

ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия: Науки о Земле

2024

Том 24

Выпуск 1



IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY
EARTH SCIENCES



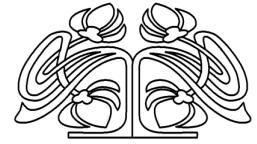
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия Науки о Земле, выпуск 1

Продолжение «Известий Императорского Николаевского Университета» 1910–1918, «Ученых записок СГУ» 1923–1962,
«Известий Саратовского университета. Новая серия» 2001–2004



Научный журнал
2024 Том 24

ISSN 1819-7663 (Print)

ISSN 2542-1921 (Online)

Издается с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Аль-Хулайфави И. А., Иошпа А. Р.

Мониторинг ежемесячной динамики грозовой активности
в Ираке

4

Преображенский Ю. В., Моисеев Д. С.

Территориальная производственная система Волго-Уральского макрорегиона:
тенденции поляризации 2005–2021 гг.
и потенциал развития

11

Рыбалова М. М., Межова Л. А.

Геоэкологический анализ качества среды обитания русской выхухолы
(*Desmana moschata*) на территории Хопёрского заповедника
для сохранения её численности

19

Сабурова Г. Н., Норматов И. Ш.

Динамика метеорологических характеристик и эвапотранспирации
низовья реки Кафирниган (Таджикистан) –
притока трансграничной реки Амударья
за период 1946–2021 гг.

26

Шамарина М. А.

Исследование химического состава воды подземного источника,
расположенного на пойменном участке реки Малка
в нижнем течении

32

Геология

Головин Б. А., Калининкова М. В., Волкова Е. Н.

К вопросу о методике литолого-петрофизических исследований
каменного материала (в процессе бурения
нефтегазовых скважин)

41

**Николаенко С. В., Коваленко А. А., Натеганов А. Э.,
Крук П. Н., Дерюшев А. Б.**

Опыт применения машинного обучения при анализе
сейсмических данных для выделения тектонических нарушений
в различных сейсмогеологических условиях

49

Первушов Е. М.

Род Sororistirps (Porifera, Hexactinellida, Ventriculitidae)

56

Приложения

Personalia

К 80-летию со дня рождения Владимира Зиновьевича Макарова

71

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия “Науки о Земле”» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-76643 от 26 августа 2019 года
Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (категория К2, специальности: 1.6.1, 1.6.2, 1.6.9, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18, 1.6.20, 1.6.21)

Подписной индекс издания 36010.
Подписку на печатные издания можно оформить в Интернет-каталоге ГК «Урал-Пресс» (ural-press.ru).
Журнал выходит 4 раза в год.
Цена свободная.
Электронная версия находится в открытом доступе (geo.sgu.ru)

Директор издательства

Бучко Ирина Юрьевна

Редактор

Певная Татьяна Константиновна

Редактор-стилист

Агафонов Андрей Петрович

Верстка

Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор

Каргин Игорь Анатольевич

Корректор

Певная Татьяна Константиновна

В оформлении издания использованы работы художника Соколова Дмитрия Валерьевича (13.11.1940–20.11.2023)

Адрес учредителя, издателя

и издательства (редакции):

410012, Саратов, ул. Астраханская, 83

Тел.: +7(845-2) 51-29-94, 51-45-49,

52-26-89

E-mail: publ@sgu.ru, izdat@sgu.ru

Подписано в печать 22.03.2024.

Подписано в свет 29.03.2024.

Формат 60 × 84 1/8.

Усл. печ. л. 8.63 (9.25).

Тираж 100 экз. Заказ 12-Т.

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.

Адрес типографии:

410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2024



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле» принимает к публикации на русском языке общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований в области наук о Земле, краткие сообщения и рецензии, а также хронику и информацию.

Объем публикуемой статьи не должен превышать 16 страниц, 5 рисунков и 4 таблиц.

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

– на русском языке: индекс УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, сведения об авторах (ученая степень, должность и место работы, e-mail), аннотация, ключевые слова, текст статьи, благодарности, ссылки на гранты, библиографический список;

– на английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, ORCID, место работы (вуз, почтовый адрес), e-mail, аннотация, ключевые слова.

Отдельным файлом приводятся сведения о статье: раздел журнала, УДК, авторы и название статьи (на русском и английском языках); сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), e-mail, телефон (для ответственного за переписку обязательно указать сотовый или домашний). Если название статьи слишком длинное, то для колонтитула следует привести его краткий вариант.

Иллюстрации и таблицы должны быть представлены отдельным файлом в формате jpg, tiff, cdr, bmp, разрешением не меньше 300 dpi. Рисунки должны быть представлены в черно-белом виде.

Все материалы предоставляются как в бумажном, так и электронном виде.

Требования к аннотации и библиографическому списку:

– аннотация должна отражать основную суть публикации; оптимальный объем 500–600 знаков;

– в библиографическом списке должны быть указаны только процитированные в статье работы; ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Более подробная информация о правилах оформления статей, образцы оформления различных источников приведены вместе со стилевым файлом по адресу: www.geo.sgu.ru.

Датой поступления статьи считается дата поступления ее окончательного варианта. Возвращенная на доработку статья должна быть прислана в редакцию не позднее чем через три месяца. Возвращение статьи на доработку не означает, что статья будет опубликована, после переработки она вновь будет рецензироваться.

Материалы, отклоненные редколлекцией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлекцией серии: geoizvestiya@yandex.ru; 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

CONTENTS

Scientific Part

Geography

Al-Khulaifawi I. A., Ioshpa A. R.
Monitoring of monthly dynamics of thunderstorm activity in Iraq 4

Preobrazhenskiy Yu. V., Moiseev D. S.
Territorial manufacturing system of the Volga-Ural macroregion: Trends of polarization 2005–2021 and development potential 11

Rybalova M. M., Mezхова L. A.
Geoecological analysis of the habitat quality of the Russian muskrat (*Desmana moschata*) on the territory of the Khopyor Reserve to preserve its abundance 19

Saburova G. N., Normatov I. Sh.
Meteorological characteristics and evapotranspiration dynamics of the Kafarnigan river (Tajikistan) – a tributary of the Transboundary Amudarya River for the period 1946–2021 26

Shamarina M. A.
Investigating water chemical composition of an underground source located in the floodplain of the Malka river in the lower reaches 32

Geology

Golovin B. A., Kalinnikova M. V., Volkova E. N.
On the issue of the methodology for lithologic and petrophysical studies of stone material (in the process of oil and gas wells drilling) 41

Nikolaenko S. V., Kovalenko A. A., Nateganov A. E., Kruk P. N., Deryushev A. B.
Application of machine learning in the analysis of seismic data to identify tectonic faults in various seismogeological conditions 49

Pervushov E. M.
Genus Sororistirps (Porifera, Hexactinellida, Ventriculitidae) 56

Appendices

Personalia

To the 80th anniversary of the birth of Vladimir Zinov'evich Makarov 71



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ.
СЕРИЯ: НАУКИ О ЗЕМЛЕ»**

Главный редактор

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Заместитель главного редактора

Первушов Евгений Михайлович, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Ответственный секретарь

Затонская Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук, доцент (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

Горбатенко Валентина Петровна, доктор геогр. наук, профессор (Томск, Россия)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН (Хабаровск, Россия)

Казанский Алексей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Москва, Россия)

Калинин Николай Александрович, доктор геогр. наук, профессор (Пермь, Россия)

Катровский Александр Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Смоленск, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Носонов Артур Модестович, доктор геогр. наук, профессор (Саранск, Россия)

Переведенцев Юрий Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Казань, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор (Иркутск, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор (Ереван, Армения)

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор,

член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

Яковенко Наталия Владимировна, доктор геогр. наук, доцент (Воронеж, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL
“IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY.
EARTH SCIENCES”**

Editor-in-Chief – Vladimir Z. Makarov (Saratov, Russia)

Deputy Editor-in-Chief – Evgeniy M. Pervushov (Saratov, Russia)

Executive secretary – Anna V. Zatonskaya (Saratov, Russia)

Members of the Editorial Board:

Valentina P. Gorbatenko (Tomsk, Russia)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksei Yu. Kazanskii (Moscow, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr P. Katrovskii (Smolensk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Artur M. Nosonov (Saransk, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

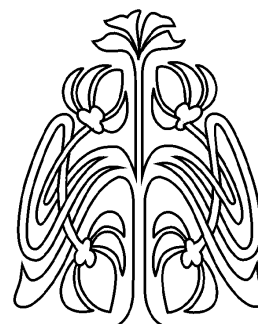
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

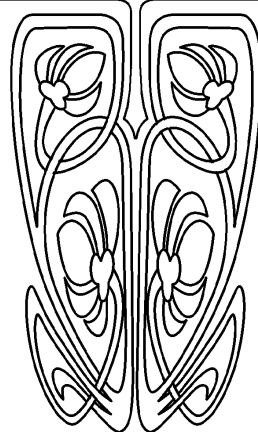
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 4–10

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 4–10

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-4-10>, EDN: FKPILE

Научная статья

УДК 551.582.2

Мониторинг ежемесячной динамики грозовой активности в Ираке

И. А. Аль-Хулайфави[✉], А. Р. Иошпа

Южный федеральный университет, Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, д. 105/42

Аль-Хулайфави Имад Абдулриза, аспирант кафедры летательных аппаратов Института радиотехнических систем и управления, imadjasim900@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-1610-9795>

Иошпа Александр Рувимович, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой океанологии Института наук о Земле, aioshpa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4573-4393>

Аннотация. В статье представлены результаты исследования ежемесячной изменчивости грозовой активности по трем метеорологическим станциям, расположенным на территории Ирака, за десятилетний период с 2000 по 2009 г. Это исследование основано на архивных данных ежедневных метеорологических наблюдений. Изучение фронтов в течение шести месяцев в году и в течение десяти лет показало, что грозы чаще всего случаются в марте и апреле – около 47.42% всех случаев, причем 22.3% из них приходятся на северный горный регион Ирака. На станции Ханакин было зарегистрировано 67 бароклинических и 63 баротропных случая возникновения конвективной облачности с грозами, на станции аэропорта Багдада 42 бароклинических и 47 баротропных случаев, а на станции аэропорта Басры – 21 случай бароклинических и 27 баротропных. Всякий раз, когда происходит изменение горизонтальной температуры, становится доступной потенциальная энергия. Циклоническая циркуляция обычно вызывает резкое изменение погоды включая сильный ветер, проливной дождь, грозы и другие возможные метеорологические явления. Эта система низкого давления, которая включает в себя средиземноморскую систему низкого давления и встречается в регионах с преимущественно западными и обратными ветрами, приводит к усилению ветра и увеличивает вероятность гроз и обильных осадков. Многоцентровые циклоны в районах Красного и Средиземного морей формируют в районах Ирака сильно развитую кучево-дождевую облачность с ливневыми осадками, градом и грозами.

Ключевые слова: тропосфера, грозовая активность, баротропный, бароклинический, осадки, депрессии

Для цитирования: Аль-Хулайфави И. А., Иошпа А. Р. Мониторинг ежемесячной динамики грозовой активности в Ираке // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 4–10. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-4-10>, EDN: FKPILE

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Monitoring of monthly dynamics of thunderstorm activity in Iraq

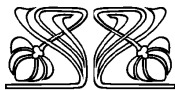
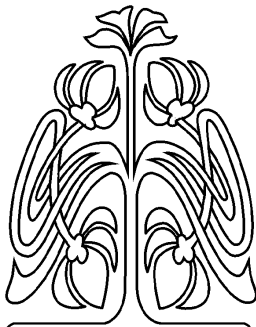
I. A. Al-Khulaifawi[✉], A. R. Ioshpa

Southern Federal University, 105/42 Bolshaya Sadovaya St., Rostov-on-Don, 344000, Russia

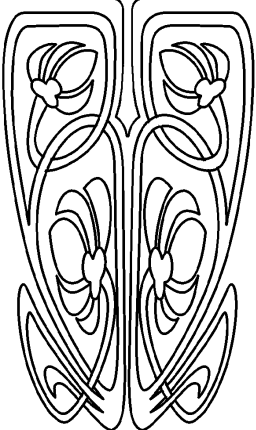
Imad A. Al-Khulaifawi, imadjasim900@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-1610-9795>

Alexander R. Ioshpa, aioshpa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4573-4393>

Abstract. The article presents the study results of the monthly variability thunderstorm activity at three meteorological stations located in Iraq over a ten-year period from 2000 to 2009. This is a study based on archived data from daily meteorological observations. The study of fronts for six months a year and for ten years showed that thunderstorms most often occur in March and April, accounting for about 47.42% of all thunderstorms. Moreover, 22.3% of them are in the northern mountainous region of Iraq. 67 baroclinic and 63 barotropic cases



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





were registered at Khanaqin Station; 42 baroclinic and 47 barotropic cases were recorded at Baghdad Airport Station; and 21 baroclinic and 27 barotropic cases were listed at Basra Airport Station. Whenever there is a change in the horizontal temperature, potential energy becomes available. Low-pressure systems usually cause sudden weather changes, including strong winds, heavy rain, thunderstorms, and other possible meteorological phenomena. This low-pressure system, which includes the Mediterranean low-pressure system and occurs in regions with predominantly westerly and reverse winds, leads to increased winds and increases the likelihood of thunderstorms and heavy rainfall. When the depression of the Red Sea connects with the depression of the Mediterranean Sea, deep cumulonimbus clouds will form, and the weather will be very bad with rain and thunderstorms (rain, thunder, lightning, maybe even hail).

Keywords: troposphere, thunderstorm activity, barotropic, baroclinic, precipitation, depression

For citation: Al-Khulaifawi I. A., Ioshpa A. R. Monitoring of monthly dynamics of thunderstorm activity in Iraq. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 4–10 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-4-10>, EDN: FKPILF

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Кучево-дождевые облака (Cb), вызывающие молнии и гром, являются одним из важнейших погодных явлений и вызваны большой неустойчивостью, присутствующей в атмосфере. Такие облака представляют серьезную опасность для авиации из-за сильной турбулентности, мощного электрического разряда, обледенения и т. д. Такие поверхностные явления, как грозы, шквалы, град, проливные дожди, связанные с облаками Cb, могут нанести ущерб имуществу и даже привести к гибели людей.

Комплексные исследования грозовой активности в Ираке не проводились давно, а с учетом происходящего изменения климата, которое оказывает огромное влияние на условия формирования опасных погодных явлений, актуальным является вопрос мониторинга динамики грозовой активности на территории Ирака [1].

Грозу обычно классифицируют как явление «мезомасштаба» – с масштабом в пространстве от нескольких километров до нескольких сотен километров и масштабом времени от нескольких минут до нескольких часов. Хотя грозы на один-два порядка слабее, чем синоптические возмущения, развитие гроз в значительной степени определяется общим синоптическим масштабом. Именно возмущения синоптического масштаба создают условия, благоприятные для наступления грозы.

Воздушные потоки, движущиеся вверх и вниз, а в метеорологии и воздушные течения, движущиеся вниз, соответственно, обусловлены несколькими причинами. Местное дневное нагревание земли приводит к тому, что поверхностный воздух становится намного теплее, чем воздух выше, и поскольку более теплый воздух менее плотный, он поднимается и заменяется опускающимся более холодным воздухом. Вертикальное восходящее течение, называемое тепловым, может достигать высоты 3 км (2 мили) и более. Чем больше радиус термика, тем выше он может подняться. Повышение и понижение также происходит как часть турбулентности, которая создается, когда воздух проходит через топографические барьеры, такие как горы. Сильные восходящие и нисходящие потоки также случаются во время грозы. Восходящие по-

токи характеризуют раннее развитие шторма, во время которого теплый воздух поднимается до уровня, где начинается конденсация и начинают развиваться формируются осадки. В зрелом шторме восходящие потоки присутствуют наряду с нисходящими потоками, вызванными охлаждением и выпадением осадков. Эти нисходящие потоки, берущие начало на высоких уровнях, содержат холодный, плотный воздух, который распространяется у земли в виде клина холодного воздуха. Резкие изменения направления и / или скорости ветра в пространстве в районе аэродрома (включая нисходящие и восходящие воздушные потоки) приводят к сдвигам ветра, которые представляют опасность для воздушных судов во время посадки и взлета. Когда атмосфера становится достаточно неустойчивой, чтобы сформировались большие, мощные взлеты и сбросы (как указывают красные и синие стрелки), создается грозоздкое облако [2]. Иногда возмущения достаточно сильны, чтобы вытянуть верхнюю часть облака в тропопаузу – границу между тропосферой и стратосферой (рис. 1).

Восходящий поток поднимается, вращается против часовой стрелки и уходит на восток, образуя наковальню. Скорость восходящего потока во время суперячейковых штормов может превышать 40 метров (130 футов) в секунду и способна взвешивать градины размером с грейпфрут [3].

Кучево-дождевые облака всегда называют грозовыми, а их высота может превышать 12 километров, при этом сильные ветра прокладывают верхушки облаков, придавая им форму наковальни. Сильный дождь, снег, град, молнии и ураганы связаны с кучево-дождевыми облаками. Летом и весной, когда поверхность Земли излучает тепло, конвективная облачность развивается наиболее активно [4].

Материалы и методы

Республика Ирак – государство, расположенное в Юго-Западной Азии и граничащее на севере с Турцией, на востоке с Ираном, на западе с Иорданией и Сирией, на юге с Саудовской Аравией и Кувейтом. Ирак лежит между 29°5' и 37°15' северной широты и 38°45' и 48° 45' восточной долготы (рис. 2). Топографически страна разделена на четыре отдельных региона:

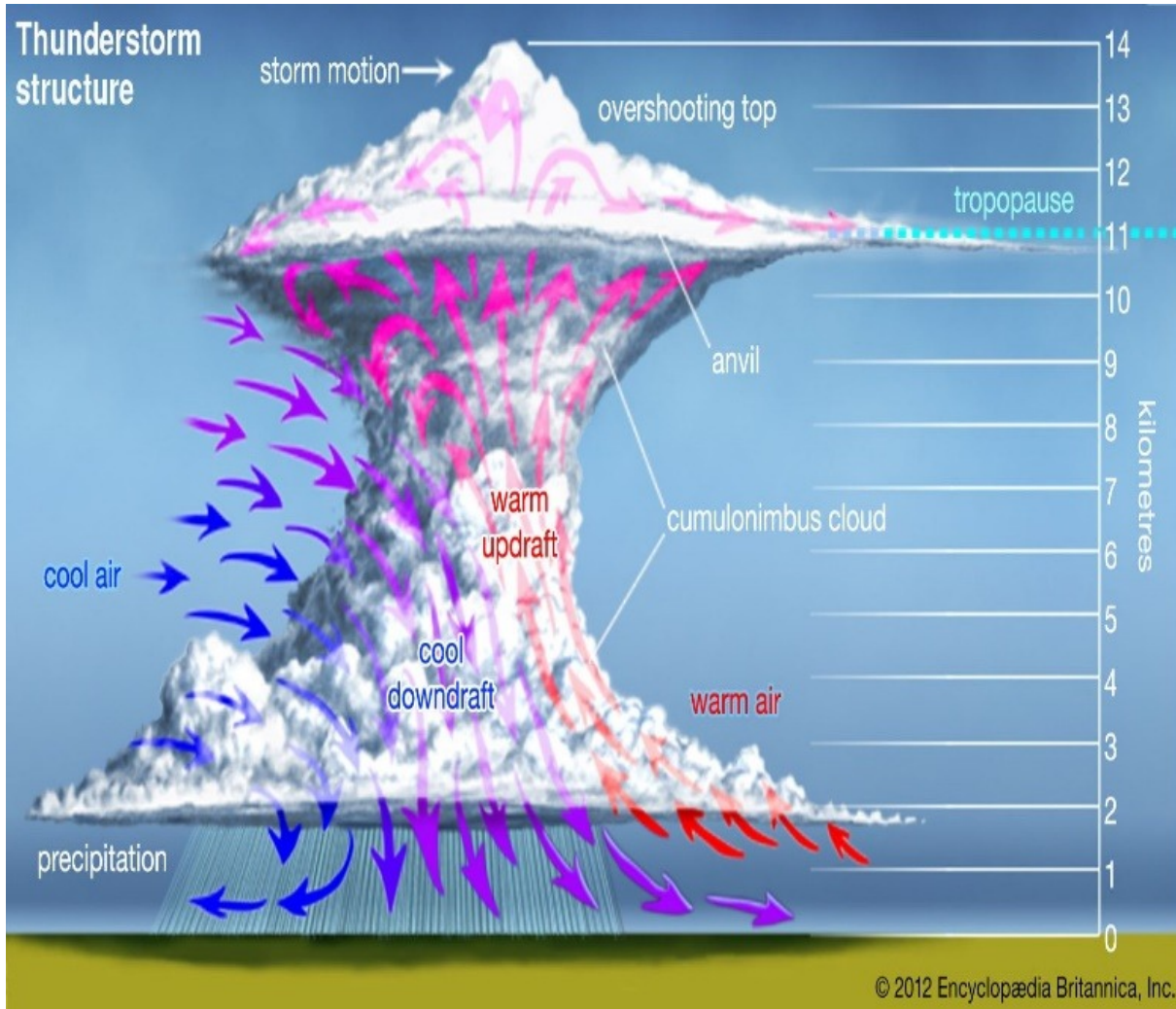


Рис. 1. Грозовая структура [5] (цвет онлайн)

- 1) Месопотамский между реками Тигр и Евфрат, что составляет 20% общей площади страны;
- 2) регион плато и холмов, который составляет 15% общей площади;
- 3) пустыня на западе и юге – 60% общей площади;
- 4) горы на севере и северо-востоке страны, которые занимают 5% общей площади [6, 7].

Средняя широта подавляет систему, которая рождается, становится зрелой, а затем ослабляется и рассеивается. Процесс созревания и развития депрессии называется циклогенезом, в то время как ослабленная депрессия называется циклолизом [8, 9].

Циклогенез в депрессиях средней широты может быть оценен, если его наличие сопровождается следующими факторами:

- 1) горный район, расположенный к востоку на пути депрессии;
- 2) глубокие трубы, расположенные к востоку от депрессии (на уровне 500 мбар);

- 3) крепкий хребет, расположенный к западу от депрессии (на уровне 500 мбар);
- 4) регионы с большим температурным градиентом (зоны воздушных фронтов);
- 5) области неустойчивости, где вертикальное движение воздуха не тормозится;
- 6) области, где холодный воздух перемещается над горячими и влажными воздушными зонами;
- 7) из-за увеличения силы Кориолиса удаление от экватора делает этот тип депрессии более тяжелым [8, 9].

Исследование проводилось на основе анализа ежедневных (архивных) метеорологических данных о грозовых явлениях за 10 лет на трех метеорологических станциях (Ханакин, аэропорт Багдада и аэропорт Басры) за период 2000–2009 гг. [10, 11]. Ряды данных были проверены на предмет их качества и непрерывности записей. Осуществлен экспертный контроль качества данных.

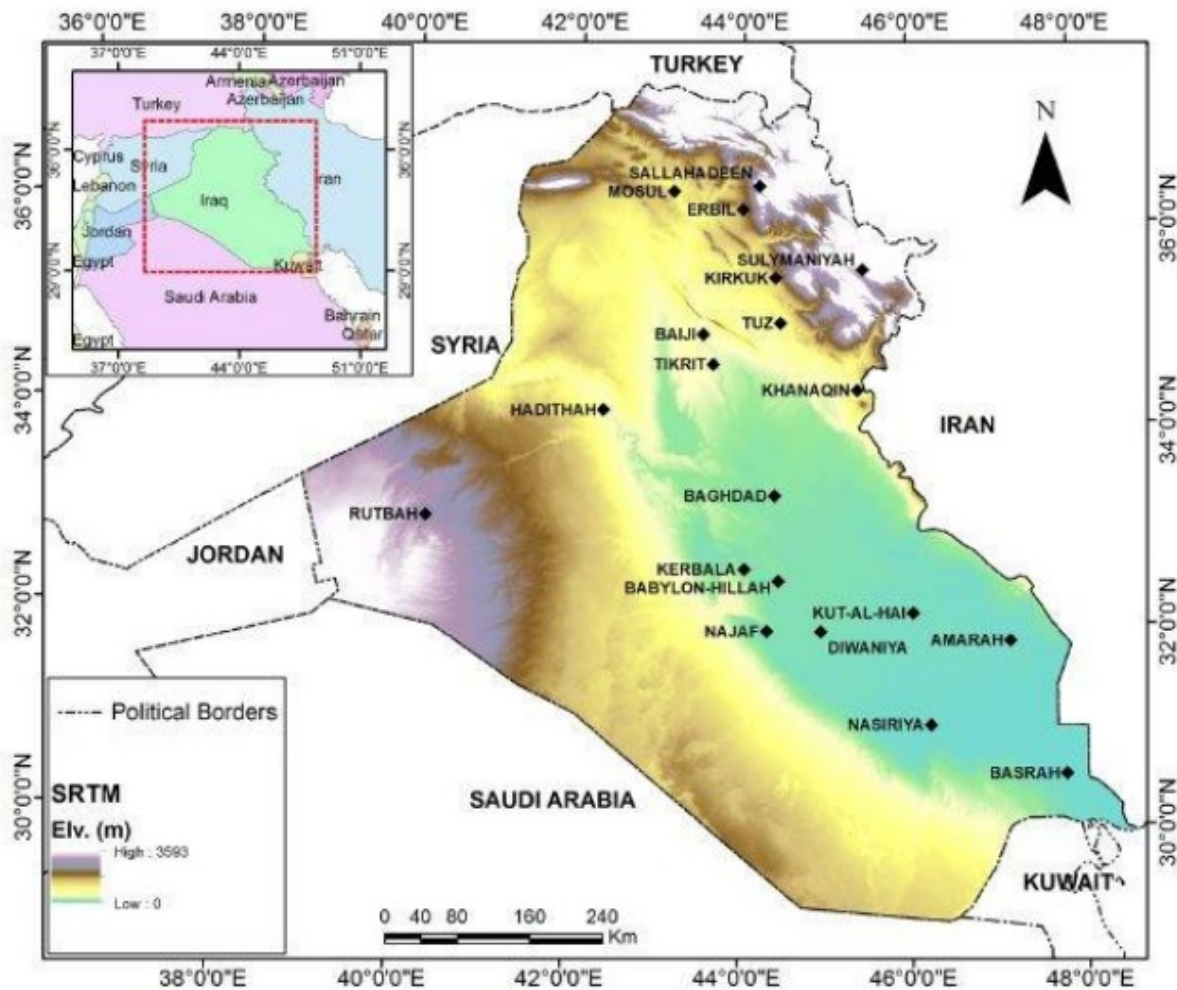


Рис. 2. Карта Ирака [6] (цвет онлайн)

На всех метеорологических станциях были проанализированы случаи с грозами (баротропный или бароклинический). Для анализа использовались карты барической топографии АТ- 500, АТ-850 гПа и приземные карты погоды.

Для анализа данных в статье использовались стандартные методы математической статистики.

Результаты и их обсуждение

Временная изменчивость суммарного числа дней с грозами на территории Ирака по трем метеостанциям за 10-летний период представлена на графике (рис. 3). Результаты анализа показывают, что наибольшее количество дней с грозами за рассматриваемый период приходится на горные районы, где расположена станция Ханакин, – 182 дня. Наименьшая повторяемость наблюдалась в районе Персидского залива на метеостанции аэропорта Басры – 67 дней, а на метеостанции аэропорта Багдада 101 день.

Как видно из графика (рис. 3), за исследуемый период на территории Ирака максимум количества дней с грозами приходится на район, где расположена станция Ханакин, – явное увеличение количества гроз в 2006, 2007 и 2008 гг.

Анализ среднегодового числа дней с грозами за 10-летний период (с 2000 по 2009 г.) на всех станциях в Ираке показал, что обычно максимальная повторяемость грозовой активности приходится на весну – в марте и апреле около 47.42% всех гроз, как показано на рис. 4. Как показал анализ данных за 10-летний период (с 2010 по 2019 гг.) на всех станциях в Ираке, обычно максимальная повторяемость грозовой активности приходится на тот же весенний период – в марте и апреле около 38.19 % всех гроз [12].

Максимальное количество дней с грозами наблюдается в апреле (максимум 10 дней на станции Ханакин) в горной местности в северной и северо-западной части страны из-за преобладающих орографических условий, способствующих конвективной активности. На равнинных территориях Ирака максимальное количество

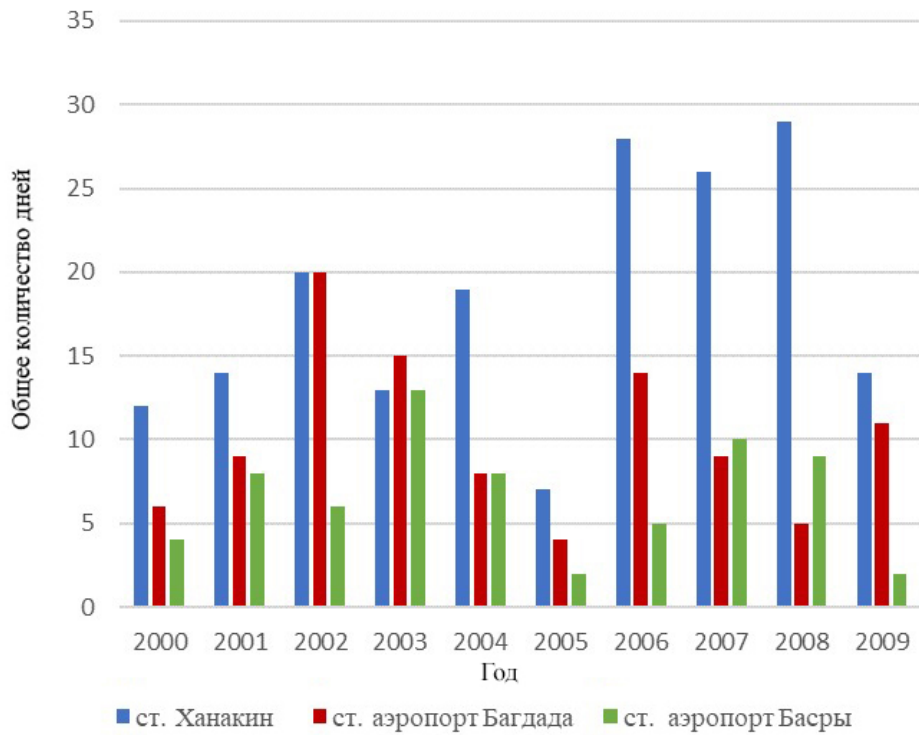


Рис. 3. Распределение общего количества гроз по годам за 10 лет (цвет онлайн)

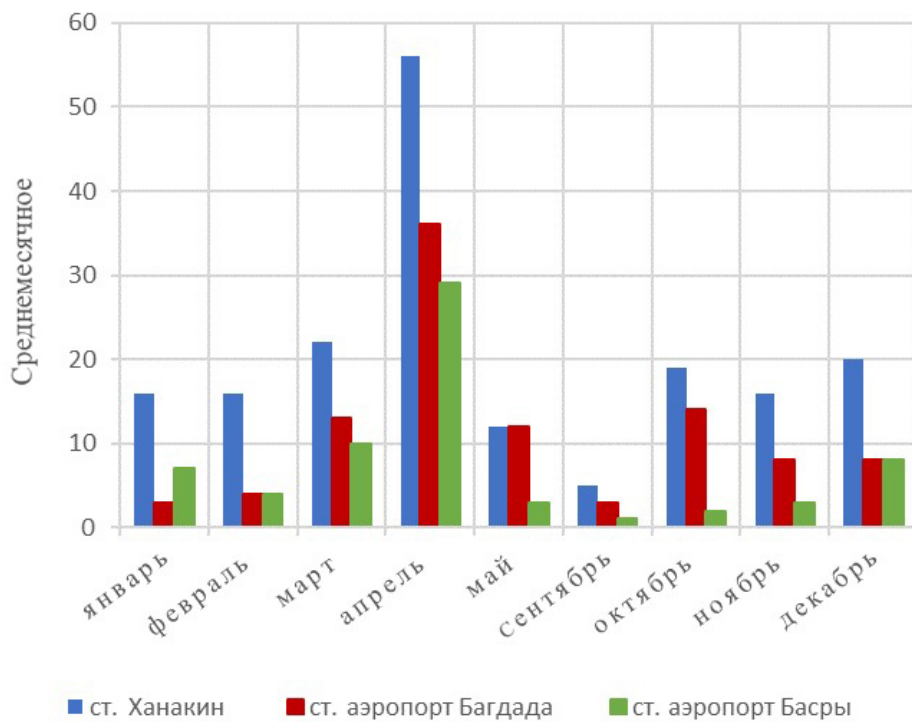


Рис. 4. Среднемесячное число дней с грозой за период с 2000 по 2009 г. (цвет онлайн)



наблюдается в апреле – 8 дней на станции аэропорта Багдада и 7 дней на станции аэропорта Басры.

Средняя температура в Ираке в июле и августе достигает 48 °С и более и опускается ниже нуля в январе. Большинство осадков приходится на период с декабря по апрель, причем средний показатель колеблется в пределах 100–180 мм в год (на севере Ирака). В горном регионе осадков выпадает больше, чем в центральных и южных. Около 90% годовых осадков приходится на период с ноября по март. Что касается остальных месяцев, особенно летних – июня, июля и августа, – они полностью засушливые [13, 14].

Обычно системы низкого давления вызывают внезапные колебания погоды с сильными ветрами, дождями, грозами и другими резкими изменениями погоды. Системы низкого давления не остаются на месте, а передвигаются по однотипным траекториям [15].

Бароклидная неустойчивость определяется как динамическая неустойчивость в основном переносе в атмосфере. Она связана с наличием меридионального градиента температуры и, следовательно, термического ветра. Когда теплая воздушная масса поднимается, она охлаждается и конденсируется, что приводит к образованию облаков и осадков. Сжатие воздуха происходит на холодном фронте, когда холодная воздушная масса вытесняет теплую. Возможное при этом сжатие и нагревание воздуха может привести

к образованию грозовых облаков и сильных осадков.

Данные о наблюдаемых днях с грозами в марте, апреле, мае, сентябре, октябре и ноябре были проанализированы за период 2000–2009 гг. для трех станций. Что касается повторяемости гроз на станции Ханакин и станции аэропорта Багдада, то они носили больше баротропный характер в 2002 г. и бароклинный в 2006 г., а на станции аэропорта Басры их характер был баротропным в 2003 г. и бароклинным в 2008 г. (рис. 5).

Заключение

1. За 10-летний период исследований в Ираке наибольшее количество грозовых дней наблюдалось на метеорологической станции в Ханакине – до 20 дней в 2006 г., на станции аэропорта Багдада – 18 дней в 2002 г. и на станции аэропорта Басры – 12 дней в 2003 г.

2. Пиковыми месяцами грозовой активности на исследуемой территории являются март, апрель, октябрь и ноябрь.

