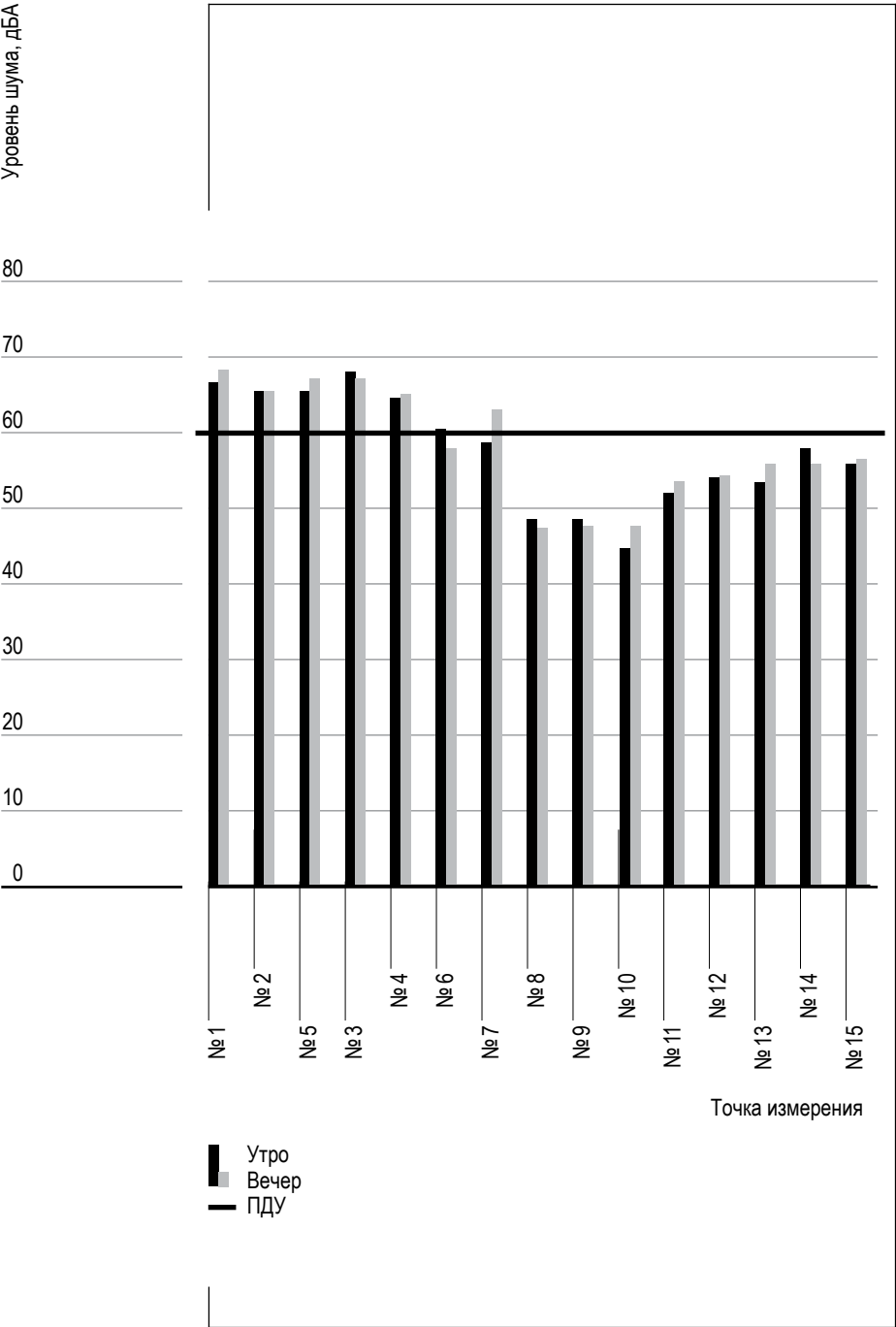


Рис. 4. Средние значения шумовой нагрузки (ЖК «Российский, октябрь 2022 г.).
Fig. 4. Average values of noise load (residential complex «Rossiyskiy», October 2022).

ло в точке № 26, что связано с небольшим транспортным потоком и домами, которые блокируют звуки.

При проведении исследований в ЖК «Российский» нами были получены более точные сведения о динамике изменения шума в осенне-зимний период. Так, были зафиксированы значения в частично лиственный, безлиственный и снежный период.

В октябре 2022 г. самые максимальные значения шума были зафиксированы в точках № 1–5, которые располагались вдоль транспортной трассы. Именно это и повлияло на полученные результаты.

Минимальный уровень зарегистрирован непосредственно во дворах жилого комплекса, в точках № 8, 9 и 10. Главными источниками шума являются припаркованные автомобили, которые выезжают или заезжают на стоянки во дворах.

На открытых пространствах, таких как Владимирская площадь, уровень шумового воздействия не превышает предельно-допустимых значений (рис. 4).

При сравнении данных замеров шумовой нагрузки в октябре с результатами в ноябре и декабре 2022 г. заметно, что уровень шума на конкретной территории имеет общую стабильную тенденцию. Минимальные и максимальные значения шума резко не изменяются и остаются в тех же точках, что и были ранее (рис. 5, 6).

В полученных результатах в декабре 2022 г. были отмечены самые высокие значения за время всего исследования в первых пяти точках около проезжей части (72 дБА). Подобная ситуация могла произойти из-за усиления транспортного потока, т. к. отсутствуют факторы, которые бы могли повлиять на распространение шума в пределах этой зоны.

Зима в Ставрополе начинается в конце ноября и частым явлением являются постоянные оттепели в течение всего зимнего периода [11]. Но в последние 5–10 лет снег выпадает гораздо позже – в январе. В снежный период, который в Ставрополе наблюдается в конце января начале февраля, были зафиксированы самые низкие значения за период всех измерений (рис. 7)

Создание моделей расчета дорожного шума – важный шаг для понимания особенностей распределения дорожного шума, а также для дальнейшего построения карт дорожного шума на больших территориях [12, 13]. Математическое моделирование – метод, кото-

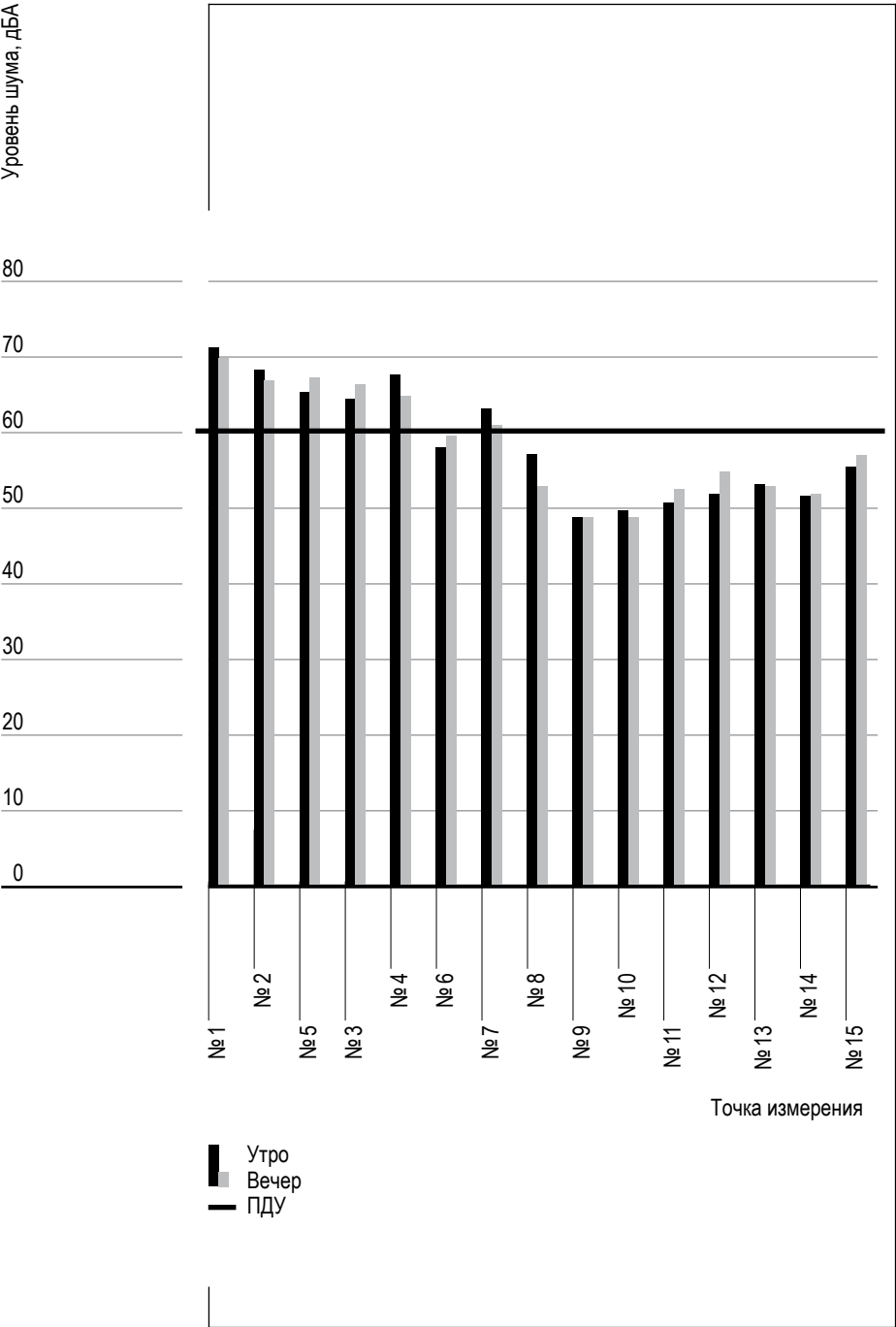


Рис. 5. Средние значения шумовой нагрузки (ЖК «Российский, ноябрь 2022 г.).
Fig. 5. Average values of noise load (residential complex «Rossiysky», November 2022).

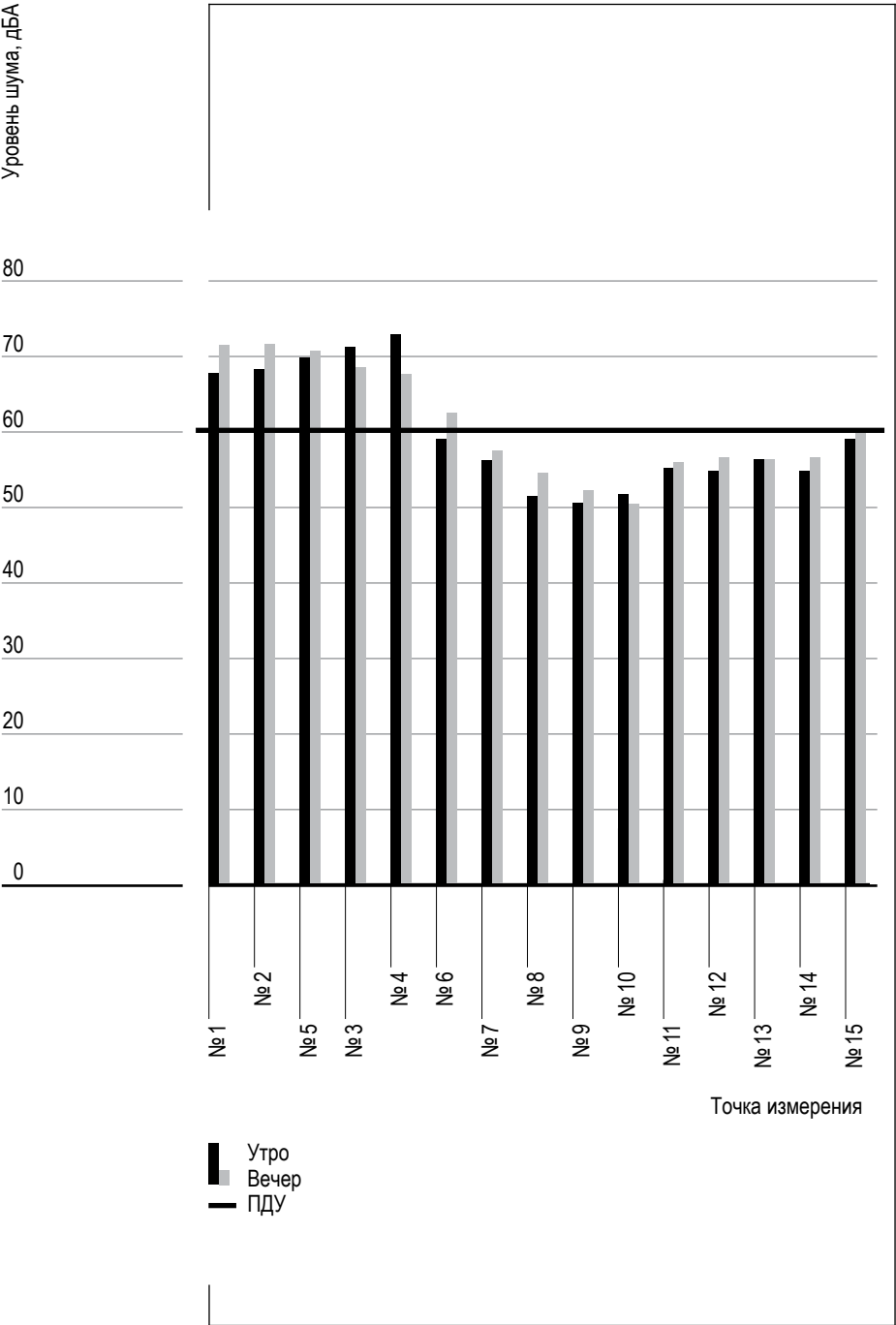


Рис. 6.

Средние значения шумовой нагрузки (ЖК «Российский», декабрь 2022 г.).
Fig. 6. Average values of noise load (residential complex «Rossiysky», December 2022).

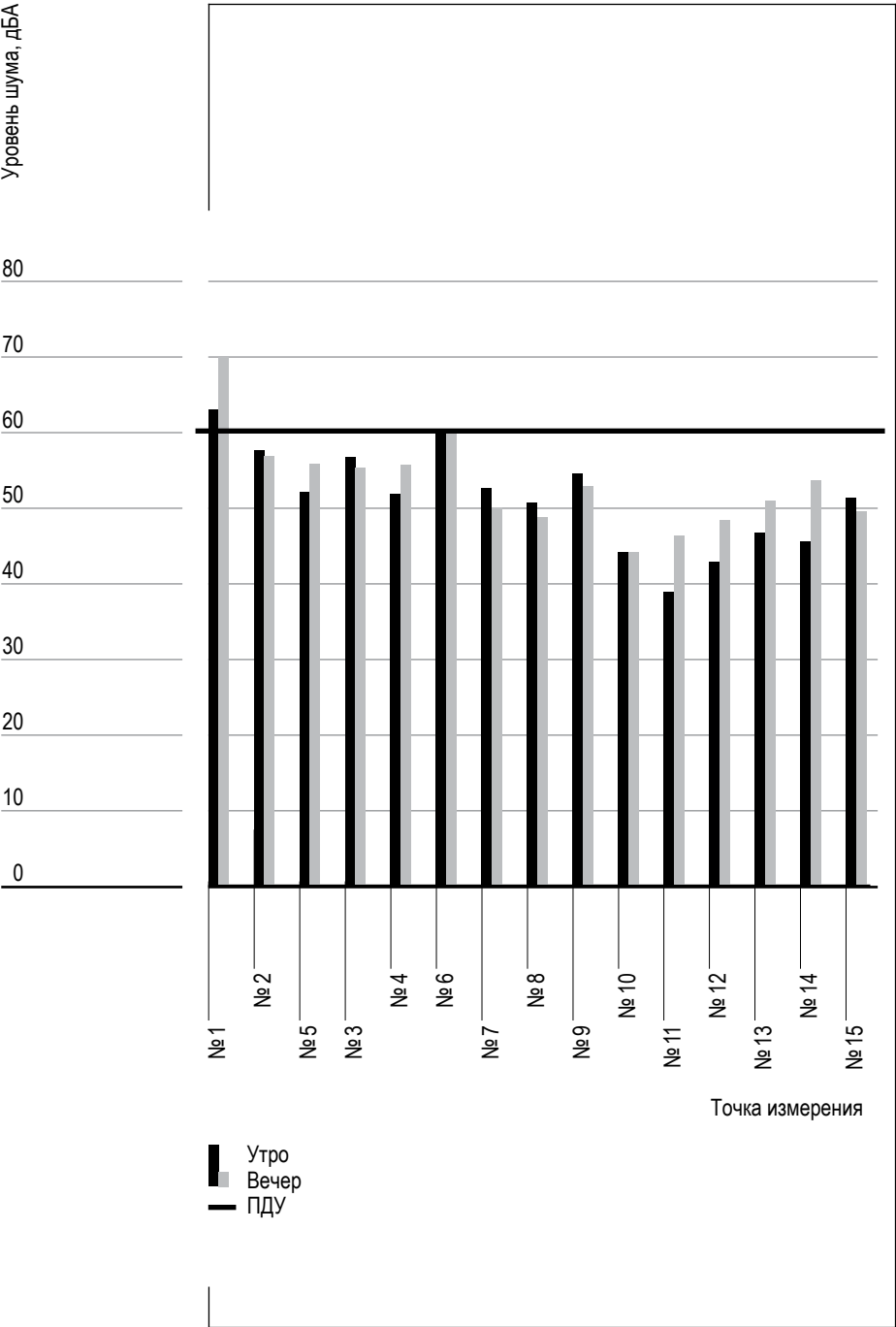


Рис. 7. Средние значения шумовой нагрузки (ЖК «Российский, февраль 2023 г.).
Fig. 7. Average values of noise load (residential complex «Rossiyskiy», February 2022).

рый используется в изучении технических, экологических и иных систем [14]. Благодаря своей универсальности и способности прогнозировать наблюдаемые явления, моделирование часто применяется в исследованиях и может быть использовано в отношении транспортного шума. С помощью полученных данных в ходе измерения шумового загрязнения и изучения транспортного потока была сформирована математическая модель, которая может использоваться для расчета уровня шума без специальных приборов.

Для построения модели был использован метод аппроксимации. Математическая модель была создана для лиственного и безлиственного периода, что демонстрируют ниже представленные графики (рис. 8, 9).

Как видно из рисунков 7 и 8, очевидна зависимость между распространением шума при наличии и отсутствии листвы. До значения потока в 400 автомобилей в час уровень шума растет на представленных графиках равномерно. Однако дальше значения шума в безлиственный период начинает сильно увеличиваться относительно лиственных измерений. Таким образом листва становится естественной преградой распространения шума.

Согласно исследованиям, растительность (особенно древесно-кустарниковая) может быть физическим барьером и снижать уровень шумовой нагрузки [15, 16, 17]. Зная плотность транспортного потока, математическая модель может способствовать обоснованию того, когда требуется озеленение трассы, а в каких случаях следует применять другие способы защиты от шума (например, установка шумозащитных экранов).