3. Отчетливо прослеживается меридиональное распределение числа дней с грозами: при продвижении с севера на юг грозовая активность уменьшается.

4. Наблюдаемая частота гроз в Басре низкая в сравнении с остальными станциями из-за ее близости к экватору, низкой относительной влажности, очень низкой высоты над по-

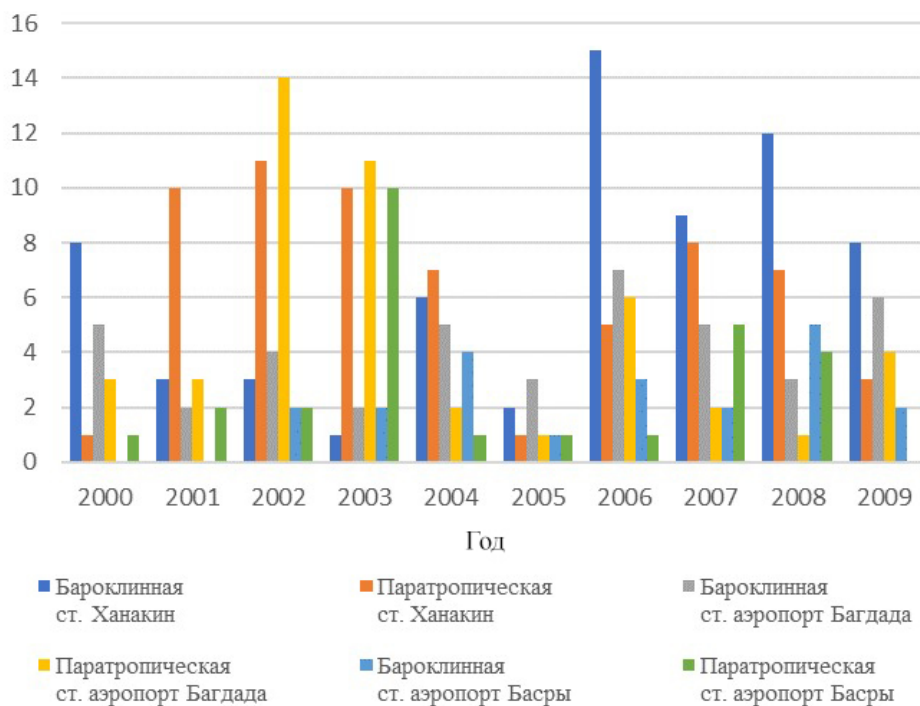


Рис. 5. Годовое количество гроз (бароклинных и баротропных) за период с 2000 по 2009 г. (цвет онлайн)



верхностью моря, увеличивающегося количества нефтяных скважин, уменьшения растительного покрова (сельскохозяйственных угодий) из-за засухи и соленой воды.

Библиографический список

1. Абдуль Баки Ф. Х. Атмосферные явления в верхних слоях атмосферы и их влияние на формирование климата в Ираке. Багдад : Университет Аль-Мустансерия, 2001. 140 с. (араб. яз.).
2. Updraft and downdraft. URL: <https://www.britannica.com/science/updraft> (дата обращения: 06.11.2023).
3. Downdraft. URL: <https://www.britannica.com/science/downdraft> (дата обращения: 06.11.2023).
4. Zipser E. J. Deep cumulonimbus cloud systems in the tropics with and without lightning // *Monthly Weather Review*. 1994. Vol. 122, iss. 8. P. 1837–1851. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1994\)122<1837:DCCSIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1994)122<1837:DCCSIT>2.0.CO;2)
5. Thunderstorm: structure. URL: <https://www.britannica.com/science/updraft#/media/1/618650/19389> (дата обращения: 06.11.2023).
6. USGS, 2004. Shuttle Radar Topography Mission', 3-Arc Second scenes for IRAQ, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February 2000.
7. Al-Ansari N. Topography and climate of Iraq // *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*. 2021. Vol. 11, № 2. P. 1–13. <https://doi.org/10.47260/jesge/1121>
8. Stull R. *Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science*. British Columbia, Canada: Dept. of Earth, Ocean & Atmospheric Sciences; University of British Columbia, 2017. 940 p. https://www.eoas.ubc.ca/books/Practical_Meteorology/
9. Mutar A. G., Abdulkareem A. K., George L. E. *Physical and Synoptical Characteristics of Torrential Rains over Iraq and Neighboring Regions: Cases Study*. Baghdad : Al-Mustansiriya University ; Mustansiriyah University College of Science Department of Atmospheric Science, 2021. 104 p.
10. Meteologix. URL: <https://meteologix.com> (дата обращения: 20.09.2023).
11. Аль-Хулайфави И. А., Иошпа А. Р. Анализ грозовой активности на территории Ирака и Турции // *Известия Уральского государственного горного университета*. Серия : Дискуссионный клуб. 2023. Вып. 4 (72). С. 164–169. <http://doi.org/10.21440/2307-2091-2023-4-164-169>
12. Иошпа А. Р., Аль-Хулайфави И. А. Анализ грозовой активности на территории Ирака // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия : Естественные науки*. 2023. № 2 (218). С. 75–80. <https://doi.org/10.18522/1026-2237-2023-2-75-80>
13. Hiroshi I. A Micro-climatic observation in the extremely hot and dry climate in Iraq // *Journal of Agricultural Meteorology*. 1965. Vol. 20, iss. 3. P. 101–107. <https://doi.org/10.2480/agrmet.20.101>
14. Al-Ansari N., Mawada A., Mohammad E., Salahalddin A., Knutsson S. Climate change and future long-term trends of rainfall at north-east of Iraq // *Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2014. Vol. 8, № 6. P. 790–805. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2014.06.014>
15. Ganesan A. L., Blunden J., Arndt D. S., Baringer M. O. State of the climate in 2010 // *Special Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society*. 2011. Vol. 92, № 6. 238 p.

Поступила в редакцию 19.11.2023; одобрена после рецензирования 10.01.2024; принята к публикации 09.02.2024
The article was submitted 19.11.2023; approved after reviewing 10.01.2024; accepted for publication 09.02.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 11–18
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 11–18
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-11-18>, EDN: OWIVIO

Научная статья
УДК 911

Территориальная производственная система Волго-Уральского макрорегиона: тенденции поляризации 2005–2021 гг. и потенциал развития



Ю. В. Преображенский[✉], Д. С. Моисеев

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Преображенский Юрий Владимирович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экономической и социальной географии, topofag@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2774-0554>

Моисеев Денис Сергеевич, лаборант учебной лаборатории геоинформатики и тематического картографирования, dan.moiseeff2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8383-5239>

Аннотация. Применение полимасштабного подхода к исследованию социально-экономических процессов позволяет увидеть значение крупных (первых, вторых и третьих по людности в своих регионах) городов для формирования территориальной производственной системы надрегionalного образования в целом. В настоящей работе на основании данных по населению и стоимости обрабатывающей промышленности крупных городов Волго-Уральского макрорегиона была прослежена их динамика в 2005–2021 гг. *Теоретический анализ.* Обосновывается необходимость анализа сложившихся территориальных структур хозяйства на надрегionalном уровне (уровне макрорегиона). Прослеживается изменение вклада крупнейших городов Волго-Уральского макрорегиона в численность населения и выпуск продукции обрабатывающей промышленности регионов, на основе чего произведена типология городов по характеру влияния на социально-экономическое пространство. На основе гравитационного подхода показан потенциал поля промышленного взаимодействия в пределах макрорегиона. Обсуждаются проблемы его разорванной конфигурации, а также региональные различия в выпуске продукции по отраслям *Заключение и выводы.* Проведённый анализ позволил выявить сравнительную динамику социально-экономического развития крупных городов Волго-Уральского макрорегиона за достаточно продолжительный период и типологизировать её. Анализ показал обособленный характер отдельных ядер территориальной производственной системы в пределах макрорегиона, а также необходимость проведения промышленной политики для позитивной трансформации системы.

Ключевые слова: территориальная производственная система, потенциал поля промышленного взаимодействия, социально-экономическая поляризация, Волго-Уральский макрорегион, региональное взаимодействие, таксономия городов, вторые города

Для цитирования: Преображенский Ю. В., Моисеев Д. С. Территориальная производственная система Волго-Уральского макрорегиона: тенденции поляризации 2005–2021 гг. и потенциал развития // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 11–18. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-11-18>, EDN: OWIVIO

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Territorial manufacturing system of the Volga-Ural macroregion: Trends of polarization 2005–2021 and development potential

Yu. V. Preobrazhenskiy[✉], D. S. Moiseev

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Yuri V. Preobrazhenskiy, topofag@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2774-0554>

Denis S. Moiseev, dan.moiseeff2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8383-5239>

Abstract. The application of a multi-scale approach to the study of socio-economic processes makes it possible to see the importance of large (first, second and third in terms of population in their regions) cities for the formation of a territorial production system of supra-regional education as a whole. In this paper, based on data on the population and the value of the manufacturing industry of large cities of the Volga-Ural macroregion, their dynamics in the period 2005–2021 was traced. *Theoretical analysis.* The necessity of analyzing the existing territorial structures of the economy at the supra-regional level (macroregion level) is substantiated. The change in the contribution of the largest cities of the Volga-Ural macro-region to the population and output of the manufacturing industry of the regions is traced, on the basis of which a typology of cities by the nature of their influence on the socio-economic space is made. Based on the gravitational approach, the potential of the industrial interaction field within the macroregion is shown. The problems of its broken configuration are discussed, as well as regional differences in output by industry. *Conclusion* The analysis made it possible to identify the comparative dynamics of the socio-economic development of large cities of the Volga-Ural



macroregion over a fairly long period and typologize it. The analysis showed the isolated nature of the individual cores of the territorial production system within the macroregion, as well as the need for industrial policy for a positive transformation of the system.

Keywords: territorial manufacturing system, potential of the field of industrial interaction, socio-economic polarization, Volga-Ural macroregion, regional interaction, taxonomy of cities, second cities

For citation: Preobrazhenskiy Yu. V., Moiseev D. S. Territorial manufacturing system of the Volga-Ural macroregion: Trends of polarization 2005–2021 and development potential. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 11–18 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-11-18>, EDN: OWIVIO

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Дискурс промышленного развития страны определяет актуальность темы исследования территориальных систем населения и хозяйства. Промышленная политика нуждается в адекватном представлении о происходящих в таких системах процессах. При этом подобное представление должно формироваться на всех уровнях таксономии экономического пространства от промышленного узла до промышленного района. Переход между этими уровнями не есть просто изменение масштаба, речь идёт о системных проявлениях отдельных точечных элементов (узлов) в пространстве, о формировании собственно территориальной производственной системы. Крупные города выполняют двойную функцию в качестве узлов и территориальных систем как расселения населения, так и производства.

С этих позиций важно понимание детерминант и направления развития первых (административных столиц) и вторых-третьих¹ городов региона. Они определяют не только тренды социально-экономического развития «своего» региона, но и трансформацию территориальных структур населения и хозяйства в пределах макрорегиона, из которых в конечном счёте состоит опорный каркас расселения страны в целом. В этой связи нужно говорить «о полимасштабном подходе к регулированию пространственного развития, созданию полицентричной городской системы как в России в целом, так и в субъектах РФ в частности [1, с. 118].

Предлагаемое исследование относится к одному из макрорегионов России², Волго-Уральскому, но аналогично может быть выполнен анализ и по другим крупным районам страны. Основными задачами работы являются анализ динамики вклада первых и вторых-третьих городов Волго-Уральского макрорегиона (далее – ВУМР) в основные социально-экономические показатели регионов в 2005–2021 гг. и выявление потенциала поля промышленного развития макрорегиона.

Обзор литературы

Территориальная производственная система как совокупность промышленных ядер и линейных связей между ними в первом приближении может рассматриваться с позиции каркасного подхода, но не исключает в своём анализе и перехода к континуальному (непрерывному в пространстве) выражению. В обоих случаях основным материалом для анализа будет являться информация по крупнейшим городам – узлам и ядрам, структурирующим и поляризующим социально-экономическое пространство региона, его части или совокупности регионов. Важен комплексный пространственный анализ систем расселения и экономики.

С данной позиции к первому, расселенческому аспекту можно отнести работы, посвящённые трансформации систем расселения отдельных регионов и макрорегионов [2–4]. В них административный центр субъекта РФ вместе со вторыми-третьими городами образует основу урбанизированного каркаса региона, что даёт возможность в первом приближении рассматривать пространственные структуры населения региона. Объединение региональных (областных, республиканских, краевых) каркасов в один макрорегиональный каркас позволяет анализировать внутреннюю целостность макрорегионов, выделяемых в Стратегии пространственного развития РФ до 2025 года [5] (далее – Стратегия). Отметим, что выход исследования за пределы административных границ в большинстве случаев совершенно логичен, ведь, как отмечают П. Л. Кириллов, А. Г. Махрова, «реальные расселенческие структуры и связи не всегда могут быть «загнаны» в административные границы» [6, с. 6]. Актуальной задачей является оценка перспективной трансформации урбанизированного каркаса. Так, М. В. Фоминым и Т. Р. Мирязовым для вторых и третьих городов рассматриваемых ими регионов были составлены матрицы перспективных сценариев развития – «приоритетного» (активное государственное регулирование расселения), «прогрессивного» (свободная

¹Так мы предлагаем называть большие (100–250 тыс. жителей) и крупные (250–500 тыс. жителей) населённые пункты, делая акцент на их значимости для региона. В отдельных случаях для избегания повторов в тексте первые, вторые и третьи города обобщённо называются крупнейшими, что не имеет отношения к традиционной классификации городов по плотности.

²Согласно Стратегии пространственного развития РФ до 2025 года, в состав Волго-Уральского макрорегиона (ВУМР) входят шесть регионов – субъектов РФ: Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская области и Республика Башкортостан.



самоорганизация расселения) и «инерционного» (смешанная трансформация систем расселения) [7, с. 118].

На основании анализа хозяйственной специализации крупнейших городов и их вклада в экономику региона можно предполагать, какова способность региональной экономики к той или иной степени адаптации к внешним вызовам, и более детально прорабатывать сценарии регионального развития в изменившихся макроэкономических условиях [8]. Исходные предпосылки таких сценариев во многом опираются на показатели хозяйственной диверсификации³ региональной экономики, в которой вторые-третьи города имеют, как правило, существенное значение. В целом сложился консенсус в отношении того, что отраслевое разнообразие является условием гибкой реакции на изменяющуюся мировую конъюнктуру [9]. Дифференциация производств, сосредоточенных в регионе, и их сложность позволяют более гибко подстраиваться под внешние запросы. Так, В. Л. Бабурин формирует представление о так называемых мерцающих отраслях, которые возникают только при особых условиях в мировой конъюнктуре [10]. В настоящих условиях развитие подобных неустойчивых отраслей связано с необходимостью импортозамещения, однако ряд базовых ограничений их функционирования и развития не преодолен или снят недостаточно.

Впрочем, существует и мнение, согласно которому и глубокая специализация региональной экономики также может обеспечить региону устойчивое развитие. Так, В. В. Акбердина и О. А. Романова рассматривают основные направления промышленного развития региона через процессы усиления диверсификации или специализации. В первом случае будет наблюдаться эффект отраслевого разнообразия промышленности территории, приводящий в том числе к межотраслевой кооперации и новым сочетаниям видов экономической деятельности. Во втором случае ожидается проявление эффекта специализации, приводящего к формированию «профильных рынков труда, генерации и распространению специального знания и профессиональных навыков среди ограниченного пула организаций в определенных видах экономической деятельности» [11, с. 722–723]. На наш взгляд, в данном подходе нет противоречия, напротив, специализация отдельных промышленных узлов (в том числе сложившихся во вторых-третьих городах и вокруг них) является предпосылкой для формирования развитой диверсификации экономики крупного региона (или макрорегиона) в целом.

Значимую дискуссию среди авторов вызывает обусловленность будущего экономического развития региона сложившейся моделью экономики. Так, Е. Е. Салимоненко и соавторы выделяют четыре типа таких моделей (паттернов), в которых региональное экономическое развитие связано с той или иной степенью успешности их адаптации к новым внешнеэкономическим условиям и внутренним ограничениям. В целом авторы отмечают, что «возможность адаптации и восстановительного роста индустрии экономики зависит от пространственной связанности и гибкости отраслевой структуры производства, адаптивных способностей» [12, с. 141–142]. Последние во многом зависят от уровня развития и эффективности инновационных систем [13].

Методы исследования

Анализ территориальных структур населения и хозяйства требует обращения к широкой статистической базе. Это касается как пространственного, так и временного аспекта их проявления (функционирования). Для первого желательна информация по каждому населённому пункту региона, для второго – продолжительный ряд доступных данных. При их наличии становится возможным применять циклический подход, т. е. появляется вероятность проследить (в порядке подтверждения или опровержения гипотезы) некоторые циклические закономерности в процессе поляризации социально-экономического пространства региона, района и страны. Подходящая статистика доступна для города-столицы (административных центров) и вторых-третьих городов региона (грубо говоря, для населённых пунктов площадью более 100 тыс. жителей).

В настоящей работе для решения первой из поставленных задач рассматривается преимущественно динамика численности и промышленного производства таких городов в период 2005–2021 гг. (использовались выпуски издания [14] разных лет), а также вклад города в совокупное значение показателя промышленного производства региона. Оценка динамики производилась сравнительным методом. Полученные результаты позволили выделить четыре типа городов (таблица), которые в целях пространственного анализа были отражены на карте (рис. 1).

Второй задачей работы являлось построение поля промышленного производства в пределах ВУМР. Для этого был использован метод построения потенциала поля расселения, в основе которого лежит предположение, что численность города пропорциональна радиусу его влияния

³Отметим, что многие авторы анализируют диверсификацию секторов экономики в целом. Однако более оправданным, на наш взгляд, является подход, когда диверсификация региональной экономики оказывается связанной с мерой разнообразия промышленных отраслей, сосредоточенных в пределах региона, поскольку именно они в наибольшей степени включены во внешний контур цепочек добавленной стоимости.



Типология городов по динамике численности населения и стоимости продукции промышленности

Доля в численности населения	Увеличилась	Уменьшилась
Доля в стоимости продукции обрабатывающей промышленности увеличилась	I тип	III тип
Доля в стоимости продукции обрабатывающей промышленности уменьшилась	II тип	IV тип



Рис. 1. Схема потенциальных промышленных связей между городами ВУМР людностью более 100 тыс. жителей

на прилегающую территорию. В данной работе вместо людности города был взят показатель производства продукции обрабатывающей промышленности в разрезе городов с населением более 100 тыс. жителей (согласно доступной статистике).

По этим данным был рассчитан потенциал интенсивности связи (ПИС) (совокупность таких потенциалов на карте показывает потенциал поля промышленного производства) между городами по формуле

$$ПИС = \frac{ОП_i \cdot ОП_j}{R_{ij}}$$

где $ОП_i$ и $ОП_j$ – объём продукции обрабатывающей промышленности в стоимостном выражении в i и j городе, R_{ij} – расстояние между ними.

Подобная формула нами уже применялась [15], однако в настоящем исследовании при отображении пространственных данных применен другой подход, а также использованы более новые данные 2021 г.

В среде программного продукта MapInfo 15.0 была составлена карта по рассчитанным

значениям показателя ПИС в пределах ВУМР. Чтобы получить векторные данные этих регионов, было применено другое программное обеспечение QGIS 2.38, а также модуль QuickOSM. Расчет данных по формуле (ПИС) проводился в программе Excel, результат расчётов в виде таблицы был добавлен в программу MapInfo 15.0. Далее были проведены линии связей между населенными пунктами (рис. 2). Далее были проведены линии связей между населенными пунктами (рис. 1) и с помощью сервиса 2ГИС получены расстояния между ними.

С помощью программы Vertical Mapper 3.7 была построена GRID-модель (представление данных в виде растровой сетки (grid), каждая ячейка которой содержит определенное значение. GRID-модель может использоваться для визуализации и анализа географических данных в форме растров, что позволяет получить более детальное представление о распределении данных на карте по точкам (городам) с данными (ПИС)). После этого был выставлен оптимальный интервал и получена изолинейная карта потенциала интенсивности связи обрабатывающей продукции. Из-за особенностей программы линейная ин-

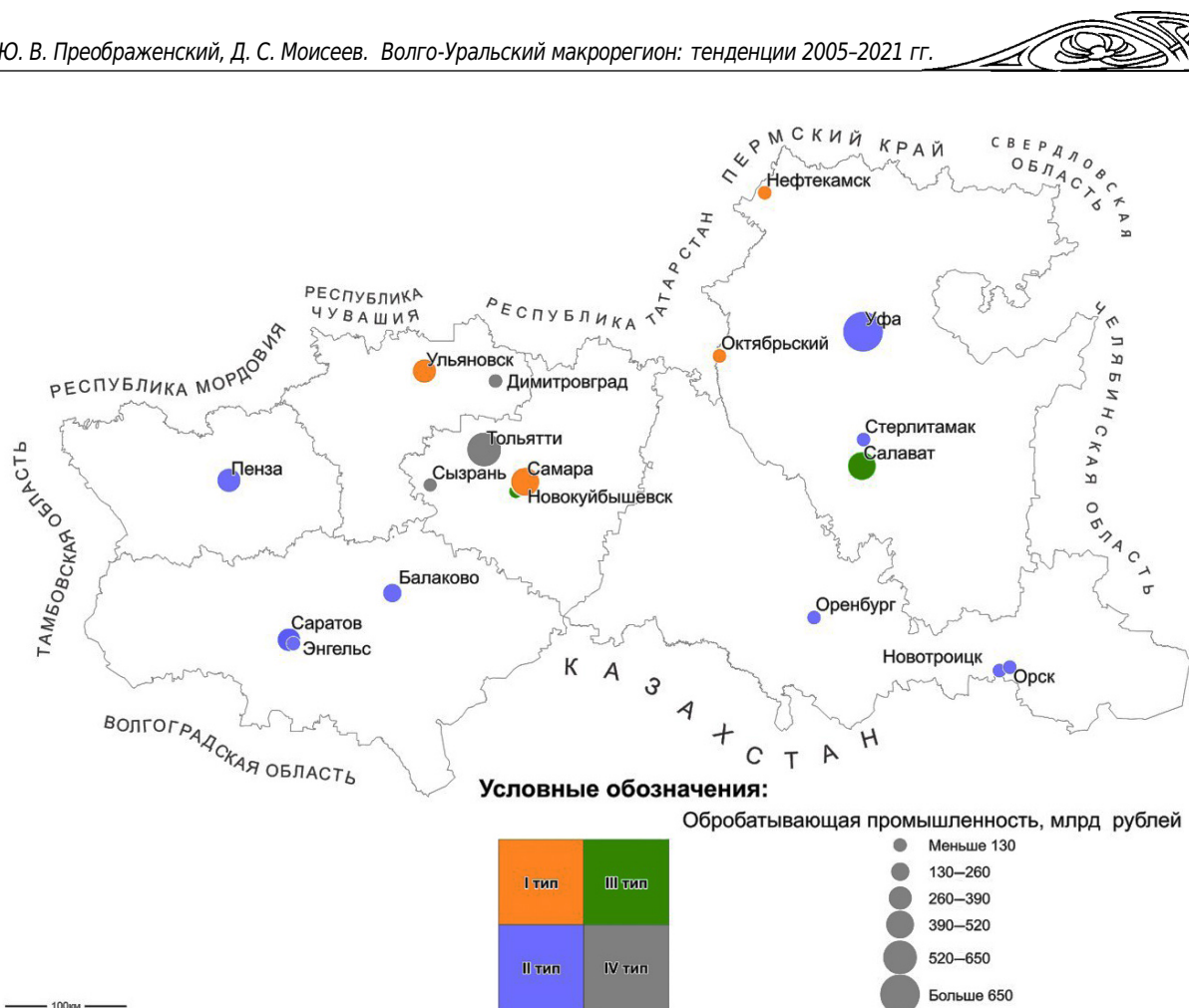


Рис. 2. Типы городов ВУМР по динамике доли в численности населения региона – субъекта РФ и стоимости продукции обрабатывающей промышленности, 2005–2021 гг. (цвет онлайн)

терполяция создает равномерно изменяющийся переход от одной зоны к другой и поэтому в некоторых местах оконтуривает и уводит в полигон в пустоту. Результат можно видеть на карте (рис. 2).

Результаты и их обсуждение

Анализируя карту (см. рис. 2), отмечаем, что рассматриваемые города Саратовской, Оренбургской и Пензенской областей относятся исключительно ко II типу по предложенной матрице (таблица) – они в большей степени поляризуют население, чем хозяйство. Интересно, что города IV типа расположены довольно компактно по берегам Волги (Димитровград, Тольятти, Сызрань). К городам II типа относятся только Новокуйбышевск и Салават. Эти города снизили свою людность в населении региона, но повысили выпуск продукции обрабатывающей промышленности. Наконец, Ульяновск, Самара, Нефтекамск и Октябрьский поляризовали и население, и экономику, т. е. повысили свою долю и в численности населения, и в экономике региона.

Таким образом, можно видеть, что крупнейшие города ВУМР в 2005–2021 гг. разным

образом повлияли на социально-экономическое пространство своих регионов. Стоит отметить, что если рост доли города в населении региона, как правило, означает поляризацию последнего в демографическом отношении, то увеличение доли в обрабатывающей промышленности говорит скорее о перераспределении производства среди городов – промышленных центров. Экономическая поляризация будет наблюдаться в том случае, если доля города растёт за счёт малых и средних городов (людностью менее 100 тыс. жителей), не попавших в выборку.

По стоимости продукции обрабатывающей промышленности в 2021 г. выделяются три узла – Уфа, агломерация Самара – Тольятти и промышленный узел Стерлитамак – Салават – Ишимбай.

Анализ пространственного проявления поля промышленного производства показывает его ожидаемую концентрацию прежде всего в Самарско-Тольяттинской агломерации и в меньшей степени в Уфе (рис. 3). Безусловно, методологической проблемой является отсутствие информации по производству промышленной продукции в городах людностью менее 100 тыс. жителей, а также её отраслевому содержанию.

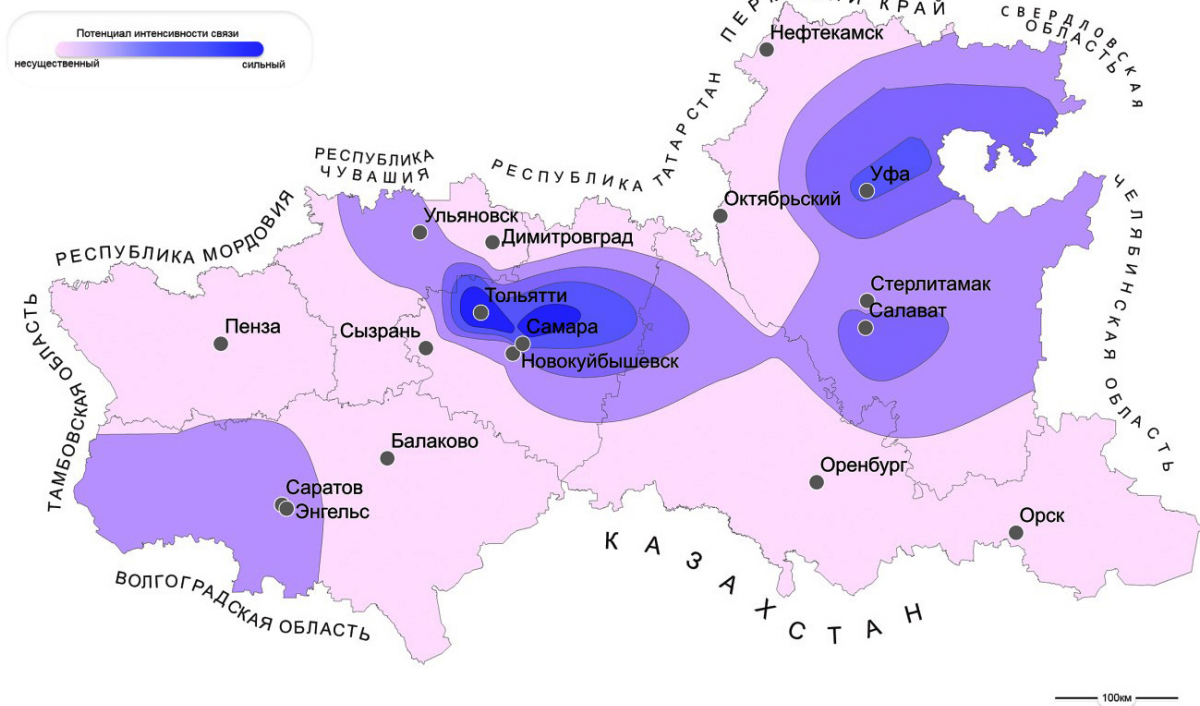


Рис. 3. Потенциал промышленного производства в пределах ВУМР (по стоимости продукции обрабатывающей промышленности в городах населенностью более 100 тыс. жителей), 2021 г. (цвет онлайн)

Отметим, что интенсивность поля промышленного производства не показывает значимой связи с типом региона по динамике социально-экономического развития, выявленной на предыдущей стадии исследования: далеко не все города, лежащие в зоне сильного потенциала, относятся к I или III типу. Это можно объяснить тем, что если отраслевые структуры двух лежащих рядом промышленных центров не дополняют друг друга по линии цепочек добавленной стоимости, их взаимодействие по линии кооперации будет минимальным, а близкое расположение не будет давать импульсов к развитию смежных отраслей. Стоит также иметь в виду – то, что отмечается на карте как сравнительно сильный потенциал поля промышленности, может, тем не менее, оказаться недостаточным для получения выгод от близкого взаиморасположения.

Для более детального представления о технологической сложности производств был проведен сравнительный анализ регионального выпуска продукции несущих и замещающих отраслей. К несущим отраслям были отнесены производства преимущественно 3–4 технологических укладов (ТУ), созданные или прошедшие модернизацию в последние 5–10 лет (в эту группу определены химическая промышленность, металлургия и машиностроение), а к замещающим отраслям – производства 5 ТУ, которые созданы или создаются для замены импорта (производ-

ство компьютеров, электронных и оптических изделий, производство электрооборудования).

В большинстве регионов ВУМР преимущественно представлены сравнительно «старые» в технологическом отношении отрасли. Несущие отрасли во многом были ориентированы на экспорт, и в результате схлопывания европейского рынка для их товарной продукции ведется поиск других потребителей. В лучшем случае она будет переориентирована на внутреннего потребителя, однако это оптимистический сценарий развития. Более реальным представляется другой вариант развития событий. В его рамках, как отмечают Н. В. Смородинская и Д. Д. Катуков, «в экономике запускается механизм структурного упрощения (в отраслевом, технологическом, продуктовом и иных отношениях)» [16, с. 61], что ведёт к процессу регрессивной индустриализации – «перестройке технологических линий и бизнес-процессов под производство товаров среднего уровня сложности, характерных для поздней индустриальной эпохи» [16, с. 63]. Другими словами, можно ожидать, что данный тренд закрепит специализацию регионов ВУМР на производствах 3 и 4 ТУ.

Результаты сравнения регионального выпуска продукции несущих и замещающих отраслей регионов ВУМР представлены на рис. 4.

Заметные региональные различия по выпуску продукции в несущих отраслях позволяют ранжировать регионы следующим образом: Са-

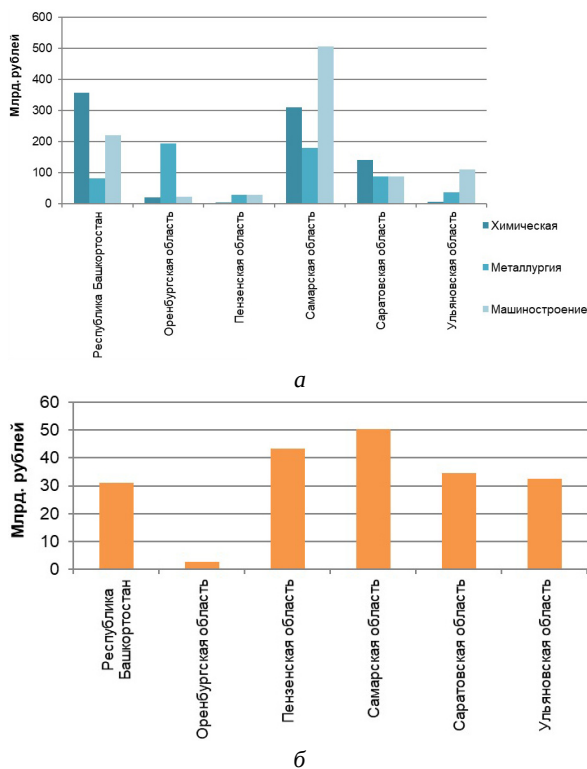


Рис. 4. Стоимость произведённой продукции промышленности субъектов ВУМР, 2021 г.: а – в несущих отраслях; б – в замещающих отраслях (цвет онлайн)

марская область и Республика Башкортостан опережают прочие регионы по объёмам выпуска продукции, Саратовская область занимает промежуточное положение, остальные три региона показывают относительно небольшие объёмы выпуска соответствующей продукции (кроме металлургии в Оренбургской области и машиностроения в Ульяновской). При этом следует учитывать, что машиностроение может существенно отличаться по уровню технологического развития: например, выпуск автомобилей на заводе в Тольятти сегодня схож с этим процессом полувековой давности, а ядерные технологии в Димитровграде (условно относимые к машиностроению) технологически гораздо более сложны (см. рис. 4, а).

Ситуация в замещающих отраслях иная – пять регионов производят сравнительно скромный в стоимостном измерении объём продукции (от 30 до 50 млрд рублей) (см. рис. 4, б).

Субъекты РФ, относящиеся к Волго-Уральскому макрорегиону, отличаются значительными различиями с структуре обрабатывающей промышленности [17], но разнообразие отраслей имеет потенциал для усиления специализации и кооперации, формирования более сложной территориальной производственной системы. Для этого промышленности макрорегиона (и страны в целом) нужна масштабная трансформация, связанная с развитием замещающих и передовых

отраслей при модернизации несущих. Подобная трансформация позволит преодолеть регрессивные процессы в промышленности. Отсюда следует, что необходима грамотная политика, сочетающая меры технологического и пространственного развития страны, поскольку технологии имеют вполне конкретную локализацию, а предприятия – прослеживаемые в пространстве отраслевые и межотраслевые связи.

Выводы

В представленной статье делается попытка описать территориальную производственную систему, которая складывается в пределах Волго-Уральского макрорегиона. Однако для понимания параметров такой системы важно знать не только её структурные элементы (промышленные ядра и оси), но и интенсивность и характер связей, складывающихся между ними. На основе применённого подхода выделены структурные элементы системы и показан потенциал их взаимодействия, однако, к сожалению, сбор данных по связям, т. е. характеру и весу перемещаемого сырья, полуфабрикатов и технологий, – отдельная трудоёмкая задача.

Анализ влияния крупнейших городов на социально-экономическое пространство регионов показал в 2005–2021 гг. разнонаправленные тенденции, сведённые нами в четыре типа: одни города увеличили свою долю в населении и обрабатывающей промышленности региона, другие, напротив, снизили её, причём какой-то очевидной зависимости от размера города и его положения в пределах макрорегиона не просматривается.

Метод гравитационного взаимодействия промышленных центров позволил создать карту потенциала поля промышленного взаимодействия, выявить его далеко не завершённые очертания и поставил вопрос о совершенствовании территориальной производственной системы макрорегиона.

Библиографический список

- Кузнецова О. В. «Вторые» города в государственном регулировании пространственного развития // Terra Economicus. 2022. Т. 20, № 4. С. 129–140. <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2022-20-4-129-140>, EDN: ZJFIFM
- Петровская О. В. Опыт изучения районных систем расселения регионов центральной России // Вестник ТвГУ. Серия : География и геоэкология. 2022. № 4 (40). С. 26–40. <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2022-4-26-40>, EDN: VVYGUN
- Федотов М. А. Опорный каркас Центрального экономического района // Вестник ТвГУ. Серия : География и геоэкология. 2022. № 4 (40). С. 17–25. <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2022-4-17-25>, EDN: ZGORZD



4. Чугунова Н. В., Морковская Д. Н. Региональные столицы Центрально-Черноземного района в стратификации экистического пространства. Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6, вып. 3. С. 106–115. <https://doi.org/10.37279/2309-7663-2020-6-3-106-115> EDN: BGPRQG
5. Об утверждении Стратегии пространственного развития до 2025 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 февр. 2019 г. № 207-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVA1qUrT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 20.08.2023).
6. Кириллов П. Л., Махрова А. Г. Опыт типологии региональных систем городского расселения России // Региональные исследования. 2020. № 1 (67). С. 4–15. <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-1-1>, EDN: XZCVAG
7. Фомин М. В., Мирязов Т. Р. Сценарии развития систем расселения Сибири и Дальнего Востока России до 2030 года // Народонаселение. 2021. Т. 24, № 3. С. 105–122. <https://doi.org/10.19181/population.2021.24.3.9>, EDN: KCXJUA
8. Преображенский Ю. В. Планирование социально-экономического развития регионов России: проблемы полимасштабного сценарирования // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 161–167. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-161-167>, EDN: XDIKNL
9. Гребёнкин И. В. Оценка взаимосвязи относительной специализации с масштабом региональной экономики // Экономика региона. 2020. Т. 16, вып. 1. С. 60–83. <https://doi.org/10.17059/2020-1-6>, EDN: JZJOIJ
10. Бабурин В. Л. Экономический район: мерцающие специализации и пульсирующие связи // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика: сб. науч. статей / под. ред. А. П. Катровского [и др.]. Смоленск : Универсум, 2016. С. 220–227. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2021-21-2-103-118> EDN: XKPRNB
11. Акбердина В. В., Романова О. А. Региональные аспекты индустриального развития: обзор подходов к формированию приоритетов и механизмов регулирования // Экономика региона. 2021. Т. 17, вып. 3. С. 714–736. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-3-1>, EDN: MPMMTQ
12. Салимоненко Е. Н., Данилова И. В., Карпушкина А. В., Резепин А. В. Развитие экономики открытых моноспециализированных регионов: территориально-ориентированный подход. Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2022. 194 с. <https://doi.org/10.14529/em200423>, EDN: XBXYUZ
13. Преображенский Ю. В. Инновационная динамика и структурные сдвиги в обрабатывающей промышленности субъектов РФ Волго-Уральского макрорегиона // Мир экономики и управления. 2021. Т. 21, № 2. С. 103–118. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2021-21-2-103-118>, EDN: UCYLCK
14. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 2022 : стат. сб. М. : Росстат, 2022. 461 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Goroda_2022.pdf
15. Преображенский Ю. В. Урбанизированный каркас Волго-Уральского макрорегиона: оценка потенциала интенсивности экономических связей // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 159–165. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-159-165>, EDN: BQSQJJ
16. Смородинская Н. В., Катуков Д. Д. Россия в условиях санкций: пределы адаптации // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2022. № 6. С. 52–67. https://doi.org/10.52180/2073-6487_2022_6_52_67, EDN: UJYCYG
17. Преображенский Ю. В. Структурные различия в промышленности поволжских регионов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 2. С. 98–103. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-2-98-103>, EDN: QHJHSL

Поступила в редакцию 25.09.2023; одобрена после рецензирования 17.11.2023; принята к публикации 09.02.2024
The article was submitted 25.09.2023; approved after reviewing 17.11.2023; accepted for publication 09.02.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 19–25
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 19–25
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-19-25>, EDN: JMFNMP

Научная статья
УДК 502.4



Геоэкологический анализ качества среды обитания русской выхухоли (*Desmana moschata*) на территории Хопёрского заповедника для сохранения её численности

М. М. Рыбалова[✉], Л. А. Межова

Воронежский государственный педагогический университет, Россия, 394043, г. Воронеж, ул. Ленина, д. 86

Рыбалова Мария Михайловна, аспирант кафедры географии и туризма, rybalova96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1361-3503>
Межова Лидия Александровна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и туризма, lidiya09mezhova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6652-5120>

Аннотация. Основная цель статьи – геоэкологический анализ качества среды обитания русской выхухоли на территории специализированных охраняемых территорий. На основании собранных статистических показателей на территории Хопёрского государственного природного заповедника проведен корреляционный анализ связи между численностью выхухоли, климатическими и гидрологическими факторами среды её обитания, а также возможным влиянии хищников на численность выхухоли. Выявлены закономерности изменения численности на территории Хопёрского государственного природного заповедника. Определены оптимальные соотношения комфортности среды обитания выхухоли. Доказана необходимость усовершенствования геоэкологического мониторинга русской выхухоли и среды её обитания.

Ключевые слова: русская выхухоль, особо охраняемые природные территории, климатический фактор, гидрологический фактор, среда обитания выхухоли, антропогенный фактор

Для цитирования: Рыбалова М. М., Межова Л. А. Геоэкологический анализ качества среды обитания русской выхухоли (*Desmana moschata*) на территории Хопёрского заповедника для сохранения её численности // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 19–25. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-19-25>, EDN: JMFNMP

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Geoecological analysis of the habitat quality of the Russian muskrat (*Desmana moschata*) on the territory of the Khopyor Reserve to preserve its abundance

М. М. Rybalova[✉], L. A. Mezhova

Voronezh State Pedagogical University, 86 Lenin St., Voronezh 394043, Russia

Maria M. Rybalova, rybalova96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1361-3503>
Lidiya A. Mezhova, lidiya09mezhova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6652-5120>

Abstract. The main purpose of the article is to make geoecological analysis of the habitat quality of the Russian muskrat on the territory of specialized protected areas. Based on the collected statistical indicators on the territory of the Khopyor State Nature Reserve, a correlation analysis was carried out between the number of muskrats, climatic and hydrological factors of its habitat, as well as the possible influence of predators on the number of muskrats. Patterns of population change on the territory of the Khopyor State Nature Reserve have been revealed. The optimal ratios of the muskrat habitat comfort have been determined. The necessity of improving the geoecological monitoring of the Russian muskrat and its habitat is proved.

Keywords: Russian muskrat, protected areas, climatic, hydrological factors, muskrat habitat, anthropogenic factor

For citation: Rybalova M. M., Mezhova L. A. Geoecological analysis of the habitat quality of the Russian muskrat (*Desmana moschata*) on the territory of the Khopyor Reserve to preserve its abundance. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 19–25 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-19-25>, EDN: JMFNMP

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



Введение

Среди уникальных представителей животного мира, сохранившихся с четвертичного периода, выделяется русская выхухоль (*Desmana moschata*), которая существует более 30 млн лет. За время своего существования вид пережил глобальные катаклизмы неогена и не исчез, как другие представители биоты планеты. Русская выхухоль относится к реликтовым видам, имеющим ограниченный ареал распространения как в разных странах мира, так и на территории России. Из известных ареалов её жизнедеятельности выделяются бассейн Дона и верховья Волги в европейской части России, а также юные районы Западной Сибири. До начала XX в. русская выхухоль являлась промысловым животным из-за ценного меха и её добыча составляла до 60 тыс. в год.

Для сохранения русской выхухоль в 1935 г. в европейской части России были созданы три специализированных заповедника – Хопёрский природный заповедник (Воронежская область), Окский биосферный заповедник (Рязанская область) и Клязьминский заказник (Владимирская, Ивановская области). Исследование данных заповедников и их роли было проведено и описано О. В. Глушенковым и М. В. Рутовской [1]. Первые сведения о географии выхухоль появляются в работах И. И. Лепёхина, П. С. Палласа, С. Г. Гмелина. Изучением выхухоль на территории Окского государственного природного биосферного заповедника занимались М. В. Онуфреня и А. С. Онуфреня, М. В. Рутовская, роль паводков в жизни выхухоль изучали А. А. Сухарников и Л. П. Бородин, биологию вида И. И. Барабаш-Никифоров, условия обитания – Р. И. Назыров. На территории Хопёрского государственного природного заповедника выхухоль изучали В. К. Красовский, Н. Ф. Марченко. Несмотря на длительный период исследования выхухоль остается одним из самых загадочных представителей животного мира, и основной проблемой является сохранение её численности.

Материалы и методика исследования

Выхухоль относится к представителям насекомоядных. Для биологии вида характерен полуводный образ жизни. Выхухоль проживает в норах, выход из которых располагается под водой, а основная часть хода выше. Лапы больше приспособлены к плаванию, чем к перемещению по суше. Зрение очень слабое, но хорошо развиты обоняние и осязание для перемещения в темноте. Преобладающими чертами адаптации животного являются конечности (5 пальцев с длинными когтями, соединенных плавательной перепонкой), острый слух, позволяющий воспринимать низкие частоты и звук в воде, широкий рацион питания, выделение мускуса для привлечения пищи и смазывания меха, терморегуляция (густая, длинная,

жесткая шерсть удерживает воздух и позволяет выхухоль комфортно чувствовать себя в воде при сезонной смене температуры в течение года).

В период половодья выхухоль покидает затопляемую водой нору и укрывается в дуплах деревьев или временных надводных норах. Летом особи живут одиночно, не размножаясь. Пары образуются весной, и в год самки приносят 1–2 приплода. Гнезда располагаются на небольшой высоте в береговой зоне озёр-старич и рек. Паводок важен для выхухоль, так как может соединять водоёмы, что способствует расселению животных по территории и встрече самок и самцов. Выхухоль хорошо адаптирована к сезонности питания, в её рацион входят насекомые, ракообразные, водные растения, лягушки и не крупная рыба. В сутки выхухоль съедает объем пищи, равный её весу, что составляет около 500 г [2]. На особенности питания и размножения животного влияют климатические и гидрологические условия среды обитания.

Первоначально численность выхухоль выявляли посредством подсчёта заготовленных шкур. Первую общую оценку её численности провели только в 1990 г. Г. В. Хахин и А. А. Иванов. Основным способом изучения биологии и экологии вида является строительство вивариев с имитацией условий природной среды. Известен метод Л. П. Бородина, который основан на поиске и подсчете нор по береговой линии водоёмов. Метод М. В. Рутовской основан на зимних наблюдениях характера пузырьков воздуха подо льдом водоёмов и расстановке ловушек с пакетами пищи [3]. Учёт общей численности выхухоль ведётся также на основании материалов, собранных в результате опросов сотрудников специализированных особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

На современном этапе исследований общей информационной базы по численности животных нет и необходимо её создание путём усовершенствования системы геоэкологического мониторинга с выяснением не только численности выхухоль, но и качества состояния природной среды.

Результаты и их обсуждение

М. В. Рутовской получены данные о динамике численности выхухоль с 1920-х гг. по настоящее время (рис. 1).

Следует отметить, что максимальные показатели численности выхухоль характерны для 1970–1980-х гг. и это, вероятно, связано с возникновением научного интереса к данному виду. Ежегодно заповедники, в которых сохранилась выхухоль, проводят учёт числа нор и фиксируют в «Летописи природы». Основные материалы о русской выхухоль собраны по результатам исследования её численности на территориях

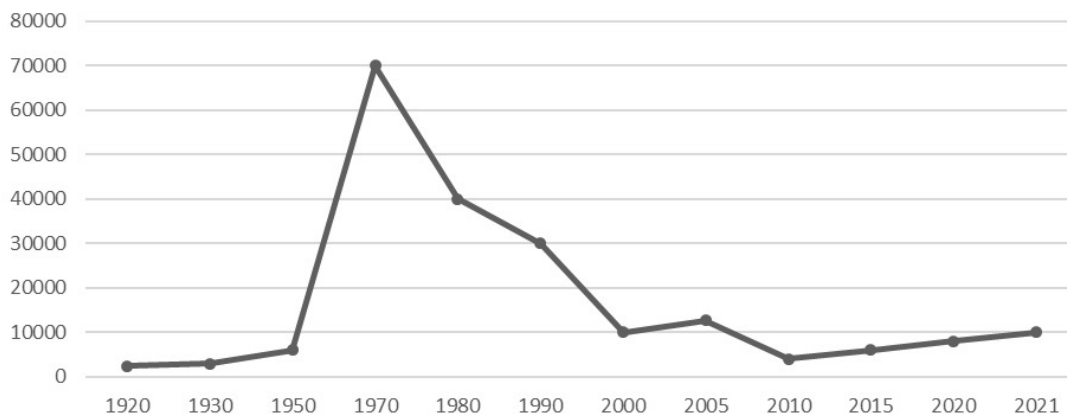


Рис. 1. Численность выхухоли на территории России в 1920–2021 гг. [4]

Окского и Хопёрского заповедников и Клязьминского заказника за последние 30 лет. Проведённые с 1990-х до 2020-х гг. исследования свидетельствуют о резком снижении численности выхухоли начиная с 2010 г. (рис. 2).

При этом можно отметить, что в Клязьминском заказнике с 2007 г. фиксируется стабилизация численности на уровне 100 особей, в Окском заповеднике отмечается незначительное увеличение после 2010 г., а в Хопёрском заповеднике идет медленное снижение, причем с 2010 г. численность особей была наивысшей среди ООПТ.

Наиболее плодотворные исследования популяции выхухоли на территории Хопёрского заповедника проводились в 1930-х гг. Затем к 1940 г. В. П. Красовским была дана характеристика экологии выхухоли, К. И. Шурыгина в 1940–1945 гг. исследовала гидрологический режим водоёмов, в которых обитала выхухоль, в 1947 г. было отловлено 500 особей для расселения в соседних областях, в 1950-х гг. С. А. Красовская на основании анализа кормовой базы выхухоли определила питательные особенности растительности базы.

В 1970-х г. Н. Н. Кузнецова изучала условия содержания выхухоли на территории заповедника, были построены виварии и проведены эксперименты над животными в неволе. С 1980-х гг. поведение выхухоли изучали Ю. Н. Чичикин, А. А. Золотарёва, Н. Ф. Марченко. По экспериментальным данным они собрали доказательную базу, что гидрологический фактор является ведущим для сохранения численности выхухоли. В 2000-х гг. под руководством Н. А. Карпова было возобновлено исследование поведения выхухоли. На территории заповедника под руководством В. П. Красовского был получен выводок в неволе, изучена биология вида и поведения.

На примере Хопёрского природного заповедника собраны статистические данные о гидрологических и климатических показателях, а также о численности выхухоли (рис. 3).

Начиная с 1920 г. добыча выхухоли на территории заповедника была запрещена, но когда в 1933 г. промысел был снова разрешён на год, динамика численности выхухоли показала, что

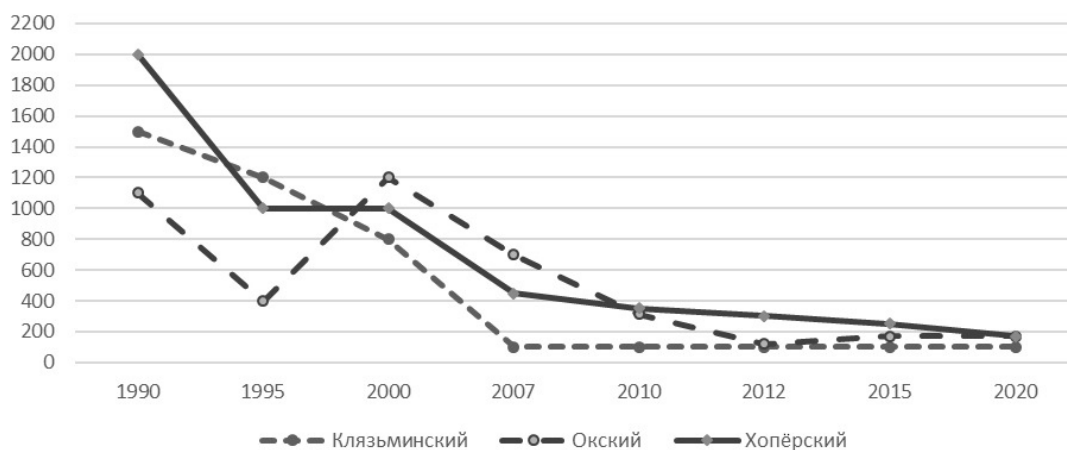


Рис. 2. Численность выхухоли на ООПТ в 1990–2020 гг. [4–6]



это привело к резкому снижению количества зверьков. В 1947 г. был начат отлов выхухоли для расселения в другие регионы. Наибольшее снижение её численности фиксируется в период 1950–1970-х гг., а после 1990 г. численность достигла около 1000 особей.

График изменения температурного режима за этот же период представлен на рис. 4.

Отмечается рост среднегодовых температур до 1970 г. и спад в 1980 г. Самый высокий среднегодовой показатель отмечен в 2010 г., после чего прослеживается тенденция к снижению. Наряду с температурным режимом влияние оказывают засухи. На графике (рис. 5) представлены

периоды сильных засух, масштабных по охвату территории, в 1960–1970 и 2000–2010 гг.

Некоторые исследователи предполагают, что засухи оказывают особое влияние на численность выхухоли. Приводятся примеры, что снижение численности выхухоли после 1970 г. может быть связано с длительными сильными засухами 1970–1980 гг.

Данные, полученные с водомерного поста г. Новохопёрска, позволяют оценить изменение уровня воды в р. Хопёр в период половодья (рис. 6).

Наиболее высокие показатели отмечены в 1940 и 1990 гг., минимальные – в 1950 и 1970 гг.

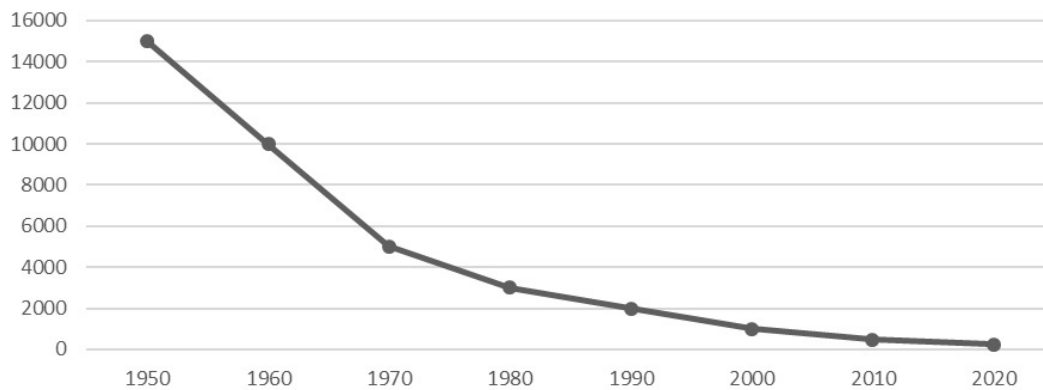


Рис. 3. Динамика численности выхухоли на территории Хопёрского государственного природного заповедника [7]

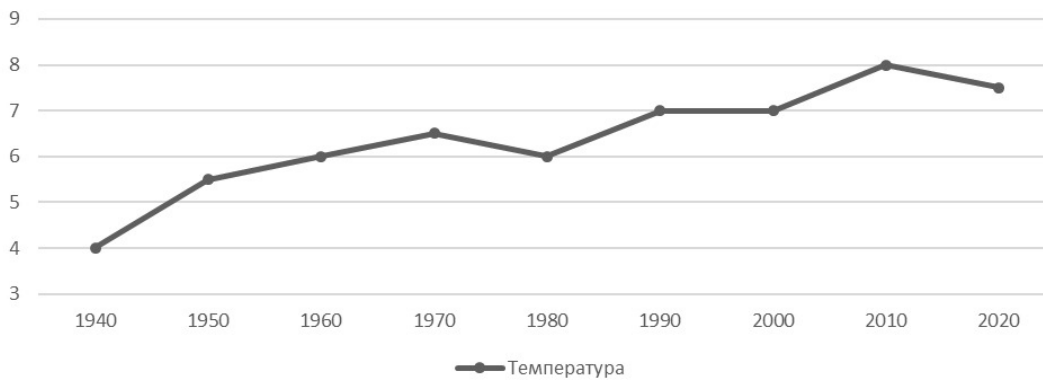


Рис. 4. Динамика среднегодовой температуры воздуха в Хопёрском заповеднике [7]

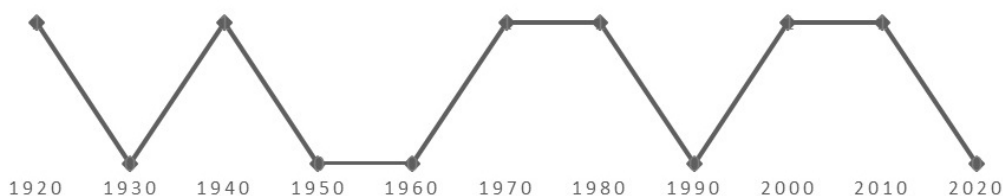


Рис. 5. Периоды значительных засух на территории России [4]



Среди природных факторов, влияющих на численность выхухоли, можно отметить хищников, обитающих в пределах заповедника. Лисы – наиболее многочисленные хищники в Хопёрском заповеднике. Специальный учёт их численности на территории заповедника не ведётся, но имеются данные о степени встречаемости с ними (рис. 7).

Из данных о встречаемости лисицы можно выделить десятилетнюю цикличность – некоторое увеличение показателя частоты встреч человека с лисицей характерно для 1980 и 2000 гг.

Волки к 1950 г. не только на территории заповедника, но и в его окрестностях были истреблены. Восстановление их популяции началось с 1970 г., но специальный учёт численности также не проводился. В настоящее время в пределах заповедника живут две волчьи семьи, состоящие из 12–15 зверей. Динамика их встречаемости показана на рис. 8.

Стоит отметить увеличение численности волков с 1970-х гг. до 2000 г., а в последние десятилетия их численности резко снижается.

Рассчитана корреляционная зависимость изменения численности популяции выхухоли от климатических, гидрологических факторов и возможных встреч с хищниками в заповеднике (таблица).

Результаты расчета корреляционной зависимости численности выхухоли от природных факторов среды её обитания

На основании рассчитанных параметров можно предположить зависимость численности популяции выхухоли от климатических факторов. Численность выхухоли «реагирует» только на резкие изменения температурного режима. Значительно слабее связь с влиянием хищников, но отмечено, что лисица в охоте на выхухоль более активна.

Гидрологические факторы колеблются в пределах 250–800 м. При этом исследователем в процессе наблюдения отмечается сильное нега-



Рис. 6. Динамика изменения уровня воды во время половодья на р. Хопёр [8]

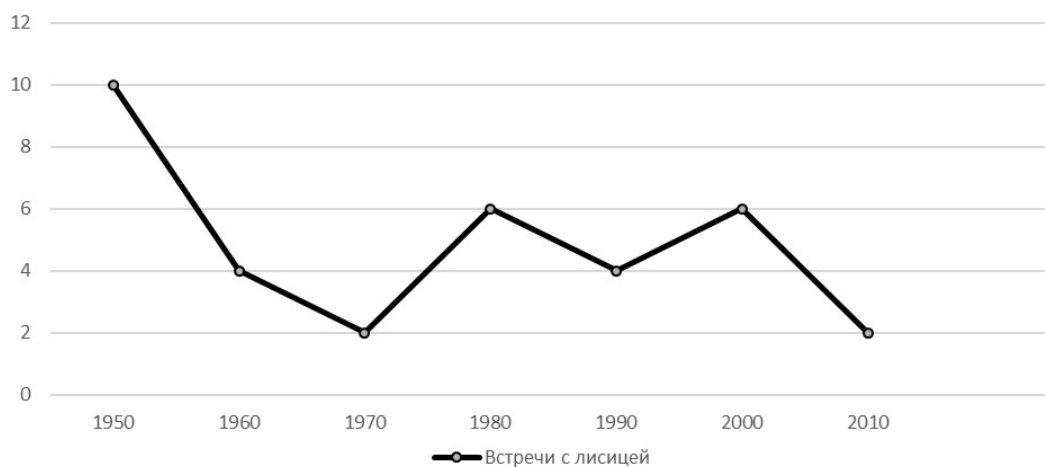


Рис. 7. Динамика показателей встречаемости человека с лисицей [9]



Рис. 8. Динамика встречаемости с волками на территории заповедника [9]

Результаты расчета корреляционной зависимости численности выхухоли от природных факторов среды её обитания

Период, гг.	Среднегодовая температура, °С	Уровень воды, м	Встречи с лисицей	Встречи с волком
1950–1960	-1	-1	1	–
1960–1970	-1	1	1	–
1970–1980	1	-1	-1	-1
1980–1990	-1	1	1	-1
1990–2000	-1	1	-1	-1
2000–2010	-1	1	1	1
2010–2020	1	-1	–	–

тивное влияние резкого снижения уровня воды, при котором снижается возможность встречи самок и самцов выхухоли, сокращается территория кормовой базы, зверьки вынуждены передвигаться по суше, где плохо ориентируются и становятся добычей хищников. В засуху численность выхухоли снижается до 300–500 особей. Однако высокое половодье 1995 г. также стало причиной резкого снижения численности выхухоли. В этой связи для комфортности среды обитания выхухоли необходимо определить оптимальный температурный и гидрологический режим. При высоком половодье затопляются норы, смываются гнёзда, разделяются пары. Считаем, что оптимальный уровень для выхухоли – на уровне 500–600 м. Доказано, что диапазон среднегодовой температуры оптимален в пределах +6+7 °С. Среда обитания значительно влияет на изменение численности выхухоли.

Заключение

Таким образом, на численность выхухоли влияют природные факторы, при этом их влияние различно по периодам, которые не совпадают по годам. Запрет на промысел, начало разведения и переселения особей привели к увеличению численности до 70 000 в 1970–1980 гг. С 1950 по 2000 г. определены лимитирующие численность выхухоли факторы, такие как преобразование пойм и режима реки вследствие

строительства ГЭС, проведение мелиоративных мероприятий, увеличение вылова рыбы, загрязнение и осушение водоёмов.

Рекомендации по сохранению вида касаются кормовой базы и снижения уровня антропогенных факторов (запрет на использование сетей, особенно электрических, в которых животные запутываются), рельефа (запрет на преобразование береговых склонов, где расположены норы и гнёзда), регулирования численности хищников, подселения видов, с которыми возможно благоприятное сожительство (ондатра), восстановления обмелевших водоёмов (углубление дна, разведение небольших рыб, беспозвоночных), запрета на вырубку деревьев вблизи водоёмов. На снижение численности популяции оказывают влияние природные и антропогенные факторы, среди которых сокращение площади пойменных лесов, загрязнение и осушение водоёмов, активная промысловая деятельность.

Важно отметить снижение интереса к проблеме выхухоли, которое выражается в упрощении исследования численности, отсутствии специализации по биологии выхухоли и среды её обитания, несовершенстве системы мониторинга. В этой связи необходимы более эффективные методы. Изучение динамики численности выхухоли происходит отдельно от среды её обитания. Значимость геоэкологической проблемы обусловлена тем, что снижение биологического разнообразия, особенно эндемиков, к которым от-



носятся выхухоль, входит в число как локальных, региональных, так и глобальных проблем человечества.

Библиографический список

1. Глушков О. В., Рutowская М. В. Совершенствование сети особо охраняемых природных территорий как одна из основ стратегии сохранения русской выхухоли // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. 2021. № 29. С. 219–228. EDN: ONNTZM
2. Красовский В. П. Выхухоль среднего течения реки Хопра и перспективы использования ее запасов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж, 1966. 29 с.
3. Онуфрeня М. В. Выхухоль в Рязанской области // Окский государственный заповедник. URL: http://oksky-reserve.ru/press/news/2018/03/06/news_393.html (дата обращения: 20.08.2023)
4. Рutowская М. В. Спасти русскую выхухоль // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. 2021. № 29. С. 383–390. EDN: EWOGED
5. Рutowская М. В., Морeва Ю. О., Зарипова Н. Р., Кабышнова А. Е., Косинский А. А., Махоткина К. А., Попов И. А., Сергеев М. А., Онуфрeня А. С., Онуфрeня М. В. Клязьма и её роль в сохранении русской выхухоли // Особо охраняемые природные территории и объекты Владимирской области и сопредельных регионов : материалы II межрегион. науч.-практ. конф. «Мониторинг и сохранение особо ценных природных территорий и объектов Владимирской области и сопредельных регионов: проблемы, опыт перспективы» (Владимир, 14–15 декабря 2012). Владимир : Транзит-ИКС, 2013. Вып. 2. С. 124–129.
6. Марченко Н. Ф. О методике регистрации выхухоли в естественных биотопах по следам жизнедеятельности // Состояние, изучение и сохранение заповедных природных комплексов лесостепной зоны: сб. науч. ст., посвящ. 65-летию Хопёрского гос. заповедника / ред. А. И. Зобов. Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2000. С. 76–78.
7. Прошлое, настоящее и будущее охраняемых территорий: сб. науч. материалов, посвященный 80-летию Хопёрского государственного природного заповедника / под. ред. Н. А. Карпова. Воронеж : ФГБУ «Хопёрский государственный природный заповедник», 2015. 206 с.
8. Река Хопёр. URL: <https://v-chernozeme.ru/voronezhskaya-oblast/15-prirodno-geograficheskaya-karakteristika/212-reka-khoper.html> (дата обращения: 01.10.2023).

Поступила в редакцию 14.12.2023; одобрена после рецензирования 20.01.2024; принята к публикации 09.02.2024
The article was submitted 14.12.2023; approved after reviewing 20.01.2024; accepted for publication 09.02.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 26–31

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 26–31

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-26-31>, EDN: WJRQEH

Научная статья

УДК 551.506.1:551.582.1



Динамика метеорологических характеристик и эвапотранспирации низовья реки Кафирниган (Таджикистан) – притока трансграничной реки Амударья за период 1946–2021 гг.

Г. Н. Сабурова[✉], И. Ш. Норматов

Таджикский национальный университет, Таджикистан, 734025, г. Душанбе, просп. Рудаки, д. 17

Сабурова Гурдофарид Нахимовна, соискатель кафедры экологии биологического факультета, umarova52@gmail.com

Норматов Ином Шерович, доктор химических наук, профессор, член корреспондент Национальной академии наук Таджикистана, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии inomnor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5474-584X>

Аннотация. Представлены результаты исследования динамики метеорологических характеристик и эвапотранспирации среднего течения реки Варзоб – притока реки Кафирниган за период с 1946 по 2021 г. Установлено, что температура является более действенным фактором в процессах эвапотранспирации. Незначительный тренд уменьшения атмосферных осадков на высотах до 400 м н.у.м. в южных частях бассейна реки Варзоб связан, главным образом, с локальными метеорологическими явлениями и никак не связан с процессами проникновения внешних воздушных масс в бассейн реки, так как коэффициент корреляции значений атмосферных осадков в верховьях (метеостанция Майхура) и в низовьях бассейна реки Варзоб (метеостанция Айвадж) характеризуется низким значением (0,1).

Ключевые слова: Кафирниган, Варзоб, атмосферные осадки, температура, эвапотранспирации, бассейн

Для цитирования: Сабурова Г. Н., Норматов И. Ш. Динамика метеорологических характеристик и эвапотранспирации низовья реки Кафирниган (Таджикистан) – притока трансграничной реки Амударья за период 1946–2021 гг. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 26–31. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-26-31>, EDN: WJRQEH

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Meteorological characteristics and evapotranspiration dynamics of the Kafernigan river (Tajikistan) – a tributary of the Transboundary Amudarya River for the period 1946–2021

G. N. Saburova[✉], I. Sh. Normatov

Tajik National University, 17 Rudaki Ave., Dushanbe 734025, Tajikistan

Gurdofarid N. Saburova, umarova52@gmail.com

Inom Sh. Normatov, inomnor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5474-584X>

Abstract. The research results of the meteorological characteristics and evapotranspiration dynamics in the middle reaches of the Varzob river, a tributary of the Kafernigan river, for the period 1946–2021 are presented. It has been established that temperature is a more active factor in the processes of evapotranspiration. A slight trend of decreasing precipitation at altitudes up to 400 m a. s. l in the southern parts of the Varzob river basin is associated mainly with local meteorological phenomena and is in no way related to the processes of penetration of external air masses into the river basin, since the correlation coefficient of atmospheric precipitation values in the upstream (Maykhura weather station) and in the downstream of the Varzob river basin (Ayvaj weather station) is very little (0.1).

Keywords: Kafernigan, Varzob, precipitation, temperature, evapotranspiration, basin

For citation: Saburova G. N., Normatov I. Sh. Meteorological characteristics and evapotranspiration dynamics of the Kafernigan river (Tajikistan) – a tributary of the Transboundary Amudarya River for the period 1946–2021. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 26–31 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-26-31>, EDN: WJRQEH

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Горная экосистема как резервуар с богатым потенциалом снежно-ледовых ресурсов подвержена климатическим катаклизмам. В таких слу-

чаях возможен риск возникновения природных чрезвычайных явлений в предгорьях и долинах, где развернута широкая инфраструктура для обеспечения жизнедеятельности населения. Актуальность мониторинга гидрометеорологи-



ческих условий в бассейне реки Кафирниган и ее притока реки Варзоб обусловлена прежде всего их орографическими особенностями и выполняемыми ими функциями.

Бассейн реки Варзоб характеризуется крутыми склонами и ограниченностью почвенного покрытия, из-за чего осадки быстро скатываются по крутым склонам, образуя мощные селевые потоки, которые причиняют существенный экономический ущерб жителям бассейна.

Бассейн реки Кафирниган расположен в Центральной Азии между 37° и 39° северной широты и 68° и 70° восточной долготы. Это один из северо-западных притоков Амударьи и трансграничная река между Таджикистаном и Узбекистаном. Климат бассейна Кафирнигана континентальный с преобладанием западных ветров и очень высокой локальной контрастностью из-за географического рельефа. Климат на большей территории бассейна реки горный с характерными умеренными зимами в гористой расчлененной местности, холодными зимами в горных районах и летними сезонами с относительно большими годовыми колебаниями температуры [1].