В целях снижения шумовой нагрузки рекомендуется высадка придорожных полос озеленения. Для эффективности озеленения нужно учитывать несколько аспектов: рядность, ширина полосы, породы деревьев и кустарников. Так, многие исследователи отмечают, что оптимальная ширина полосы озеленения должна быть около 10–30 м и состоять не менее чем из 3 рядов деревьев в шахматном порядке и 2 рядов кустарников. Придорожная полоса озеленения с шириной 40 м и хорошо развитой кустарниковой и древесной растительностью может снижать уровень шума на 17–23 дБ [18, 19, 20]. Из пород деревьев рекомендуется высадка березы повислой и рябины промежуточной, а также можно использовать хвойные по-

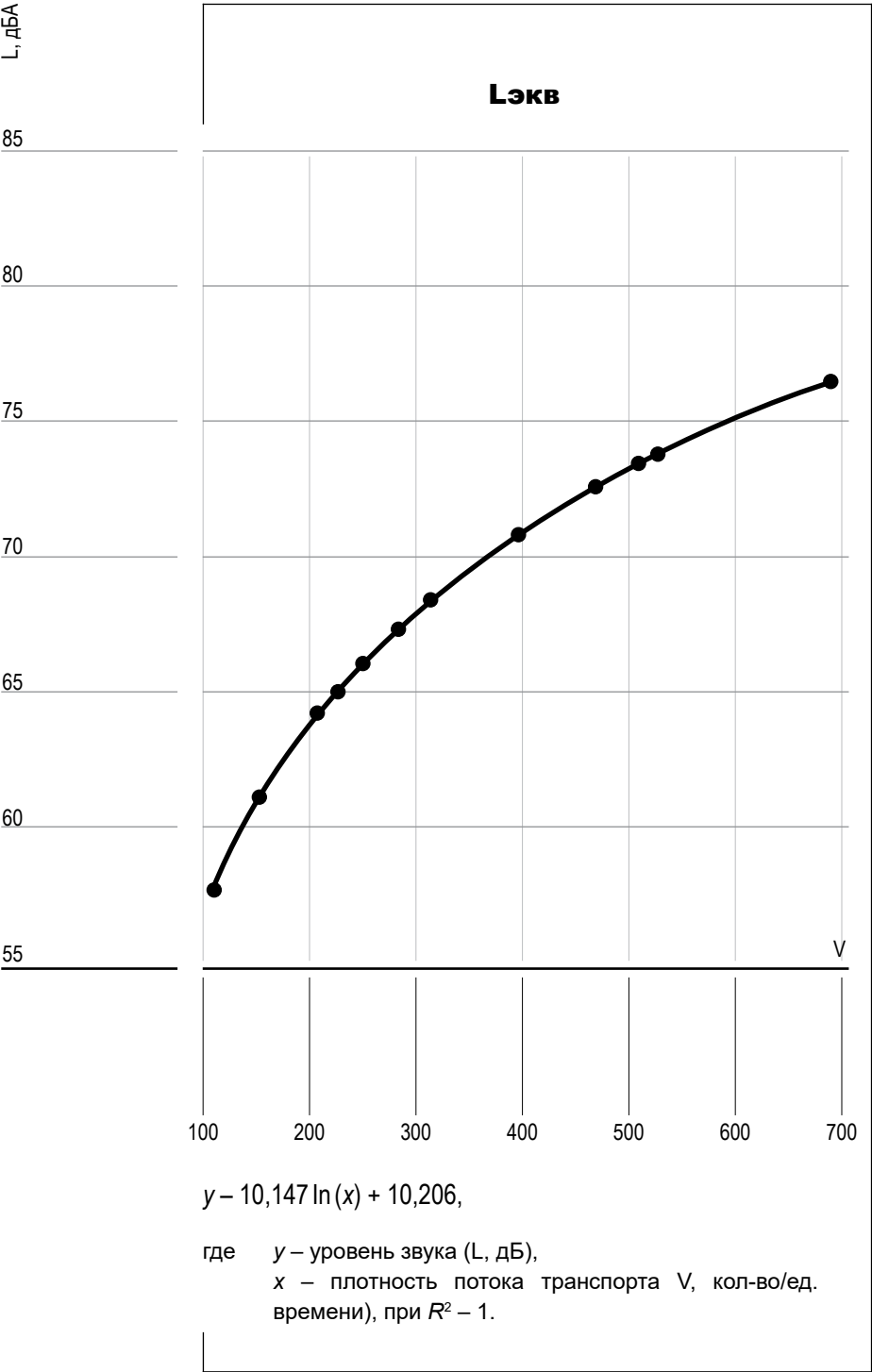


Рис. 8. Изменение шумовой нагрузки в безлиственный период.
Fig. 8. Change in noise load during the leafless period.

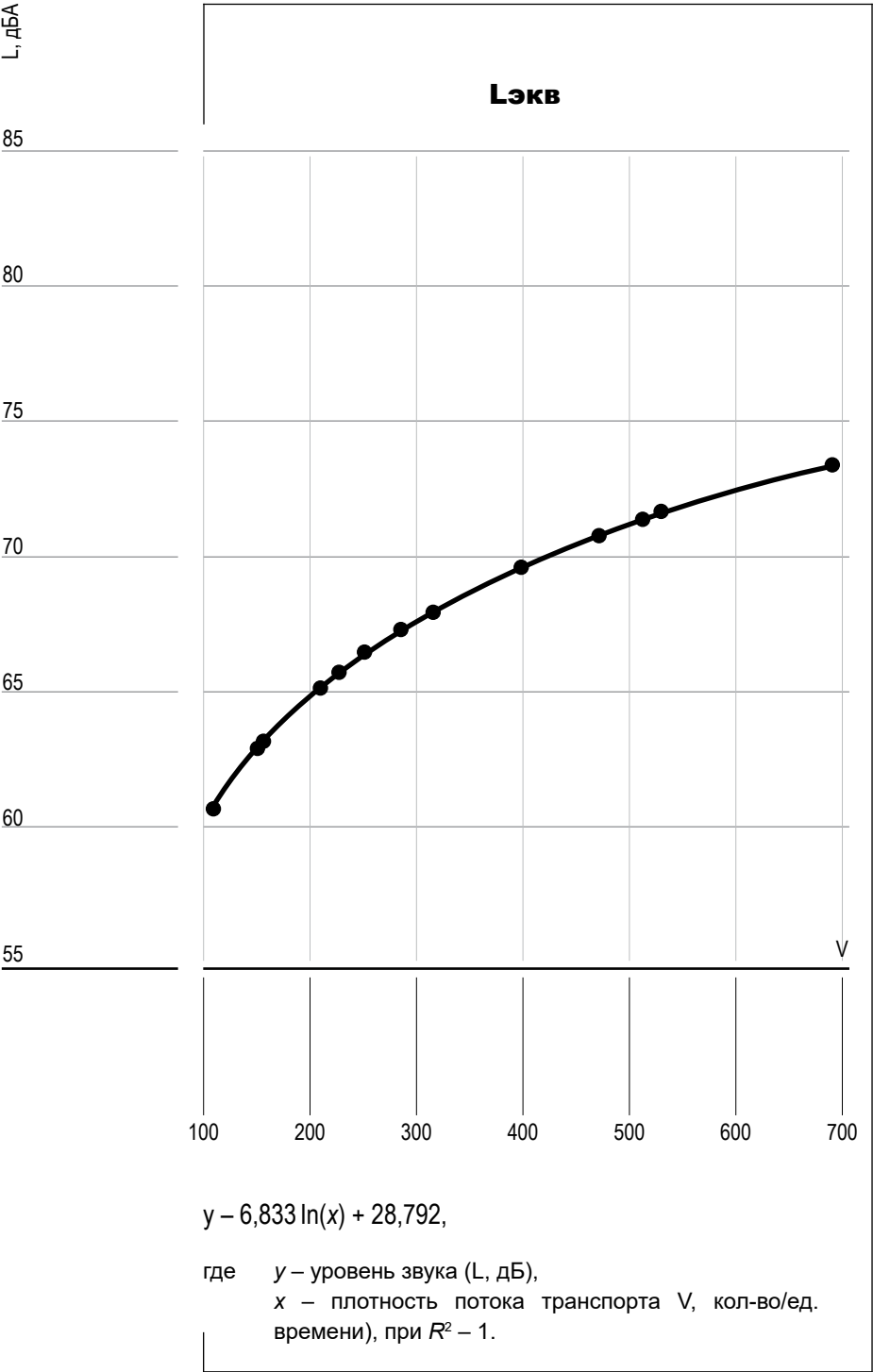


Рис. 9.

Изменение шумовой нагрузки в лиственный период.
Fig. 9. Change in noise load during the deciduous period.

роды (ель, лиственница) и распространенный тополь пирамидальный [15, 16, 21].

Заключение

Город Ставрополь продолжает свое активное развитие, которое проявляется в росте численности населения. Это влечет за собой появление новых жилых комплексов, которые в дальнейшем образуют отдельные микрорайоны со своей инфраструктурой. Жилые комплексы «Перспективный» и «Российский» расположены в Промышленном районе – самом интенсивно растущем районе города. В связи с их развитием важным аспектом становится правильная планировка, которая позволит этим жилым комплексам быть не только социально-экономически привлекательными, но и экологически благополучными для проживания в них. Важной проблемой является недостаточное озеленение этих территорий, направленное не только на улучшение качества воздушной среды, но и снижение шумовой нагрузки. Также недостаточная пропускная способность автодорог и постоянно увеличивающееся количество автотранспорта приводят к постоянным и продолжительным пробкам.

Анализ графиков значений шумовой нагрузки показал, что территория ЖК «Перспективный» испытывает частое воздействие от превышения предельно допустимых значений шумовой нагрузки. Это связано с близостью проезжей части к домам и недостаточным озеленением, включающим в себя чаще всего один ряд невысоких хвойных деревьев. Около ЖК «Российский» непосредственно у домов не было зафиксировано превышений. Но на тротуаре вдоль Юго-Западного обхода очень часто уровень шума достигает 70 и более дБА.

Список источников

1. Шишелова Т. И. Малыгина Ю. С. Нгуен С. Д. Влияние шума на организм человека // Успехи современного естествознания. 2009. №8. С. 14–15.
2. Иванова А. С. Влияние параметров придорожных лесных полос на снижение шума вблизи автомобильных дорог (на примере Саратовского правобережья): дис. ... канд. биол. наук. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 2014. 118 с.

3. Управление Федеральной службы государственной статистики по Северо-Кавказскому федеральному округу. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 23.11.2023).
4. Marusceac V, Ciotlaus M. Optimizing urban landscapes in regard to noise pollution // *Procedia Manufacturing*, Volume 32, 2019. P. 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.197>.
5. СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> (дата обращения: 23.11.2023).
6. ОДМ 218.011-98 «Автомобильные дороги общего пользования. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006888> (дата обращения: 23.11.2023).
7. ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200114242> (дата обращения: 23.11.2023).
8. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 23.11.2023).
9. Чудинова О. Н., Тумуреева Н. Н., Санжиева С. Е. Воздействие шума от автомобильного транспорта на городскую среду // *Вестник КрасГАУ*. 2017. №9(132). С. 93–99.
10. Кусаинова Г. С., Земляная А. В. Оценка воздействия шума от автомобильного транспорта на городскую среду // *Безопасность городской среды: Материалы VII Международной научно-практической конференции, Омск, 20–22 ноября 2019 года*. Минобрнаука России, ОмГТУ; под общей редакцией Е. Ю. Тюменцевой. Омск: Омский государственный технический университет, 2020. С. 367–371.
11. Экологический паспорт г. Ставрополя. Ландшафт. Ставрополь: Орфей, 1995. 78 с.
12. Weijun Y, Jinying H, Canming H, Ming C. Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2020. Vol. 87. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102516>
13. Ziqin L, Canming H, Ming C. Urban road traffic noise spa-

- tiotemporal distribution mapping using multisource data. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2020. Vol. 82. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102323>
14. Звонарев С. В. Основы математического моделирования: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 112 с.
 15. Цесарь Е. Г. Снижение шумового загрязнения в городах с использованием ассимиляционного потенциала природной среды // Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 23–25 марта 2021 года. Под ред. Н. И. Иванова. Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2021. С. 199–202.
 16. Цветкова А. В., Калинина И. К. Обоснование широкого использования зеленых насаждений, как средство защиты от шумового загрязнения городских поселений (на примере Южно-Сахалинска) // Региональная экология. 2013. № 1–2(34). С. 153–158.
 17. Лазарева Г. А., Буфалова М. А., Жмылев П. Ю. Оценка влияния зеленых насаждений на распространение шума от автотранспорта // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие»: Материалы конференций: Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция; Всероссийская (национальная) научная конференция; Санкт-Петербург, 10–13 февраля 2022 года. Санкт-Петербург: Нацразвитие, 2022. С. 106–108.
 18. Курбанбаев А. Б., Саткыналиев К. Т., Алыкулов К. К. Зеленые насаждения как метод защиты от шума // Материаловедение. 2022. № 2(37). С. 26–31.
 19. Милина М. Ю., Тарусова М. С., Васильева В. В., Ставцева А. А. Роль зеленых насаждений в защите от транспортного шума в городах // Молодежь и наука: шаг к успеху: сб. науч. трудов. Курск, Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 185–187.
 20. Бобра Т. В., Каменева М. Ю., Свербилова А. А. Анализ шумового загрязнения городской среды Симферополя // Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского: Сборник тезисов участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых, Симферополь, 01 ноября 2019 года. Симферополь: Симферополь, 2019. С. 3–5.

21. Балакин В.В., Сидоренко В.Ф. Шумозащитная эффективность разделительных полос озеленения на объектах транспортной инфраструктуры // Национальная ассоциация ученых. 2015. №9–1(14). С. 110–112.

References

1. Shishelova TI, Malygina YS, Nguyen XD. The effect of noise on the human body. The successes of modern natural science. 2009;(8):14–15 (In Russ.).
2. Ivanova AS. Influence of parameters of roadside forest strips on noise reduction near highways (on the example of the Saratov right bank): diss. ... cand. biol. sciences. Saratov: Saratov State Vavilov Agrarian University; 2014. 118 p. (In Russ.).
3. Department of the Federal State Statistics Service for the North Caucasus Federal District. Available from: <https://rosstat.gov.ru> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
4. Marusceac V, Ciotlaus M. Optimizing urban landscapes in regard to noise pollution. *Procedia Manufacturing*. 2019;(32):161-166. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.197> [Accessed 23 November 2023].
5. SP 42.13330.2016 “Urban planning. Planning and construction of urban and rural settlements”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
6. ODM 218.011-98 “Public highways. methodical recommendations on landscaping of highways”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200006888> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
7. GOST 23337-2014 “Noise. Methods of measuring noise in residential areas and in residential and public buildings”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200114242> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
8. SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> [Accessed 23 November 2023] (In Russ.).
9. Chudinova ON, Tumureeva NN, Sanzhieva SE. The impact of noise from motor transport on the urban environment. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2017;9(132):93-99. (In Russ.).

10. Kusainova GS, Zemlyanaya AV. Assessment of the impact of noise from motor transport on the urban environment. In Urban environment safety: Materials of the VII International Scientific and Practical Conference, Omsk, November 20–22, 2019. Ministry of Education and Science of Russia, OmSTU; Ed. by E. Y. Tyumentseva. Omsk: Omsk State Technical University, 2020;367–371. (In Russ.).
11. Environmental passport of Stavropol. Landscape. Stavropol, Orpheus, 1995. 78 p. (In Russ.).
12. Weijun Y, Jinying H, Canming H, Ming C. Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2020;87:102516. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102516> [Accessed 23 November 2023].
13. Ziqin L, Canming H, Ming C. Urban road traffic noise spatiotemporal distribution mapping using multisource data. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2020;87. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102323> [Accessed 23 November 2023].
14. Zvonarev SV. Fundamentals of mathematical modeling: textbook. Yekaterinburg: Ural University Pres; 2019. 112 p. (In Russ.).
15. Tsesar TA. Reduction of noise pollution in cities using the assimilation potential of the natural environment. In Protection from increased noise and vibration: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, St. Petersburg, March 23–25, 2021. Edited by N.I. Ivanov. St. Petersburg: Institute of Acoustic Structures, 2021;199–202. (In Russ.).
16. Tsvetkova AV, Kalinina IK. Justification of the widespread use of green spaces as a means of protection from noise pollution of urban settlements (on the example of Yuzhno-Sakhalinsk). Regional'naya ekologiya = Regional ecology. 2013;1-2(34):153–158. (In Russ.).
17. Lazareva GA, Bufalova MA, Zhmylev PY. Assessment of the influence of green spaces on the propagation of noise from vehicles. In Collection of selected articles on the materials of scientific conferences of the National Research Institute "National Development": Conference materials: All-Russian (National) scientific and practical conference; All-Russian (National) Scientific Conference; St. Petersburg, 10–13 Feb-

- ruary 2022. St. Petersburg: HNRI "National development", 2022;106–108. (In Russ.).
18. Kurbanbayev AB, Satkynaliev KT, Alikulov KK. Green spaces as a method of noise protection. *Materialovedenie* = Materials Science. 2022;2(37):26–31. (In Russ.).
 19. Milina MY, Tarasova MS, Vasilyeva VV, Stavtseva AA. The role of green spaces in protection from traffic noise in cities. Youth and science: a step to success: collection of scientific works. Kursk, SouthWest State University, 2019;185–187. (In Russ.).
 20. Bobra TV, Kameneva MY, Sverbilova AA. Analysis of noise pollution of the Simferopol urban environment. «Days of Science of the KFU named after V.I. Vernadsky»: The collection of theses of participants of the V scientific and practical conference of faculty, graduate students, students and young scientists, Simferopol, November 01, 2019. Simferopol: Simferopol, 2019; 3–5. (In Russ.).
 21. Balakin VV, Sidorenko VF. Noise-proof efficiency of dividing strips of landscaping at transport infrastructure facilities. *Nacional'naya asociaciya uchenyh* = National Association of Scientists. 2015; 9–1(14):110–112. (In Russ.).

Информация 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, Scopus: 57202445094. E-mail: algae@mail.ru.
- Харин Константин Викторович** – кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой экологии и биогеографии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: I-3917-2016, Scopus: 56177504800. E-mail: k-harin79@mail.ru.
- Крылова Любовь Игоревна** – магистрант кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: JUF-4508-2023. E-mail: krylowa00@mail.ru.
- Колбин Михаил Дмитриевич** – студент 4 курса кафедры вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н. И. Червякова

Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: JUF-5528-2023. E-mail: mrmateriar@gmail.com.

Вклад авторов: Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

- Inna V. Begdai** – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of Department of Ecology and Biogeography of Faculty of Medicine and Biology, Head of the Scientific and Educational Laboratory of Environmental Biogeochemistry of North-Caucasus Federal University, Scopus: 57202445094. E-mail: algae@mail.ru.
- Konstantin V. Kharin** – Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Head of Chair of the Department of Ecology and Biogeography of Faculty of Medicine and Biology of North-Caucasus Federal University, Researcher ID: I-3917-2016. Scopus: 56177504800.
- Lyubov I. Krylova** – Master degree student of Department of Ecology and Biogeography of the Faculty of Medicine and Biology of North-Caucasus Federal University, Researcher ID: JUF-4508-2023.
- Mikhail D. Kolbin** – 4th year Undergraduate Student of Department of Computational Mathematics and Cybernetics of the Faculty of Mathematics and Computer Sciences named after Prof. Nikolay Chervyakov of North-Caucasus Federal University, Researcher ID: JUF-5528-2023.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Научная статья

УДК 504.056; 873.33.31.23

<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.6>

ПОДВЕРЖЕННОСТЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН ОБВАЛЬНО-ОСЫПНЫМ ПРОЦЕССАМ

Виктор Владимирович Разумов^{1*},
Наталья Дмитриевна Богданова²,
Ризуан Османович Калов³,
Наталья Викторовна Разумова⁴,
Павел Маркович Полян⁵

^{1,3} Высокогорный геофизический институт Росгидромета (пр. Ленина, д. 2, г. Нальчик, 360030, Российская Федерация)

² Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве (ул. 1-я Машиностроения, д. 5, г. Москва, 115088, Российская Федерация)

⁴ Российские космические системы Роскосмоса (ул. Авиамоторная, д. 53, г. Москва, 111250, Российская Федерация)

⁵ Институт географии РАН (пер. Старомонетный, 29/4, г. Москва, 119017, Российская Федерация)

¹ razumov_vv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8099-6976>

² bogdanova@igiis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3983-0373>

³ calov.r@yandex.ru

⁴ razumova-nv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3266-7494>

⁵ pavel.polian@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку.