Ледниковый район бассейна реки Кафирниган расположен на юге горной системы Тянь-Шаня (на южных склонах Гиссарского хребта, отходящего от восточной части Зеравшанского хребта). Наибольшая высота составляет около 5000 м н.у.м.

Общая протяженность Кафирнигана 387 км, площадь бассейна – 11 600 км². Река Варзоб – один из важных и наиболее водоносных притоков реки Кафирниган – формируется при слиянии рек Майхура и Зидди. Ее длина 71 км, площадь бассейна – 1740 км². Площадь оледенения занимает не более 3% площади водосбора реки и составляет 37,8 км².

Реку Зидди питают в основном талые воды сезонных снегов и ледников, а также подземные и дождевые воды. В ее бассейне насчитывается около 40 ледников общей площадью 12 км². Река Майхура вытекает из небольшого ледникового озера с абсолютной высотой около 4008 м н.у.м., ее питают в основном талые воды сезонных снегов, ледников и обильные родниками. В бассейне Майхуры имеются 28 ледников общей площадью 8,9 км² [2].

В бассейн реки Варзоб атмосферная влага поступает с Атлантического океана, тогда как путь летним индийским муссонам перекрывает горная система Гиндукуш [3].

Орография верховья бассейна реки Варзоб характеризуется горными хребтами с крутыми склонами, достигающими до 5000 м н.у.м. Такая орография и ограниченность площадей почвенных покрытий водосбора реки Варзоб сводит к минимуму отток воды в подземные резервуары, и отношение эвапотранспирации к выпавшим осадкам является доминирующим фактором

в формирование стока реки. В весенне-летний период, чаще всего в апреле–июне, ливневые или продолжительные дожди на общем фоне талого половодья вызывают разрушительные наводнения, паводки, селевые потоки.

Для оценки динамических характеристик водных ресурсов горных рек был предложен балансировый метод расчета:

$$Q = S \cdot (A - E) - F, \quad (1)$$

где Q – средний многолетний или годовой сток бассейна горной реки, S – площадь водосбора (км²), A – среднемноголетняя (годовая) величина атмосферных осадков, поступивших на единицу площади водосбора реки, км, E – средняя (многолетняя и годовая) величина испарения влаги с единицы площади водосбора (в км), F – средняя многолетняя (годовая) величина подземного оттока воды за пределы площади водосбора, км³ [4].

Учитывая резкое расчленение рельефа и крутые склоны горных вершин водосбора горных рек, благодаря которым жидкие атмосферные осадки быстро стекают вниз, в равнину, уравнение (1) было представлено в виде

$$Q = S \cdot A(1 - k), \quad (2)$$

где $k = E/A + F$ [4].

С учетом орографических особенностей и ограниченности площадей почвенных покрытий водосбора реки Варзоб и ее притоков – горных рек – из уравнения (1) следует, что отношение эвапотранспирации к выпавшим осадкам является доминирующим фактором формирования стока реки.

Целью настоящей работы является исследование динамики метеорологических условий и эвапотранспирации с верховья до низовья реки Варзоб.

Методы исследований

Были использованы среднемесячные значения атмосферных осадков за 1946–2021 гг. метеорологических станций Майхура (1922 м н.у.м.), Гушары (1359 м н.у.м.) и Айвадж (319 м н.у.м.). Для оценки взаимосвязи атмосферных осадков на метеорологических станциях бассейна реки Варзоб использовались корреляции Пирсона и Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Ранее изучением динамики метеорологических характеристик верховья реки Варзоб по данным метеостанции Майхура за 1962–2022 гг. было обнаружено повышение температуры в бассейне и появление экстремумов в динамиках температуры и атмосферных осадков. Переход с монотонного уменьшения количества осадков и повышения температуры к более интенсивному изменению свидетельствует о влиянии изменения



климата на микроклимат бассейна реки Майхура в частности и бассейна реки Варзоб в целом [5].

Метеорологическая станция Айвадж (36°59' с. ш. и 68°52' в. д.) расположена на высоте 319 м н.у.м. в низовье реки Кафирниган, в которую впадает река Варзоб. В низовье Кафирнигана сезонные атмосферные осадки выпадают в основном зимой и весной, но в малых количествах.

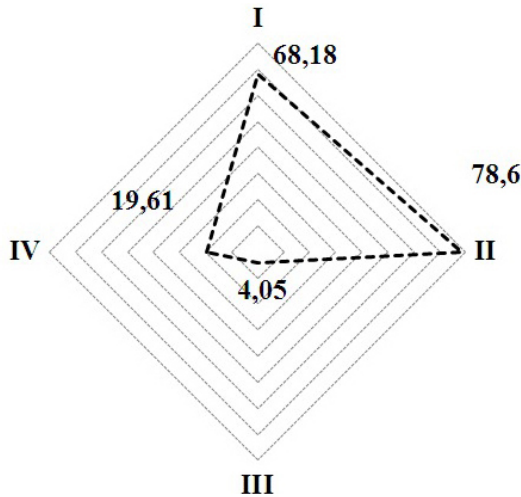


Рис. 1. Среднегодовое сезонное значение атмосферных осадков в низовье реки Кафирниган, мм

Динамика атмосферных осадков и температуры имеет противоположные тренды (рис. 2). Незначительный тренд уменьшения атмосферных осадков на высотах до 400 м н.у.м. в южных частях бассейна реки Варзоб связан главным образом

с локальными метеорологическими явлениями. Это никак не зависит от процессов проникновения внешних воздушных масс в бассейн реки, так как коэффициент корреляции значений атмосферных осадков в верховье (метеостанция Майхура) и в низовье бассейна реки Варзоб (метеостанция Айвадж) характеризуется низким значением (0, 1).

С учетом больших территорий орошаемых земель в сельскохозяйственных районах низовья реки Кафирниган и важности планирования ирригационных сетей полива представляется важным составление водного баланса определением соотношения атмосферных осадков и эвапотранспирации.

Для этого проводились вычисления значений эвапотранспирации с использованием соотношения

$$ET = 0.01(T_{\text{сред}} + 17)((T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}}) - 0.0123P_{\text{сред}})^{0.76} \quad (3)$$

На рис. 3 представлено среднегодовое значение эвапотранспирации за 1946–2021 гг. в зависимости от среднегодовых значений температуры и атмосферных осадков.

Как видно из рис. 3, повышение температуры приводит к усилению процессов эвапотранспирации. Увеличение количества атмосферных осадков способствует понижению температуры поверхности почвы и, соответственно, ослаблению эвапотранспирации.

На рис. 4 представлены значения эвапотранспирации бассейна реки Варзоб в верховье (Майхура, 1922 м н.у.м.), среднем течении (Гушары, 1359 м н.у.м.) и низовье (Айвадж, 319 м н.у.м.).

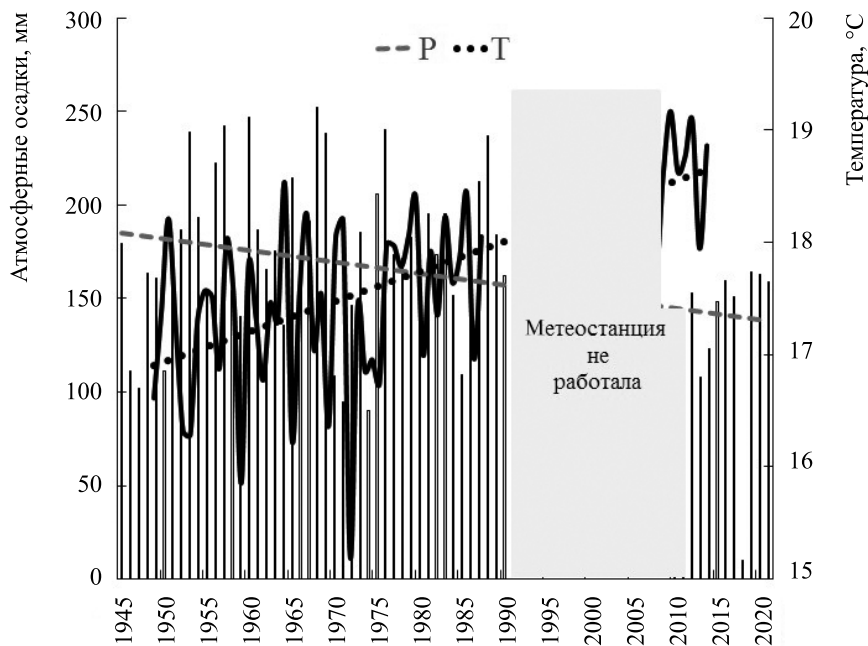


Рис. 2. Динамика среднегодовых значений атмосферных осадков (P) и температуры (T) в низовье реки Кафирниган за 1946–2021 гг.

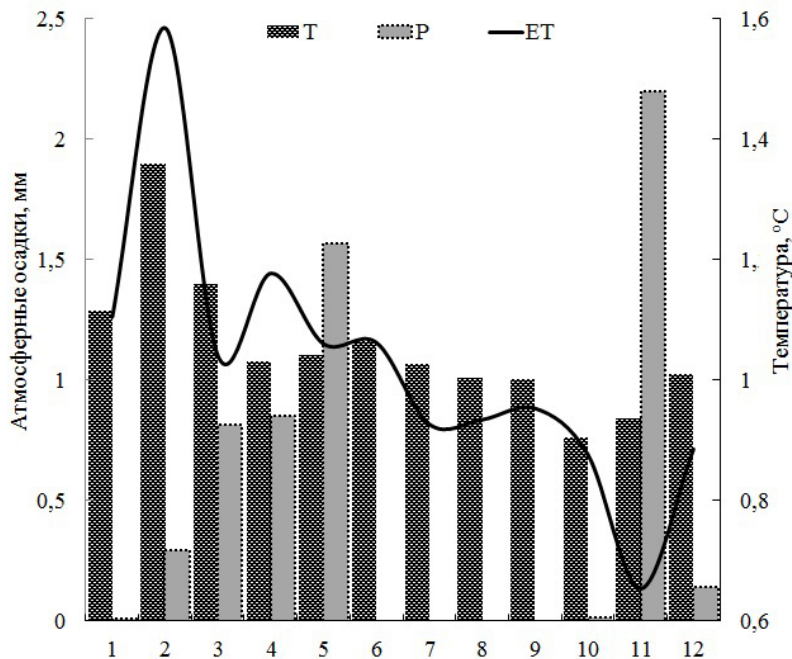


Рис. 3. Среднегодовое значение эвапотранспирации (ЕТ), температуры (Т) и атмосферных осадков (Р) в низовье реки Кафирниган за 1946–2021 гг.

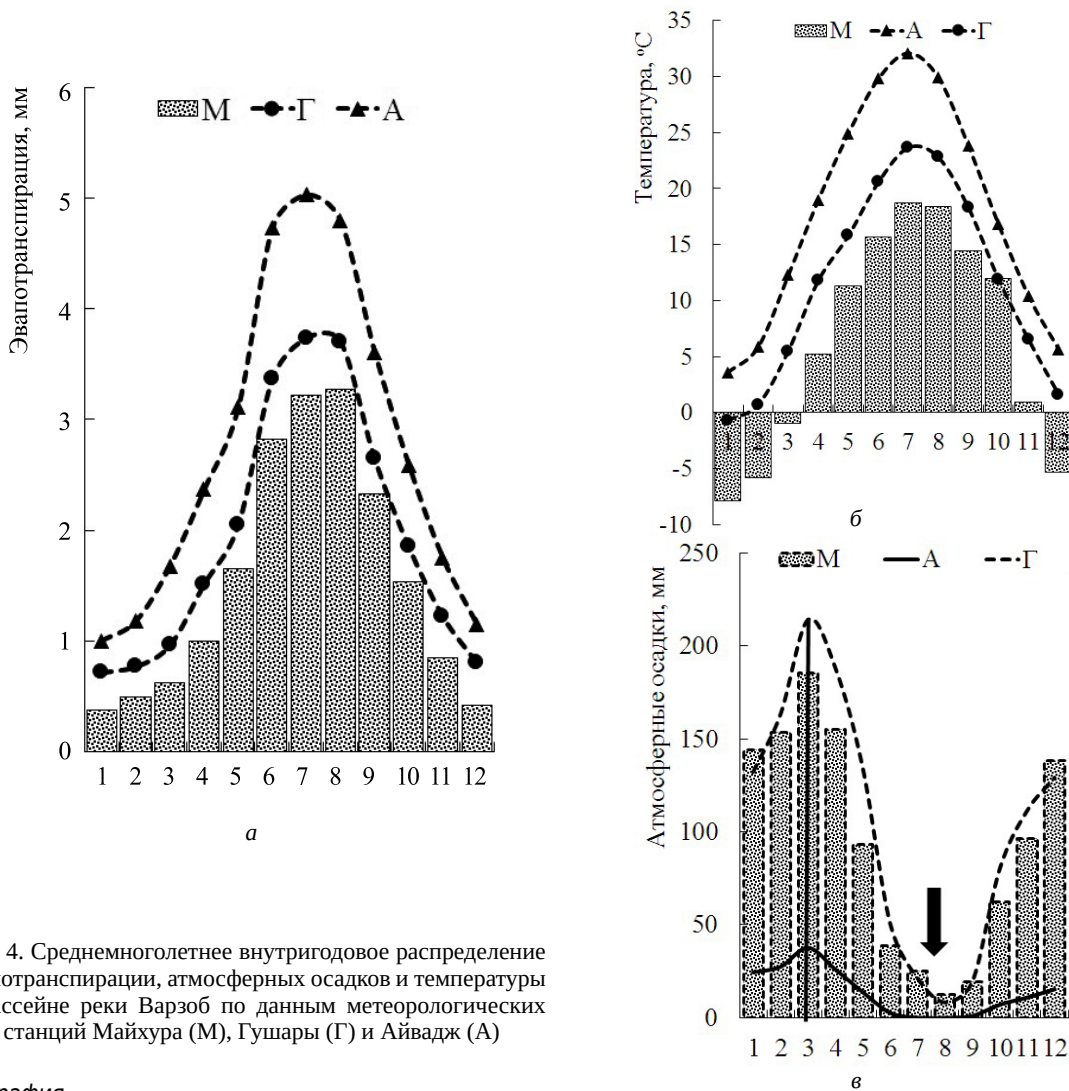


Рис. 4. Среднегодовое внутригодовое распределение эвапотранспирации, атмосферных осадков и температуры в бассейне реки Варзоб по данным метеорологических станций Майхура (М), Гушары (Г) и Айвадж (А)



Наблюдаемое распределение эвапотранспирации обусловлено прежде всего высотным распределением атмосферных осадков и температуры (см. рис. 4, б, в). В свою очередь, для бассейнов рек с горной орографией, когда в каждой межгорной впадине и каждом ущелье формируется свой микроклимат, важно выявление доминирующей роли каждого из метеорологических параметров в динамике эвапотранспирации местности.

Для этого были построены взаимные корреляционные зависимости значений эвапотранспирации, атмосферных осадков и температуры в верховье, низовье и в среднем течении реки Варзоб, результаты которых представлены на рис. 5.

Из рис. 5, а видно, что взаимосвязь эвапотранспирации низовья и среднего течения является тесной и характеризуется высокими значениями коэффициентов корреляции. С другой стороны, атмосферные осадки в верховье и низовье реки почти не коррелируют между собой.

Между значениями температур трех климатических участков бассейна реки Варзоб наблюдаются тесные корреляции (рис. 5, в).

Наблюдаемая картина подтверждает существенное влияние орографии горной местности на распространение влажных воздушных масс и показывает, что бассейн реки Варзоб находится под влиянием одного температурного фронта.

Заключение

Установлено, что в 1946–2021 гг. в низовье реки Кафирниган тренды температуры и атмосферных осадков имеют возрастающий и нисходящий характер соответственно. Нисходящий тренд атмосферных осадков никак не связан с процессами проникновения внешних воздушных масс в бассейн реки.

Взаимные корреляционные зависимости значений эвапотранспирации, атмосферных осадков и температуры в верховье, низовье и в среднем те-

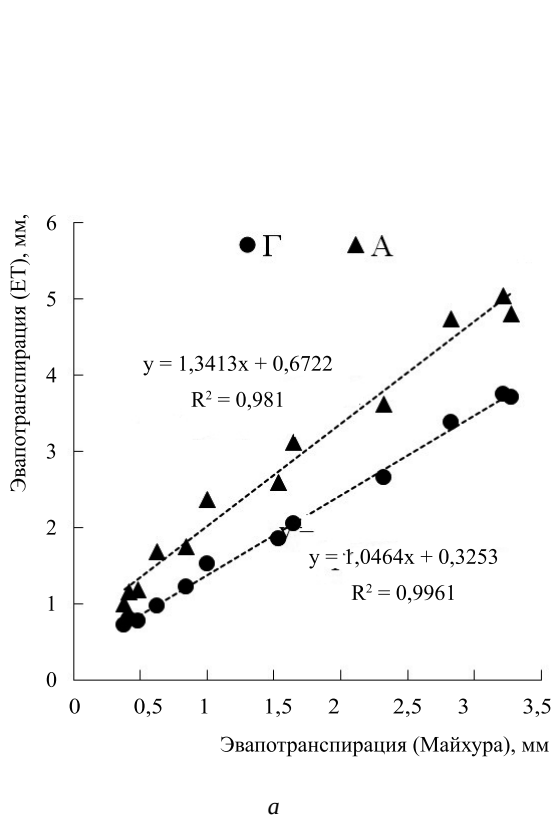
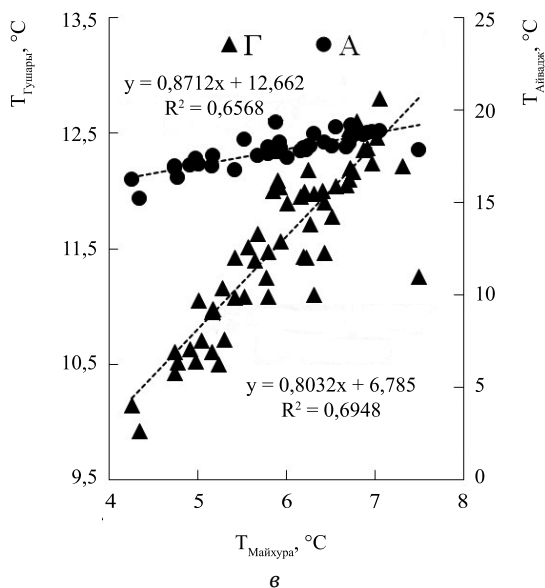
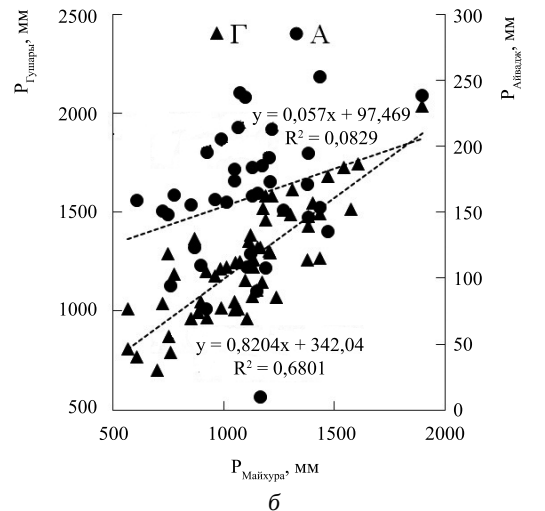


Рис. 5. Корреляция эвапотранспирации, атмосферных осадков и температуры верховья реки Варзоб (метеостанция Майхура) с данными метеостанции Гушары (Г) в среднем течении и метеостанции Айвадж (А) в низовье реки





чении реки Варзоб показывают, что взаимосвязь эвапотранспирации низовья и среднего течения является тесной и характеризуется высокими значениями коэффициентов корреляции, когда атмосферные осадки в верховье и низовье реки почти не коррелируют между собой.

Библиографический список

1. Гулахмадов Н. А., Чен Я. Анализ многолетних трендов температуры в бассейне реки Кафирниган в Таджикистане // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 2. С. 189–203. <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2023-09-02-189-203>
2. Квачев Б. И., Санников А. Г., Соколов Л. Н. Каталог ледников СССР. Т. 14. Средняя Азия. Гл. 3. Амударья. Ч. 5. Бассейн реки Кафирниган. Л. : Гидрометеиздат, 1968. С. 44.
3. Gulahmadov N., Chen Y., Gulahmadov M., Satti Z., Naveed M., Davlyatov R., Ali S., Gulahmadov A. Assessment of temperature, precipitation, and snow cover at different altitudes of the Varzob river basin in Tajikistan // Applied Sciences. 2023. Vol. 13, iss. 9. P. 5583–5598. <https://doi.org/10.3390/app13095583>
4. Sattarov M. A., Eshmirzoev I. E., Rakhimov F. On estimation methods and rational use of water resources in Central Asia // Proc. XXX1 IAHR Congress. Seoul, Korea, 2005. Vol. II. P. 1261–1263.
5. Норматов И. Ш., Сабурова Г. Н., Муминов А. О., Авази М. Пространственно-высотное распределение атмосферных осадков в бассейне реки Варзоб // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2023. № 3. С. 128–136.

Поступила в редакцию 04.01.2024; одобрена после рецензирования 04.02.2024; принята к публикации 09.02.2024
The article was submitted 04.01.2024; approved after reviewing 04.02.2024; accepted for publication 09.02.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 32–40

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 32–40

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-32-40>, EDN: VHUZJJ

Научная статья

УДК 556.3.04

Исследование химического состава воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малка в нижнем течении



М. А. Шамарина

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, Россия, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173

Шамарина Марина Анатольевна, аспирант кафедры биологии, геоэкологии и молекулярно-генетических основ живых систем, заместитель заведующего музеем живой природы, shamarinam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3602-1677>

Аннотация. Представлен анализ химического состава воды подземного источника, расположенного в пойме реки Малки – наиболее крупной из рек, протекающих по территории Кабардино-Балкарской Республики. Данные о количественном содержании компонентов ионно-солевого состава подземных вод служат индикаторами для выявления фоновых концентраций загрязняющих веществ в речных водах. Приведены результаты наблюдений за внутригодовой динамикой расхода, температуры, прозрачности воды, ее химического состава – рН, минерализации, жесткости, перманганатной окисляемости, концентрации карбонатов, гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов, нитритов, нитратов, общего железа. Определен качественный микроэлементный состав. Представлены результаты санитарно-микробиологического анализа. Проведенный теоретический анализ позволяет сделать вывод, что химический состав исследуемой воды подчиняется общим закономерностям. Постоянство температуры вод подземного источника свидетельствует о глубоком залегании водоносных слоев. Химический состав воды определяется составом минералов и горных пород, с которыми она контактирует, остается практически постоянным в течение года и в небольшой степени зависит от климатических условий на поверхности. Сделан вывод, что вода подземного источника относится к нейтральным, пресным, средней жесткости, гидрокарбонатным водам, не загрязненным патогенной микрофлорой. По исследованным показателям качество воды подземного источника соответствует санитарным нормам для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения.

Ключевые слова: подземные воды, река Малка, качество воды, микроэлементы, ионно-солевой состав

Для цитирования: Шамарина М. А. Исследование химического состава воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малка в нижнем течении // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 32–40. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-32-40>, EDN: VHUZJJ

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Investigating water chemical composition of an underground source located in the floodplain of the Malka river in the lower reaches

М. А. Shamarina

Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, 173 Chernyshevsky St., Nalchik 360004, Russia

Marina A. Shamarina, shamarinam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3602-1677>

Abstract. The analysis of an underground source water chemical composition located in the floodplain of the Malka River, the largest river flowing through the territory of the Kabardino-Balkarian Republic, is presented. Data on the quantitative content of the groundwater ion-salt composition components serve as indicators to identify background concentrations of pollutants in river waters. The observation results of the intra-annual dynamics of flow, temperature, transparency, pH, mineralization, hardness, permanent oxidability, concentrations of carbonates, bicarbonates, chlorides, sulfates, nitrites, nitrates, and total iron are presented. The qualitative trace element composition has been determined. The results of sanitary and microbiological analysis are presented. The theoretical analysis allows us to conclude that the chemical composition of the water under study follows general patterns. The constancy of the underground source waters temperature indicates the deep occurrence of aquifers. The chemical composition of water is determined by the composition of minerals and rocks, which it comes into contact with, remains almost constant throughout the year and, to a small extent, depends on climatic conditions on the surface. Data on the concentration of components of the ion-salt composition and microflora characterizing the water quality of an underground source were obtained. The water of an underground source refers to neutral, fresh, medium hardness, bicarbonate waters that are not contaminated with pathogenic microflora.

Keywords: groundwater, Malka river, water quality, trace elements, ion-salt composition

For citation: Shamarina M. A. Investigating water chemical composition of an underground source located in the floodplain of the Malka river in the lower reaches. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 32–40 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-32-40>, EDN: VHUZJJ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



Введение

Вместе с поверхностными водами вода, содержащаяся в недрах, является национальным достоянием государства и составляет основу водного фонда Российской Федерации. Подземные воды отличаются большим разнообразием химического состава, формируемого под влиянием гидрогеологических условий региона [1].

Большинство рек, протекающих по территории Кабардино-Балкарской Республики, относится к рекам со смешанным питанием, ледниковым и подземным. В частности, река Малка в период межени большей частью питается подземными водами, которые оказывают значительное влияние на химический состав и на сток реки. Исследование химического состава источников, питающих реку в период межени, может служить одним из индикаторов, позволяющих выявить фоновые концентрации компонентов ионно-солевого состава воды и загрязняющих веществ.

Цель работы – определение и изучение внутрисуточной динамики химического состава воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малка в нижнем течении.

Объектом исследования является подземный источник, расположенный на пойменном участке реки Малка в нижнем течении. На данном участке ведется интенсивная сельскохозяйствен-

ная деятельность, работают промышленные и перерабатывающие предприятия, имеются объекты транспортной инфраструктуры. В связи с этим устойчивость природной экосистемы подвержена влиянию не только природных, но и антропогенных факторов. Кроме того, вода родников, ключей и скважин используется населением для бытовых, технических и сельскохозяйственных нужд, поэтому актуально изучение химического состава воды, поступающей на поверхность из подземных источников.

Материалы и методика исследований

Пробы для исследования химического состава воды подземного источника отбирали в соответствии с установленными нормами [2] в чистые ёмкости из полимерного материала объемом 1000 см³. Емкости полностью заполняли водой и закрывали навинчивающейся крышкой так, чтобы внутри не оставалось воздуха. Пробы не консервировали и анализировали как можно скорее после отбора, но не позднее чем через 24 ч после отбора. Если анализ пробы воды проводили позднее чем через 6 ч после отбора, то пробу хранили в холодильнике при температуре от 4 до 8 °С. Место отбора проб воды из подземного источника (43.737230930; 44.057866070) показано на карте (рис. 1).



Рис. 1. Карта участка реки Малки. Маркером указано месторасположение подземного источника



Измерение температуры, прозрачности и определение запаха воды проводили в соответствии с руководящим документом [3]. Для измерения температуры воды и воздуха использовали термометр ТМ 10-3 с диапазоном измерения от -5 до $+40$ °С с погрешностью измерений $\pm 0,2$ °С. Для измерения прозрачности воды использовали цилиндр Снеллена, градуированный в сантиметрах, высотой 35 см и ценой деления 0,1 см. Для измерения рН применяли лабораторный рН-метр «Анион 4100».

Количественный химический анализ отобранных проб воды проводился в лаборатории фармацевтической химии Кабардино-Балкарского государственного университета при личном участии автора. Определение содержания растворённых веществ (сухой остаток) проводили по методике [4]. Жёсткость определяли комплексометрическим методом (метод А) по методике [5]. Перманганатную окисляемость определяли титриметрическим методом по методике [6]. Определение массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов проводили визуальным методом (метод А.2) по методике [7]. Определение содержания хлоридов проводили аргентометрическим методом по методике [8]. Определение содержания сульфат-ионов проводили с использованием титриметрии с трилоном Б (метод 1) по методике [9]. Определение массовой концентрации нитритного азота проводили фотометрическим методом с реактивом Грисса по методике [10]. Содержание нитратов определяли фотометрическим методом с использованием салициловокислого натрия (метод Д) по методике [11]. Определение массовой концентрации общего железа проводили с сульфосалициловой кислотой по методике [12].

Исследование качественного микроэлементного состава проб воды проводили в лаборатории центра коллективного пользования КБГУ «Рент-

геновая диагностика материалов» с применением рентгенофлуоресцентного спектрометра «Спектроскан МАКС-GV».

Определение содержания общего числа микроорганизмов, колиформных бактерий, *Esherichia coli*, энтерококков, сальмонелл проводили в ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кабардино-Балкарской Республике» по методикам [13–15].

Результаты и их обсуждение

Отсутствие прямого контакта с атмосферой и земной поверхностью, а также глубина залегания оказывают влияние на химический состав подземных вод. При этом атмосферные осадки и речные воды могут поступать в подземные воды, фильтруясь через слой почвы и грунта. Одним из основных факторов взаимного влияния подземных и поверхностных вод будет положение относительно базиса эрозии – самого низкого уровня вреза крупной реки, которая дренирует гидрогеологический район [16].

Известно также, что состав подземной воды определяется теми породами в толще земной коры, между которыми она залегает. Геологические пласты и время формирования бассейна влияют на то, какие микроэлементы растворены в подземной воде [1].

Для исследования химического состава ежемесячно в течение 2023 г. отбирали пробы воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малки в нижнем ее течении. В момент взятия пробы измеряли температуру воды и воздуха (табл. 1).

Установлено, что температура воды подземного источника остаётся практически постоянной в течение года и составляет в среднем $14,75$ °С. Водоносные слои, расположенные глубоко под землей, мало подвержены сезонным изменениям температуры. На незначительное колебание

Таблица 1

Температура воздуха, температура и расход воды подземного источника, 2023 г.

Месяц	Температура воздуха, °С	Температура воды, °С	Расход, $\text{дм}^3/\text{с}$
I	+5,7	+14,5	4,47
II	+11,5	+14,7	4,55
III	+20,0	+14,8	4,67
IV	+20,1	+14,8	4,76
V	+26,9	+14,9	4,81
VI	+25,3	+14,8	4,95
VII	+29,1	+14,9	4,83
VIII	+34,8	+14,8	4,45
IX	+25,9	+14,8	4,77
X	+25,3	+14,8	4,85
XI	+14,6	+14,7	4,44
XII	+6,6	+14,5	4,41



температуры воды подземного источника могут влиять тектонические процессы. На достаточно большой глубине, превышающей 100 м, температура горных пород может повышаться, подогревая контактирующие с ними подземные воды.

Для изучения закономерностей водного режима подземного источника нами определен расход воды (см. табл. 1). В течение года расход претерпевал незначительные изменения, достигая максимальных значений в июне (4,95 дм³/с) и минимальных в декабре (4,41 дм³/с). Среднегодовой расход источника составил 4,66 дм³/с. Очевидно, водный режим подземного источника в некоторой степени зависит от водного режима реки Малка, который характеризуется осенне-зимней меженью и весенне-летним половодьем [17].

Прозрачность всех взятых проб превышала 35 см – максимальное значение на используемом приборе. Количественная оценка интенсивности запаха всех взятых проб воды, нагретых до 20 и 60 °С, соответствовала 0 баллов, осязаемый запах отсутствовал.

Измерение рН проводили в лабораторных условиях, термостатируя исследуемые образцы при 20 °С. Максимальное значение водородного показателя составило 6,86, минимальное – 6,14 (табл. 2). Среднегодовое значение рН – 6,55, что соответствует допустимому интервалу значений рН, определяемому от 6 до 9 [18]. Вода подземного источника по величине рН относится к нейтральным. Внутригодовая динамика значений водородного показателя воды подземного источника представлена на рис. 2, а (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Значение рН природных вод, представляющих собой многокомпонентные растворы, определяется не степенью диссоциации воды, а соотношением ионов, образуемых угольной кислотой и ее солями – карбонатами и гидрокарбонатами.

Поэтому в водах, насыщенных углекислым газом, содержащих большое количество угольной кислоты, величина рН будет меньше, и наоборот, чем меньше растворено СО₂, тем водородный показатель будет выше [16]. Значение рН большинства проб исследованной нами воды подземного источника обратно пропорционально содержанию гидрокарбонатов (табл. 3).

Минерализация подземных вод в большей степени зависит от скорости движения воды в породе, наличия трещин, глубины залегания вод от поверхности, возможного подтока воды из расположенных выше горизонтов, фильтрации речных вод и других условий [16]. В течение года минерализация исследуемой воды подземного источника подвергается небольшим сезонным изменениям (см. табл. 2). Максимальное количество растворённых в воде подземного источника веществ зафиксировано в декабре (333 мг/дм³), когда расход был наименьшим (4,41 дм³/с), минимальное – в июне (287 мг/дм³), соответствующее наибольшему расходу 4,95 дм³/с. Среднегодовая минерализация подземного источника составила 307 мг/дм³, что соответствует «пресным водам». Внутригодовая динамика растворенных веществ в воде подземного источника (по сухому остатку) показана на рис. 2, б (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Общая жёсткость исследуемой воды достигала максимума в июне (4,39 °Ж) и минимума в марте (3,07 °Ж) (см. табл. 2). Среднегодовое значение жёсткости составило 3,92 °Ж, что соответствует требованиям санитарных правил и нормам для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения [19]. В соответствии с межгосударственным стандартом [20] анализируемая вода относится к водам «средней жёсткости». Внутригодовая динамика жесткости воды подземного источника

Таблица 2

Значение рН, минерализация, жесткость и перманганатная окисляемость воды подземного источника

Месяц	рН	Минерализация (сухой остаток), мг/дм ³	Жёсткость, °Ж	Перманганатная окисляемость, мг[O]/дм ³
I	6,86	303	3,81	1,84
II	6,46	300	3,85	1,92
III	6,23	305	3,70	2,08
IV	6,46	307	3,80	2,16
V	6,14	303	4,07	1,92
VI	6,46	287	4,39	1,84
VII	6,86	296	4,04	1,92
VIII	6,86	313	3,84	1,76
IX	6,54	307	4,09	1,76
X	6,46	313	3,84	1,84
XI	6,46	313	3,84	1,84
XII	6,86	333	3,79	1,84

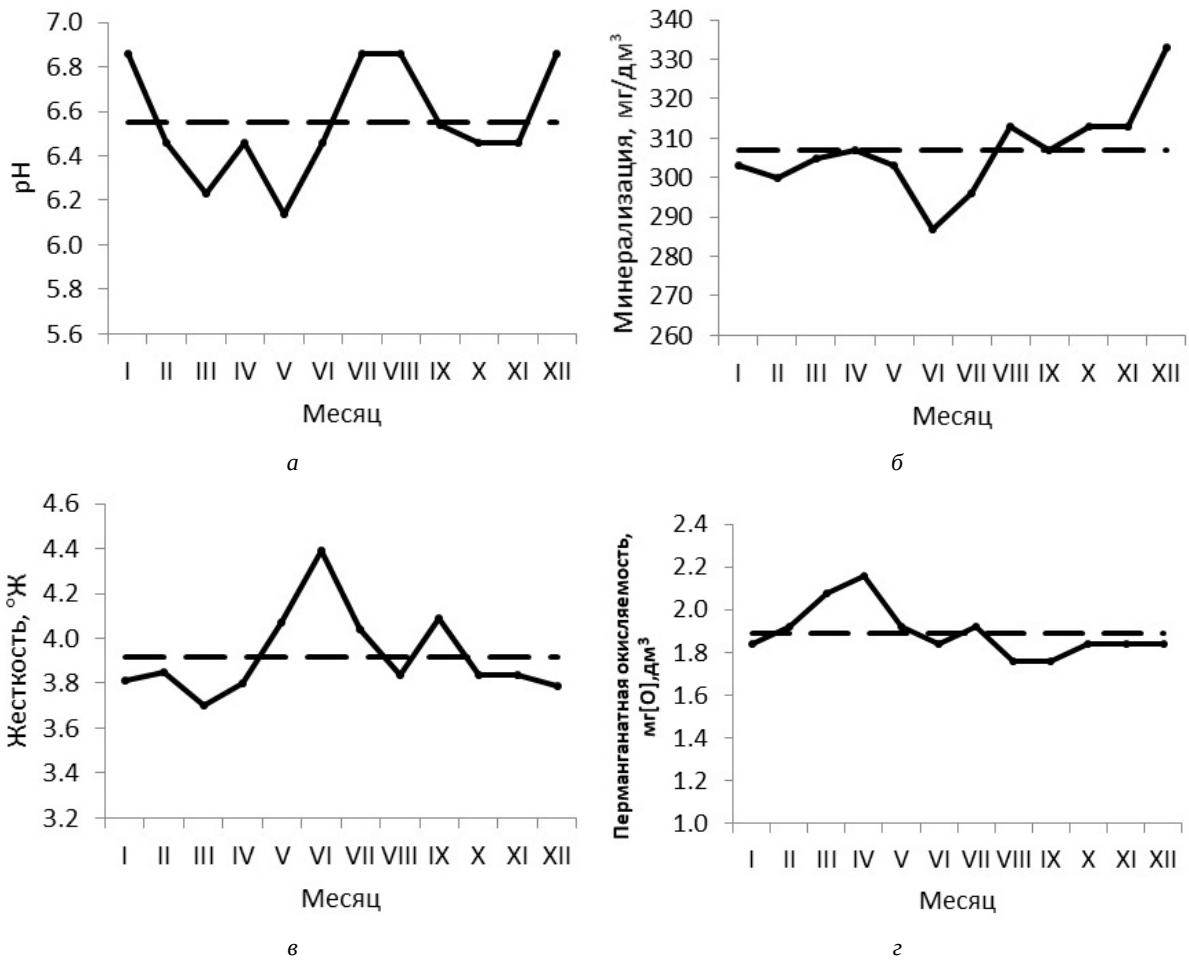


Рис. 2. Внутригодовая динамика значений рН (а), минерализации (б), жесткости (в) и перманганатной окисляемости (г) воды подземного источника

Таблица 3

Химический состав воды подземного источника

Месяц	Гидрокарбонаты, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³	Нитриты, мг/дм ³	Нитраты, мг/дм ³	Железо общее, мг/дм ³
I	139	10,10	130	0,0013	1,81	0,095
II	140	10,80	122	0,0018	2,02	0,107
III	141	10,50	123	0,0023	2,07	0,147
IV	143	12,66	119	0,0017	1,52	0,170
V	146	13,36	113	0,0009	1,21	0,100
VI	140	7,15	119	0,0010	0,75	0,075
VII	138	9,84	123	0,0019	1,39	0,107
VIII	139	9,83	147	0,0016	1,42	0,026
IX	138	8,94	142	0,0009	1,58	0,026
X	136	8,44	150	0,0010	1,97	0,045
XI	140	8,94	160	0,0013	1,83	0,052
XII	138	11,62	173	0,0011	1,71	0,084



показана на рис. 2, в (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению жесткости).

Показателем, характеризующим интегральную загрязненность воды, обусловленную содержанием окисляющихся органических и неорганических примесей, является перманганатная окисляемость. Содержание органических загрязнителей характерно в основном для вод поверхностных источников. Вода подземных источников в качестве легкоокисляющихся загрязнителей может содержать неорганические ионы, в частности Fe^{2+} , Co^{2+} . Минимальное значение перманганатной окисляемости воды подземного источника зафиксировано в августе и сентябре ($1,76 \text{ мг[O]/дм}^3$), максимальное – в апреле ($2,16 \text{ мг[O]/дм}^3$). В эти же месяцы в пробах воды зафиксировано минимальное и максимальное содержание общего железа (см. табл. 3). Среднегодовое значение перманганатной окисляемости воды подземного источника составило $1,89 \text{ мг[O]/дм}^3$. Согласно санитарным правилам и нормам [19], для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения перманганатная окисляемость не может превышать $7,0 \text{ мг[O]/дм}^3$. Внутригодовая динамика перманганатной окисляемости воды подземного источника показана на рис. 2, г (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Главными компонентами ионного состава природных вод являются карбонат- и гидрокарбонат-ионы. Их возникновение обусловлено процессами растворения солей угольной кислоты, в большей степени карбонатов кальция и магния. Ионы HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} и Mg^{2+} находятся в природных водах в определенном соотношении, изменение концентрации одного из них приведёт к изменению концентрации остальных. Для расчета содержания карбонат- и гидрокарбонат-ионов было проведено определение значений свободной и общей щелочности исследуемой подземной воды визуальным методом (метод А.2) [7]. Было установлено, что свободная щелочность всех анализируемых проб воды равна нулю, что свидетельствует об отсутствии карбонатов в составе анализируемых проб воды или их количество меньше предела обнаружения используемой нами методики. На основании значений общей щелочности рассчитана ежемесячная массовая концентрация гидрокарбонатов в анализируемых пробах воды (см. табл. 3).

Концентрация гидрокарбонат-ионов в пробах анализируемой воды в течение года не претерпевает значительных изменений. Максимальная концентрация была зафиксирована в мае (146 мг/дм^3), минимальная – в октябре (136 мг/дм^3). Среднегодовое значение массовой концентрации ионов HCO_3^- составило 140 мг/дм^3 . Содержание карбонатов и гидрокарбонатов в воде нецентрализованного водоснабжения не нормируется. Внутригодовая динамика массовой концентрации гидрокарбонат-ионов в воде

подземного источника показана на рис. 3, а (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

К главным ионам химического состава природных вод относятся хлоридные ионы. Они широко распространены и обнаруживаются во всех природных водах, но иногда в очень малых количествах. Источниками хлоридов в подземных водах являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы и соленосные отложения. Установлено, что концентрация хлоридов в анализируемых пробах не высока ($10,18 \text{ мг/дм}^3$) и подвержена сезонной изменчивости (см. табл. 3). Максимальные значения зафиксированы в мае ($13,36 \text{ мг/дм}^3$), минимальные – в июне ($7,15 \text{ мг/дм}^3$). Содержание хлоридов в исследуемой воде значительно ниже порогового значения, установленного санитарными нормами и правилами для вод нецентрализованного водоснабжения – 350 мг/дм^3 [18]. Резкое снижение концентрации хлоридов, возможно, стало результатом разбавления подземной воды поверхностными водными массами. В июне 2023 г. наблюдалось резкое увеличение расхода воды и уровня воды в реке Малке, в пойме которой расположен исследуемый подземный источник. Внутригодовая динамика массовой концентрации хлоридов в воде подземного источника показана на рис. 3, б (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Сульфатные ионы являются важнейшими анионами природной воды. Их содержание в умеренно минерализованных и особенно маломинерализованных водах достаточно велико. Появление сульфатов в подземных водах обусловлено контактом с гипсом, входящим в состав осадочных горных пород, процессами окисления самородной серы и сульфидов.

На содержание сульфатов в природных водах оказывают влияние процессы распада и окисления органических веществ растительного и животного происхождения, содержащих серу. Поэтому вблизи населенных пунктов присутствие сульфатов в воде часто является результатом загрязнения ее промышленными и бытовыми отходами.

Максимальная концентрация сульфатов в пробах исследуемой подземной воды была зафиксирована в декабре (173 мг/дм^3), минимальная – в мае (113 мг/дм^3) (см. табл. 3). Среднегодовая концентрация сульфатов составила 135 мг/дм^3 . Содержание сульфатов в исследуемой воде ниже порогового значения, установленного санитарными нормами и правилами для вод нецентрализованного водоснабжения, – 500 мг/дм^3 [18]. Внутригодовая динамика массовой концентрации сульфатов в воде подземного источника показана на рис. 3, в (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

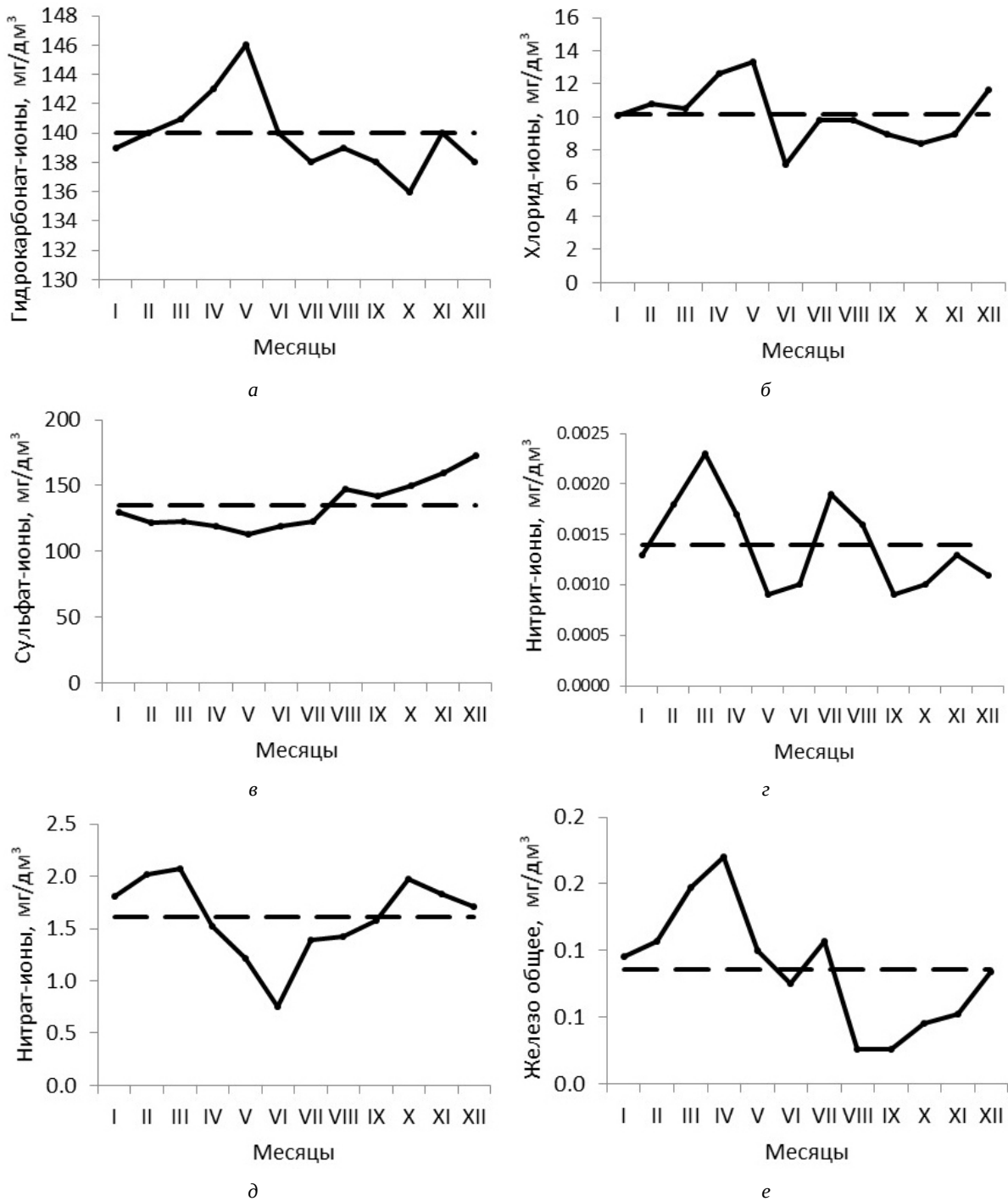


Рис. 3. Внутригодовая динамика массовой концентрации гидрокарбонатов (а), хлоридов (б), сульфатов (в), нитритов (г), нитратов (д) и общего железа (е) в воде подземного источника

Важными показателями качества и индикатором чистоты природных вод являются соединения азота. Нитриты и нитраты относятся к биогенным веществам. Основным источником их появления в природной воде считаются сложные органические вещества в основном белковой структуры животного и растительного происхождения. Вместе с тем нитраты и нитриты могут появлять-

ся в природных водах и неорганическим путем. Нитриты неустойчивы и в поверхностных водах под воздействием кислорода воздуха достаточно быстро окисляются до нитратов. В связи с этим концентрация нитритов в поверхностных водах достаточно низкая, в то время как в подземных водах, не контактирующих с атмосферой, концентрация нитритов обычно выше. Нами установ-



лено, что в исследуемых пробах воды подземного источника концентрация нитритов очень низкая. Наибольшая концентрация нитрит-ионов зафиксирована в марте ($0,0023 \text{ мг/дм}^3$), минимальная – в мае и сентябре ($0,0009 \text{ мг/дм}^3$) (см. табл. 3). Среднегодовая концентрация нитрит-ионов в исследуемой воде составила $0,0014 \text{ мг/дм}^3$. Содержание нитритов в исследуемой воде не превышало $3,0 \text{ мг/дм}^3$ – ПДК, установленной санитарными нормами и правилами [19]. Внутригодовая динамика массовой концентрации нитритов в воде подземного источника показана на рис. 3, 2 (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Некоторая неравномерность распределения концентрации нитритов обусловлена влиянием различных природных, климатических и антропогенных факторов. Снижение концентрации в мае связано с паводковыми явлениями, повышение в летний период – с увеличением стоков с сельскохозяйственных угодий и из животноводческих комплексов, расположенных в пойме реки Малки.

Наибольшая концентрация нитратов зафиксирована в марте ($2,07 \text{ мг/дм}^3$), минимальная – в июне ($0,75 \text{ мг/дм}^3$) (см. табл. 3). Среднегодовая концентрация нитритов в исследуемой воде составила $1,61 \text{ мг/дм}^3$, что значительно ниже $45,0 \text{ мг/дм}^3$ установленной ПДК [19]. Внутригодовая динамика массовой концентрации нитратов в воде подземного источника показана на рис. 3, 3 (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

В составе поверхностных и подземных вод часто содержатся соединения железа, которое входит в состав многих горных пород. В составе подземных вод в связи с отсутствием контакта с кислородом воздуха преобладают ионы Fe^{2+} , находящиеся в растворённом состоянии в виде гидрокарбоната железа (II).

В исследуемых пробах подземной воды нами определена массовая концентрация общего железа. Наибольшее содержание общего железа зафиксировано в апреле ($0,170 \text{ мг/дм}^3$), наименьшее – в августе и сентябре ($0,026 \text{ мг/дм}^3$) (см. табл. 3). Среднегодовая концентрация общего железа в исследуемых пробах воды составила $0,086 \text{ мг/дм}^3$, что значительно ниже $0,3 \text{ мг/дм}^3$ установленной ПДК [19]. Внутригодовая динамика массовой концентрации общего железа в воде

подземного источника показана на рис. 3, 4 (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Исследование проб воды методом рентгенофлюоресцентного анализа показало наличие в их составе таких микроэлементов, как медь, рубидий, кобальт, цинк, европий, серебро, ванадий. Качественный микроэлементный состав в течение года не изменялся.

Санитарно-микробиологический анализ проб воды подземного источника, отобранных в декабре 2023 г., показал, что патогенная микрофлора в них не обнаружена (табл. 4).

Выводы

Исследование термического режима подземного источника показало, что температура воды не зависит от температуры окружающей среды и в течение года остается практически постоянной – $14,75 \text{ }^\circ\text{C}$. Это свидетельствует о достаточно глубоком залегании водоносного слоя. Расход воды в течении года меняется в узком интервале, и эти изменения обусловлены водным режимом реки Малки, в пойме которой расположен источник. Исследуемая подземная вода не имеет запаха и в течение года остаётся прозрачной.

Установлен химический состав воды подземного источника, расположенного в пойме реки Малки. Изучена внутригодовая динамика ионно-солевого состава анализируемой воды. Установлено, что ионный состав исследуемой подземной воды подчиняется общим закономерностям, свойственным природным водам. По значению водородного показателя исследуемая вода относится к нейтральным. Обнаружена корреляция между внутригодовой изменчивостью рН и массовой концентрацией гидрокарбонатов. По содержанию растворенных веществ исследуемая вода относится к пресным водам. Общая жесткость воды в течение года меняется незначительно, по среднегодовому значению соответствует водам средней жесткости. Перманганатная окисляемость исследуемой воды, обусловленная наличием легкоокисляющихся неорганических ионов Fe^{2+} , сохраняет стабильность в течение года и составляет в среднем $2,16 \text{ мг[O]/дм}^3$. Исследуемая вода не содержит карбонатов, массовая концентрация гидрокарбонат-ионов составляет в среднем 140 мг/дм^3 . Концентрация хлоридов оставалась

Таблица 4

Результаты санитарно-микробиологического анализа воды подземного источника

Определяемый показатель	Единица измерения	Результаты испытания
Esherichia coli	КОЕ/100 см ³	0
Сальмонелла	КОЕ/дм ³	Не обнаружено
Обобщённые колиформные бактерии	КОЕ/100 см ³	0
Общее микробное число	КОЕ/см ³	0
Энтерококки	КОЕ/100 см ³	Не обнаружено



низкой и составила в среднем 10,18 мг/дм³. Концентрация сульфатных ионов составила в среднем 135 мг/дм³. Концентрация биогенных загрязнителей – нитритов и нитратов – в течение года оставалась низкой и составила в среднем 0,0014 мг/дм³ и 1,61 мг/дм³ соответственно. Выявлена невысокая (0,086 мг/дм³) среднегодовая концентрация общего железа.

В анализируемых пробах воды по определяемым показателям, не выявлено ни одного случая превышения ПДК, установленных действующими санитарными нормами и правилами для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения. По результатам микробиологических испытаний патогенные микроорганизмы не обнаружены.

Библиографический список

1. Зекцер И. С. Подземные воды // Большая российская энциклопедия. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5553818> (дата обращения: 26.12.2023).
2. ГОСТ Р 59024-2020 Вода. Общие требования к отбору проб : национальный стандарт Российской Федерации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175475> (дата обращения: 01.01.2024).
3. РД 52.24.496-2018 Методика измерений температуры, прозрачности и определение запаха воды. URL: <https://docs.cntd.ru/document/495884820> (дата обращения: 01.01.2024).
4. ПНДФ 14.1:2.110-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений содержания взвешенных веществ и общего содержания примесей в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200056716> (дата обращения: 01.01.2024).
5. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097815> (дата обращения: 01.01.2024).
6. ПНДФ 14.1:2.4.154-99 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200056567> (дата обращения: 01.01.2024).
7. ГОСТ 31957-2012 Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096960> (дата обращения: 01.01.2024).
8. РД 52.24.407-2006 Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика измерений аргентометрическим методом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/551494644> (дата обращения: 01.01.2024).
9. ГОСТ 31940-2012 Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096957> (дата обращения: 01.01.2024).
10. РД 52.24.381-2017 Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550609473> (дата обращения: 01.01.2024).
11. ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115428> (дата обращения: 01.01.2024).
12. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008210> (дата обращения: 01.01.2024).
13. МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039680> (дата обращения: 01.01.2024).
14. МУ 4.2.2723-10 Лабораторная диагностика сальмонеллезов, обнаружение сальмонелл в пищевых продуктах и объектах окружающей среды. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200083950> (дата обращения: 01.01.2024).
15. МУК 4.2.1018-01 Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200029648> (дата обращения: 01.01.2024).
16. Алевкин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1973. 437 с.
17. Шамарина М. А., Квашин В. А., Акаев А. Р. Изучение водного и урвненного режимов реки Малка в период 2018–2022 гг. // Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 т. Новочеркасск : Лик, 2023. Т. 2. С. 164–170.
18. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 01.01.2024).
19. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.01.2024).
20. ГОСТ 31865-2012 Вода. Единица жесткости : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096920> (дата обращения: 01.01.2024).

Поступила в редакцию 11.01.2024; одобрена после рецензирования 05.02.2024; принята к публикации 09.02.2024
The article was submitted 11.01.2024; approved after reviewing 05.02.2024; accepted for publication 09.02.2024

ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 41–48

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 41–48

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-41-48>, EDN: YRGPOB

Научная статья

УДК 550.832.9

К вопросу о методике литолого-петрофизических исследований каменного материала (в процессе бурения нефтегазовых скважин)

Б. А. Головин, М. В. Калинникова[✉], Е. Н. Волкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Головин Борис Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, bagolovin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1737-7341>

Калинникова Марина Викторовна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, kalinnikova1@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4077-0221>

Волкова Елена Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геофизики, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены некоторые аспекты методики подготовки образцов шлама и керна к литолого-петрофизическим исследованиям. Описаны приемы получения каменного материала (шлама, керна) в части определения момента вскрытия пласта-коллектора, привязки керна по глубине, отбора проб шлама. Предложен шламоотборник, позволяющий получать отмытый от бурового раствора шлам габаритных фракций. Показана эффективность метода гармонического анализа, учитывающего литологию исследуемого разреза и изменения параметров бурения для оптимизации частоты отбора проб шлама при бурении. Обоснована система размещения точек отбора проб шлама, позволяющая повысить информативность исследования разрезов скважин. Проведен анализ фактического материала по привязке шлама к пластам с использованием естественной гамма-активности в скважинах, пробуренных в условиях саратовского Поволжья. Распределение величин невязок глубин залегания по шламу и результатам интерпретации геофизических исследований скважин (ГИС) позволило сделать вывод, что в подавляющем большинстве случаев (> 75%) привязка шлама при геолого-технологических исследованиях (ГТИ) производится с удовлетворительной точностью. Реализация некоторых элементов описанных выше приемов интерпретации показана на примере одной из скважин, расположенной в северо-западной части прибортовой зоны Прикаспийской впадины.

Ключевые слова: керн, шлам, шламоотборник, скважина, коллектор

Для цитирования: Головин Б. А., Калинникова М. В., Волкова Е. Н. К вопросу о методике литолого-петрофизических исследований каменного материала (в процессе бурения нефтегазовых скважин) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 41–48. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-41-48>, EDN: YRGPOB

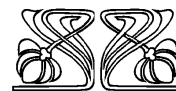
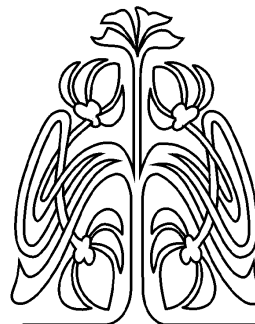
Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

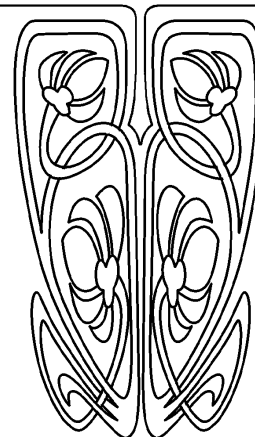
On the issue of the methodology for lithologic and petrophysical studies of stone material (in the process of oil and gas wells drilling)

Б. А. Golovin, М. В. Kalinnikova[✉], Е. Н. Volkova

© Головин Б. А., Калинникова М. В., Волкова Е. Н., 2024



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**





Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Boris A. Golovin, bagolovin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1737-7341>

Marina V. Kalinnikova, kalinnikova1@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4077-0221>

Elena N. Volkova, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Abstract. This article discusses some aspects of the methodology for preparing sludge and core samples for lithological and petrophysical studies. Methods for obtaining rock material (sludge, core) are described in terms of determining the moment of opening the reservoir layer, tying the core in depth, and sampling the sludge. A sludge collector has been proposed that makes it possible to obtain sludge of overall fractions washed from the drilling fluid. The effectiveness of the harmonic analysis method, which takes into account the lithology of the studied section and changes in drilling parameters to optimize the frequency of sludge sampling during drilling, is shown. A system for placing sludge sampling points has been justified to increase the information content of the study of well sections. An analysis of the actual material on the connection of sludge to formations using natural gamma activity in wells drilled in the conditions of the Saratov Volga region was carried out. The distribution of the residual values of the burial depths according to the sludge and well logging allowed us to conclude that in the vast majority (> 75%) of cases, the binding of sludge during geological testing is carried out with satisfactory accuracy. The implementation of some elements of the above described interpretation techniques is shown using the example of one of the wells located in the northwestern part of the near-shore zone of the Caspian basin.

Keywords: core, sludge, sludge collector, well, reservoir

For citation: Golovin B. A., Kalinnikova M. V., Volkova E. N. On the issue of the methodology for lithologic and petrophysical studies of stone material (in the process of oil and gas wells drilling). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 41–48 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-41-48>, EDN: YRGPOB

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Исследование каменного материала (шлама, керн) – единственный источник прямых количественных данных о свойствах пластов-коллекторов и основа, на которой базируется оценка параметров продуктивных пластов [1]. Непрерывное составление документации разрезов скважин с использованием бурового шлама как материала для геохимических и петрофизических исследований – это основа совершенствования информативности глубокого бурения.

Однако по результатам изучения пород-коллекторов [2] сделан вывод, что при исследовании структуры и текстуры, а также некоторых других характеристик горных пород, которые определяют их способность вмещать и пропускать флюид, небольшой размер частиц материала для исследований значительно затрудняет применение шлама для литолого-геохимических анализов. Для повышения достоверности результатов представляется целесообразным проведение ряда исследований, среди которых обязательными являются лабораторные и полевые анализы проб шлама и образцов керна, выявление взаимосвязи результатов этих анализов между собой и данных геофизических исследований скважин.

Постановка проблемы

Целью данного исследования является обоснование некоторых аспектов методики литолого-петрофизических исследований керна и шлама в процессе бурения нефтегазовых скважин в условиях северо-западной части прибортовой зоны Прикаспийской впадины.

Успешным решение геологических задач в процессе бурения глубоких поисково-разведочных скважин может быть при условии соблюдения следующих требований:

- для получения представительных и достоверных результатов керна материал должен быть четко привязан к глубинам залегания по данным каротажного материала [3];
- шлам отбирается в режиме объемного разрушения горных пород долотом, время промывки должно обеспечить вынос забойной порции шлама на дневную поверхность;
- отбор проб шлама осуществляется способом накопления в шламоотборнике, установленном под виброситом;
- шаг дискретизации отбора проб должен учитывать как особенности геологического строения региона, так и вариации технологических параметров бурения;
- окончательная привязка каменного материала по глубине выполняется с использованием данных по естественной радиоактивности каменного материала с увязкой по радиоактивному каротажу.

Исходные материалы и источники

Определение момента вскрытия пласта-коллектора. Знание момента вскрытия потенциально перспективного пласта необходимо для своевременной корректировки интервала отбора керна. Наиболее информативным параметром при этом является механическая скорость проходки ($v_{\text{мех}}$) (механический каротаж).

Момент вскрытия определяется по формуле

$$t_{\text{вскр.}} = m_n / v, \quad (1)$$

где m_n – мощность покрывающей коллектор «пачки» горных пород, м, v – механическая скорость бурения, м/ч.

При вскрытии коллектора происходит резкое изменение механической скорости бурения ($v_{\text{мех}}$) в 1.5 и более раз в зависимости от типа разреза



(терригенный или карбонатный). Механическая скорость $v_{\text{мех}}$ зависит не только от свойств горных пород, но и от факторов, связанных с процессом бурения. Наибольшее распространение в практике геофизических работ нашел метод изучения отношений механических скоростей на границах покрывка / коллектор ($v_{\Gamma} / v_{\text{к}}$). В момент пересечения граничной зоны покрывка / коллектор кратковременное поведение $v_{\text{мех}}$ обуславливается в основном различиями физико-механических свойств глин (покрывок) и коллекторов. Установлено, что при этих условиях происходит относительное уменьшение скорости проходки, т. е. $v_{\Gamma} / v_{\text{к}} > 1$. На рис. 1 представлен характер распределения величин отношения $v_{\Gamma} / v_{\text{к}}$ на участке покрывка / коллектор по разрезу саратовского Поволжья.

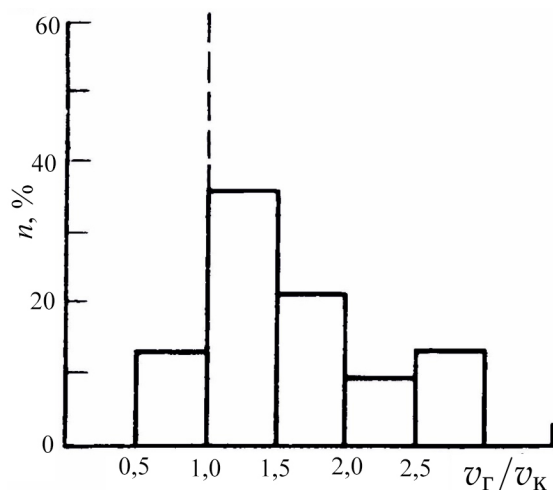


Рис. 1. Распределение величин $v_{\Gamma}/v_{\text{к}}$ в глинах и коллекторах саратовского Поволжья (n – частота встречаемости)

Привязка керна по глубине. При неполном выносе керна весьма полезным может быть способ, предложенный Ю. И. Горбачевым [4]. Сущность его сводится к выполнению двух этапов – на первом устраняют неопределенность Δ в положении интервалов, на втором проводят привязку внутри интервалов.

Отбор проб шлама. Наиболее удачным решением для фракционного отбора шлама в процессе бурения является шламоотборник, закрепленный на вибросети [5]. Энергия постоянных вибраций способствует разделению шлама по габаритным фракциям, а восходящий поток воды, переливаясь через верхний край шламоотборника, очищает шлам от частиц бурового раствора (рис. 2).

Работа устройства направлена на извлечение из корпуса отдельных фракций шлама для дальнейшего анализа, а частота извлечения определяется заданным интервалом разреза. Шлам очищается от частиц бурового раствора водой, поступающей через поддон с перфорацией

в корпус. Разделение шлама на фракции обеспечивается благодаря разному диаметру проходных отверстий соответствующих секций блока решеток, установленных в корпусе.

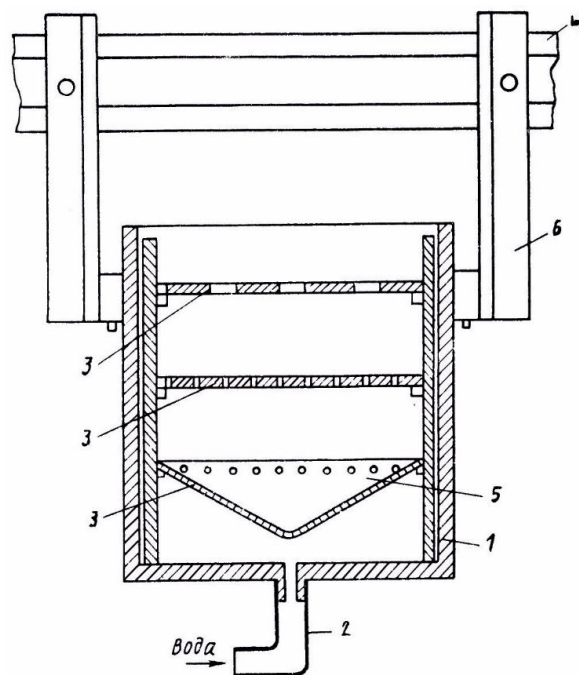


Рис. 2. Чертеж устройства для пофракционного отбора шлама в процессе бурения: 1 – корпус прибора; 2 – патрубок для подачи воды; 3 – блок решеток с последовательно установленными по высоте секциями; 4 – шламоотделитель; 5 – поддон воронкообразной формы; 6 – рама жесткой связи

Оптимизация частоты отбора проб шлама. Для повышения информативности исследования разрезов скважин по шламу должна быть обоснована система размещения точек отбора проб шлама. В настоящее время частота отбора проб шлама в общем случае не коррелируется с особенностями строения, состава и глубины залегающих нефтегазоносных толщ исследуемого региона и может быть либо избыточной, приводящей к непроизводительному использованию времени и оборудования, либо недостаточной, что приводит к пропускам литологически контрастных маломощных пластов.

Для оптимизации частоты отбора проб шлама при бурении скважин может быть применен метод гармонического анализа, учитывающий литологию исследуемого разреза. Исследования проводились на одной из скважин Прибрежной площади. В качестве информативного параметра было рассмотрено изменение литологического состава в функциональной зависимости от времени проходки. Последнее обстоятельство позволило связать частоту отбора проб со временем бурения, и дальнейшая интерпретация результатов гармонического анализа проводилась в размерности частот. Это, в свою очередь, дало



возможность выработать численные критерии при отборе проб шлама от основных параметров, характеризующих режим бурения, т. е. по разработанным алгоритмам может быть рассчитано время отбора в зависимости от указанных параметров.

На рис. 3 изображены графики зависимости шага дискретизации (Δt) от глубины скважины при разных значениях скорости проходки. Величина шага Δt рассчитана по формуле

$$\Delta t = \left(\frac{2}{\omega} \right) \cdot \sqrt{2\gamma_0} \cdot K_3, \quad (2)$$

где ω – верхняя граничная частота, γ_0 – модуль допустимой приведенной погрешности аппроксимации (принят 10%), K_3 – коэффициент запаса (полагают равным 2).

Привязка каменного материала по глубине с использованием данных геофизического исследования скважин. Комплексом ГИС, проводимым в скважине, могут быть уверенно зафиксиро-

ваны удельное электрическое сопротивление, радиоактивность, скорость распространения ультразвука и другие геофизические параметры, а также продолжительность бурения мерного интервала проходки. Литолого-петрофизические методы и критерии привязки шлама к разрезу представлены в табл. 1.

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет сделать вывод, что из всех рассмотренных методов ГИС наибольшими информационными возможностями для привязки шлама обладает радиоактивный каротаж. Изменение естественной радиоактивности образцов шлама и на диаграммах гамма-каротажа (ГК) в терригенных разрезах обнаруживает тесную корреляционную связь и может быть успешно использовано для решения указанной задачи. Существенным ограничением метода в карбонатном разрезе являются низкие значения гамма-поля, зафиксированные скважинным радиометром.