Аннотация.

Объектом исследования является обвально-осыпная деятельность в Республике Дагестан. В работе рассмотрены результаты систематизации и анализа различных источников, содержащих информацию об активности и опасности проявления обвально-осыпных процессов в населенных пунктах республики за 2004–2022 гг. Охарактеризованы условия, причины, активность и опасность обвально-осыпных проявлений на их территории. Определена роль природного и техногенного факторов в развитии данного процесса и его очевидная приуроченность к зимне-весенне-летнему периоду года (время снеготаяния и выпадения аномального количества осадков). Выявлено 46 населенных пунктов (в 21 административном районе республики), где произошли значимые обвально-осыпные активизации за изучаемый период времени. Большинство этих сельских поселений расположено в низко- и среднегорной частях республики. Наибольшее количество пострадавших (от изучаемых процессов) населенных пунктов расположено в Цумадинском и Ахвахском административных районах республики. Отмечено, что в период с 2004 по 2022 гг.

наибольшая обвально-осыпная активность отмечалась в 2014 г., а очень слабая степень наблюдалась в 2010, 2013 и 2021 гг. В 2006, 2017 и 2019 гг. обвальные процессы в населенных пунктах республики не были зафиксированы. Наиболее катастрофические обвально-осыпные процессы за изучаемый период времени наблюдались в селах Хебда и Голотль Шамильского района. В статье приводятся сведения о масштабах произошедших обвальных деформаций и разрушений жилой инфраструктуры на территории населенных пунктов. Анализ социально-экономических последствий от произошедших обвально-осыпных активизаций позволяет говорить о довольно значительной степени их опасности для жизнедеятельности населения в горной части республики.

Ключевые слова: обвально-осыпные процессы, обвалы и осыпи, активность, опасность, проявление, населенные пункты

Для цитирования: Разумов В. В., Богданова Н. Д., Калов Р. О., Разумова Н. В., Полян П. М. Подверженность населенных пунктов Республики Дагестан обвально-осыпным процессам // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 115–140. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.6>

Конфликт интересов: один из авторов статьи — доктор географических наук, профессор Разумов Виктор Владимирович является членом редакционной коллегии журнала «Наука. Инновации. Технологии». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

**Статья поступила в редакцию 06.04.23
одобрена после рецензирования 09.06.23
принята к публикации 06.12.23**

1.6.21. **Geoeology (Geographical Sciences)**
Research article

**Exposure of the settlements in the Republic
of Dagestan to landslide processes**

**Viktor V. Razumov^{1*}, Natalia D. Bogdanova²,
Rizuan O. Kalov³, Natalia V. Razumova⁴,
Pavel M. Polyan⁵**

^{1,3} High-Mountain Geophysical Institute of Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Rosgidromet) (2, Lenin ave., Nalchik, 360030, Russian Federation)
² Institute of Geotechnics and Engineering Surveys in Construction (5, 1st Mashinostroeniya St., Moscow, 115088, Russian Federation)
⁴ Russian Space Systems of Roscosmos (53, Aviamotornaya St., Moscow, 111250, Russian Federation)
⁵ Institute of Geography of Russian Academy of Sciences (29/4, Staromonetny lane, Moscow, 119017, Russian Federation)

- ¹ razumov_vv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8099-6976>
² bogdanova@igiis.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3983-0373>
¹ calov.r@yandex.ru
³ razumova-nv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3266-7494>
⁴ pavel.polian@gmail.com
* Corresponding author

Abstract.

The object of the study is the landslide activity in the Republic of Dagestan. The paper considers the results of systematization and analysis of various sources containing information on the activity and danger of landslide processes in the settlements of the republic for 2004–2022. The conditions, causes, activity and danger of landslide manifestations on their territory are characterized. The role of natural and man-made factors in the development of this process and its obvious timing to the winter-spring-summer period of the year (the time of snowmelt and abnormal precipitation) is determined. 46 settlements were identified (in 21 administrative districts of the republic), where significant landslides occurred over the period under consideration. Most of these rural settlements are located in the low and middle mountainous parts of the republic. The largest number of affected settlements (from the studied processes) are located in the Tsumadinsky and Akhvakhsky administrative districts of the republic. It is noted that in the period from 2004 to 2022, the greatest landslide activity was observed in 2014, and a very weak degree was observed in 2010, 2013 and 2021. In 2006, 2017 and 2019, landslides in the settlements of the republic were not recorded. The most catastrophic landslide processes over the studied period of time were observed in the villages of Hebda and Golotl in the Shamil district. The article provides information on the scale of the collapse deformations and destruction of residential infrastructure on the territory of settlements. The analysis of the socio-economic consequences of the landslide allows us to speak about a fairly significant degree of their danger to the life of the population in the mountainous part of the republic.

Keywords:

landslide processes, landslides and scree, activity, danger, manifestation, settlements

For citation:

Razumov VV, Bogdanova ND, Kalov RO, Razumova NV, Polyan PM. Exposure of the settlements in the Republic of Dagestan to landslide processes. *Science. Innovations. Technologies*. 2024;(1):115–140. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.6>

Conflict of interest:

one of the authors of article — Viktor V. Razumov, Dr. Sci. (Geogr.), Professor, is a member of editorial board of journal “Science. Innovations. Technologies”. The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript.

The article was submitted 06.04.2023;
approved after reviewing 09.06.2023;
accepted for publication 06.12.2023.

Введение

Под обвалами и осыпями, согласно части II «Правил производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов» СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства», понимается обрушение (опрокидывание, падение, качение) масс горных пород на склоне (в виде крупных и мелких глыб – обвалы; щебня и дресвы – осыпи) в результате их отрыва от коренного массива. Обвалы образуются на склонах крутизной более 45° , а осыпи – на склонах, крутизна которых в основном превышает 30° [1, 2]. Обвально-осыпные процессы происходят в результате ослабления связности горных пород под воздействием процессов выветривания, подмыва, растворения и действия сил тяжести. Условия образования и характер развития обвально-осыпных процессов подробно описаны в научной литературе.

Обвально-осыпные процессы в горных районах представляют значительную угрозу населенным пунктам, хозяйственным объектам и отдельным инженерным сооружениям, затрудняют строительство и эксплуатацию автодорог, перекрывают русла рек и играют большую роль в формировании и подпитывании селевых потоков. На Северном Кавказе активизация обвально-осыпных процессов происходит главным образом весной и связана, как правило, с сильным увлажнением пород в периоды снеготаяния и ливневых осадков. В летние месяцы, во время интенсивного таяния ледников, активизация обвалов и осыпей наблюдается в высокогорно-нивальном зоне. Значительные по объемам обвалы могут быть также вызваны сейсмотектоническими факторами [3–5].

Интенсивность развития обвально-осыпных процессов на территории Республики Дагестан обусловлена многими факторами, основными из которых являются геологическое строение (литологический состав пород, их тектоническая раздробленность и др.), значительная расчлененность рельефа, большая крутизна склонов, степень задернованности (залесенности) склонов, высокая сейсмичность и особенности климатических условий [3, 6–8 и др.]. Активность обвально-осыпных процессов усиливается при техногенном воздействии на склоны (подрезка и проведение буровзрывных работ и др.), что приводит к нарушению устойчивости склонов. Вы-

сокая сейсмическая активность в горной части Дагестана во многих случаях является причиной образования многочисленных крупных обвалов. Так, например, во время Дагестанского землетрясения (14 мая 1970 г.) на территории республики активизировались десятки обвально-осыпных участков [9]. Наибольшая обвально-осыпная активизация на территории республики отмечается в основном в весенне-летний период.

Наиболее развиты обвально-осыпные процессы в высокогорных частях Дагестана (пораженность территории достигает 60–100 %); в средне- и низкогорной зонах активность этих процессов значительно уменьшается (пораженность 10–20 %). Исключение составляют бассейны рек Каракойсу и Ахтычай, где пораженность склонов на всем протяжении очень высокая (40–100 %) [10]. На территории республики выявлен 621 обвально-осыпной участок с суммарной площадью проявления обвально-осыпных процессов более 9 тыс. км². Широкое развитие получили обвальные процессы объемом от первых десятков м³ до первых сотен тыс. м³ [11–17]. Обвалоопасными являются сильно трещиноватые коренные породы (известняки и песчаники), слагающие отвесные эскарпы, а также грубообломочные слабосвязные отложения на крутых склонах и в бортах рек [18]. Осыпные процессы на территории республики распространены значительно шире, однако большой угрозы они не представляют вследствие их медленного развития. Большинство зарегистрированных осыпных проявлений находятся в относительно стабильном состоянии, и область их транзита небольшая (несколько десятков метров) [4, 9, 17].

В потенциальной зоне воздействия обвально-осыпных процессов на территории республики находятся 95 населенных пунктов, большинство из которых расположено в среднегорной части республики (села Гуниб, Лологонитль, Хебда, Голотль и др.) (рис. 1) [11–17, 19].

Крупные обвалы известны в районе сел Унцукуль, Чаида, Игали, Карадах (объем каждого – 10–30 тыс. м³). В сентябре 1981 г. у северо-западной окраины села (с.) Чох Гунибского района произошел обвал объемом 48 тыс. м³. Известен сейсмообвал (200 тыс. м³) у села Ашильта Унцукульского района [9, 10, 20]. В настоящее время

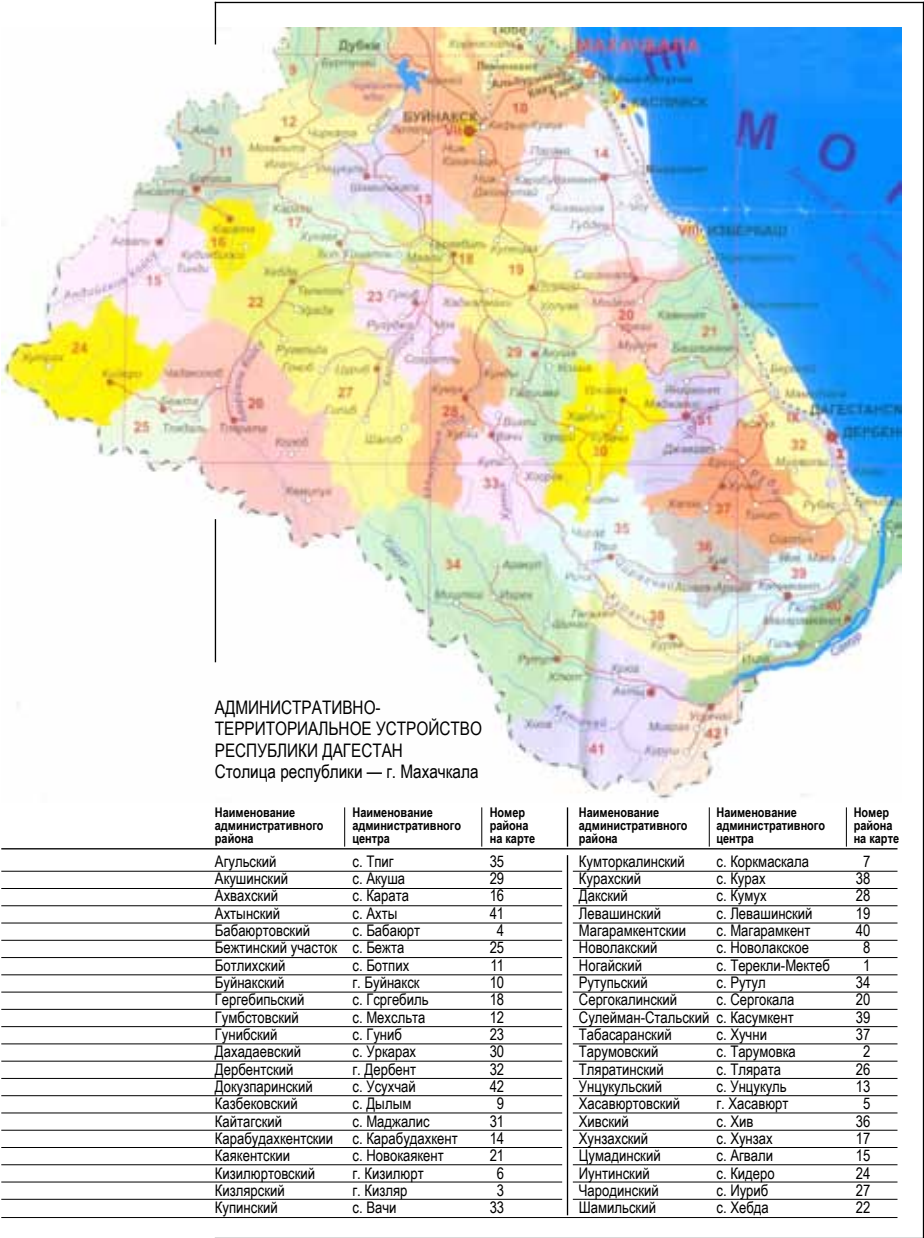


Рис. 1. Карта административно-территориального устройства предгорной и горной частей Республики Дагестан.
https://kartoman.ru/wp-content/uploads/2012/02/karta_dagestana_po_raionam.jpg
Fig. 1. Map of the administrative-territorial structure of the foothill and mountainous parts of the Republic of Dagestan
https://kartoman.ru/wp-content/uploads/2012/02/karta_dagestana_po_raionam.jpg

обвальный процесс развивается в западной части поселка (п.) Тарки (г. Махачкала), где в зоне возможного негативного воздействия процесса находятся жилые дома. Сохраняется опасность обрушения скальных пород над селами Телетль и Батлух Шамильского района, Аракани Унцукульского района, Цада Хунзахского района и многих других.

Целью настоящего исследования является оценка степени активности и опасности проявления обвально-осыпных процессов в населенных пунктах Республики Дагестан за период 2004–2022 гг.

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

- характеристика основных условий и причин активизации обвально-осыпных процессов на территории республики;
- изучение активности и опасности проявления этих процессов в населенных пунктах республики за 2004–2022 гг.

Материалы и методика исследований

Ключевым методом, применяемым в данной работе, стал анализ различных материалов, содержащих информацию об активности проявления обвально-осыпных процессов в населенных пунктах Республики Дагестан. В качестве основных использовались литературные источники и опубликованные данные Центра государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) ФГБУ «Гидроспецгеология» [11–16]. Обобщение и систематизация собранного материала с единых методических позиций позволили достаточно достоверно оценить активность и опасность проявления обвально-осыпных процессов в населенных пунктах Республики Дагестан.

При характеристике режима активизации обвально-осыпных процессов в данной работе использовались среднееголетние значения активности (количество обвально-осыпных проявлений в год). Для Республики Дагестан такими средними значениями, являются 16 ± 4 (12–20) проявлений в год. Обвально-осыпную активность в пределах указанных диапазонов принято считать умеренной

или близкой к среднемуголетней. В случае падения ниже нижнего порога активность оценивается как низкая, а при увеличении выше верхнего – как повышенная. При превышении средних значений в 1,5–2 раза и более активность считается высокой [12].

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 за исследуемый период ведение государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) на территории Республики Дагестан осуществлялось организациями ГУП РЦ «Дагестангеомониторинг» и ООО «Даггеомониторинг» под методическим руководством Южного регионального центра ГМСН ФГБУ «Гидроспецгеология».

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенный нами анализ показал, что за изучаемый период времени на территории республики произошло более 300 значимых обвально-осыпных проявлений. Наибольшее их количество (85 %) наблюдалось на автодорогах, около 15 % активизаций было зафиксировано в населенных пунктах республики. Основными факторами активизации обвально-осыпных процессов за изучаемый период стали гидрометеорологические явления. Большая часть проявлений была приурочена к участкам техногенного воздействия на геологическую среду, где идет интенсивное освоение территории, связанное со строительством хозяйственных объектов.

Приведем результаты анализа активности и опасности произошедших обвально-осыпных активизаций в населенных пунктах Республики Дагестан с 2004 по 2022 гг.

В 2004 г. активность обвально-осыпных процессов на территории республики оценивалась на уровне среднемноголетних значений. Всего было зафиксировано 16 проявлений, из них шесть в населенных пунктах республики. Так, камнепады фиксировались в селах Тлярата Тляротинского района, Сагада Цунтинского района, Эчеда Цумадинского района, Читль Гумбетовского района, Усучай Докузпаринского района. В селе (с.) Голотль Шамильского района, где проживает более двух тысяч жителей, в результате активизации обвального процесса были повреждены два домостроения и хозяйственные постройки. Здесь, обвалоопасный склон, сложенный доломитизированными известняками с редкими прослоями глины, протягивается над селом на 400–600 м вдоль северо-восточной окраины села и расположен в 100 м от границы застройки.

В 2005 г. обвально-осыпная активность на большей части горного и предгорного Дагестана была низкой и только по отдельным районам близкая к среднемноголетним значениям. Произошедшие обвалы по объему были небольшие – от 1,5 до 5 тыс. м³. Всего на территории республики в этом году было зафиксировано девять случаев активизации обвальных процессов, в том числе и в селах Местерух и Лологонитль Ахвахского района, где обвальными массами было разрушено несколько домостроений. В зоне угрозы обвально-осыпных процессов находились жилые дома в с. Ягдыг Табасаранского района, здание новой школы и домостроения в южной

части с. Цибари Цунтинского района, жилые дома юго-западной части с. Новолакское Новолакского района, а также 16 домов в с. Гигих Цумадинского района.

В 2006 г. отмечалась низкая активность обвально-осыпных процессов на территории республики. Всего было зарегистрировано шесть активных обвально-осыпных участков. В населенных пунктах значимых проявлений обвального процесса не наблюдалось.

В 2007 г. на территории республики наблюдался средний уровень обвально-осыпной активности. Всего было зарегистрировано 15 активных обвально-осыпных участков, из которых четыре активизировались в населенных пунктах республики. В апреле крупный обвал (объемом более 10 тыс. м³) был зафиксирован на южной окраине с. Смутул Ахтынского района. Ширина обвалоопасного участка склона составила 50 м, протяженность (зона транзита) – 60–70 м, размеры отдельных глыб достигали 1,5х5 м. Обвалом были разрушены хозпостройки и сильно поврежден жилой дом, в зоне угрозы развития обвального процесса находилось 10 жилых домов. В с. Гуниб Гунибского района обвальными массами был разрушен жилой дом и 20 м подпорной стены на обочине внутрисельской дороги. В Кулинском районе обвалившимися горными породами были разрушены и деформированы жилые домостроения и хозяйственные постройки в с. Кули, а в с. Цовкра-1 разрушено 15 м подпорной стенки и деформировано 400 м внутрисельской автодороги. В этом же году в зоне угрозы развития обвального процесса оказались жилые дома северной окраины с. Ингердах, южной и северной окраин с. Кудиябросо Ахвахского района.

В 2008 г. активность обвально-осыпных процессов на территории республики была низкой. Всего было зафиксировано восемь проявлений, от схода обвальных масс пострадало два населенных пункта республики. Так, 29 января в с. Кудиябросо Ахвахского района на скальном обрыве эскарпа, сложенного доломитизированными известняками, произошел обвал пород (объем – около 14 тыс. м³). Следует отметить, что активность обвального процесса здесь отмечается с 1997 г., последнее значительное обрушение пород произошло в 2002 г. Причиной такой периодической активизации являются постоянно сдвигающие (скалывающие) составляющие силы



Рис. 2.

Разрушенное домостроение, в результате скального обвала, в с. Кудиябросо (Ахвахский район), 2008 г. Фото ГУП РЦ «Дагестангеомониторинг».

Fig. 2. Destroyed housing construction, as a result of a rock collapse, in the village of Kudiabroso (Akhvakhsy district), 2008. Photo by SUE RC "Dagestangeomonitoring".

тяжести и временно действующие силы гидростатического давления воды, а также сейсмические толчки, возникающие при землетрясениях. Обвалоопасный склон здесь протянулся на 1500 м вдоль северо-восточной окраины селения. Зона обвального поражения в с. Кудиябросо в 2008 г. составила 450–500 м. Поверхность склона была повсеместно покрыта глыбами известняка размером от 0,5 до 2,5–3 м в поперечнике, большинство из которых находились в неустойчивом состоянии. В результате активизации были разрушены 14 домостроений и хозяйственных построек, более 50 зданий и кладбище находились в обвалоопасной зоне (рис. 2).

Обвальная активизация наблюдалась 29 февраля и на северо-западной окраине п. Тарки (г. Махачкала), где скальными породами (объем отдельных глыб достигал 50–75 м³) была разрушена насосная станция. Участок развития обвальных процессов представляет

**Рис. 3.**

Обвалоопасный скалистый склон и зона транзита обвала, сформировавшегося 4 марта 2009 г. в районе с. Голотль (Шамильский район). Фото ГУП РЦ «Дагестангеомониторинг».

Fig. 3. The collapse-prone rocky slope and the transit zone of the collapse formed on March 4, 2009 in the area of the village of Golotl (Shamil district). Photo SUE RC "Dagestangeomonitoring".

собой скальный обрыв и крутые склоны высотой более 50 м, господствующие над домостроениями п. Тарки. В потенциально опасной обвальной зоне находилось пять домостроений, линия водопровода. Основным фактором обрушения обломочно-глыбового материала явилось физическое выветривание горных пород, слагающих массив.

В 2009 г. обвально-осыпная активность на территории республики оценивалась на уровне прошлого года. Также, было зафиксировано восемь обвальных проявлений, из них четыре в населенных пунктах республики. В результате выпадения в конце февраля ано-

мального количества атмосферных осадков, 4 марта опять активизировался обвальный процесс на северо-западной окраине с. Голотль Шамильского района. Обвал пород произошел в скальном обрыве куэсты, сложенной верхнеюрскими известняками (рис. 3).

Активизация гравитационных процессов, вызвавшая чрезвычайную ситуацию (ЧС) местного масштаба, привела к разрушению трех домовладений и 650 м автодороги. Объем обвалившихся масс составил 30 тыс. м³, размеры отдельных глыб известняка достигали 0,5–2,5 м³. Часть глыбово-щебнистого материала была задержана деревьями на окраине с. Голотль. В потенциально обвалоопасной зоне находилось около 20 жилых домов, сельская школа, хозпостройки. Следует отметить, что впервые значимая активизация обвального процесса здесь была зафиксирована в 2004 г. После выпадения аномально высокого количества атмосферных осадков, 21 марта было зафиксировано развитие обвального процесса в с. Мисси Агульского района. Обвально-осыпными массами (объем – около 25 тыс. м³) было разрушено два дома и частично школа, деформировано и засыпано около 710 м полотна внутрисельской автодороги. 15 июня активизировался обвальный процесс на восточной окраине с. Гочоб Чародинского района. На обвальном склоне (ширина обвального участка – 700 м, длина – 150 м) находились раздробленные открытыми трещинами неустойчивые глыбы объемом 1–2 м³. В зоне воздействия обвального процесса находились жилые дома юго-восточной окраины селения. Аномальное выпадение атмосферных осадков в осенний период этого же года привело к активизации 9 декабря обвального процесса в под-эскарповой зоне горы Тарки-Тау в п. Тарки (г. Махачкала). В результате активизации произошло обрушение нескольких неустойчивых глыб объемом от 1 до 20 м³. Отдельной глыбой (объем – 15 м³) были разрушены хозяйственные пристройки и жилое помещение. В обвалоопасной зоне оказались 10 домостроений и хозяйственные пристройки.

В 2010 г. активность обвально-осыпных процессов на территории республики оценивалась на уровне среднемноголетних значений. Всего было зафиксировано 15 проявлений, из них одно – в с. Гимры Унцукульского района, где 12 января обвальными массами



Рис. 4. Последствия обвала в с. Хебда (Шамильский район), 2011 г. Фото ГУП РЦ «Дагестангеомониторинг».

Fig. 4. Consequences of the collapse in the village of Hebda (Shamil district), 2011 Photo SUE RC "Dagestangeomonitoring".

(объем – 110 м^3) был разрушен жилой дом. В потенциально обвалоопасной зоне находились 26 домов и хозяйственные постройки. Причиной активизации послужили атмосферные осадки и выветривание пород.

В 2011 г. обвально-осыпная активность на территории республики была низкой. Всего было выявлено восемь активных обвально-осыпных участков, из них три в населенных пунктах республики. Так, 7 марта, после выпадения атмосферных осадков, в с. Миарсо Ботлихского района обвальными процессами был разрушен один дом и 10 домов деформировано. В с. Хебда Шамильского района крупное проявление обвального процесса, произошедшее 15 июля, привело к ЧС локального уровня. В результате обвальной активизации был разрушен 1 дом, 3 сарая, 120 м линии электропередачи (ЛЭП), 150 м водовода и 100 м автодороги (рис. 4). Обвал образовался в трещиноватых песчаниках. Общая площадь участков, охваченных обвальной

активизацией, составила 1500 м². Причиной активизации послужили атмосферные осадки, выпавшие в июле месяце.

В сентябре при активизации обвальных процессов пострадало с. Тлисси Ахвахского района, где срыв скальных пород со склона над селом привел к деформации пяти домов и разрушению двух. Причиной активизации послужило выпадение атмосферных осадков.

В 2012 г. на территории республики зафиксированы средне-годовалые значения активности обвально-осыпных процессов. Всего было выявлено 12 проявлений, из них два в населенных пунктах республики. Так, в июне произошел обвал пород в с. Гигих (Цумадинский район), расположенном у подножья обвалоопасного эскарпа куэсты, выработанного в песчаниках. Относительное превышение верхней части обвального участка над населенным пунктом здесь составляет 600–700 м, наклон поверхности склона достигает 30–35°. Породы выветрелые, разбиты трещинами на отдельности от 3 до 10 м. Оторвавшиеся глыбы песчаника были смещены на 7–8 м от основного массива по направлению падения склона. Оставшиеся на склоне глыбы находились в неустойчивом состоянии и угрожали 16 жилым домам, находящимся у подножия склона. Площадь обвалоопасной зоны составляла около 20 тыс. м². В с. Хулиσμα Лакского района из-за переувлажнения слабосвязных делювиально-коллювиальных отложений и сильно трещиноватых коренных пород 17 августа произошел обвал (площадь обвального участка – около 3 тыс. м²). Обвалившимися массами (объем – 2500 м³) было разрушено два дома, пять хозяйственных построек, 200 м водовода и 150 м внутрисельской автодороги.

В 2013 г. на территории республики отмечалась средняя активность обвально-осыпного процесса. Всего было зафиксировано 13 проявлений, из них одно (в конце июля) в поселке сельского типа (пст.) Цада Хунзахского района. Здесь неустойчивый обвальный массив (длина – 18 м, ширина – 13 м, высота – 15 м, объем – 3,5 тыс. м³) угрожал жилым домам, расположенным на северной окраине селения. В зоне возможного воздействия находится дом-музей им. Гамзата Цадасы, здание соцкультбыта, более 10 жилых домов,хозпостройки и приусадебные участки.

Наиболее высокая обвально-осыпная активность, обусловленная в основном выпадением атмосферных осадков наблюдалась на территории республики в **2014 г.**, когда было зафиксировано 29 обвально-осыпных проявлений, из них девять в населенных пунктах республики. Так, 14 февраля на северо-восточной окраине с. Карчаг Сулейман-Стальского района было отмечено развитие обвального процесса (длина обвального склона – 80 м, ширина – 20 м, высота – 25–30 м, объем – 48 тыс. м³). Обвальными массами, сложенными мощной толщей глинистых отложений, было разрушено 20 м оросительного канала, деформировано 10 м полотна автодороги и пять домостроений. Оставшиеся на этом участке неустойчивые и отделившиеся от основного массива глыбы и блоки, объемом от 1–10 до 20–30 м³, в дальнейшем могут обрушиться даже при сотрясениях менее 5 баллов по шкале МСК- 64. 6 марта после выпадения атмосферных осадков и разгрузки грунтовых вод произошла активизация обвального процесса в с. Ахты (участок улицы Байрамова) Ахтынского района. В результате обрушения горных пород (площадь – 210 м², объем – 3,2 тыс. м³, высота террасы – 15–17 м) были деформированы два домостроения, 70 м внутрисельской автодороги и ЛЭП.

Разгрузка грунтовых вод и выпавшие атмосферные осадки привели к активизации 20 марта обвального участка в пст. Ашар Курахского района. Обвальными отложениями (длина обвального склона – 50 м, ширина – 5 м, высота террасы – 10 м, объем – 2,5 тыс. м³) здесь было деформировано четыре жилых дома и 50 м автодороги. 21 марта, опять же после выпадения атмосферных осадков и разгрузки грунтовых вод, была отмечена угроза обвалов и разрушения домостроений в трех селах Рутульского района (Рутул, Куфа, Кича). В с. Рутул обвальными массами было деформировано 250 м оросительного канала. В зоне воздействия обвального процесса (длина обвального склона – 4 м, ширина – 250 м, объем – 3,0 тыс. м³, высота террасы – 3 м) также находились жилые дома с приусадебными участками. В с. Куфа в обвалоопасной зоне (длина обвального участка – 5 м, ширина – 150 м, объем – 1,5 тыс. м³) находилось около 12 жилых домов с приусадебными участками. В с. Кича в зоне воздействия обвального процесса (длина обвального участка – 4 м, ширина – 70 м, объем – 840 м³, высота террасы – 3 м) находилось около

15 жилых домов с приусадебными участками и сельскохозяйственные угодья. В пст. Унчукатль Лакского района 5 июня обвальными массами (длина обвального склона – 50 м, ширина – 10 м, высота – 10 м, объем – около 5,0 тыс. м³) было деформировано три домостроения с хозяйственными постройками.

С июня неустойчивый обвальный массив (глыба размерами 18 × 13 × 15 м, объем – 3,5 тыс. м³) опять угрожал жилым домам, расположенным на северной окраине пст. Цада Хунзахского района. Площадь обвалоопасной зоны составляла 2,0 тыс. м². В зоне возможного воздействия находился дом-музей им. Гамзата Цадасы, здание соцкультбыта, более 10 жилых домов, хозпостройки и приусадебные участки. В октябре, в пст Ансалта Ботлихского района обвальным процессом было разрушено одно домостроение. 10 ноября выпавшие дожди вызвали обрушение небольшой части обвального склона (длина обвального склона – 800 м, ширина – 350 м, глубина захвата – 3 м) в с. Мисси Агульского района, при обвале была деформирована пристройка школы.

В 2015 г. активность обвально-осыпных процессов в высокогорной и предгорной областях республики была высокая, в среднегорной области – низкая, а в среднем по республике оценивалась как средняя. Всего было выявлено 16 активных проявлений, в том числе активизация обвального процесса произошла в двух населенных пунктах республики. Так, 17 января в с. Хучни Табасаранского района обвальными массами (площадь – 450 м², объем – 2,25 тыс. м³, высота 5 м) было деформировано 30 м газопровода, а 23 января активизация обвального процесса произошла на северо-западной окраине п. Тарки (г. Махачкала) (предыдущие проявления фиксировались в 2008 и 2009 гг.). На поверхности склона (крутизной 45–50°) находились оторванные от скального массива неустойчивые глыбы (объем – 75 м³). В потенциально опасной обвальной зоне расположены частные домостроения и здание насосной станции.

В 2016 г. активность обвально-осыпных процессов на территории республики оценивалась выше среднегодовых значений: в предгорной зоне – средняя, в среднегорной – высокая, в высокогорной – очень высокая активность. В этом году было выявлено 22 активных проявления, из них два – в населенных пунктах Цу-

мадинского района (после выпадения атмосферных осадков). Так, 20 июля в пст. В. Инхоквари обвальными массами (длина обвального массива – 120 м, ширина – 30 м, глубина захвата – 3 м, объем – 10,8 тыс. м³) было деформировано пять домостроений, а 26 июля в пст. Кочали были деформированы внутрисельская автодорога (50 м) и газопровод (20 м). Длина обвального массива над поселком составляет 300 м, ширина – 200 м, глубина захвата – 2 м, объем – 120 тыс. м³. В зоне непосредственной обвальной опасности находились домостроения, сады, автозаправочная станция и ЛЭП.

В 2017 г. обвально-осыпная активность на территории республики была средней. Всего было выявлено 14 активных проявлений, однако в населенных пунктах значимых активизаций обвального процесса не наблюдалось.

В 2018 г. активность обвально-осыпных процессов на территории республики оценивалась как высокая. Всего было выявлено 27 активных проявлений, в том числе активизации наблюдались в трех населенных пунктах. Так, 29 июня произошли обвалы на двух участках в с. Тонох-Кули Тляратинского района. На западной окраине села обвальными массами (длина – 200 м, ширина – 4 м, объем – 4,0 тыс. м³) было деформировано 200 м внутрисельской автодороги, а на северо-западной окраине – обвалом (длина – 20 м, ширина – 4 м, объем – 80 м³) было деформировано 20 м внутрисельской автодороги. 2 октября в с. Куба Лакского района произошел обвал пород (песчаники и известняки) площадью 2,5 тыс. м². В зоне воздействия обвального процесса находились три жилых дома. Сезонные атмосферные осадки обусловили активизацию 4 октября обвального участка (длина – 20 м, ширина – 4 м, объем – 240 м³) на северной окраине с. Хутни Гунибского района, в результате чего было деформировано 20 м автодороги.

В 2019 г. активность обвально-осыпных процессов на территории республики оценивалась ниже средней, всего было выявлено 11 проявлений. В населенных пунктах значимых активизаций обвальных процессов не наблюдалось.

Среднемноголетний уровень обвально-осыпной активности на территории республики наблюдался в 2020 г. Всего было выявлено 12 активных проявлений, в том числе и в трех населенных пун-

ктах. Так, естественное выветривание скальных пород (пачка песчаников) обусловило обвальную активизацию 12 августа на северо-восточной окраине с. Хебда Шамильского района. В результате обрушения скальных пород (площадь – 1 м², глубина захвата – 1 м, объем – 1 м³), было деформировано два дома, в которых проживало 14 человек, из них 8 детей. Один дом в результате камнепада стал непригодным для проживания. 22 августа в с. Гигатли-Урух Цумадинского района после выпадения обильных атмосферных осадков произошла активизация обвального участка (длина – 40 м, ширина – 4 м, высота – 1,5 м, объем – 240 м³), в результате чего был поврежден наземный межпоселковый газопровод. 26 августа на северной окраине с. Кули Кулинского района было отмечено падение отдельных скальных глыб в селитебную зону села. Ширина опасного обвального участка составляла 40 м, длина – 50 м, высота – 30 м, объем отдельных глыб достигал 5 м³. В результате активизации было повреждено два дома, а также хозяйственные постройки и огороды, около пяти старых разрушенных домов находились в зоне обвального риска. Факторами активизации процесса послужило естественное выветривание вышележащих скальных пород (пачка песчаников, перекрывающих аргиллитовую толщу) и обильное выпадение атмосферных осадков.

В 2021 г. обвально-осыпная активность на территории республики оценивалась как высокая. Было выявлено 31 активное проявление, в том числе одно – в с. Агвали Цумадинского района. Здесь 28 июля после выпадения обильных атмосферных осадков произошел обвал скальных пород. Отдельными глыбами были повреждены магазин, две автозаправочные станции и кафе.

Высокая обвально-осыпная активность на территории республики наблюдалась и в 2022 г. Было выявлено около 40 активных проявлений, в том числе одно на подрезанном (при устройстве дороги) склоне в п. Бацада Гунибского района. Здесь при активизации (25 мая) обвального участка было перекрыто 3 м внутрисельской дороги (без покрытия). Обильно увлажненные, после выпадения атмосферных осадков, обвально-осыпные массы (площадь – 7,5 м², объем – 15 м³) были представлены аргиллитами и глинами с прослоями песчаников и известняков.

Заключение

Проведенные систематизация и анализ различных источников, содержащих информацию об активизации обвально-осыпных процессов в Республике Дагестан, позволили охарактеризовать условия и причины, а также оценить активность и опасность обвально-осыпных проявлений в населенных пунктах республики за 2004–2022 гг. Максимальное число случаев активизации обвально-осыпных процессов в них приурочено к зимне-весенне-летнему периоду и обусловлено в основном снеготаянием и обильными атмосферными осадками.

Всего за исследуемый период выявлено 46 населенных пунктов (в 21 административном районе республики), где произошли значимые обвально-осыпные активизации. Большинство этих сельских поселений расположено в низко- и среднегорной частях республики. Наибольшее число пострадавших населенных пунктов расположено в Цумадинском и Ахвахском административных районах. Анализ зарегистрированных проявлений, произошедших в населенных пунктах республики за последние 19 лет, показал, что наибольшая обвально-осыпная активность на их территории отмечалась в 2014 г., а очень слабая степень активизации наблюдалась в 2010, 2013 и 2021 гг.

В 2006, 2017 и 2019 гг. обвальные процессы в населенных пунктах республики не были зафиксированы. Наиболее катастрофические обвально-осыпные процессы (с объявлением чрезвычайной ситуации) за изучаемый период времени наблюдались в селах Хебда и Голотль Шамильского района. По результатам исследования выявлены населенные пункты республики, где обвально-осыпные активизации периодически наблюдались в разные годы. Приведены сведения о масштабах произошедших обвальных деформаций и разрушений жилой инфраструктуры на территории населенных пунктов республики. Анализ социально-экономических последствий, произошедших обвально-осыпных активизаций, позволяет сделать вывод о довольно значительной степени их опасности для жизнедеятельности населения в горной части республики.