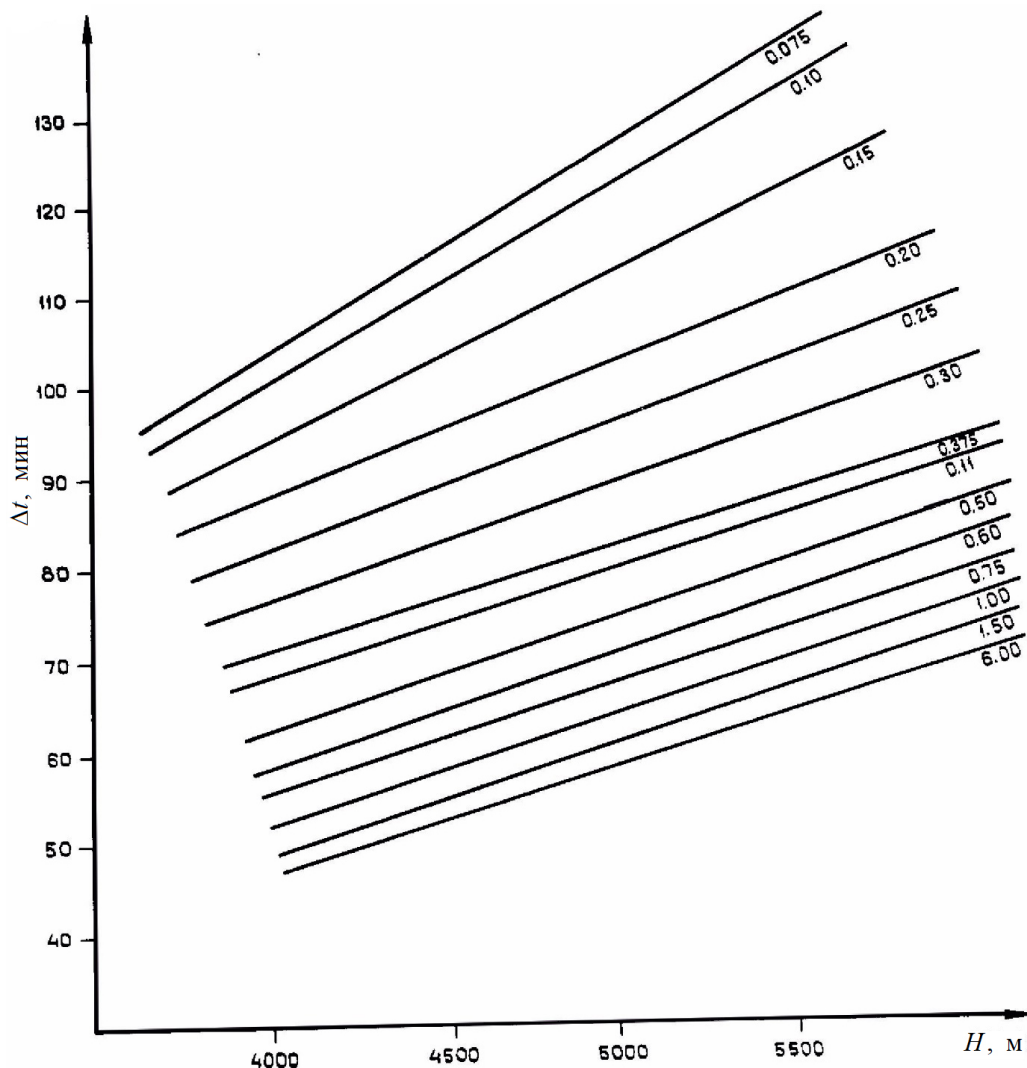


Рис. 3. Графики зависимости шага дискретизации Δt



Таблица 1

Геофизические методы исследования скважин и литолого-петрофизические свойства пород, используемые для привязки шлама

Геофизические методы исследования скважин	Физические свойства пород	Литолого-петрофизические свойства пород по шламу	Искажающие факторы
Метод продолжительности бурения	Твердость, абразивность	Физико-механические свойства	Смена режимно-технологических параметров бурения
Электрические методы	Удельное электрическое сопротивление	Удельное электрическое сопротивление	Вторичная пористость, сложность учета влияния характера насыщения
Спектрометрический гамма-каротаж	Концентрации урана, тория, калия	Концентрации урана, тория, калия	Низкое содержание радиоактивных элементов
Интегральный гамма-каротаж	Суммарный эффект ГК	Суммарная гамма-активность	Различие характеристик скважинного прибора и лабораторной установки

Результаты и их обсуждение

На базе теоретических представлений, развитых Ю. С. Шимелевичем, проведен анализ фактического материала по привязке шлама к пластам с использованием естественной гамма-активности в скважинах 1 и 6 на Грачевской площади [6]. Распределение величин невязок глубин залегания по шламу и ГИС позволяет сделать вывод, что в подавляющем большинстве случаев (> 75%) привязка шлама при ГТИ производится с удовлетворительной точностью, а величина расхождения глубин по шламу и ГИС варьирует от 0 до 6 м. Таким образом, появляется инструмент для корректной привязки шлама по глубине путем сопоставления значений естественной радиоактивности, определенной по шламу с одноименными показателями по каротажу.

В качестве примера на рис. 4 представлены результаты измерения гамма-активности пород в условиях естественного залегания и в пробах шлама. Измерение одной и той же физической величины позволяет провести однозначную привязку шлама по глубине 3020, 3034 и 3062 м по максимуму корреляции между диаграммой ГК (на рисунке слева) и кривой распределения естественной радиоактивности шлама (на рисунке справа).

Общей целью литолого-петрофизических исследований шлама и керна является выяснение литологических и петрофизических критериев нефтегазоносности, выявление и прослеживание в разрезе пластовых нефтегазоносных резервуаров. Однако их задачи на разных стадиях и этапах нефтегазопроисковых работ будут существенно варьировать. Если задачи петрофизических исследований керна при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений в основном сформулированы в [7], то в отношении задач изучения бурового шлама и его комплексирования с керновыми материалами и данными ГИС ясность пока отсутствует.

По материалам макро- и микроскопического исследования шлама лабораторных определений уточняются литологические разности и коллекторские свойства пластов, выделяются типы коллекторов. Межскважинная корреляция однотипных пород позволяет прослеживать коллекторские и флюидоупорные пласты, устанавливать характер распространения коллекторов с разными генетическими типами емкости.

Перечисленные сведения чрезвычайно полезны при ГТИ в процессе бурения глубоких скважин на нефтегазовых месторождениях, при выборе методики разведки и технологии разработки и подсчете запасов залежей углеводородов [8].

При бурении поисковых скважин в оперативном режиме ГТИ решаются задачи литологического расчленения разрезов, прогноза момента вскрытия коллекторов, выделения коллекторов и характеристика флюидоупоров.

В задачи разведочного этапа входит изучение структурных особенностей выявленных месторождений, состава продуктивных пластов, эффективной мощности, коллекторских свойств, нефтегазонасыщения и характера изменения этих параметров по разрезу и площади, добавляется предварительная типизация вскрываемых скважинами коллекторских толщ.

При разведке месторождений отдельные скважины бурятся с применением безводных промывочных жидкостей, что характеризуется высоким выносом керна, сохранением проницаемости зоны проникновения, возможностью прямой оценки коэффициента водонасыщенности пласта. По каждой скважине должны быть проведены комплекс исследований в объеме, необходимом для количественной оценки запасов, детальное и комплексное изучение керна.

Выводы

В результате проведенных исследований и на основании опыта опробования в раз-

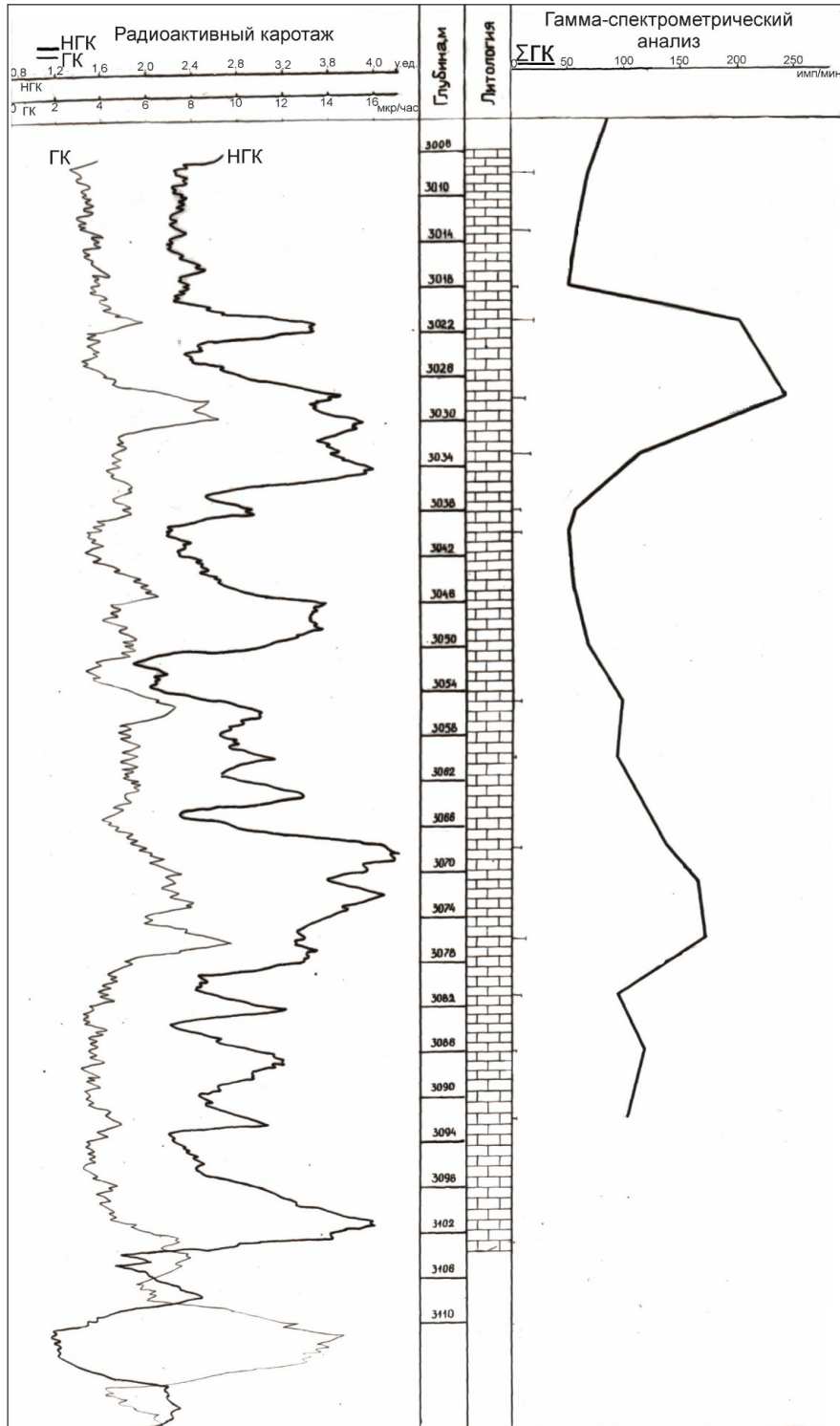


Рис. 4. Привязка шлама по глубине с использованием диаграммы ГК в разрезе Грачевской площади

ных нефтегазоносных провинциях разработан алгоритм комплексной методики оперативного анализа каменного материала при выполнении стационарных ГТИ и обоснована технологическая схема прогнозирования нефтегазоносности

геохимическими, геофизическими и петрофизическими методами.

Предложенная технологическая схема моделирования резервуара нефтегазовой залежи включает следующую последовательность:

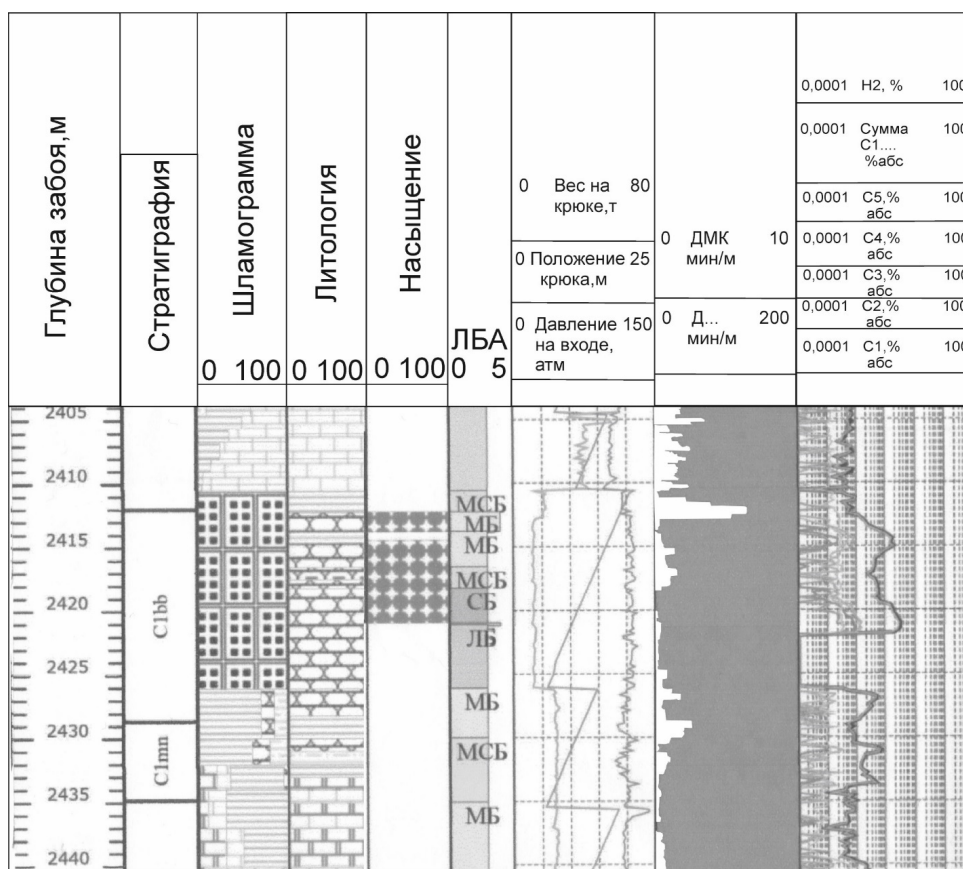


- по результатам анализа каменного материала выделяются основные литотипы пород и осуществляется их детальная привязка к фактическим глубинам залегания;
- определяются геохимические и петрофизические свойства пород;
- по сопоставлению коллекторских свойств, полученных по каменному материалу, с данными ГИС выделяются типы коллекторов;
- прослеживаются в разрезе вариации литотипов пород, мощностей коллекторских и экранирующих толщ;
- выявляются их связи со структурой и фациальной зональностью.

Предложенная технологическая схема создает предпосылки для локального прогноза как зон

коллекторов с наилучшими емкостными характеристиками, так и для зон с их отсутствием.

Реализация некоторых элементов описанных выше приемов интерпретации показана на примере одной из скважин северо-западной части прибортовой зоны Прикаспийской впадины, где проводилось исследование отложений нижнего карбона с реальной перспективой выделения продуктивных пластов. Скважина была заложена с целью выявления залежей нефти в бобриковских отложениях нижнего карбона (C_1^{bb}) (рис. 5). По данным, полученным по шламу, керну и ГИС, на сопредельных месторождениях коллекторы бобриковских отложений представлены песчаниками кварцевыми слабоглинистыми с алевритистой примесью, тип коллектора поровый.



Условные обозначения:

Литология:



Характер насыщения:

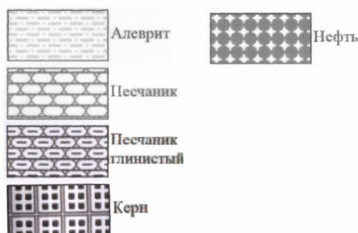


Рис. 5. Пример вскрытия продуктивного пласта бобриковского возраста (C_1^{bb}) в скважине



При проведении ГТИ и достижении глубины 2412 м зафиксировано резкое изменение механической скорости бурения, при этом средний уровень газопоказаний составил 0,059%. Бурение было остановлено и выполнена технологическая промывка до выноса забойной пробы бурового раствора и шлама на дневную поверхность. В шламе были зафиксированы обломки песчаников мелко-среднезернистых, слабоглинистых с каолинитово-гидролюдистым цементом порового типа. Неглинистые разновидности песчаников сцементированы вторичным кварцем. Ориентировочная пористость этих песчаных коллекторов составляет 8–10%. Люминисцентно-битуминологическая характеристика (ЛБА) ЗБЖ МБ. Суммарное содержание УВ газов забойной порции раствора возрастает до 0,3%. Эти факты свидетельствуют о вскрытии целевого горизонта C_1^{bb} , что явилось обоснованием для отбора в интервале глубин 2410,6–2426,1 м нефтенасыщенного керна с линейным выносом 15,5 м (100%).

Для подтверждения характера насыщения исследуемого пласта в интервале 2406–2420,8 м было выполнено испытание пласта испытателем на трубах (ИПТ). В результате ИПТ получена не вязкая газированная нефть.

Данные промыслово-геофизических исследований полностью подтвердили продуктивность исследуемого пласта.

Таким образом, современные технико-методические возможности получения геологической информации в реальном масштабе времени позволяют повысить достоверность отбора каменного материала в процессе бурения с целью решения прогнозных нефтегеологических задач.

Библиографический список

1. Макфи К., Рид Дж., Зубизаретта И. Лабораторные исследования керна: гид по лучшим практикам. М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. 924 с.
2. Недолишко Н. М., Ежова А. В. Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов : учеб. пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 172 с.
3. Руководство по геомеханическому документированию керна. Черногоorsk : ООО «Черногоorskская ГРК», 2014. 54 с.
4. Горбачёв Ю. И. Геофизические исследования скважин : учебник для вузов. Москва : Недра, 1990. 398 с.
5. Авторское свидетельство № 1436018 СССР. Устройство для фракционного отбора шлама в процессе бурения : № 3929904 заявлен 12.07.85 : опубликован 08.07.88 / Головин Б. А., Матвеев А. Н., Мельников И. Г. 2 с. : ил.
6. Головин Б. А. Литолого-петрофизические основы прогнозирования нефтегазоносности при бурении глубоких скважин в подсоловых палеозойских отложениях Прикаспийской впадины. Saarbrücken : LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 192 с.
7. Битнер А. К., Прокать Е. В. Методы исследования пород-коллекторов и флюидов : учеб. пособие. Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. 224 с.
8. Головин Б. А., Руднев С. А. Литолого-петрофизическое моделирование пластовых резервуаров в процессе бурения. Саратов : Изд-во Саратовского университета, 2022. 104 с. <https://doi.org/10.18500/978-5-292-04772-8>

Поступила в редакцию 01.02.2024; одобрена после рецензирования 08.02.2024; принята к публикации 09.02.2024
The article was submitted 01.02.2024; approved after reviewing 08.02.2024; accepted for publication 09.02.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 49–55
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 49–55
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-49-55>, EDN: QKLHPI

Научная статья
УДК 502.08



Опыт применения машинного обучения при анализе сейсмических данных для выделения тектонических нарушений в различных сейсмогеологических условиях

С. В. Николаенко[✉], А. А. Коваленко, А. Э. Натеганов, П. Н. Крук, А. Б. Дерюшев

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», 400078, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 96

Николаенко Сергей Викторович, ведущий геофизик отдела интерпретации сейсмических данных Уральского района управления сейсмических исследований, Sergey.Nikolaenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0004-9609-7624>

Коваленко Андрей Александрович, ведущий геофизик отдела технологий сейсмических исследований, Andrey.A.Kovalenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0006-6869-9307>

Натеганов Андрей Эдуардович, ведущий геофизик отдела интерпретации сейсмических данных Нижневолжского района, Andrey.Nateganov@lukoil.com <https://orcid.org/0009-0000-7387-2529>

Крук Павел Николаевич, начальник Управления сейсмических исследований, Pavel.Kruk@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0004-1423-4614>

Дерюшев Александр Борисович, руководитель проекта (Геология. Поволжский регион и Калининградская область), Aleksandr.Deryushev@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0002-2939-9548>

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного анализа алгоритмов автоматического выделения тектонических нарушений на основании сейсмических данных, зарегистрированных в разных сейсмогеологических условиях. Для каждого типа геологического разреза (платформа, соляная тектоника, морские данные) был проведен расчет куба вероятности нарушений, выделенных аналитическим алгоритмом и с использованием обученных нейронных сетей.

Ключевые слова: сейсморазведка МОГТ-3D, тектонические нарушения, нейронные сети, машинное обучение

Для цитирования: С. В. Николаенко, А. А. Коваленко, А. Э. Натеганов, П. Н. Крук, А. Б. Дерюшев Опыт применения машинного обучения при анализе сейсмических данных для выделения тектонических нарушений в различных сейсмогеологических условиях // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 49–55. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-49-55>, EDN: QKLHPI

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Application of machine learning in the analysis of seismic data to identify tectonic faults in various seismogeological conditions

S. V. Nikolaenko[✉], A. A. Kovalenko, A. E. Nateganov, P. N. Kruk, A. B. Deryushev

LLC LUKOIL-Engineering, 96 Lenin Ave., Volgograd 400078, Russia

Sergey V. Nikolaenko, Sergey.Nikolaenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0004-9609-7624>

Andrey A. Kovalenko, Andrey.A.Kovalenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0006-6869-9307>

Andrey E. Nateganov, Andrey.Nateganov@lukoil.com <https://orcid.org/0009-0000-7387-2529>

Pavel N. Kruk, Pavel.Kruk@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0004-1423-4614>

Aleksandr B. Deryushev, Aleksandr.Deryushev@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0002-2939-9548>

Abstract. The article presents the results of a comparative analysis of algorithms for automatic interpretation of tectonic faults based on seismic data recorded in various seismogeological conditions. For each type of geological section (platform, salt tectonics, marine data), a cube of the probability of violations by an analytical algorithm and using trained neural networks was calculated.

Keywords: seismic exploration of MOGT-3D, tectonic faults, neural networks, machine learning

For citation: Nikolaenko S. V., Kovalenko A. A., Nateganov A. E., Kruk P. N., Deryushev A. B. Application of machine learning in the analysis of seismic data to identify tectonic faults in various seismogeological conditions. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 49–55 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-49-55>, EDN: QKLHPI

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



Введение

Выделение тектонических нарушений является одной из важных задач на этапе проведения интерпретации сейсмических данных.

Тектонические нарушения играют доминирующую роль как в процессах формирования неструктурных ловушек, в создании условий, обеспечивающих стратиграфическое выклинивание нефтегазоносных горизонтов, экранирование нефтегазовых залежей, так и в процессах разрушения нефтегазовых залежей и месторождений. Трассирование нарушений до недавнего времени происходило, как правило, в ручном режиме, являясь одним из самых трудоемких этапов.

В настоящее время существует большое количество разных подходов к решению задачи автоматизации процесса трассирования поверхностей разломов, а также получения тектонической модели района работ. Большинство имеющихся методик связано с получением и анализом специальных атрибутов сейсмической записи, характеризующих потерю когерентности сейсмических отражений. При этом результат расчета указанных атрибутов напрямую зависит от качества входных сейсмических данных, что ограничивает возможность применения этих алгоритмов. Кроме того, данная методика подразумевает достаточно сложный этап подготовки исходных данных и настройки алгоритма (дообработка куба сейсмических данных, подбор параметров).

В последние годы наблюдается повышенный интерес к технологиям искусственного интеллекта на базе нейронных сетей, основанным на принципах работы человеческого мозга и активно внедряемым в практику для решения множества бытовых и производственных задач в самых разных областях. Не является исключением и нефтегазовый сектор.

В статье продемонстрировано сравнение наиболее распространенного сегодня аналитического алгоритма Ant Tracking (Schlumberger) и аппарата машинного обучения, примененно-

го в отечественном комплексе Geoplat Pro-S (ООО «ГридПойнтДинамикс»).

Материалы и методика исследований

Принцип работы алгоритма Ant Tracking основан на трассировании зон низкой когерентности сейсмической записи, свидетельствующих о возможном наличии разлома [1, 2].

Процесс автоматического выделения тектонических нарушений с использованием аналитического алгоритма состоит из трех основных этапов:

- дополнительной подготовки входных сейсмических данных путем проведения структурного сглаживания с целью усиления уровня полезного сигнала в волновом поле;
- расчета атрибутов когерентности («Chaos» или «Variance») для усиления проявления разломов;
- выделения разломов с применением алгоритма Ant Tracking.

Решение задачи интеллектуального выделения тектонических нарушений реализовано в ПО Geoplat Pro-S с использованием нейронной сети, предварительно обученной на больших массивах синтетических данных, которые представляют собой модели случайных отражений, осложненные шумовыми эффектами, а также сложными конфигурациями отражающих границ и сдвигами осей синфазности под разными углами наклонов. В результате обучения нейронная сеть накапливает библиотеку знаний о признаках наличия разлома [3]. В ходе дальнейшего использования алгоритма исходные сейсмические данные автоматически разбиваются на серию сегментов и по набору признаков, сформированных в процессе обучения, автоматически выполняется поиск признаков разломов в каждой точке элементарного сегмента, а результат затем распространяется на объем всего куба (рис. 1) [4].

Если полученный результат расходится с представлением о геологическом строении

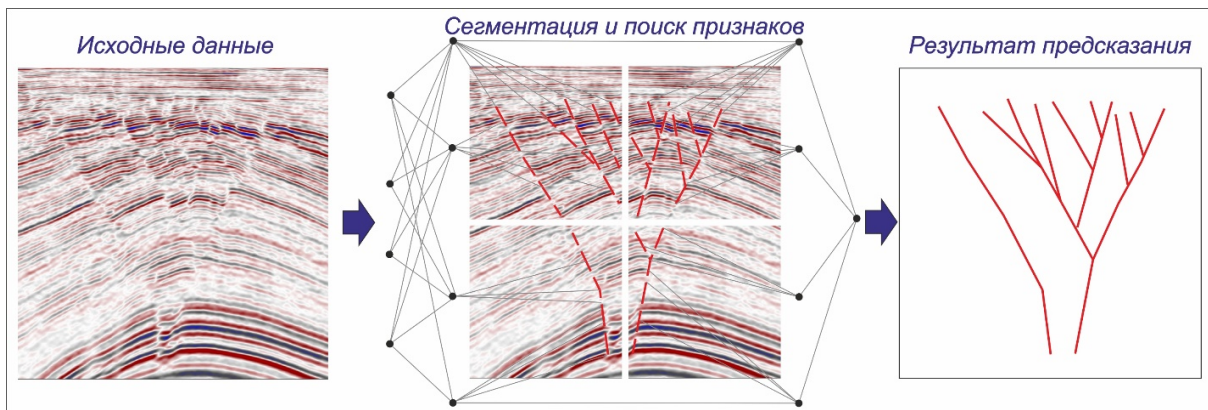


Рис. 1. Блок-схема алгоритма машинного обучения для расчета куба вероятности разломов (цвет онлайн)



площади исследований, существует возможность дообучения нейронных сетей путем ручного выделения разломов интерпретатором на нескольких сечениях сейсмического куба. Для этого интерпретатором выделяются разломы на 1–3 тренировочных и 1–2 проверочных (валидационных) сечениях сейсмического куба с учетом представлений об исследуемом регионе. Затем эти данные добавляются в обучающую выборку и сеть дообучается повторно, на выходе создается новая библиотека весов Unet для предсказания разломов. Таким образом, обеспечивается возможность влияния специалиста

на результаты работы нейронной сети в сложной геологической обстановке.

Контроль качества результата производится с помощью сравнения выделенных нарушений на тренировочных и валидационных сечениях, при этом программа строит график метрик, который позволяет отслеживать процесс дообучения нейронных сетей (рис. 2).

Тестирование аппарата машинного обучения проводилось на сейсмических данных МОГТ-3D, зарегистрированных в трех разных сейсмогеологических условиях (рис. 3):

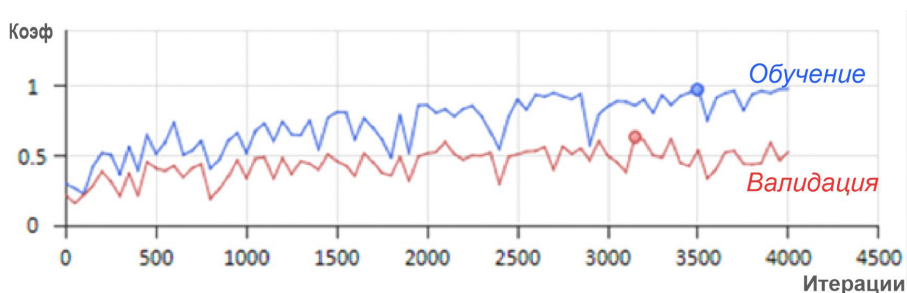


Рис. 2. Контроль качества процесса дообучения нейросетей (цвет онлайн)

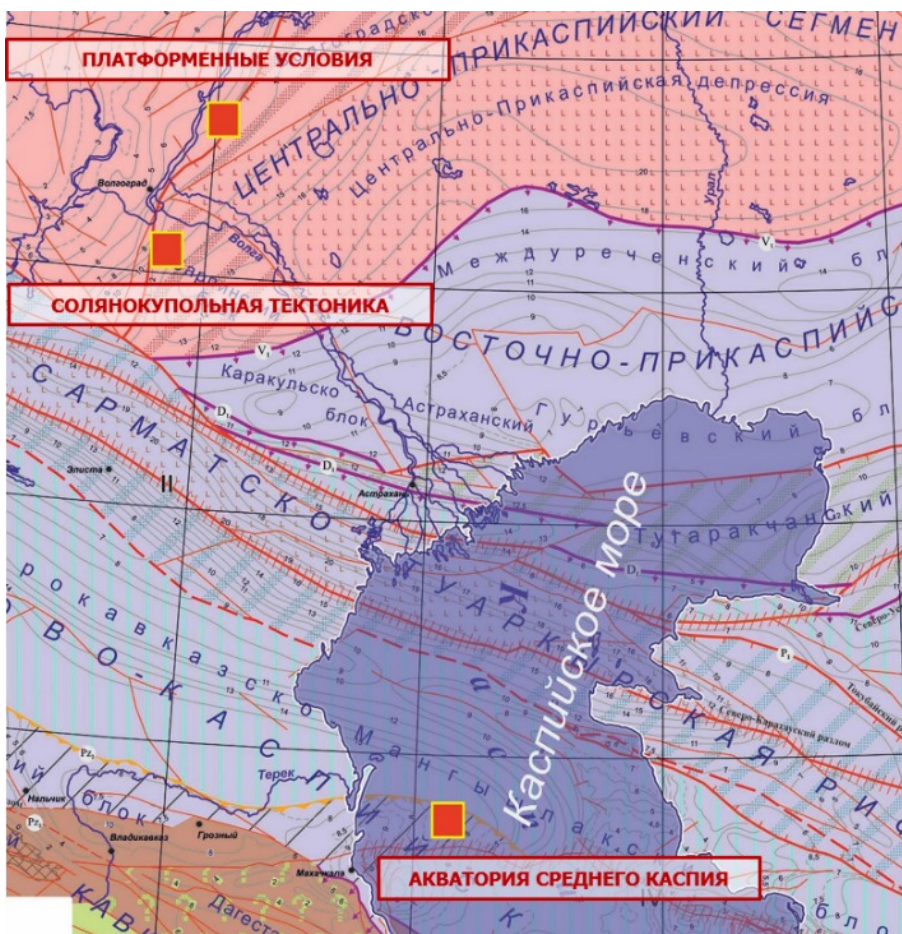


Рис. 3. Обзорная схема расположения полигонов тестирования (цвет онлайн)



- в платформенных условиях Николаевского-Городищенской ступени Приволжского мегавала, в зоне нижнепермского бортового уступа Прикаспийской впадины;
- в области развития солянокупольной тектоники в зоне сочленения Прикаспийской впадины и Восточно-Европейской платформы;
- в области развития сдвиговой тектоники в районе Прикумско-Центрально-Каспийской системы прогибов и поднятий, на восточном продолжении Восточно-Сулак-

ского вала, в пределах Скифско-Туранской эпигерцинской платформы.