Список источников

1. Коломенский Н. В. Специальная инженерная геология. М.: Недра, 1969. 335 с.
2. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии (под ред. А. И. Спиридонова). М.: Советская энциклопедия, 1980. 703 с.
3. Васьков И. М., Юсупов А. Р. Обвалы и оползни в горных долинах // Труды института геологии Дагестанского научного центра. 2017. № 68. С. 34–42.
4. Меликов М. М., Гаджиева Т. Р. Геология, сейсмичность, экзогенные геологические процессы и некоторые формы их проявлений в горных районах Дагестана // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. № 2 (69). С. 59–66.
5. Разумов В. В., Калов Р. О., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Лиховид Н. Г. Активность и опасность проявления обвально-осыпных процессов на территории Кабардино-Балкарской Республики // Наука. Инновации. Технологии. 2023. № 4. С. 33–68. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2023.3.5>
6. Идрисов И. А. Особенности распространения опасных геологических процессов в долине р. Чирагчай // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2011. № 57. С. 212–215.
7. Мамаев С. А., Васьков И. М., Юсупов А. Р., Мамаев А. С. Опасные геологические процессы и перспективы их прогноза в Дагестане // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 1 (72). С. 71–75. <https://doi.org/10.31161/2541-9684-2018-62-1-69-73>
8. Шихрагимов И. М. Об экзогенных геологических процессах на территории Дагестана // Мониторинг. Наука и технологии. 2013. Вып. 4. С. 42–52.
9. Схема территориального планирования Республики Дагестан. Т. 2. Кн. 1. М.: Гипрогор, 2007. 135 с.
10. Схема территориального планирования Республики Дагестан. Т. 2. Книга 3. М.: Гипрогор, 2007. 255 с.
11. Информационные бюллетени о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2004–2021 гг. Вып. 28–45. М.: Геоинформмарк, 2005–2022.
12. Информационные бюллетени о состоянии недр территории Северо-Кавказского федерального округа Российской Федерации за 2015–2022 гг. Вып. 12–19. Ессентуки: Гидро-спецгеология, 2016–2023.

13. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации (по кварталам) за 2007–2022 гг. М.: Гидроспецгеология, 2007–2022.
14. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Южного федерального округа (по кварталам) за 2006–2010 гг. Ессентуки: Гидроспецгеология, 2006–2010.
15. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов (по кварталам) за 2011–2012 гг. Ессентуки: Гидроспецгеология, 2011–2012.
16. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Северо-Кавказского федерального округа (по кварталам) за 2013–2022 гг. Ессентуки: Гидроспецгеология, 2013–2022.
17. Мамаев С.А., Сулейманов В.К., Мамаев А.С. Современное применение ГИС-технологий при мониторинге экзогенных процессов в Республике Дагестан // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. №1 (76). С.61–66. <https://doi.org/10.33580/2541-9684-2019-63-1-61-66>
18. Разумов В.В. и др. Опасные природные процессы Северного Кавказа / под ред. проф. В.В. Разумова. М.: Изд-во «Феория», 2013. 320 с.
19. Разумов В.В., Разумова Н.В. Обвальнo-осыпные процессы на территории Северного Кавказа // Геориск. 2013. №1. С. 44–52.
20. Шамурзаева Д.А., Королев Б.И., Новиков К.В. Факторы развития оползневoго процесса, выделенные на основе информационного анализа на примере Республики Дагестан // Разведка и охрана недр. 2013. №10. С. 21–25.

References

1. Kolomensky NV. Special engineering geology. Moscow: Nedra; 1969. 335 p. (In Russ.).
2. Four-language encyclopedic dictionary of terms in physical geography (edited by AI Spiridonov). Moscow: Soviet Encyclopedia; 1980. 703 p. (In Russ.).
3. Vaskov IM, Yusupov AR. Landslides in mountain valleys. *Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra* = Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center. 2017;(68):34–42. (In Russ.).

4. Melikov MM, Gadzhieva TR. Geology, seismicity, exogenous geological processes and some forms of their manifestations in the mountainous regions of Dagestan. *Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra* = Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2017; 2(69):59–66. (In Russ.).
5. Razumov VV, Kalov RO, Bogdanova ND, Razumova NV, Likhovid NG. Activity and danger of landslide processes on the territory of the Kabardino-Balkarian Republic. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2023;(4):33–68. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2023.3.5> (In Russ.).
6. Idrisov IA. Features of the spread of hazardous geological processes in the valley of the Chiragchay river. *Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra* = Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2011;(57):212–215. (In Russ.).
7. Mamaev SA, Vaskov IM, Yusupov AR, Mamaev AS. Dangerous geological processes and prospects for their forecast in Dagestan. *Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra* = Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018;1(72):71–75. <https://doi.org/10.31161/2541-9684-2018-62-1-69-73> (In Russ.).
8. Shikhragimov IM. On exogenous geological processes on the territory of Dagestan. *Monitoring. Nauka i tekhnologii* = Monitoring. Science and technology. 2013;(4):42–52. (In Russ.).
9. Territorial planning scheme of the Republic of Dagestan. Volume 2. Book 1. Moscow: Giprogor, 2007. 135 p. (In Russ.).
10. Territorial planning scheme of the Republic of Dagestan. Volume 2. Book 3. Moscow: Giprogor, 2007. 255 p. (In Russ.).
11. Information bulletins on the state of subsoil on the territory of the Russian Federation in 2004–2021. Vol. 28–45. Moscow: Geoinformmark LLC, 2005–2022. (In Russ.).
12. Information bulletins on the state of the subsoil of the territory of the North-Caucasus Federal District of the Russian Federation for 2015–2022. Vol. 12–19. Essentuki: SRC GMSN Federal State Budgetary Institution “Gidrospetsgeologiya”, 2016–2023. (In Russ.).
13. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes on the territory of the Russian Federation

- (by quarter) for 2007–2022. Moscow: Center GMSN FSBI “Gidropetsgeologiya”, 2007–2022. (In Russ.).
14. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes in the territory of the Southern Federal District (by quarter) for 2006–2010. Essentuki: SRC GMSN Federal State Budgetary Institution “Gidropetsgeologiya”, 2006–2010. (In Russ.).
 15. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes in the territory of the Southern and North-Caucasus Federal Districts (by quarter) for 2011–2012. Essentuki: SRC GMSN Federal State Budgetary Institution “Gidropetsgeologiya”, 2011–2012. (In Russ.).
 16. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes in the territory of the North-Caucasus Federal District (by quarter) for 2013–2022. Essentuki: SRC GMSN Federal State Budgetary Institution “Gidropetsgeologiya”, 2013–2022. (In Russ.).
 17. Mamaev SA, Suleymanov VK, Mamaev AS. Modern application of GIS technologies in monitoring exogenous processes in the Republic of Dagestan. *Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN* = Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2019;1(76):61–66. <https://doi.org/10.33580/2541-9684-2019-63-1-61-66> (In Russ.).
 18. Razumov VV et al. Dangerous natural processes of the North Caucasus / VV Razumov, AKh Adzhiev, NV Razumova, AYa Glushko, SI Shagin, NV Kondratyeva, AP Pritvorov, AG Kolychev, MA Shapovalov. Edited by prof. V.V. Razumov. Moscow: Publishing house “Feoria”, 2013. 320 p. (In Russ.).
 19. Razumov VV, Razumova NV. Landslide processes in the North Caucasus. *Georisk* = Georisk. 2013;(1):44-52. (In Russ.).
 20. Shamurzaeva DA, Korolev BI, Novikov KV. Factors in the development of the landslide process, identified on the basis of information analysis using the example of the Republic of Dagestan. *Razvedka i ohrana nedr* = Exploration and protection of subsoil. 2013;(10):21-25. (In Russ.).

Информация об авторах

Виктор Владимирович Разумов – доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела стихийных явлений Высокогорного геофизического института.

Наталья Дмитриевна Богданова – инженер Института геотехники и инженерных изысканий в строительстве.

Ризуан Османович Калов – доктор географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела экологических исследований Высокогорного геофизического института.

Наталья Викторовна Разумова – кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник АО «Российские космические системы».

Павел Маркович Полян – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН, Scopus ID: 6603630160.

Вклад авторов

Виктор Владимирович Разумов – определение идеи статьи и логики исследования. Сбор, интерпретация и анализ полученных данных. Утверждение окончательного варианта, принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Наталья Дмитриевна Богданова – сбор, интерпретация и анализ полученных данных. Подготовка текста и оформление статьи.

Ризуан Османович Калов – сбор, интерпретация и анализ полученных данных. Подготовка и редактирование текста, составление черновика рукописи

Наталья Викторовна Разумова – подготовка и редактирование текста, составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта.

Павел Маркович Полян – подготовка и редактирование текста, составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта.

Information about the authors

Viktor V. Razumov – Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Leading Researcher at the Department of Natural Phenomena of the High-Mountain Geophysical Institute.

Natalia D. Bogdanova – Engineer of the Institute of Geotechnics and Engineering Surveys in Construction.

Rizuan O. Kalov – Dr. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Leading Researcher at the Department of Environmental Research of the High-Mountain Geophysical Institute.

Natalia V. Razumova – Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Leading Researcher of Russian Space Systems.

Pavel M. Polyani – Dr. Sci. (Geogr.), Leading Researcher of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences. Scopus ID: 6603630160.

Contribution of the authors

Viktor V. Razumov. Definition of the idea of the article and the logic of the study. Collection, interpretation and analysis of the received data. The approval of the final version is the acceptance of responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Natalia D. Bogdanova. Collection, interpretation and analysis of the received data. Preparation of the text and design of the article.

Rizuan O. Kalov. Collection, interpretation and analysis of the received data. Preparation and editing of the text – drafting of the manuscript

Natalia V. Razumova. Preparation and editing of the text – drafting of the manuscript and the formation of its final version.

Pavel M. Polyani. Preparation and editing of the text – drafting of the manuscript and the formation of its final version.

Научная статья
УДК 622.279.51
<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.7>

ПОДДЕРЖАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛОДЕБИТНЫХ СКВАЖИН ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЕНОМАНСКОЙ ЗАЛЕЖИ

Екатерина Ивановна Инякина¹,
Екатерина Евгеньевна Левитина^{2*},
Александр Викторович Плазун³,
Мохаммед Джавад Зейналабидин Альшейхли⁴

- ^{1,2} Тюменский индустриальный университет (д. 38, ул. Володарского, 625000, Тюмень, Российская Федерация)
³ Газпром добыча Надым (д. 14, ул. Пионерская, 629736, Надым, Ямало-Ненецкий автономный округ, Российская Федерация)
⁴ Киркукский университет (г. Киркук, Ирак)
¹ Injakinaei@tyuiu.ru
² levitinaee@tyuiu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4509-8868>
³ Plazunav@yandex.ru
⁴ mohammed.jawad@uokirkuk.edu.iq
* Автор, ответственный за переписку

Аннотация.

Объектом исследования является сеноманская залежь в период самозадавливания скважин. Скопление капельной жидкости вызывает разрушение скелета породы и увеличивает потери давления при движении газа в скважине, что сказывается на динамике показателей эксплуатационного фонда. Опыт внедрения на Ямбургском месторождении труб диаметром 114 мм увеличил безводный период работы скважин без самозадавливания. На основе имеющейся информации по разработке сеноманской залежи был сделан прогноз вероятного начала самозадавливания фонда скважин на текущий период до 2030 года. Так, результаты и прогнозные оценки показали, что почти во всех анализируемых скважинах поддерживаются условия для выноса воды на период до пяти лет, а в некоторых безводные условия будут еще более десяти лет. Таким образом рекомендуется проводить замену лифтовой колонны для каждой конкретной скважины, проанализировав ее условия эксплуатации, и с использованием технологии временного глушения с помощью специальных облегченных растворов, не приводящих к загрязнению призабойной зоны пласта. В процессе разработки сеноманских залежей месторождений Крайнего Севера, в процессе снижения пластового давления происходит скопление флюида на забое. Для эффективной работы скважин требуется создание оптимальных техно-

логических режимов эксплуатации для выноса воды и проведения мероприятий по ограничению водопритоков. Проанализировав различные методы борьбы с самозадавливанием скважин, был сделан вывод, что в условиях разработки Ямбургского месторождения наиболее эффективной является замена лифтовых труб на трубы меньшего диаметра, что позволяет повысить скорость подъёма газа в НКТ и приводит к самоочистке скважин от скапливающейся на забое жидкости.

Ключевые слова: сеноманская залежь, обводнение скважин, самозадавливание скважин, скорость подъёма газа, скопление жидкости, лифтовая колонна

Для цитирования: Инякина Е. И., Левитина Е. Е., Плазун А. В., Альшейхли М. Д. З. Поддержание эффективной эксплуатации малодебитных скважин при разработке сеноманской залежи // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 141–156. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.7>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 23.09.2023;
одобрена после рецензирования 29.11.2023;
принята к публикации 06.02.2024.

2.8.4. **Development and Operation of Oil and Gas Fields**
 (Technical Sciences)
 Research article

Maintaining Efficient Operation of Low-Yield Wells During the Development of the Cenomanian Deposit

**Ekaterina I. Inyakina¹,
Ekaterina E. Levitina^{2*},
Alexander V. Plazun³,
Mohammed J. Z. Alsheikhli⁴**

^{1,2} Tyumen Industrial University (38, Volodarskogo St., 625000, Tyumen, Russian Federation)
³ Gazprom Dobycha Nadym (14, Pionerskaya St., 629736, Nadym, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, Russian Federation)
⁴ Kirkuk University (Kirkuk, Iraq)
¹ Inyakinaei@tyuiu.ru
² levitinaee@tyuiu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4509-8868>
³ Plazunav@yandex.ru
⁴ mohammed.jawad@uokirkuk.edu.iq
* Corresponding author

Abstract.

The object of the study is the Cenomanian deposit during the period of self-damping of wells. The accumulation of droplet liquid causes destruction of the rock skeleton and increases pressure loss during gas movement in the well, which affects the dynamics of the operating stock indicators. The experience of introducing pipes with a diameter of 114 mm at the Yamburgskoye field increased the water-free period of well operation without self-pressure. Based on the available information on the development of the Cenomanian deposit, a forecast was made of the likely beginning of self-suffocation of the well stock for the current period until 2030. Thus, the results and forecast estimates showed that in almost all analyzed wells, conditions for water removal are maintained for a period of up to five years, and in some, waterless conditions will remain for more than ten years. Thus, it is recommended to replace the lift string for each specific well by analyzing its operating conditions and using temporary killing technology using special lightweight solutions that do not lead to contamination of the bottom-hole zone of the formation. During the development of Cenomanian deposits in the fields of the Far North, in the process of reducing reservoir pressure, fluid accumulation occurs at the bottom. For efficient operation of wells, it is necessary to create optimal technological operating modes for water removal and carry out measures to limit water inflows. Having analyzed various methods of combating self-squeezing of wells, it was concluded that in the conditions of development of the Yamburg field, the most effective is to replace lift pipes with pipes of smaller diameter, which allows increasing the rate of gas rise into the tubing and leads to self-cleaning of wells from liquid accumulating at the bottom.

Keywords:

cenomanian reservoir, watering of wells, self-damping of wells, gas rise rate, fluid accumulation, lifting string

For citation:

Inyakina EI, Levitina EE, Plazun AV, Alsheikhli MJZ. Maintaining effective operation of low-yield wells during the development of the Cenomanian deposit. Science. Innovations. Technologies. 2024;(1):141–156. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.7>

Conflict of interest:

the authors declare no conflicts of interest.

The article was submitted 23.09.2023;
approved after reviewing 29.11.2023;
accepted for publication 06.02.2024.

Введение

Как показывает опыт разработки сеноманской залежи, в настоящее время нет универсальной технологии для эксплуатации скважин в условиях падающей добычи газа [1–3]. Известные технологические решения имеют ограниченную область применения. Внедрение одного или нескольких мероприятий зависит от конкретных условий: пластовое давление и температура, подъем границы газовой водяной контактной (ГВК), фильтрационно-емкостные характеристики коллектора и др. [4].

Период падающей добычи газа, как указывается в работах [5–7], сопровождается снижением давления в залежи и осложняется наличием воды в продукции скважин. Появление жидкости связано с подъемом границы водогазового раздела в газовой области пласта или локальным образованием так называемого водяного конуса в прискважинной зоне. Скопление капельной жидкости вызывает разрушение скелета породы и увеличивает потери давления при движении газа в скважине, что находит отражение в динамике показателей эксплуатационного фонда. Осуществление прогноза самозадавливания скважин и выявление причин обводнения сеноманской залежи основывается на достоверной геолого-промысловой информации.

Материалы и методы исследований

В геологическом строении Ямбургского месторождения принимают участие песчано-глинистые отложения мезозойско-кайнозойского осадочного комплекса, залегающие на породах кристаллического фундамента. Оно приурочено к крупному одноименному поднятию, расположенному в северной части мегавала. С юга к нему примыкают осложняющие мегавал Харвутинское, Ныдинское и Медвежье поднятия. В разрезе выделяется мощная продуктивная толща, приуроченная к отложениям сеномана покурской свиты. Она представлена континентальными песчано-алевролитовыми, часто слабосцементированными породами с подчиненными прослоями глин и пропластками углей. Песчаники и алевролиты характеризуются высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Газоводяной контакт в сеномане находится на отметках 1158,4–

1178 м и имеет слабый наклон в северо-восточном направлении. Залежь вскрыта в интервале глубин 997,6–1210,0 м. Рабочие дебиты разведочных скважин достигали 780 тыс. м³/сут., а в эксплуатационных скважинах они колебались на начальной стадии разработки от 400 до 2000 тыс. м³/сут. при оптимально-допустимых депрессиях до 0,6 МПа.

Современная геолого-геофизическая информация, полученная в результате бурения, позволяет уточнить фильтрационно-емкостную модель сеноманской залежи, характер распространения водогазового контакта. Структурные элементы большей части залежи, включающие зоны УКПГ-I, УКПГ-II, УКПГ-III, УКПГ-V, УКПГ-VI, остаются без существенных изменений, что обеспечено данными большого количества скважин, которые равномерно освещают всю площадь, включая приконтурные части залежи.

Для уточнения положения начального газоводяного контакта проанализированы материалы интерпретации данных геофизических исследований. В разрезах разведочных и эксплуатационных скважин, пробуренных на Харвутинском участке, поверхность ГВК прослеживается на абсолютных отметках минус 1159 м (скважины № 7, № 20) – минус 1161 м (скважина № 8184), что соответствует ее проектному гипсометрическому уровню. Исключение составляет скважина № 9, которая вскрыла ГВК на отметке минус 1164 м. На Анерьяхинском участке месторождения в соответствии с проектом разработки поверхность начального ГВК находилась на отметках 1170–1178 м. Эксплуатационное бурение показало, что в пробуренных на северо-западном и северо-восточном склонах поднятия (район скважин № 4540, № 4460 и № 4390) газоводяной контакт прослеживается на отметках 1170–1176 м, что согласуется с его проектным уровнем. В скважинах № 4330 и № 4520, пробуренных в сводовой части поднятия, ГВК располагается на отметках 1166–1167 м и является текущим. Анализ показывает, что в скважинах № 4330 и № 4540 полностью или частично прослеживается лишь верхняя часть высокопроницаемой песчано-алевролитовой пачки, а ее нижняя часть замещается низкопроницаемыми породами.

Фильтрационно-емкостные свойства песчаников в северо-восточном направлении ухудшаются и в скважине № 446 они замеща-

ются алевролитами. Их пористость и проницаемость изменяются в узких диапазонах до 27 % и до 0,63 Д соответственно. В скважине № 4390 верхняя высокопроницаемая пачка представлена пластом алевролитов толщиной 5 м с эффективной пористостью до 24 % и проницаемостью до 0,27 Д.