После проведения дообучения нейронной сети на основе экспертной системы нарушений, намеченных интерпретатором на некоторых линиях в границах исследуемых площадей, были получены специализированные библиотеки для конкретных сейсмогеологических условий. На рис. 2–6 представлен сравнительный анализ систем тектонических нарушений, выделенных аналитическим алгоритмом после подбора параметров и полученных в результате применения

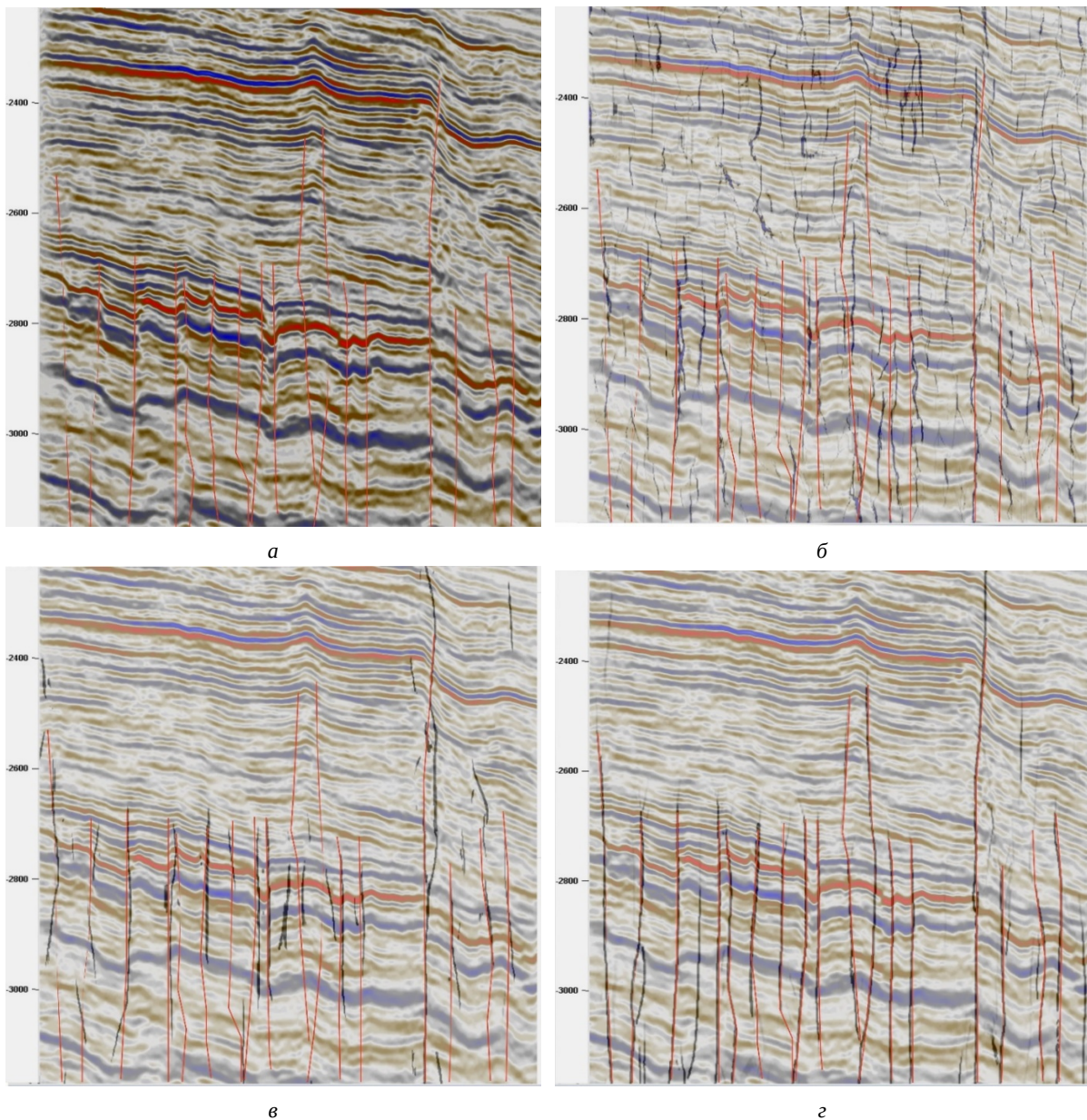


Рис. 4. Сравнение результатов применения алгоритмов в платформенных условиях: а – вертикальный срез с системой экспертных тектонических нарушений; б – вертикальный срез, совмещенный с атрибутом Ant Tracking; в – вертикальный срез, совмещенный с атрибутом вероятности разломов на основе базовой модели; г – вертикальный срез, совмещенный с атрибутом вероятности разломов после обучения (цвет онлайн)

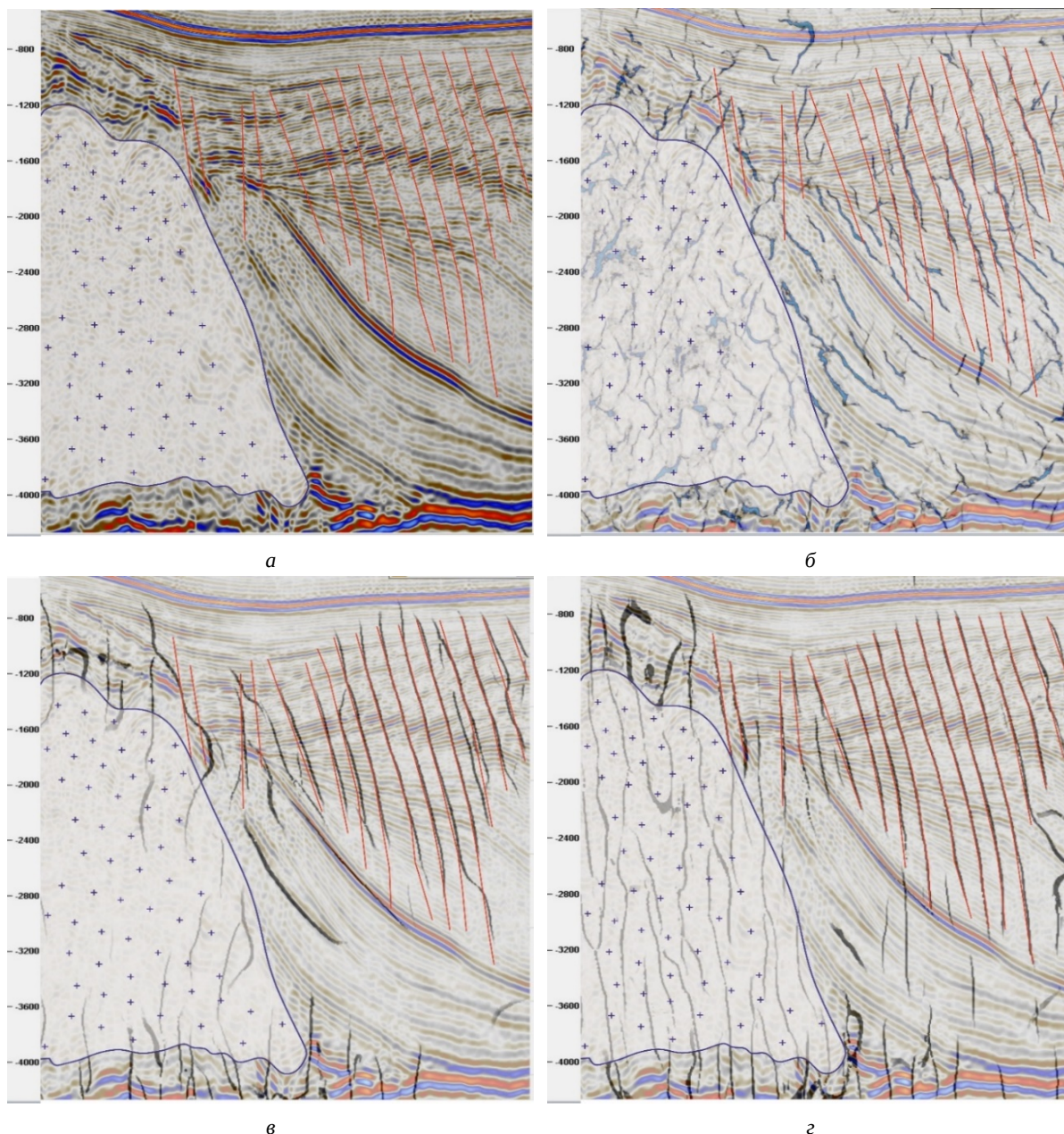


Рис. 5. Сравнение результатов применения алгоритмов в условиях солянокупольной тектоники: а – вертикальный срез с системой экспертных тектонических нарушений; б – вертикальный срез, совмещенный с атрибутом Ant Tracking; в – вертикальный срез, совмещенный с кубом – атрибутом вероятности разломов Geoplat AI на основе базовой модели; г – вертикальный срез, совмещенный с кубом – атрибутом вероятности разломов Geoplat AI после обучения (цвет онлайн)

нейронной сети, обученной на синтетике и после дообучения на реальных данных.

В результате применения алгоритма Ant Tracking по данным, зарегистрированным в платформенных условиях, хорошо выделились линейные зоны ухудшения когерентности сейсмической записи, пространственно совпадающие с тектоническими нарушениями. Результат работы алгоритма с применением ИИ (искусственного интеллекта), обученного на синтетических данных в целом, больше соответствует экспертной модели нарушений.

После проведения процедуры дообучения модуля ИИ получен куб-атрибут вероятности разломов по Geoplat AI, положение которых максимально соответствует экспертной тектонической модели (см. рис. 4).

После выделения нарушений по данным сейсмического материала, полученного в условиях солянокупольной тектоники на основе алгоритма Ant Tracking, наблюдаются горизонтальные разломы, что противоречит принятой геологической модели (см. рис. 5). Результат работы алгоритма с применением ИИ, обученного на синтетиче-

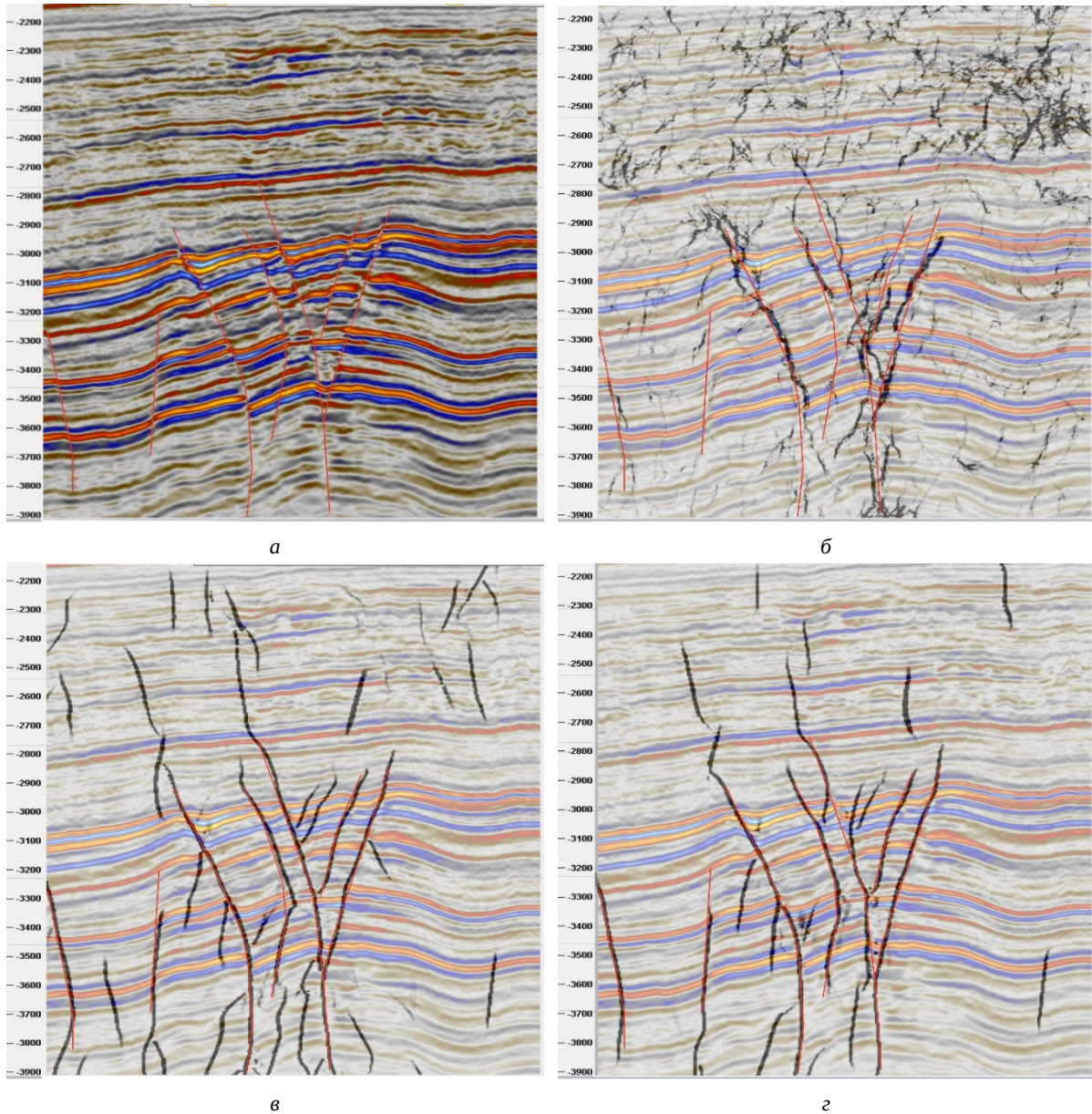


Рис. 6. Сравнение результатов применения алгоритмов в акватории Среднего Каспия: *а* – вертикальный срез с системой экспертных тектонических нарушений; *б* – вертикальный срез, совмещенный с атрибутом Ant Tracking; *в* – вертикальный срез, совмещенный с кубом – атрибутом вероятности разломов Geoplat AI на основе базовой модели; *г* – вертикальный срез, совмещенный с кубом – атрибутом вероятности разломов Geoplat AI после обучения (цвет онлайн)

ских данных, показал, что положение разломов в лучшей степени соответствует экспертной модели нарушений. После проведения процедуры дообучения модуля ИИ был куб – атрибут вероятности разломов по Geoplat AI, положение которых максимально соответствует экспертной модели разломов.

Результат выделения нарушений на основе алгоритма Ant Tracking по высококачественным морским данным в целом согласуется с экспертной моделью разломов. Исключение составляет верхняя часть разреза, где нарушения имеют спорадический характер распространения. Анализ

результатов работы алгоритма с применением ИИ на основе библиотеки, полученной в результате обучения на синтетических данных, показал, что положение разломов соответствует экспертной модели нарушений (см. рис. 6).

Приведенные примеры дают наглядное представление о возможностях алгоритма на основе нейронных сетей при выделении тектонических нарушений.

Полученные в ходе тестирования специализированные библиотеки с результатами дообучения ИИ могут быть использованы на данных,



зарегистрированных в аналогичных сейсмогеологических условиях.

В результате были получены специальные объемные атрибуты – кубы вероятности разломов, детально характеризующие тектоническую модель площади исследований, согласующиеся с представлениями о тектоническом строении района.

Выводы

Дальнейшее использование машинного обучения для решения задач автоматического трассирования нарушений позволит нивелировать серию ограничений аналитических алгоритмов, поскольку имеет комплекс преимуществ, среди которых основными являются:

- устойчивость к качеству сейсмических данных;
- упрощение этапа подготовки данных;
- существенное увеличение скорости расчетов;
- оптимизация этапа постобработки и получение качественного результата трассирования нарушений при работе с материалом разной степени сложности.

Внедрение модуля автоматического выделения нарушений с использованием машинного

обучения позволит существенно снизить временные затраты, а возможность дообучения алгоритма на основе экспертной системы нарушений – повысить достоверность получаемых данных.

Библиографический список

1. Barnes A. E. A filter to improve seismic discontinuity data for fault interpretation // *Geophysics*. 2006. Vol. 71, iss. 3. P. 1MJ-Z55. <https://doi.org/10.1190/1.2195988>
2. Hall B. Facies classification using machine learning // *The Leading Edge*. 2016. Vol. 35, iss. 10. P. 818–924. <https://library.seg.org/doi/10.1190/tle35100906.1>
3. Феоктистова О. В., Авдеев П. А. Инновационный подход к решению задачи интерпретации тектонических нарушений. Внедрение методики вероятностного прогноза систем нарушений на базе алгоритмов искусственного интеллекта // *Нефть, газ, новации*. 2021. № 4. С. 25–30. EDN: QZSAYD
4. Авдеев П. А., Базанов А. К., Ефремов И. И., Мифтахов Р. Ф. Переход к использованию цифровых помощников в кинематической интерпретации данных СРР на примере задачи повышения качества сейсмических данных после суммирования и достоверности прогноза тектонической модели // *Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана*. 2022. Т. 4, № 1. С. 50–57.

Поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 12.01.2024; принята к публикации 09.02.2024

The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 12.01.2024; accepted for publication 09.02.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 56–70

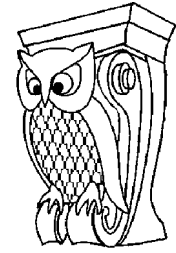
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 56–70

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-56-70>, EDN: TRNATJ

Научная статья

УДК 563.45(116.3)



Род *Sororistirps* (Porifera, Hexactinellida, Ventriculitidae)

Е. М. Первушов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Первушов Евгений Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры исторической геологии и палеонтологии, pervushovem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

Аннотация. Представители рода *Sororistirps*, выделенные из состава *Ventriculites*, установлены в породах сантона – маастрихта юго-востока Русской плиты. Рассмотрено строение скелета и ирригационной системы, прослежен морфогенез *Sororistirps* и определены формы, характеризующие сантонский, кампанский и маастрихтский спонгиокомплексы.

Ключевые слова: морфогенез, биостратиграфия, верхний мел, сантон, кампан, маастрихт, Русская плита

Для цитирования: Первушов Е. М. Род *Sororistirps* (Porifera, Hexactinellida, Ventriculitidae) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 56–70. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-56-70>, EDN: TRNATJ

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Genus *Sororistirps* (Porifera, Hexactinellida, Ventriculitidae)

Е. М. Pervushov

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Evgeny M. Pervushov, pervushovem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

Abstract. Representatives of the genus *Sororistirps*, distinguished among the *Ventriculites*, have been detected in the Santonian – Maastrichtian rocks from the southeast of the Russian Plate. The structures of the skeletons and of the irrigation systems have been considered, the *Sororistirps* morphogenesis has been traced; the forms characteristic of the Santonian, Campanian and Maastrichtian spongiocomplexes have been determined.

Keywords: morphogenesis, biostratigraphy, Upper Cretaceous, Santonian, Campanian, Maastrichtian, the Russian Plate

For citation: Pervushov E. M. Genus *Sororistirps* (Porifera, Hexactinellida, Ventriculitidae). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 56–70 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-56-70>, EDN: TRNATJ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

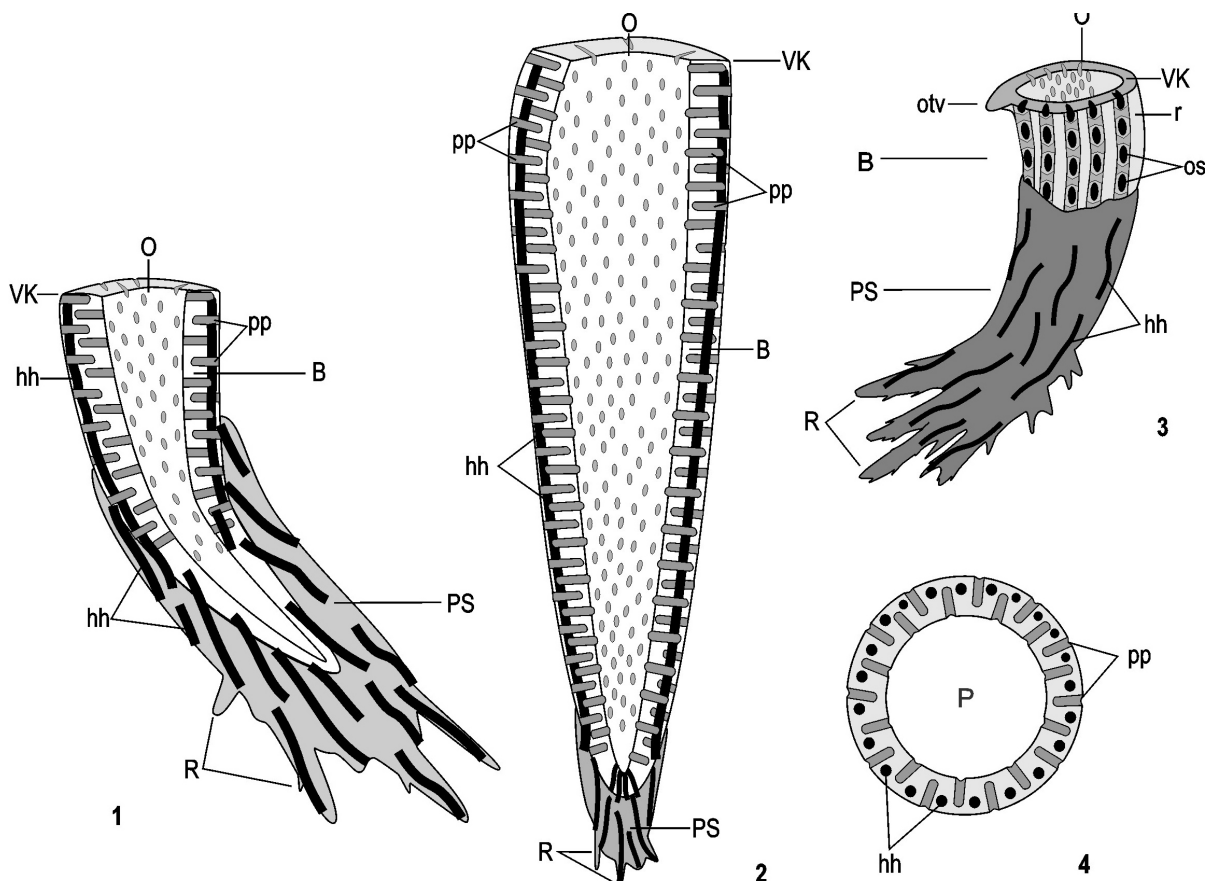
Введение

Вентрикулитиды – распространенные в верхнемеловых отложениях кремниевые губки-гексактинеллиды. Частые упоминания в публикациях по палеонтологии и стратиграфии верхнего мела Европы, сравнительно простое строение скелета и большая выборка фоссилий послужили основой для монографического изучения этого семейства [1, 2].

Несмотря на то что вентрикулитиды известны во всех интервалах верхнего мела и палеоцена, в целях биостратиграфии вмещающих отложений эта их особенность не реализуется, что определяется рядом факторов. Исходная причина заключается в селективной изученности гексактинеллид и редкой встречаемости их равномерных захоронений в породах в сравнении с ортостратиграфическими формами. Скелеты

губок часто приурочены к базальным прослоям в основании стратиграфических интервалов, а примеры их равномерно рассеянных захоронений единичны. Фактором, предопределившим негативное отношение к биостратиграфическому потенциалу губок, считаем недостаточно разработанные представления о морфологии скелетов этих беспозвоночных и их морфогенезе на протяжении позднемелового времени [3]. Это обусловило многообразие представлений о содержании вида, рода и семейства.

Прослеживание тенденций в морфогенезе *Guettardiscyphia* [4], *Balantionella* [5] и некоторых вентрикулитид [6] позволило выделить среди этих губок формы, характерные для интервалов в объеме века и подвека. В публикации изложены результаты рассмотрения морфологии и морфогенеза губок *Sororistirps* (Ventriculitidae), которые



Строение скелета представителей *Sororistirps*. Фиг. 1. *S. radiatum* (Mantell), продольное сечение, нижний сантон. Фиг. 2. *S. tubiforme* (Schrammen), продольное сечение, нижний маастрихт. Фиг. 3. *S. radiatum* (Mantell), общий вид, нижний сантон. Фиг. 4. *S. radiatum* (Mantell), поперечное сечение, нижний сантон. Условные обозначения: О – оскулюм, В – бокал, PS – ложный стержень, R – ризоид, VK – верхний край, hh – продольный канал, os – остия, otv – редуцированный сегментный отворот стенки, r – ребро, pp – поперечный (апо- и прозохет) канал

могут послужить подспорьем при биостратиграфических изысканиях.

Материал и методика

Фоссильный материал представлен несколькими сотнями экземпляров разных типов сохранности. Скелеты губок собраны из разрезов пород сантонского, кампанского и маастрихтского возраста, которые расположены на территории Волгоградской, Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской областей, а также Крыма и Западного Казахстана. С целью изучения строения ирригационной системы по скелетам полной сохранности и разной степени фоссилизации были изготовлены аншлифы, продольные и поперечные по отношению в вертикальной оси скелета (табл. 3, фиг. 2–5). Аншлифы и препарированные скелеты пропитывались глицерином, что способствовало равномерному тону дермальной поверхности и выразительности скульптуры фоссилий карбонатного состава на фотографиях.

Большая часть фоссилий происходит из захоронений конденсированного и концентриро-

ванного типа, где в интервалах пород малой мощности установлено совместное нахождение скелетов близкородственных форм разной сохранности. Поэтому при обосновании выделения видов и их описании помимо описательной характеристики использованы соотношения значений параметров скелета. Среди *Sororistirps* с вертикальной осью скелета и с прямыми стенками бокала показательное соотношение диаметра бокала по верхнему краю и его высоты. Но этот параметр, представленный в виде коэффициента (*S. postradiatum* = 1,3–1,8; *S. tubiforme* = 2,9) или тригонометрических значений как соотношение радиуса и высоты бокала, мало информативен. Описание поздних *Sororistirps* сопровождается усредненными значениями угла наклона дермальной стенки бокала, полученными при использовании градусной палетки, составленной по принципу транспортира.

Кроме авторской коллекции при описании *Sororistirps* использованы материалы, переданные Д. П. Найдиным, А. Г. Олферьевым, Е. Ю. Барабошкиным, В. Б. Сельцером, Е. А. Каляки-



ным по Западному Казахстану, Примугоджарью, Крыму, Поволжью и центральным районам европейской части России. В пояснительном тексте к фототаблицам использована аббревиатура: КП СОИКМ – сборы членов Самарского палеонтологического общества, хранящиеся в Самарском областном историко-краеведческом музее имени П. В. Алабина; SSU-PEM – находки автора публикации.

Понимание вида «*Sororistirps radiatum*» в описаниях трактуется очень широко [1]. Это привело к дискредитации его биостратиграфического значения и формированию представления о космополитизме представителей вида. В публикации список синонимов этого вида сокращен [7–16].

Палеоэкология. Ранние представители *Sororistirps* (*S. radiatum*, *S. postradiatum*) обитали в очень подвижной среде в условиях сгонно-нагонных течений, свойственных верхней сублиторали. Об этом свидетельствуют многочисленные фоссилии, несущие явные признаки частичной и полной регенерации губок после неоднократного повреждения или разрушения их скелета (табл. 1, фиг. 1–4, 7). В этом случае первичный скелет особи или его фрагмент становился основанием для ее вновь формируемого каркаса. Чаще, особенно среди поздних представителей рода (*S. antetubiforme*, *S. tubiforme*), отличавшихся заметной высотой бокала, прослеживаются искажения изометричного строения скелета, что, вероятно, было обусловлено резким усилением гидродинамического режима в среде обитания губки (см. табл. 1, фиг. 5, 6). В сантонское и кампанское время эти губки образовывали плотно заселенные участки дна и монотипные поселения – луга, с которыми были сопряжены ареалы моллюсков. Эти наблюдения основаны на статистическом анализе состава ориктоценозов ряда местонахождений губок, в которых доминируют представители одного-двух родов и даже видов. В районах бывших прибрежных участков (север Поволжья, Примугоджарье) известны находки скелетов губок очень крупных размеров (табл. 7, фиг. 4).

Тафономия. Скелеты губок из аллохтонных ориктоценозов, конденсированных (кампан, маастрихт) или концентрированных (нижний и верхний сантон), обычно характеризуются плохой первичной сохранностью. Они в разной степени фосфатизированы, фосфатный цемент закрывает скульптуру и систему ризоид. Эти фоссилии часто фрагментированы и даже разрушены. В условиях подвижной водной среды, в которых обитали губки, скелеты погибших организмов неоднократно перекрывались осадком и вновь вымывались из него, из-за чего ложный стержень и ризоиды отделялись от узкого основания бокала. Следы бывшего присутствия ложного стержня прослеживаются в основании бокала

благодаря сохранению сегментов продольных каналов. Уже фосфатизированные скелеты при длительной экспозиции над поверхностью осадка становились твердыми элементами подвижного субстрата, и на них поселялись двустворчатые моллюски и замковые брахиоподы, а в условиях активной придонной гидродинамики они оказывались объектами активной биоэрозии. Скелеты губок из равномерно рассеянных автохтонных захоронений характеризуются хорошей первичной сохранностью. Но в породах карбонатного состава и в зоне активных процессов гипергенеза скелеты этих губок замещены соединениями железа и ирригационная система не распознается.

Морфогенез. Первые *Sororistirps* появились на юго-востоке Восточноевропейской провинции (ВЕП) в среднем коньяке [17]. Для уже многочисленных раннесантонских мелкоформ характерен рожкообразный габитус бокала и скелета в целом (*S. radiatum*). Изогнутый облик скелета соответствовал активной гидродинамической среде обитания губок, и вероятно, выпуклый сектор бокала был ориентирован на направление течения. В трансформации морфологии скелета раннесантонских форм прослеживаются сопряженные тенденции, которые явным образом проявились в последующем. В строении скелета бокал приобрел вертикальную ориентацию изометричных очертаний с прямыми стенками

Условные обозначения к табл. 1–7: В – бокал, DO – вторичное устье, F – основание скелета, O – оскулюм, O_{12–3} – оскулюмы, PS – ложный стержень, «PS» – основание бокала, где ранее располагался ложный стержень, R – ризоиды, SK_{12–3} – исходный, вторичный и последующий элементы скелета, сформированные при неоднократной регенерации организма, VK – верхний край стенки, hh – продольные и pp – поперечные каналы, pc – почка. Масштабная линейка соответствует 10 мм.

Таблица 1. Частичная и полная регенерация *Sororistirps*. Фиг. 1. *S. radiatum* (Mantell). Экз. SSU-PEM, № 121/2668: вид на оскулюмы. Багаевка, нижний сантон. Фиг. 2. *S. antetubiforme*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/7177: ориентация фоссилии по прижизненному положению исходной части скелета. Коммунар, верхний сантон. Фиг. 3. *S. antetubiforme*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/7178: ориентация фоссилии по прижизненному положению исходной части скелета, третий элемент фрагментирован. Коммунар, верхний сантон. Фиг. 4. *S. radiatum* (Mantell). Экз. SSU-PEM, № 121/1808: ориентация фоссилии по прижизненному положению третьей части скелета. Багаевка, нижний сантон. Фиг. 5. *S.?* *postradiatum*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 121/2879: ориентация фоссилии по прижизненному положению исходной части скелета. Большевик, верхний сантон. Фиг. 6. *S. antetubiforme*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 121/2702 (сборы Д. П. Найдина): ориентация фоссилии по прижизненному положению вторичной части скелета. Рождественка, нижний кампан. Фиг. 7. *S.?* *postradiatum*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/6692: скелет губки, регенерировавшей из фрагмента стенки, который послужил для нее основанием. Коммунар, верхний сантон (цвет онлайн)



Таблица 1

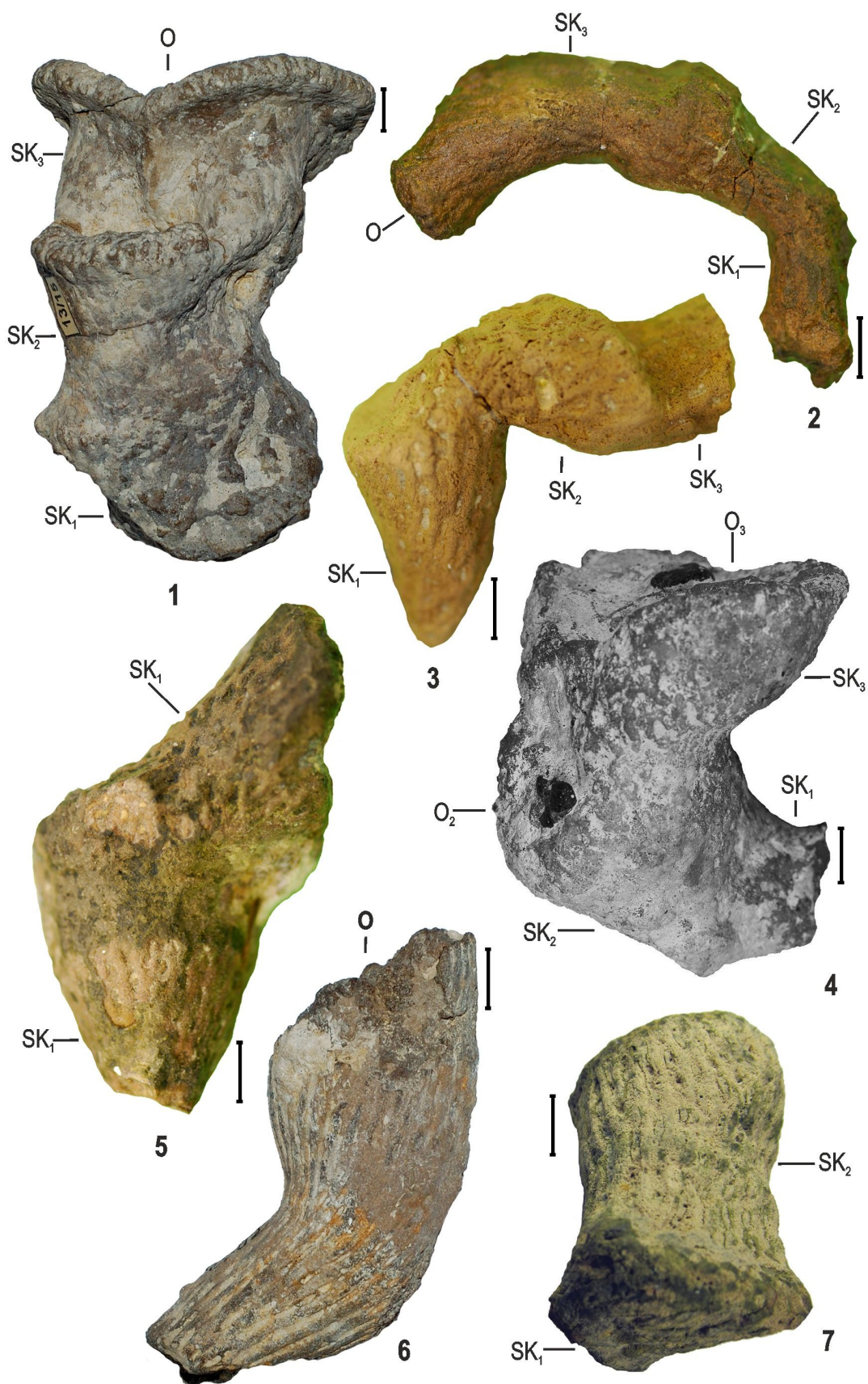
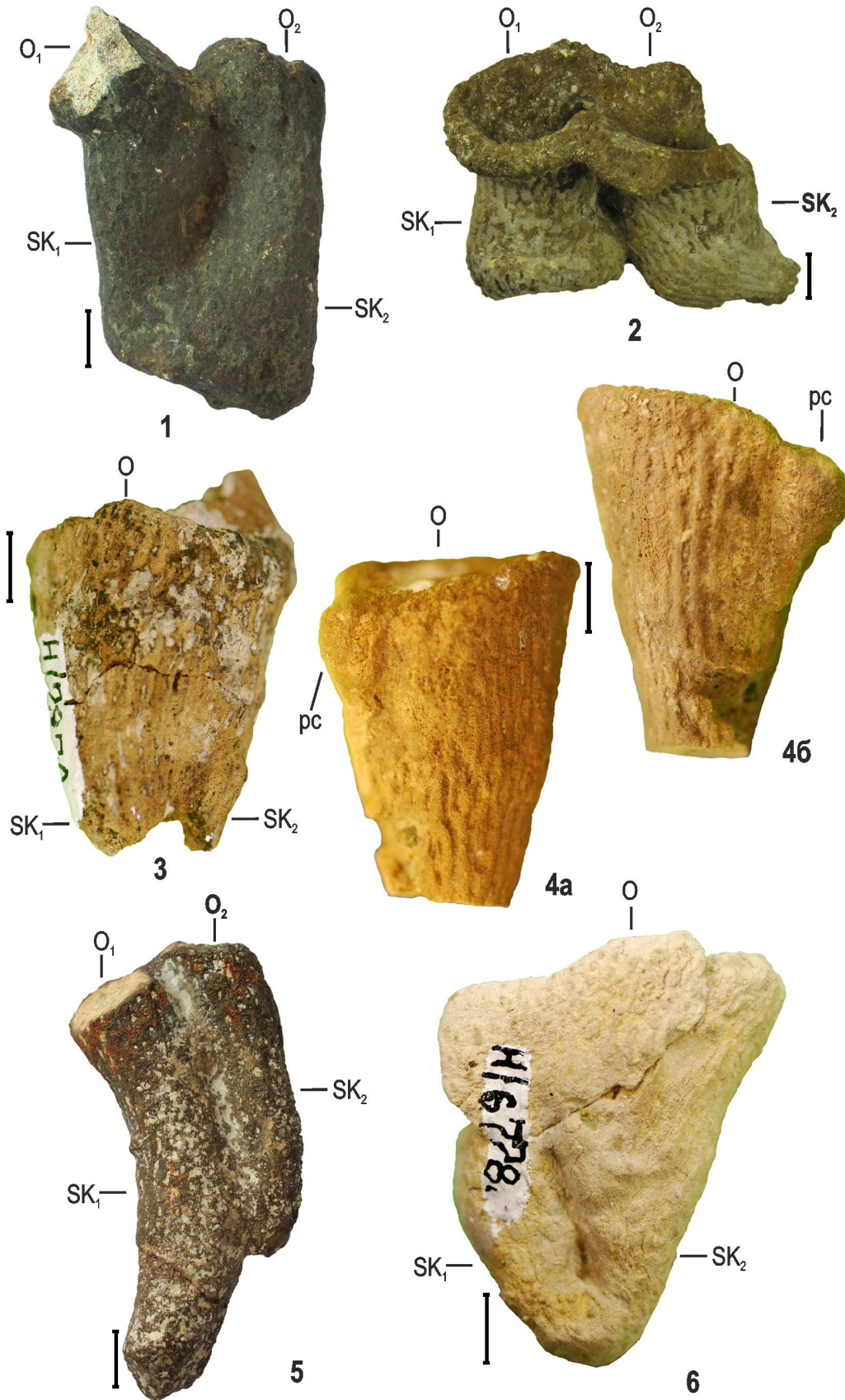




Таблица 2





(*S. tubiforme*). Увеличение высоты бокала сопровождалось сокращением его диаметра по верхнему краю, что выразилось в возрастании угла наклона стенок от 60–65 градусов (*S. postradiatum*) до 80–85 градусов (*S. tubiforme*, *S. altynensis*). Синхронно с этими изменениями в строении скелета сокращалась площадь, занимаемая ложным стержнем и системой ризоид. В кампанское – маастрихтское время среди родственных форм появились губки с продольно сжатым бокалом (*S. coniforme*) и фасолевидным оскулюмом.