В разрезе скважины № 4540, пробуренной на северо-западном склоне, коллекторские свойства верхней высокопроницаемой пачки улучшаются. Она прослеживается в виде пласта песчаников толщиной 12 м с тонкими пропластками алевролитов толщиной 0,4–0,8 м. Песчаники обладают высокими фильтрационно-емкостными свойствами и их эффективная пористость изменяется от 29 до 33 %, а абсолютная проницаемость достигает 3,0 Д. Ниже по разрезу сеноманской залежи расположена низкопроницаемая пачка глинистых алевролитов с прослоями глин и алевролитов, которая подстилает высокопроницаемую песчано-алевролитовую пачку, приуроченную к кровле сеномана. Ее эффективная газонасыщенная толщина изменяется от 20–21 м (скважины № 4390, № 4330) до 25–26 м (скважины № 4540, № 4520). В северо-восточном и северо-западном направлениях этот пласт постепенно погружается. В разрезе скважины № 4390 газонасыщенной является только верхняя часть пласта толщиной 2,4 м, а в районе скважины № 4540 он располагается ниже поверхности ГВК и является водонасыщенным. При корректировке проекта разработки определены средние значения эффективной газонасыщенной толщины, коэффициентов пористости, газонасыщенности, пористости и проницаемости газонасыщенных отложений сеноманской залежи по зонам УКПГ и эксплуатационным участкам месторождения. Для их обоснования использовались поинтервальные определения этих параметров по данным ГИС.

Результаты исследований и их обсуждение

Одной из основных задач на поздней стадии разработки сеноманских залежей месторождений Крайнего Севера является установление оптимального режима эксплуатации скважин [8, 9].

Простым способом поддержания эксплуатации в период самодавления является проведение периодических продувок сква-

жин для очистки забоя от пластовой воды. В условиях скопления флюида в ПЗП для малodeбитных скважин наряду с их периодическими продувками рекомендуются следующие технологии: применение поверхностно-активных веществ (ПАВ); замена лифтовых колонн на трубы меньшего диаметра; закачка газа в затрубное пространство и эксплуатация скважин по концентрическому двухрядному лифту («труба в трубе») для периодического удаления жидкости.

Использование жидких или твердых ПАВ является одним из способов решения проблемы самозадавливания скважин. Применение ПАВ уменьшает проскальзывание газа за счет вспенивания жидкости и сокращает время продувки. На основе опыта промысловых испытаний и лабораторных исследований рекомендуется внедрение твердого пенообразователя, способного вспенивать пластовые флюиды с различной минерализацией. Дополнительно в состав пенообразующего реагента вводятся газогенерирующие компоненты, которые способствуют более интенсивному вспениванию и выносу воды. Ограничением для применения ПАВ является скорость обводнения скважины. На основании опыта использования ПАВ на сеноманских скважинах для большего эффекта необходимо учитывать темп подъема газоводяного контакта, так как могут быть необходимы большие объемы ПАВ, что является экономически невыгодным.

При прочих равных условиях (пластовое давление и температура, характер обводнения и т.д.) применение насосно-компрессорных труб (НКТ) с меньшим диаметром обеспечивает большие скорости потока газа, за счет чего облегчается вынос скапливающейся на забое воды. Опыт внедрения на месторождении НКТ диаметром 114 мм увеличил безводный период работы скважин на УКПГ-4 и УКПГ-7 без самозадавливания.

На основе имеющейся информации разработки сеноманской залежи по данным недропользователя, был сделан прогноз вероятного начала самозадавливания фонда скважин на текущий период до 2030 года. Анализ целесообразности замены лифтовых колонн на трубы меньшего диаметра проводился исходя из следующих критериев: долговременность эксплуатации скважин без самозадавливания и величина изменения дебита.

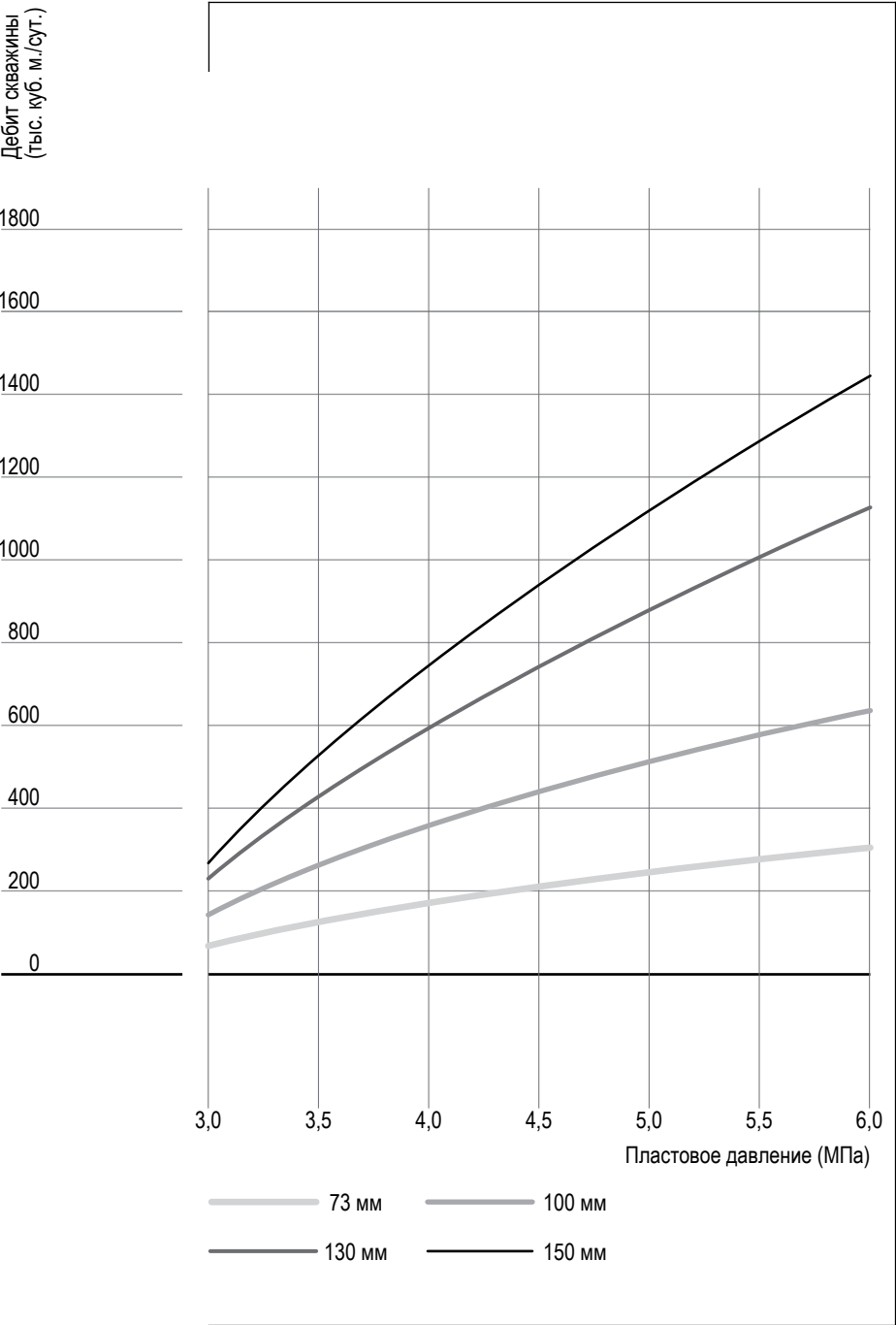


Рис. 1. Изменение текущего дебита газа от давления в залежи при различных диаметрах лифтовых труб.
Fig.1. Change in current gas flow rate from pressure in the reservoir at different diameters of elevator pipes.

Так, результаты и прогнозные оценки показали, что почти во всех анализируемых скважинах поддерживаются условия для выноса воды на период до пяти лет, а в скважинах № 1042, № 4173, № 6104, № 7143, № 7154 и № 7171 безводные условия будут еще более десяти лет. Проанализированные скважины находятся в настоящий период в ограничении по притоку пластовой воды, что также можно расценивать как фактор надежной их эксплуатации. Средний дебит скважин до обводнения составлял 190 тысяч м³/сут, после замены лифтовых труб снизился до 143 тысяч м³/сут. При этом по пяти скважинам прогнозные условия для выноса воды продлятся в течение восьми лет. Наряду с положительными результатами мероприятий необходимо отметить снижение дебита газа. Хотя если использовать специальные технологии (например закачка ПАВ), можно было бы поддерживать дебит на прежнем уровне в течение определенного времени. На рисунке 1 представлены зависимости изменения дебита от пластового давления для скважин с низким водным фактором при различных диаметрах лифтовых труб.

Из диаграммы видно, что в анализируемом диапазоне изменения пластового давления преимущество имеют скважины большого диаметра. Они являются эффективными с точки зрения минимизации потерь давления, но требуют большей скорости газового потока для обеспечения выноса флюида. Увеличение водного фактора снижает дебит, хотя характер зависимости остается постоянным.

Таким образом, можно сделать вывод, что при достаточных среднесуточных и текущих дебитах остановка скважин для замены лифтовых труб в них (в комплексе с мероприятиями по ограничению водопритоктов) оправдана и эффективна. Рекомендуются проводить замену лифтовой колонны для каждой конкретной скважины проанализировав ее условия эксплуатации и с использованием технологии временного глушения с помощью специальных облегченных растворов, не приводящих к загрязнению призабойной зоны пласта.

Также в сеноманских залежах применяется технология эксплуатации скважин по концентрическому двухрядному лифту [10]. Этот способ распространен на скважинах, в которых произведена замена НКТ на трубы меньшего диаметра. Когда эксплуатация сква-

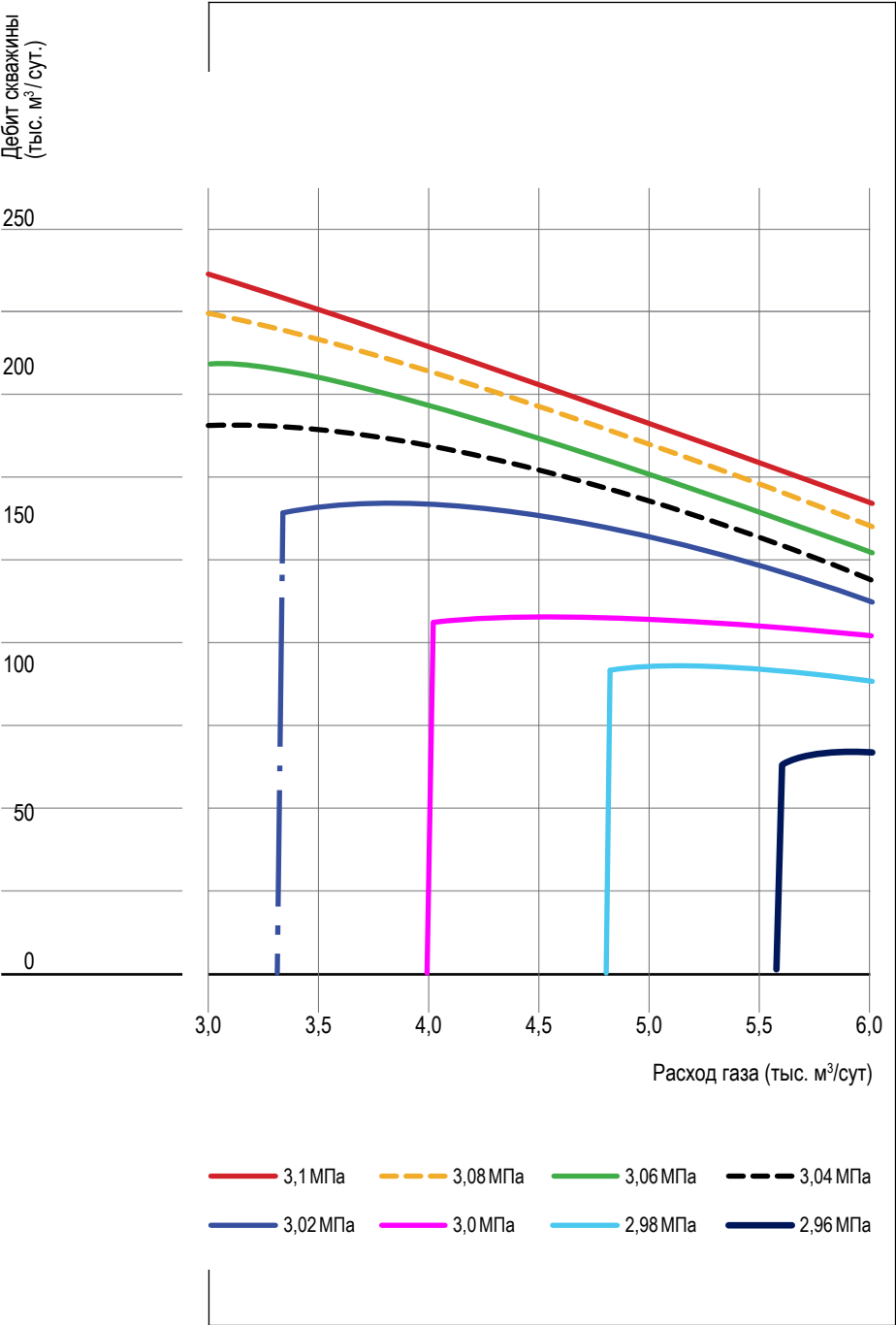


Рис. 2. Зависимость дебита скважины от пластового давления и расхода газа, подаваемого в затрубное пространство
Fig. 2. Dependence of well flow rate on reservoir pressure and gas flow rate supplied to the annulus

жины только по лифтовой трубе становится невозможной из-за самозадавливания, в нее спускают центральную лифтовую колонну. При скоплении воды в скважине временно перекрывается кольцевое пространство между центральной и внешней колоннами, что обеспечивает увеличение скорости движения газа по центральной трубе до величины достаточной для удаления жидкости. Затем скважину переключают в режим работы по всей лифтовой колонне (одновременно по центральной трубке и кольцевому пространству). Диаметр центральной трубы выбирается таким образом, чтобы удаление жидкости происходило достаточно быстро и большую часть времени скважина работала по всей лифтовой колонне с высоким дебитом. Эта технология позволяет свести к минимуму потери суточных отборов в результате уменьшения диаметра труб.

Суть технологии эксплуатации самозадавливающихся скважин с закачкой газа в затрубное пространство в том, что газ с выхода ДКС подается в затрубное пространство. В результате, скорость потока в лифтовых трубах возрастает и происходит вынос воды из скважины. Общие потери давления в лифтовой колонне изменяются и давление на устье скважины возрастает. Сохранение давления на устье постоянным обеспечивает увеличение дебита газа. Количество газа, поступающего в затрубное пространство, как правило не превышает 30 % от количества добываемого газа. Зависимости дебита скважины от пластового давления и расхода газа, выполненные по методике ООО «Газпром ВНИИГаз», представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, при пластовом давлении выше 3,05 МПа работа скважины происходит в стабильном режиме, при этом обеспечивается дебит скважины в объеме не менее 180 тыс. м³/сут. При снижении пластового давления ниже 3,05 МПа работа скважины в стабильном режиме уже невозможна. В этом случае становится эффективной закачка газа в затрубное пространство. Так, при пластовом давлении, равном 3,02 МПа, закачка газа в объеме 15 тыс. м³/сут обеспечивает дебит скважины в количестве 150 тыс м³/сут, т.е. на рециркуляцию требуется всего 10 % добываемого газа. По мере падения давления эффективность закачки газа уменьшается. Так, при пластовом давлении 2,96 МПа для обеспече-

ния стабильного дебита скважины в 100 тыс. м³/сут требуется закачка газа в затрубное пространство примерно в таком же количестве.

Применение этой технологии рекомендуется при значительном водосодержании в продукции скважин. Эффективность будет существенно выше, если закачку газа периодически производить в затрубное пространство, тогда скважина продолжительное время будет эксплуатироваться при отсутствии двухфазного потока. Для малодобитных скважин с небольшим водным фактором расход закачиваемого газа значительно уменьшается. Наиболее эффективным является применение технологии на ближайших к УКПГ кустах скважин, вблизи которых расположены промысловые шлейфы, которые могут быть использованы для подачи газа с выхода ДКС в затрубное пространство скважины.

Заключение

В процессе разработки сеноманских залежей месторождений Крайнего Севера дебиты скважин снижаются, и уже не обеспечивают вынос капельной жидкости с забоя. Таким образом, в процессе снижения пластового давления происходит скопление флюида на забое. Для эффективной работы скважин требуется создание оптимальных технологических режимов эксплуатации для выноса воды и проведение мероприятий по ограничению водопритоков. В результате проведения анализа состояния разработки сеноманской залежи Ямбургского месторождения определено, что количество самозадавливающихся скважин увеличивается. Наибольший рост числа таких скважин отмечен на УКПГ-2, УКПГ-4 и УКПГ-7 и в настоящее время на УКПГ-3 и УКПГ-5. Проанализировав различные методы борьбы с самозадавливанием скважин, был сделан вывод, что в условиях разработки Ямбургского месторождения наиболее эффективным является замена лифтовых труб на трубы меньшего диаметра, что позволяет повысить скорость подъема газа в НКТ и приводит к самоочистке скважин от скапливающейся на забое жидкости. Количество самозадавливающихся скважин на УКПГ-4 и УКПГ-7 значительно ниже, потому что ряд скважин оборудован лифтовыми колоннами диаметром 114 мм.

Список источников

1. Овечкина Е.С., Левитина Е.Е. Технологии эксплуатации обводняющихся газовых скважин // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы Международной научно-практической конференции, Тюмень, 16–20 мая 2016 года. Том I. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. С. 149–154.
2. 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. <https://doi.org/10.37495/2308-4758-2019-3-7-18>.
3. Гасумов Р.А., Кукулинская Е.Ю. Технологические решения, направленные на ограничение выноса пластового песка из добывающих газовых скважин // Наука. Инновации. Технологии. 2016. № 3. С. 165–176.
4. Иванова М.С., Инякина Е.И., Краснов И.И., Инякин В.В. Влияние горно-геологических условий на отработку запасов углеводородов // Горный журнал. 2019. № 2. С. 10–12.
5. Ваганов Е.В., Сохошко С.К., Краснов И.И. Прогноз успешности мероприятий по ограничению водопритоков в газовых скважинах // Наука. Инновации. Технологии. 2023. №1. С. 137–154.
6. Саранча А.В., Левитина Е.Е., Мамчистова Е.И. Скважинная добыча газа на месторождениях завершающего этапа разработки. М.: Русайнс, 2022. 162 с.
7. Краснов И.И., Инякина Е.И. Перспективы разработки осложненных нефтегазовых залежей с применением геолого-технических мероприятий // Нефть и газ: опыт и инновации. 2018. № 2. (Т. 2) С. 29–52.
8. Клещенко И.И., Ягафаров А.К., Краснов И.И., Сохошко С.К. Способ интенсификации притоков нефти и газа. Патент на изобретение RU 2249100 C2, 27.03.2005. Заявка № 2002112132/03 от 06.05.2002.
9. Nasyrova AI, Levitina EE, Mamchistova EI. Calculation of the Optimal Gas Flow Rate Under Conditions of Sand Plug Formation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, 10–12 января 2022 года. Virtual, Online, 2022. P. 022089. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/988/2/022089>.

10. Пономарев А. И., Рагимов Т. Т., Шигидин О. А. Опыт эксплуатации газовой скважины с концентрическими лифтовыми колоннами // Наука. Инновации. Технологии. 2019. №4. С. 19–32. <https://doi.org/10.37495/2308-4758-2019-4-19-32>.

References

1. Ovechkina ES, Levitina EE. Technologies for the operation of flooded gas wells. New technologies for the oil and gas region: materials of the International Scientific and Practical Conference, Tyumen, May 16–20, 2016. Volume I. Tyumen: Tyumen Industrial University; 2016. P. 149–154. (In Russ.).
2. Sarancha AV, Levitina EE, Esikov SN. Application of various technologies for the operation of spontaneously stopping gas wells in the fields of the Far North. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2019;(3):7–18. <https://doi.org/10.37495/2308-4758-2019-3-7-18>. (In Russ.).
3. Gasumov RA, Kukulinskaya EYu. Technological solutions aimed at limiting the removal of reservoir sand from producing gas wells. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2016;(3):165–176. (In Russ.).
4. Ivanova MS, Inyakina EI, Krasnov II, Inyakin VV. The influence of mining and geological conditions on the development of hydrocarbon reserves. *Gornyj zhurnal* = Mining magazine. 2019;(2):10–12. (In Russ.).
5. Vaganov EV, Sokhoshko SK, Krasnov II. Forecast of the success of measures to limit water inflows in gas wells. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2023;(1):137–154. (In Russ.).
6. Sarancha AV, Levitina EE, Mamchistova EI. Borehole gas production at fields at the final stage of development. Moscow: Limited Liability Company “Ruseins”; 2022. 162 p. (In Russ.).
7. Krasnov II, Inyakina EI. Prospects for the development of complicated oil and gas deposits using geological and technical measures. *Neft' i gaz: opyt i innovacii* = Oil and gas: experience and innovation. 2018;(2):29–52. (In Russ.).
8. Kleshchenko II, Yagafarov AK, Krasnov II, Sokhoshko SK. Method for intensifying oil and gas flows. Patent for invention RU 2249100 C2, 03/27/2005. Application No. 2002112132/03 dated 05/06/2002. (In Russ.).

9. Nasyrova AI, Levitina EE, Mamchistova EI. Calculation of the Optimal Gas Flow Rate Under Conditions of Sand Plug Formation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, January 10–12, 2022. Virtual, Online; 2022. P. 022089. DOI 10.1088/1755-1315/988/2/022089.
10. Ponomarev AI, Ragimov TT, Shigidin OA. Experience in operating a gas well with concentric lift columns. *Nauka. Innovacii. Tekhnologii* = Science. Innovations. Technologies. 2019;(4):19–32. DOI 10.37495/2308-4758-2019-4-19-32. (In Russ.).

Информация об авторах

Екатерина Ивановна Инякина – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Тюменского индустриального университета.

Екатерина Евгеньевна Левитина – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Тюменского индустриального университета.

Александр Викторович Плазун – геолог в Газпром добыча Надым.

Мохаммед Джавад Зейналабидин Альшейхли – кандидат технических наук, заведующий кафедрой нефтегазовое дело факультета инжиниринга Киркукского университета.

Вклад авторов: все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

Ekaterina I. Inyakina – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields of Tyumen industrial University.

Ekaterina E. Levitina – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields of Tyumen industrial University.

Alexander V. Plazun – geologist at Gazprom Dobycha Nadym.

Mohammed J. Z. Alsheikhly – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Head of Petroleum Engineering Department of College of Engineering of University of Kirkuk.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Научная статья
УДК 622.692.24
<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.8>

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОРИСТОСТИ В НЕФТЕНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ

Абдул-Гапур Гусейнович Керимов¹,
Елизавета Гапуровна Керимова²,
Татьяна Александровна Гунькина³,
Левон Спартакович Мкртчян⁴,
Елена Сергеевна Ключа⁵

1, 2, 3, 4, 5 Северо-Кавказский федеральный университет (д. 1, ул. Пушкина, Ставрополь, 355017, Российская Федерация)
1 akerimov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4880-787X>
2 elizavetakerimova11@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-9909-487X>
3 tgunkina@ncfu.ru; <https://orcid.org/0009-0003-0366-6342>
4 lmkrтчian@ncfu.ru; <https://orcid.org/0009-0000-9139-2588>
5 eskliupa@ncfu.ru; <https://orcid.org/0009-0009-0317-3920>
* Автор, ответственный за переписку

Аннотация.

Объектом исследования являются скважины, вскрывшие глинистые коллектора палеогенового возраста. При прогнозировании траектории трещины при гидроразрыве пласта (ГРП) необходимо учитывать процентное содержание минералов в породе, так как трещины при выполнении ГРП формируются на контактах между минеральными зёрнами. Данное заключение бесспорно, но получение полной информации о процентном содержании минералов в породе – дорогостоящая и не всегда выполнимая задача. Вместе с тем, на физико-механические характеристики глинистых пород не менее существенное влияние оказывает их пористость. Поэтому важно отметить, что надежное определение коэффициента пористости по вскрытому геологическому разрезу несомненно окажет первостепенное положительное влияние на достоверность моделирования ГРП. Исходя из этого, в скважинах, вскрывших глинистые коллектора, были проанализированы значения коэффициентов пористости, определенные различными методами, в том числе прямыми – анализ керна, шлама и косвенными – геофизическими методами. В ходе работы обнаружены совпадения коэффициента пористости по керну, шламу и электрическому каротажу. По итогам проведенного исследования можно сделать вывод, что коэффициент пористости, определенный по акустическому каротажу (АК), существенно превышает значения коэффициента пористости, определенного по керну, шламу и ин-

дукционному каротажу. Это связано как с влиянием глинистости на показания акустического каротажа, так и ввиду низкого качества материалов АК вследствие размыва ствола скважины. Следует отметить, что выполненные расчеты коэффициентов пористости в надреперной части – в баталпашинской свите по керну и индукционному каротажу совпадают практически полностью. Однако в подреперной части свиты показания незначительно расходятся. Коэффициент пористости, рассчитанный по $\rho_n^{ИК}$, максимум на 2% ниже коэффициента пористости, определенного по керну, что вполне допустимо.

Ключевые слова: гидроразрыв пласта, коэффициент пористости, керн, шлам, индукционный каротаж, акустический каротаж

Для цитирования: Керимов А-Г. Г., Керимова Е. Г., Гунькина Е. Г., Мкртчян Л. С., Ключа Е. С. Результаты определения коэффициента пористости в нефтенасыщенных глинистых породах // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 1. С. 157–171. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.8>

Конфликт интересов: один из авторов статьи — доктор технических наук, доцент Керимов Абдул-Гапур Гусейнович является членом редакционной коллегии журнала «Наука. Инновации. Технологии». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью..

Статья поступила в редакцию 31.08.2023;
одобрена после рецензирования 01.11.2023;
принята к публикации 01.02.2024.

2.8.4. **Development and Operation of Oil and Gas Fields**
(Technical Sciences)
Research article

Results of Determining the Porosity Coefficient
in Oil-Saturated Clay Rocks

Abdul-Gapur G. Kerimov¹,
Elizaveta G. Kerimova²,
Tatiana A. Gunkina³,
Levon S. Mkrtchian⁴,
Elena S. Kliupa⁵

1, 2, 3, 4, 5 North-Caucasus Federal University (1, Pushkin St., 355017, Stavropol, Russian Federation)
¹ akerimov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4880-787X>
² elizavetakerimova11@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-9909-487X>
³ tgunkina@ncfu.ru; <https://orcid.org/0009-0003-0366-6342>
⁴ lmkrtchian@ncfu.ru; <https://orcid.org/0009-0000-9139-2588>
⁵ eskliupa@ncfu.ru; <https://orcid.org/0009-0009-0317-3920>
* Corresponding author

Abstract.

The article studies the wells that opened clayey reservoirs of Paleogene age. When predicting the trajectory of a crack during hydraulic fracturing (HF), it is necessary to take into account the percentage of minerals in the rock, since cracks during hydraulic fracturing are formed at the contacts between mineral grains. This conclusion is indisputable, but obtaining complete information about the percentage of minerals in a rock is an expensive and not always feasible task. At the same time, the physical and mechanical characteristics of clayey rocks are no less significantly influenced by their porosity. Therefore, it is important to note that a reliable determination of the porosity coefficient from the exposed geological section will undoubtedly have a primary positive impact on the reliability of hydraulic fracturing modeling. Based on this, in wells that opened clayey reservoirs, the values of porosity coefficients determined by various methods were analyzed, including the direct one – analysis of core, cuttings and the indirect one – geophysical methods. During the work, a coincidence of the porosity coefficient in the core, cuttings and electrical logging was discovered. Based on the results of the study, it can be concluded that the porosity coefficient determined from acoustic logging (AL) significantly exceeds the values of the porosity coefficient determined from core, cuttings and induction logging. This is due both to the influence of clay content on the acoustic logging readings, and due to the low quality of AC materials induced by erosion of the wellbore. It should be noted that the calculations of porosity coefficients in the above-reference part – in the Batalpashinsky formation based on core and induction logging – coincide almost completely. However, in the sub-reference part of the formation the readings differ slightly. The porosity coefficient calculated is a maximum of 2% lower than the porosity coefficient determined from the core, which is quite acceptable.

Keywords:

hydraulic fracturing, porosity coefficient, core, cuttings, induction logging, acoustic logging

For citation:

Kerimov A-GG, Kerimova EG, Gunkina TA, Mkrтчian LS, Kliupa ES. Results of determining the porosity coefficient in oil-saturated clay rocks. Science. Innovations. Technologies. 2024;(1):157–171. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2024.1.8>

Conflict of interest:

one of the authors of article — Abdul-Gapur G. Kerimov, Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor, is a member of editorial board of journal “Science. Innovations. Technologies”. The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript.

The article was submitted 31.08.2023;
approved after reviewing 01.11.2023;
accepted for publication 01.02.2024.

Введение

При прогнозировании траектории трещины при гидроразрыве пласта (ГРП) следует учитывать процентное содержание минералов в породе, так как трещины при выполнении ГРП формируются на контактах между минеральными зернами [1, 2, 3, 4]. Данное заключение бесспорно, но получение полной информации о процентном содержании минералов в породе – дорогостоящая и не всегда выполнимая задача [5, 6, 7, 8]. При этом следует учитывать, что на физико-механические характеристики глинистых пород не менее существенное влияние оказывает их *пористость* [9]. Поэтому важно отметить, что надежное определение коэффициента пористости по вскрытому геологическому разрезу несомненно окажет первостепенное положительное влияние на достоверность моделирования ГРП [10, 11, 12, 13].

Материалы и методы исследований

Технико-технологические решения проблемы надежного определения коэффициента пористости пород, представленных глинистыми трещиноватыми коллекторами, выглядит следующим образом. В скважинах изучаемого месторождения наиболее полно освещены керном отложения баталпашинской свиты, их толщина и емкость относительно хорошо выдержаны по площади. Сопоставление коэффициентов пористости выполнялось по керну, шламу и данным промысловой геофизики в над- и подреберной частях свиты с целью обоснованного выбора метода и методики определения коэффициента пористости косвенным геофизическим методом.

В качестве примера описания керна выбрана одна из скважин, в которой отложения баталпашинской свиты залегают в интервале глубин 2080–2150 м. Репер находится в интервале 2129–2130 м и отчетливо отбивается по кривой стандартного подошвенного градиент – зонда (рис. 1).

В надреберной части свиты в интервале 2080–2129 м отмечаются сверху вниз: глины серые и темно серые с прослоями алевролитов, тонко горизонтально-слоистые, местами глины косослоистые, перемятые, ниже кровли встречается песчаник толщиной 1,4 м, ниже 5,6 м – темно серые глины, горизонтально-слоистые.

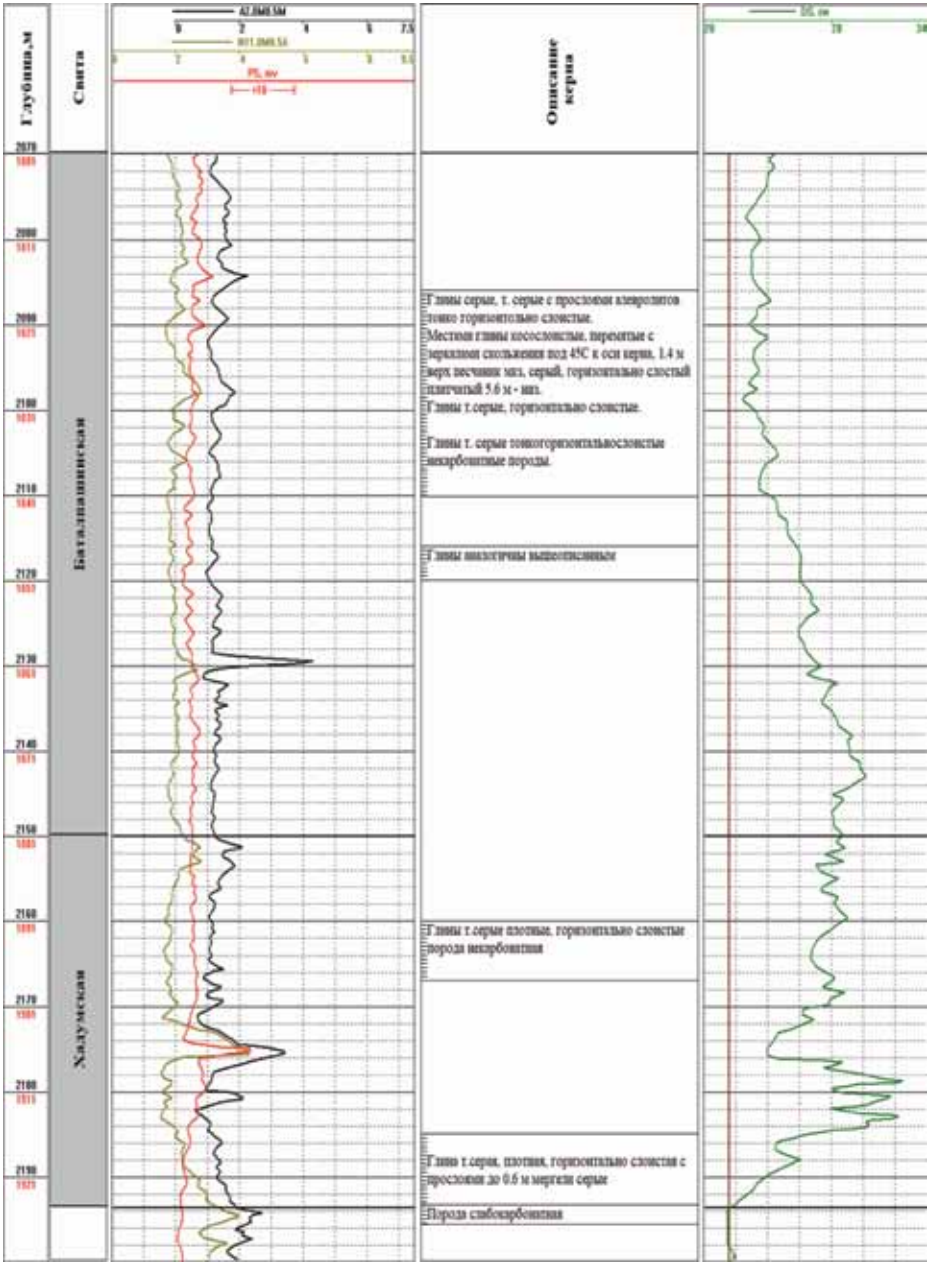


Рис. 1. Сводный планшет каротажных диаграмм.
Fig. 1. Consolidated plot of well logs.

Остальная часть до репера представлена темно-серыми тонко горизонтально-слоистыми некарбонатными породами с чередованием глинистых пород.

Подреперная часть свиты главным образом представлена глиной, аналогичной вышеописанной.

Результаты исследований и их обсуждение

Расхождение коэффициентов пористости, определенных прямым способом по керну и рассчитанных по данным геофизики с использованием зависимости Б. Л. Александрова (расчет выполнялся по данным электрического каротажа по кривой удельного электрического сопротивления ρ_n), составляет менее 1 %. Среднее значение коэффициента пористости составляет 12,5 % [14]. Полученная высокая сходимость результатов свидетельствует о высокой достоверности определения коэффициента пористости по электрическому каротажу (в частности по индукционному каротажу), результатам лабораторных исследований керна и шлама в изучаемых отложениях (рис. 2).

Распределение пористости, определенной по результатам анализов керна и электрического каротажа, для отложений палеогенового возраста на изучаемой площади в над- и подреперной частях в баталпашинской свите подтвердили выявленную выше закономерность совпадения коэффициента пористости по керну и электрическому каротажу (рис. 3).

Причем в надреперной части баталпашинской свиты значения коэффициентов пористости, определенным по керну и индукционному каротажу, совпадают практически полностью.

Однако в подреперной части свиты показания незначительно расходятся. Коэффициент пористости, рассчитанный по $\rho_n^{ИК}$, максимум на 2 % ниже коэффициента пористости, определенного по керну.

В некоторых скважинах исследуемой площади в надреперной и подреперной частях баталпашинской свиты выполнялись сопоставления коэффициентов пористости, определенных по керну, индукционному и акустическому каротажам (рис. 4).

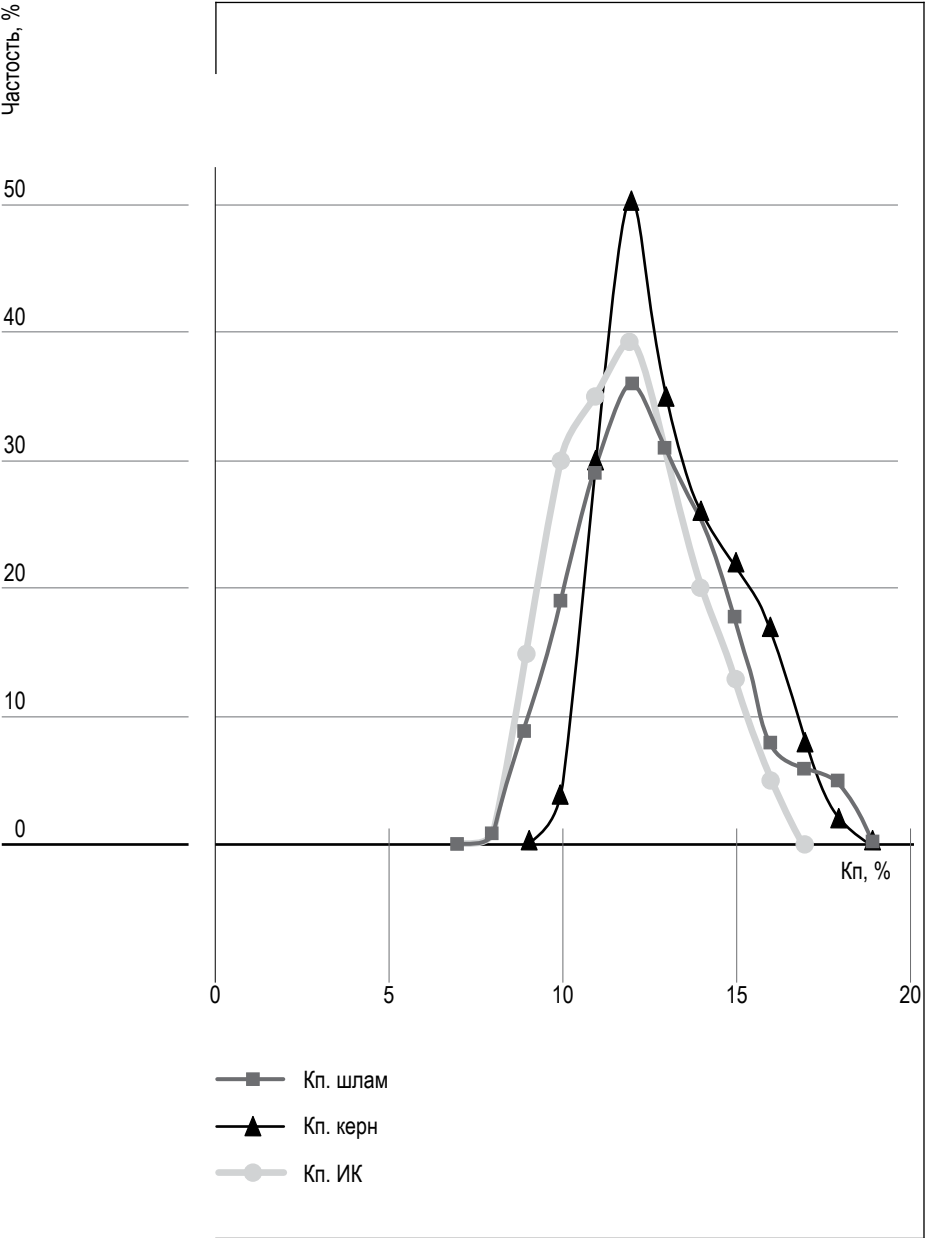


Рис. 2. Сопоставление коэффициентов пористости по керну, шламу и электрическому каротажу в палеогеновых отложениях: $K_{п. \text{ керн}} = 12,1\%$. $n = 381$ определений; $K_{п. \text{ рп}} = 13,2\%$. $n = 69$ пластов; $K_{п. \text{ шлам}} = 13,0\%$. $n = 114$ определений.

Fig. 2. Comparison of porosity coefficients from core, cuttings and electric logging in Paleogene deposits: $K_{п. \text{ core}} = 12.1\%$. $n = 381$ determinations; $K_{п. \text{ pp}} = 13.2\%$. $n = 69$ layers; $K_{п. \text{ sludge}} = 13.0\%$. $n = 114$ definitions

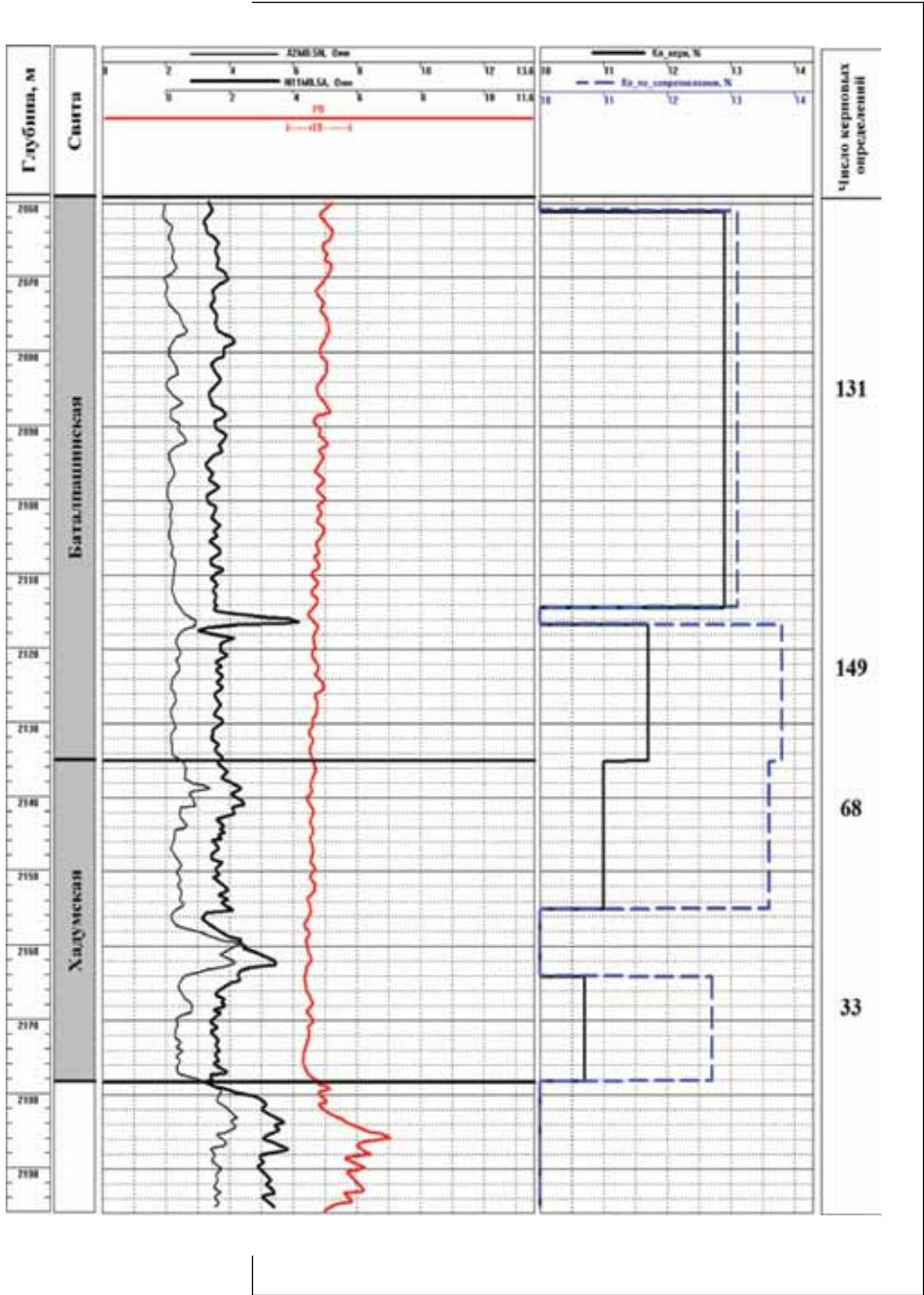


Рис. 3. Распределение коэффициентов пористости, определенных по керну и электрическому каротажу для отложений палеогенового возраста.
Fig. 3. Distribution of porosity coefficients determined from core and electrical logging for Paleogene deposits.

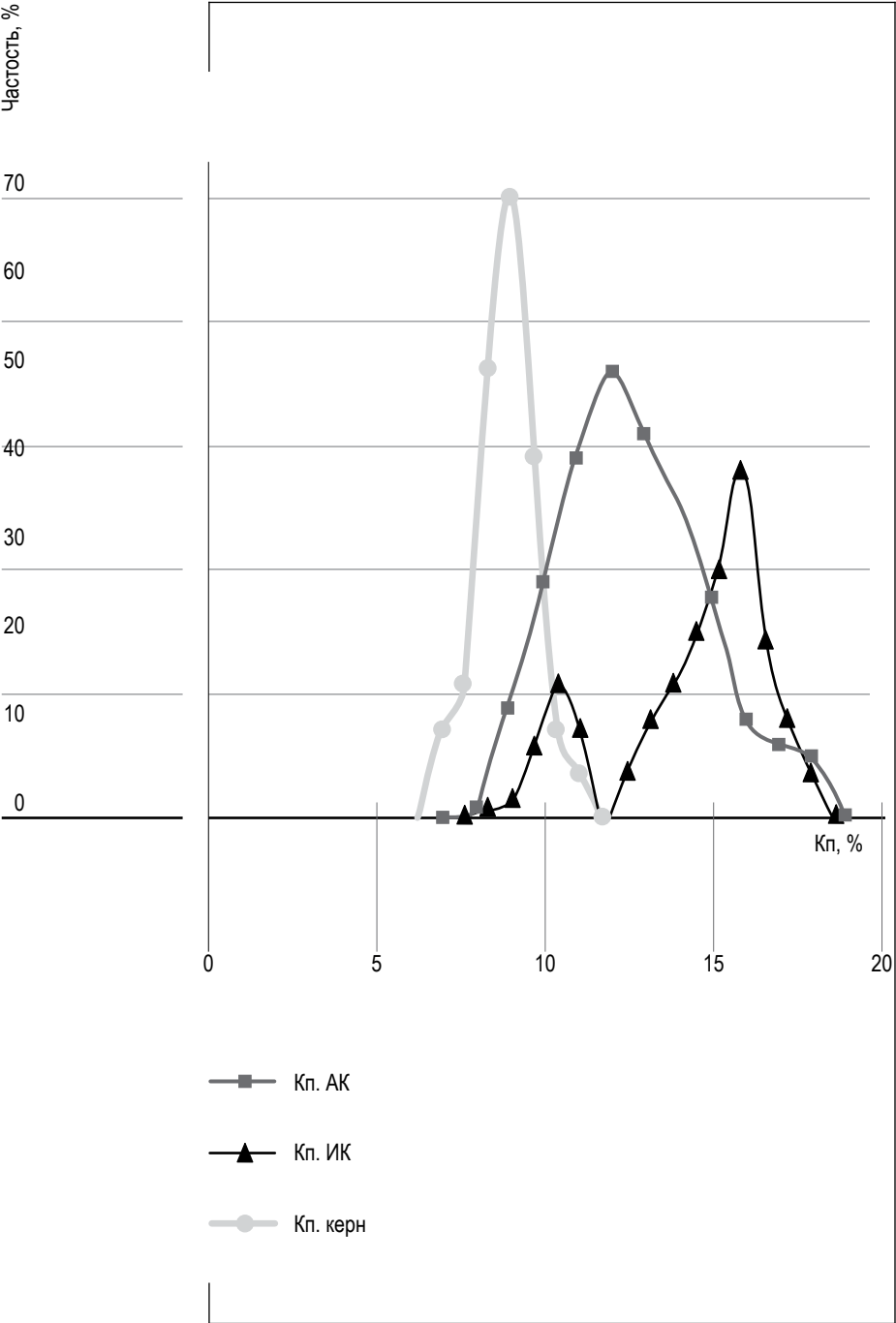


Рис. 4.

Результаты сопоставления коэффициентов пористости по керну, индукционному и акустическому каротажам.

Fig. 4.

Results of comparison of porosity coefficients for core, induction and acoustic logging.

В правой части рисунка 1 представлена кавернограмма, фиксирующая увеличение диаметра скважины относительно номинального, что несомненно будет оказывать влияние на качество первичного материала акустического каротажа [15, 16].

В результате сопоставления отмечается, что коэффициент пористости, определенный по АК, существенно превышает значения коэффициента пористости, определенного по керну и индукционному каротажу. Это по-видимому связано с влиянием глинистости на показания АК, а также по причине низкого качества АК из-за размыва ствола скважины и вследствие этого – сильного затухания акустической волны (см. рис. 2).

Заключение

На фактическом материале показана высокая сходимость результатов определения коэффициента пористости по электрическому каротажу, керну и шламу в изучаемых отложениях палеогенового возраста. Коэффициент пористости, определенный по АК, существенно превышает значения коэффициента пористости, определенного по керну, шламу и индукционному каротажу. Это связано как с влиянием глинистости на показания АК, так и ввиду низкого качества материалов АК вследствие размыва ствола скважины и в связи с этим – сильного затухания акустической волны.

Список источников

1. Басарыгин Ю.М., Макаренко П.П., Мавромати В.Д. Ремонт газовых скважин. М.: Недра, 1998. 271 с.
2. Басниев К.С., Николаевский В.Н., Горбунов А.Т., Зотов Г.Л. Механика насыщенных пористых сред. М.: Недра, 1976. 335 с.
3. Зейгман Ю. В. Эксплуатация систем поддержания пластового давления при разработке нефтяных месторождений: учебник. Уфа: УГНТУ, 2007. 232 с.
4. Зинченко И. А., Кирсанов С. А., Маршаев О. А. и др. Применение гидроразрыва пласта для интенсификации притока на газоконденсатных скважинах Ямбургского месторождения и перспективы применения метода в процессе дальнейшего освоения залежей. М.: ИРЦ Газпром, 2007. 120 с.

5. Гриценко А. И., Алиев З. С., Ермилов О. М., Ремизов В. В., Зотов Г. А. Руководство по исследованию скважин. М.: Наука, 1995. 523 с.
6. Дудаев С. А., Дудаев Р. С. Хадумиты Предкавказья: новое в геолого-геофизическом изучении, вторичном вскрытии и освоении. М.: Геоинформмарк, 2015. 204 с.
7. Tan X, Konietzky H, Chen W. Numerical simulation of heterogeneous rock using discrete element model based on digital image processing. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016. Vol. 49, No. 12. P. 4957–4964, <https://doi.org/10.1007/s00603-016-1030-0>.
8. Sova V, Kerimov A-G. Large undiscovered oil resources are predicted south of Russia. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* <https://doi.org/10.1007/s13202-019-0611-3> Published on line: 12 January 2019, Volume 9, Issue 3, p. 1659–1676.
9. Желтов Ю. П. и др. Сборник задач по разработке нефтяных месторождений: учебное. пособие для вузов. М.: Недра, 1985. 296 с.
10. Шелепов В. В. Состояние сырьевой базы России. Повышение нефтеотдачи пластов: М., 2003. 240 с.
11. Щуров В. И. Техника и технология добычи нефти: учебник. М.: Альянс ТИД, 2009. 510 с.
12. Roodhart LP. Frac-and-Pack Stimulation: Application, Design, and Field Experience. *Journ. Petr. Technol.* 1994, March. P. 230–238.
13. Strubhar MK. Multiple, Vertical Fractures From an Inclined Wellbore – A Field Experiment. *Journ. Petr. Technol.* 1975, May. P. 641–647.
14. Александров Б. Л. Аномально-высокие пластовые давления в нефтегазоносных бассейнах. М.: Недра, 1987. 216 с.
15. Богданович Н. Н. Определение эффективной пористости методом адсорбции (на примере сложных глинистых коллекторов нижнемайкапских отложений Восточного Предкавказья) // *Породы-коллекторы и миграция нефти*. М.: ИГИРГИ, 1988. С. 89–93.
16. Голф-Рахт Т. Д. Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов. М.: Недра, 1986. С. 193.

References

1. Basarygin YuM, Makarenko PP, Mavromati VD. Repair of gas wells. Moscow: Nedra; 1998. 271 p. (In Russ.).
2. Basniev KS, Nikolaevsky VN, Gorbunov AT, Zotov GL. Mechanics of saturated porous media. Moscow: Nedra; 1976. 335 p. (In Russ.).
3. Zeigman YuV Operation of systems for maintaining reservoir pressure during the development of oil fields: textbook. Ufa: USNTU; 2007. 232 p. (In Russ.).
4. Zinchenko IA, Kirsanov SA, Marshaev OA et al The use of hydraulic fracturing for inflow stimulation at gas condensate wells of the Yamburg field and the prospects for using the method in the process of further development of deposits. Moscow: IRC Gazprom; 2007. 120 p. (In Russ.).
5. Gritsenko AI, Aliev ZS, Ermilov OM, Remizov VV, Zotov GA. Well Study Guide. Moscow: Nauka; 1995. 523 p. (In Russ.).
6. Dudayev SA, Dudayev RS Hadumites of Ciscaucasia: new in geological and geophysical study, secondary discovery and development. Moscow: Publishing house. Geoinformmark; 2015. 204 p. (In Russ.).
7. Tan X, Konietzky H, Chen W. Numerical simulation of heterogeneous rock using discrete element model based on digital image processing. Rock Mechanics and Rock Engineering. 2016;(12):4957–4964. <https://doi.org/10.1007/s00603-016-1030-0>.
8. Sova V, Kerimov A-G. Large undiscovered oil resources are predicted south of Russia. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2019;(3):1659–1676. <https://doi.org/10.1007/s13202-019-0611-3>
9. Zheltov YuP. et al Collection of problems for the development of oil fields: Educational manual for universities. Moscow: Nedra; 1985. 296 p. (In Russ.).
10. Shelepov VV State of the raw material base of Russia. Enhanced oil recovery: Moscow; 2003. 240 p. (In Russ.).
11. Shchurov VI. Equipment and technology of oil production: textbook. Moscow: Alliance TID; 2009. 510 p. (In Russ.).
12. Roodhart LP. Frac-and-Pack Stimulation: Application, Design, and Field Experience. Journ. Petr. Technol. 1994;230–238.
13. Strubhar MK. Multiple, Vertical Fractures From an Inclined Wellbore – A Field Experiment. Journ. Petr. Technol. 1975;641–647.

14. Alexandrov BL. Abnormally high reservoir pressures in oil and gas basins. Moscow: Nedra; 1987. 216 p. (In Russ.).
15. Bogdanovich NN. Determination of effective porosity by the adsorption method (using the example of complex clayey reservoirs of the Lower Maikop deposits of the Eastern Cis-caucasia). Porody-kollektory i migraciya nefti = Reservoir Rocks and Oil Migration. Moscow: IGIRGI; 1988;89–93. (In Russ.).
16. Golf-Rakht TD. Fundamentals of oilfield geology and development of fractured reservoirs. M.: Nedra; 1986. P. 193. (In Russ.).

Информация об авторах

Керимов Абдул-Гапур Гусейнович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой нефтегазовой геофизики, Северо-Кавказский федеральный университет, Scopus ID: 56872657000.

Керимова Елизавета Гапуровна – ассистент кафедры нефтегазовой геофизики, Северо-Кавказский федеральный университет, Scopus ID: 57220025188.

Гунькина Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Северо-Кавказский федеральный университет университета, Scopus ID: 57474914000.

Мкртчян Левон Спартакович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры нефтегазовой геофизики, Северо-Кавказский федеральный университет, Scopus ID: 58074802800.

Ключа Елена Сергеевна – старший преподаватель кафедры нефтегазовой геофизики, Северо-Кавказский федеральный университет.

Вклад авторов

Керимов Абдул-Гапур Гусейнович. Проведение исследования – сбор и анализ полученных данных. Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Керимова Елизавета Гапуровна, Гунькина Татьяна Александровна, Мкртчян Левон Спартакович, Ключа Елена Сергеевна. Подготовка и редактирование текста – интерпретация данных, составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта, перевод текста, участие в научном дизайне.

Information about the authors

Abdul-Gapur G. Kerimov – Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor, Head of the Department of Oil and Gas Geophysics of North-Caucasus Federal University, Scopus ID: 56872657000.

Elizaveta G. Kerimova – Assistant of the Department of Petroleum Geophysics of North-Caucasus Federal University, Scopus ID: 57220025188.

Tatiana A. Gunkina – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Head of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields of North-Caucasus Federal University, Scopus ID: 57474914000.

Levon S. Mkrtchian – Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor of the Department of Petroleum Geophysics of North-Caucasus Federal University, Scopus ID: 58074802800.

Elena S. Kliupa – Senior Lecturer of the Department of Oil and Gas Geophysics of North-Caucasus Federal University.

Contribution of the authors

Abdul-Gapur G. Kerimov. Conducting research – collecting and analyzing the data obtained. Approval of the final version – acceptance of responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Elizaveta G. Kerimova, Tatiana A. Gunkina, Levon S. Mkrtchian, Elena S. Kliupa. Preparation and editing of the text – interpretation of data, drafting of the manuscript and the formation of its final version, translation of the text, participation in scientific design.



НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

ISSN 2308–4758



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

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

Подписано в печать 22.03.2024 г. Выход в свет 02.04.2024 г.
Формат 70 × 108 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага
офсетная. Усл. печ. л. 15,05. Тираж 1 000 экз. Цена 534 руб.

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