Среди раннесантонских форм *Sororistirps* установлены модульные формы – первичные диоскулюмные автономии (табл. 2, фиг. 1–3, 5), более распространенные в верхнесантонских отложениях северо-восточной части Ульяновско-Саратовского прогиба. В структуре некоторых скелетов близ верхнего края присутствуют овально-выпуклые образования (*S. radiatum*, *S. tubiforme*), которые интерпретируются как почки (табл. 2, фиг. 4) [3].

Дискуссия

Положение *Sororistirps* в составе семейства *Ventriculitidae* не вызывает сомнений. Особенностью строения скелета этих венкулитид являются сочетание бокала с дермальной скульптурой, характерной для *Ventriculites*, и присутствие стержня и ризоид, сложенных ризоидной спиккулярной решеткой с продольными каналами, что свойственно *Rhizopoterion* [7–10]. Автор выделил среди *Ventriculitidae* подсемейство *Rhizopoterionina*, которое составляют представители шести подродов [1, 2]. Объединяющим признаком для этих губок является доминирование в строении их скелета ризоидной спиккулярной решетки с продольными каналами разного сечения. Скелеты *Sororistirps* среди них выделяются отчетливо выраженным и даже обособленным бокалом, что делает представителей рода, особенно поздних, сходными с *Ventriculites*. Но близ дермальной поверхности стенки бокала



Таблица 2. Автономные формы *Sororistirps*. Фиг. 1. *S.?* *antetubiforme diosculum*, sp. nov. Экз. № КП-29706 СО-ИМК: вид на широкую поверхность. Новодевичье, верхний сантон. Фиг. 2. *S. radiatum diosculum* (Mantell). Экз. SSU-PEM, № 122/7501: общий вид. Озерки, нижний сантон. Фиг. 3. *S. postradiatum diosculum*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/7970: широкая поверхность скелета с двумя обособленными основаниями. Большевик, верхний сантон. Фиг. 4. *S. postradiatum*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/791: а, б – с противоположных сторон, почка приурочена к верхнему краю бокала. Саратов, сантон. Фиг. 5. *S.?* *antetubiforme diosculum*, sp. nov. Экз. № КП-29695 СОИМК: вид на широкую поверхность. Климовка, верхний сантон. Фиг. 6. *S. postradiatum diosculum*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/6778: широкая поверхность единого скелета, в нижней части с обособленными модулями. Коммунар, сантон (цвет онлайн)

Sororistirps прослеживаются продольные каналы, которые неизвестны в строении *Ventriculites*.

Видовой состав *Sororistirps* установлен благодаря большой выборке фосцилий из пород сантона – маастрихта и опубликованным описаниям, в которых указаны характерные признаки рода – наличие стержня с ризоидами и бокала с узкими порами в основании. Морфология скелета позволяет уверенно различать ранних (*S. radiatum*, ранний сантон) и поздних (*S. altynensis*, ранний маастрихт) представителей рода. Предполагается, что в раннесантонское время на юго-востоке ВЕП среди гексактинеллид происходило активное видообразование, которое прослеживается и среди *Sororistirps*. Эта «радиация признаков» была обусловлена вселением губок в свободные экологические ниши, когда расселение иных эпибентосных фильтратов было лимитировано умеренной температурой воды и последующей дифференциацией обстановок в сублитеральной зоне. Губки, выделение которых связывается с проявлением разнонаправленной адаптации (*S. postradiatum*, *S. antetubiforme*), еще морфологически близкие формы и часто встречаются совместно в захоронениях аллохтонного концентрированного (нижний сантон Саратовских разрезов) или конденсированного (верхний сантон Вольских разрезов) типа. Дополнительными отличительными признаками близкородственных форм в этом случае рассматриваются соотношения значений высоты и радиуса бокала, угла наклона его стенки.

Выводы

Монографические, представительные в таксономическом и в стратиграфическом отношении



Таблица 3. *Sororistirps radiatum* (Mantell). Фиг. 1. Экз. SSU-PEM, № 122/3408: ювенильная форма, сбоку. Багаевка, нижний сантон. Фиг. 2. Экз. SSU-PEM, № 121/1417: а, б – продольные аншлифы противоположных секторов скелета. Саратов, нижний сантон. Фиг. 3. Экз. SSU-PEM, № 122/1629: а, б – продольные аншлифы противоположных секторов скелета, отчетлив переходный интервал ложного стержня и бокала. Саратов, нижний сантон. Фиг. 4. Экз. SSU-PEM, № 122/3408: а, б – продольные аншлифы противоположных секторов скелета. Саратов, нижний сантон. Фиг. 5. Экз. SSU-PEM, № 122/651–1: поперечный аншлиф стенки бокала. Нижняя Банновка, нижний сантон. Фиг. 6. Экз. SSU-PEM, № 122/1414: а, б – продольные аншлифы противоположных секторов скелета. Саратов, нижний сантон (цвет онлайн)

Таблица 4. Фиг. 1. *Sororistirps tubiforme* (Schrammen). Экз. SSU-PEM, № 122/7752 (сборы Е. А. Калякина): а, б – противоположные сектора бокала. Ульяновская область, Цемзавод, кампан. Фиг. 2. *Sororistirps tubiforme* (Schrammen). Экз. SSU-PEM, № 121/945: общий вид. Большевик, кампан. Фиг. 3. *Sororistirps tubiforme* (Schrammen). Экз. SSU-PEM, № 121/2319: а, б – противоположные сектора скелета. Шиловка, кампан. Фиг. 4. *Sororistirps antetubiforme*, sp. nov. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 122/2923 (сборы Е. Ю. Барабошкина): общий вид. Сенгилей, верхний сантон (цвет онлайн)



Таблица 3

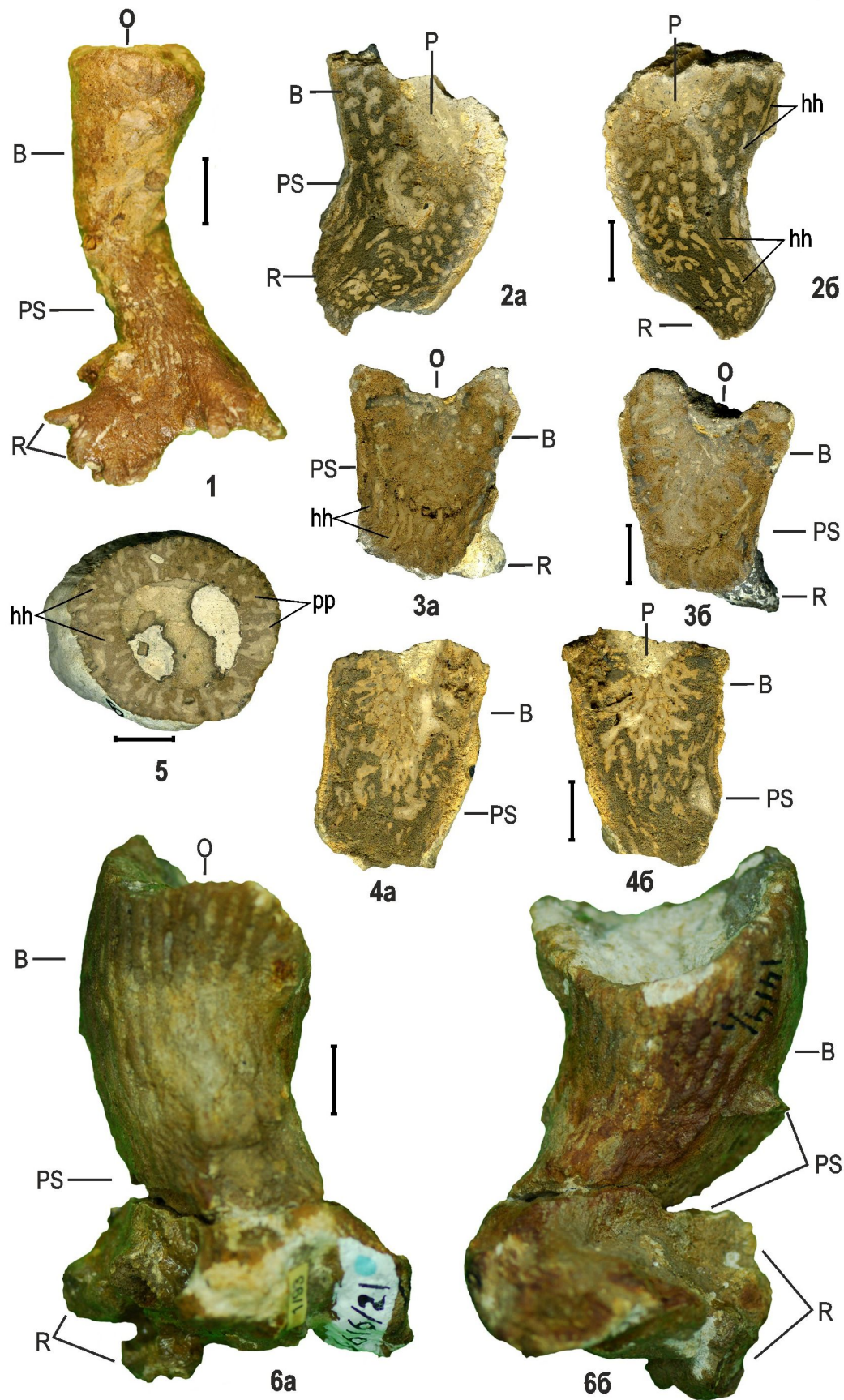




Таблица 4

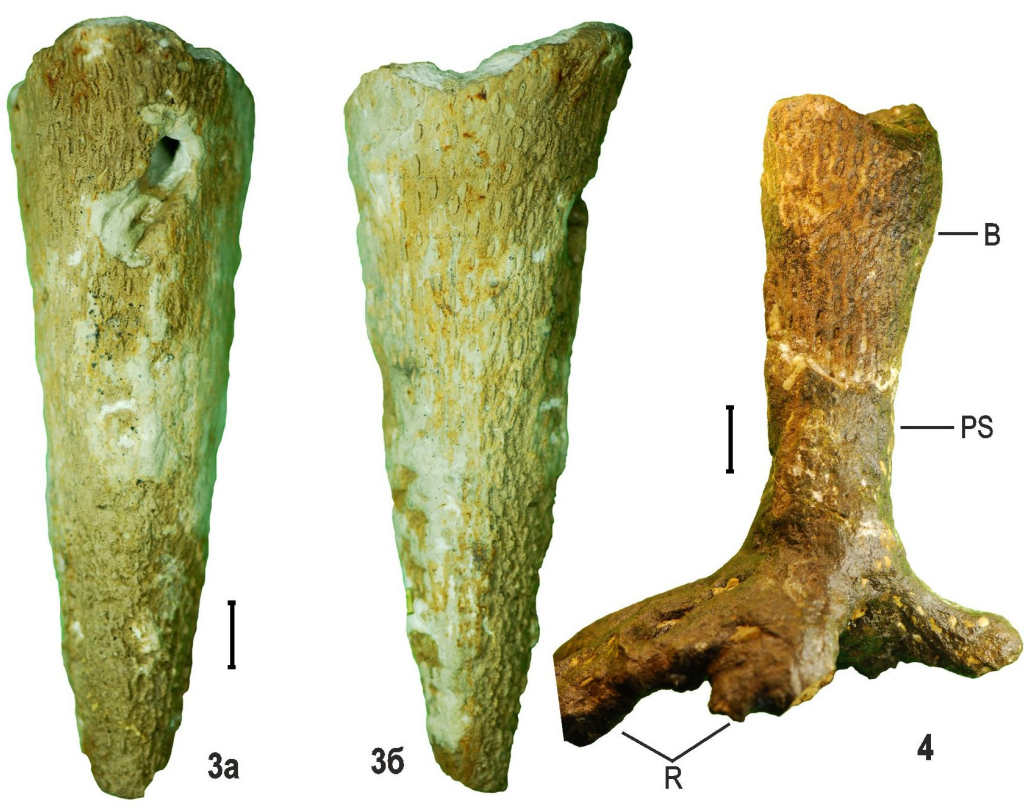
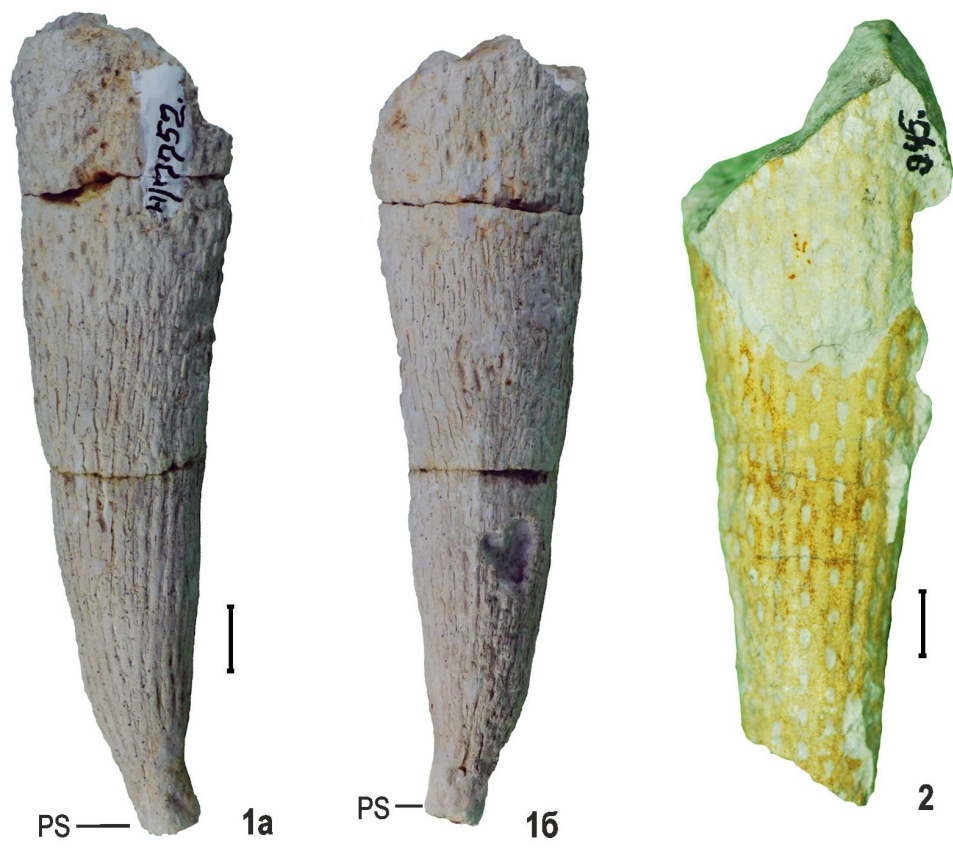
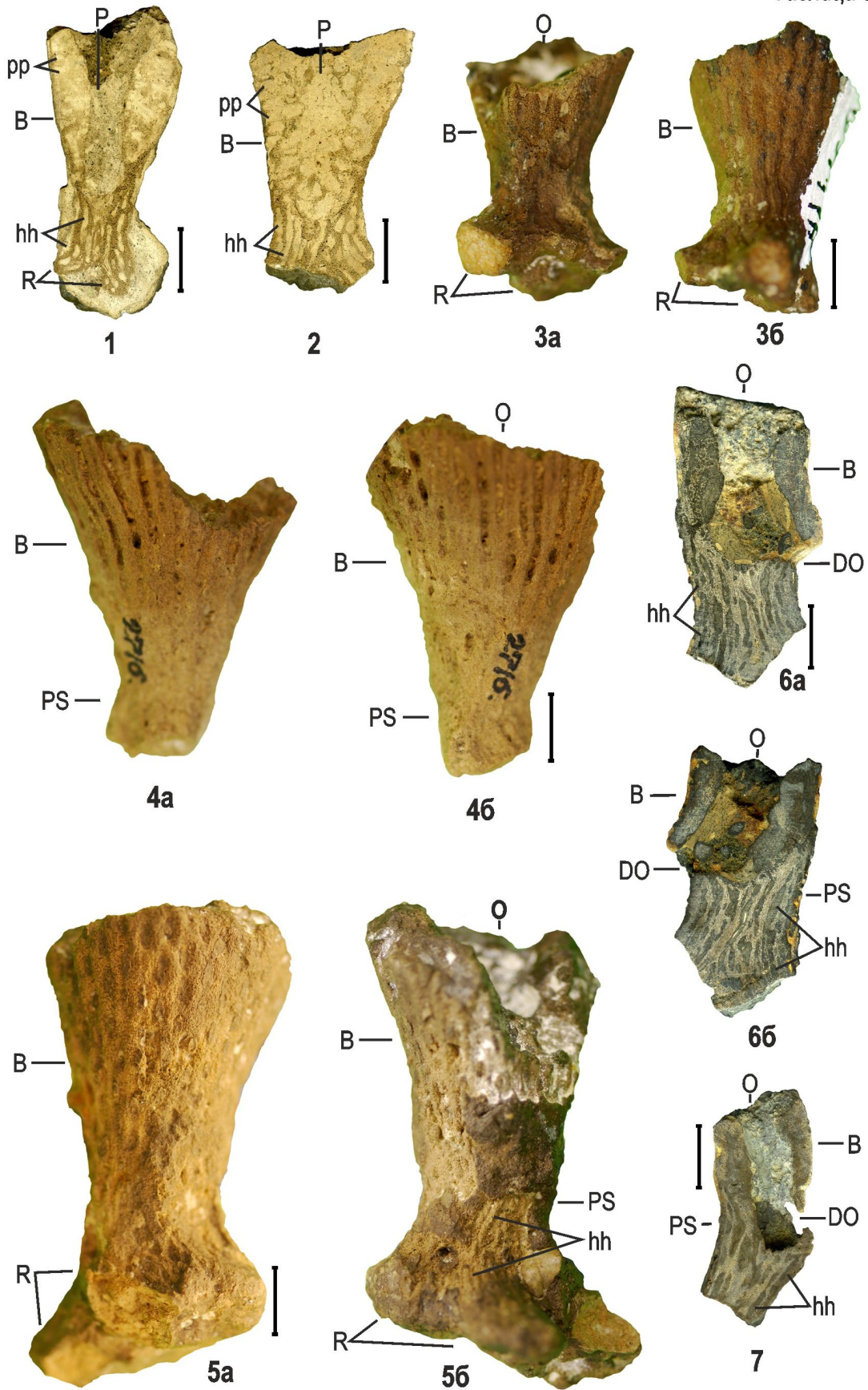




Таблица 5





сборы фоссилий позволяют детально рассмотреть морфологию одной таксономической группы (рода, семейства), наметить тенденции в морфогенезе и выделить признаки, которые отличают близкородственные формы. При прослеживании почти непрерывного филогенетического ряда представителей одного рода при едва заметном изменении габитуса скелетов и соотношения их элементов к описательной характеристике видов привлекаются экземпляры полной сохранности. Рассмотрение ирригационной системы венстрикулитид показало актуальность изучения скелета губок в продольных и поперечных аншлифах [18].

Отряд Ductionina Zittel, 1878

Подотряд Luchniscosa Schrammen, 1936

Семейство Ventriculitidae Phillips, 1833

Диагноз. Губки унитарного уровня модульной организации, одиночные и реже автономные [2]. Бокал париформного габитуса, в скелетообразующей стенке ирригационная система представлена поперечными, а в ризоидах и стержне – продольными каналами. Строение и соотношение дермальной и парагастральной скульптур различно. Спикульная решетка дифференцирована, кроме основной интерканальярной могут присутствовать ее разновидности – ризоидная, канальярная, паренхимальная и кортикальная (верхнего края, дермальная).

Состав. Два подсемейства: Ventriculitinae Phillips, 1833; Rhizopoterioninae Goldfuss, 1833.

Распространение.? Средняя юра, верхний мел – палеоген,? ныне.

Подсемейство Rhizopoterioninae Goldfuss, 1833

Диагноз. Стержень функционально и структурно доминирует в строении скелета. В основании стержня развиты ризоиды, а верхняя его часть облекает основание стенки бокала.

Сравнение. От Ventriculitinae отличается минимальным участием в структуре скелета бокала, в котором простираются продольные каналы.



Таблица 5. Фиг. 1. *Sororistirps rarus* Perv. Экз. SSU-PEM, № 121/284–1: продольный аншлиф. Саратов, нижний сантон. Фиг. 2. *Sororistirps rarus* Perv. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 121/856–1: продольный аншлиф. Александровка, нижний сантон. Фиг. 3. *Sororistirps rarus* Perv. Экз. SSU-PEM, № 122/4166: а, б – противоположные сектора. Александровка, нижний сантон. Фиг. 4. *Sororistirps rarus* Perv. Экз. SSU-PEM, № 121/2716 (сборы Д. П. Найдина): а, б – противоположные сектора. Егындысай, сантон – кампан. Фиг. 5. *Sororistirps rarus* Perv. Экз. SSU-PEM, № 122/4532: а, б – противоположные сектора. Александровка, нижний сантон. Фиг. 6. *Sororistirps pertusus* Perv. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 121/1816: а, б – аншлифы противоположных секторов скелета. Карамышка, нижний сантон. Фиг. 7. *Sororistirps pertusus* Perv. Экз. SSU-PEM, № 121/1818: продольный аншлиф. Карамышка, нижний сантон (цвет онлайн)

Распространение. Средняя юра – палеоцен Европы.

Триба Rhizopoterionini Goldfuss, 1833

Диагноз. Гладкие продольные каналы распространены от ризоидов до основания бокала и частично достигают верхнего края стенки, которая пронизана апо- и прозохетами. Паренхимальные каналы плотно меандрируют в нижней части парагастральной полости. На выпуклой поверхности стержня и ризоидов иррегулярно расположены продольно вытянутые червеобразных очертаний устья продольных каналов. Соотношение дермальной и парагастральной поверхностей обращенное – парагастральная поверхность гладкая, а дермальная скульптурирована. В строении бокала *Sororistirps* соотношение скульптур реактивное.

Состав. Rhizopoterion (Rhizopoterion) (Goldfuss, 1833); R. (Ramefossa) Pervushov, 1998; R. (Vanistirps) Pervushov, 1998; R. (Columelloculus) Pervushov, 1998; *Sororistirps* (Mantell, 1822); *Schizorabdus* Zittel, 1877.

Распространение. Средняя юра – палеоцен Европы.

Род *Sororistirps* (Mantell, 1822)

Retispongia: Roemer, 1864, с. 15.

Ventriculites: Mantell, 1882, с. 168 (pars).

Rhizopoterion: Schrammen, 1912, с. 213 (pars); Hurcevicz, 1968, с. 75.

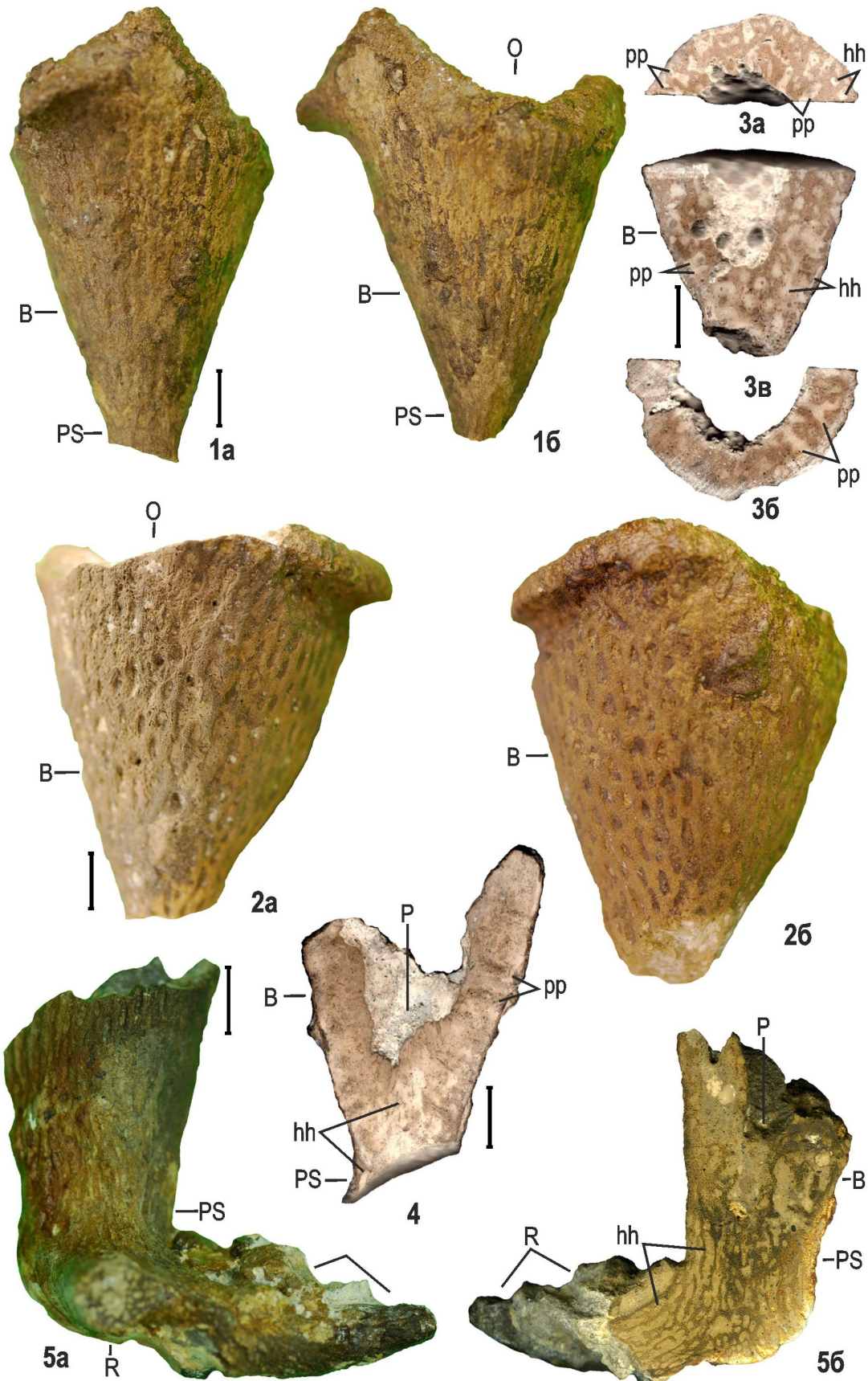
Sororistirps: Первушов, 1998, с. 138–139; 2019, с. 61.

Типовой вид – *Ventriculites radiatus* Mantell, 1822; верхний мел, Англия.

Диагноз. Скелет состоит из двух элементов: конического бокала и ложного стержня с ризоидами (рис. 1). Последние слагают заметную часть скелета ранних представителей рода (*S. radiatum*, *S. postradiatum*) и едва прослеживаются в строении поздних форм (*S. tubiforme*, *S. altynensis*). Ложный стержень – это верхняя корковидная часть стержня, перекрывающая основание или нижнюю половину бокала. Толщина стенки изменяется от 3–4 мм до 8–10 мм, у ранних форм до 13 мм. Апо- и прозохеты диаметром 0,3–1/2 мм, с двумя-тремя рядами пил. Дермальная скульптура бокала равномерно-линейная: ребра плоские шиповатые шириной 1–1,5–2 мм, размер прямоугольных узлов ребер 0,5–1/3–6 мм, овальные прозопоры приурочены к бороздам, их диаметр 0,7–2/3–5 мм. Плотность расположения элементов скульптуры на 1 см²: 3–5 ребер, 3–4 борозды и 5–8 прозопор. Соотношение скульптур реактивное – на парагастральной поверхности также прослеживаются тонкие продольные ребра и борозды. Строение ирригационной системы в стенке и в ложном стержне прослежено в продольных и поперечных шлифах (табл. 3, фиг. 2–4). Диаметр продольных каналов 0,5–1,5 мм. Верхний край плоский, неровный,



Таблица 6





иногда развит редуцированный секторальный отворот стенки от оскулюма.

Видовой состав. 10 видов. *Sororistirps radiatum* (Mantell, 1822); *S. tubiforme* (Schrammen, 1912); *S. coniforme* (Hurcewicz, 1968); *S. rarus* Perv., *S. pertusus* Perv., *S. oblongus* Perv., *S. postradiatum*, sp. nov., *S. antetubiforme*, sp. nov., *S. altynensis*, sp. nov. Характеристика вида *S. solidium* (Schrammen, 1912) представлена некоторыми авторами по фрагментам из пород нижнего турона, кампана и маастрихта [7, 8, 15], и в работе его описание не приводится.

Сравнение. От *Rhizopoterion* отличается обособленным массивным изометричным бокалом и построением системы ризоид.

Распространение. Коньяк – маастрихт,? палеоцен Поволжья и Крыма.

Sororistirps radiatum (Mantell, 1822)

Табл. 3, фиг. 1–6.

Ventriculites radiatus: Mantell, 1822, с. 168, табл. 14, фиг. 1; Goldfuss, 1833, с. 246, табл. 12, фиг. 3.

Sororistirps radiata: Первушов, 1998, с. 139, табл. 39, фиг. 2.

Описание. Невысокие, 30–65 мм, реже до 80 мм, рожкообразные скелеты, нижняя треть или половина бокала перекрыта ложным стержнем. Изогнутые скелеты высотой 10–20 мм и с едва заметным бокалом известны в перетолженном состоянии из основания нижнесантонских мергелей. Оскулюм округлый, диаметром 11–26/14–28 мм, наклонный. Короткий секторальный отворот стенки развит с вогнутой поверхностью бокала. Соотношение высоты бокала с его диаметром варьирует в пределах 1,6–3,3. Пучок из трех-пяти асимметрично расположенных ризоид длиной до 50 мм подчеркивает изогнутые очертания скелета. Куцые ризоиды развиты в основании выпуклого сектора скелета.

Замечания. Таксону приписывается большое морфологического разнообразие и широкое стратиграфическое распространение [8, 9, 14–18].

Сравнение. От *S. tubiforme* отличается низким изогнутым бокалом.

Распространение.? Средний коньяк – нижний сантон (зона *In. cardisoides*) Саратовской (Александровка, Багаевка, Большой Мелик,



Таблица 6. *Sororistirps postradiatum*, sp. nov. Фиг. 1. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 122/4524: а, б – смежные стороны бокала. Александровка, нижний сантон. Фиг. 2. Паратип. Экз. SSU-PEM, № 122/8920: смежные стороны бокала. Александровка, нижний сантон. Фиг. 3. Экз. SSU-PEM, № 121/1072/1–3: а, б – поперечные аншлифы бокала, в – продольный аншлиф бокала. Саратов, нижний сантон. Фиг. 4. Экз. SSU-PEM, № 121/1489–1: продольный аншлиф бокала. Саратов, нижний сантон. Фиг. 5. Экз. SSU-PEM, № 1/94/1–2: а – внешний вид, б – продольный аншлиф. Саратов, нижний сантон (цвет онлайн)

Вишневое, Нижняя Банновка, Озерки, Пудовкино, Саратов,) и Волгоградской (Алешники, Мирошники-2, Чухонастовка) областей. Верхний мел Европы.

Материал. Более 40 экз., бокалы и ложный стержень, аншлифы.

Sororistirps tubiforme (Schrammen, 1912)

Табл. 4, фиг. 1–4.

Ventriculites infundibuliformis: Woodward, 1883, табл. 4, фиг. 21; Oakley, 1937, табл. 37, фиг. 2.

Rhizopoterion tubiforme: Schrammen, 1912, с. 213, табл. 34, фиг. 1; Defretin-Lefranc, 1958, с. 62, табл. 4, фиг. 6; Hurcewicz, 1968, с. 76, табл. 21, фиг. 1; Malecki, 1980, табл. 4, фиг. 1.

Sororistirps tubiformis: Первушов, 1998, с. 139–140, табл. 40, фиг. 1.

Описание. Высокий, 50–150 мм, узкоконический скелет с глубокой парагастральной полостью. Оскулюм круглый, диаметром 15–30 мм, горизонтальный. Диаметр бокала по верхнему краю 30–50 мм. Среднее соотношение высоты и диаметра бокала 2,9–3,7. Угол наклона прямой стенки бокала – 80–85 градусов. Три-четыре куцых ризоида круто опущены.

Сравнение. От *S. radiatum* отличается вертикально ориентированным изометричным высоким бокалом.

Распространение. Кампан Саратовской (Саратов, Вольск, Мезино-Лашпиновка, Сплавнуха), Ульяновской (Сенгилей, Цемзавод, Шиловка, Языково), Самарской (Подвалье) областей, Крыма и Западного Казахстана (Мангышлак и Примугоджарье); турон-сенон Франции и сенон Испании, кампан Польши и Англии, маастрихт о. Рюген.

Материал. 65 экз., аншлифы.

Sororistirps coniforme (Hurcewicz, 1968)

Rhizopoterion coniforme: Hurcevicz, 1968, с. 78–79, табл. 21, фиг. 3.

Описание. Вертикально вытянутый конический плоскосжатый скелет высотой 110–180 мм. Оскулюм овальный и щелевидный, у поволжских форм фасолевидный, диаметр по верхнему краю 25–60/50–180 мм.

Сравнение. От *S. radiatum* отличается вертикальной ориентацией высокого плоскосжатого бокала.

Распространение. Маастрихт Польши и Волгоградской области.

Материал. 7 фосфатизированных скелетов неполной сохранности.

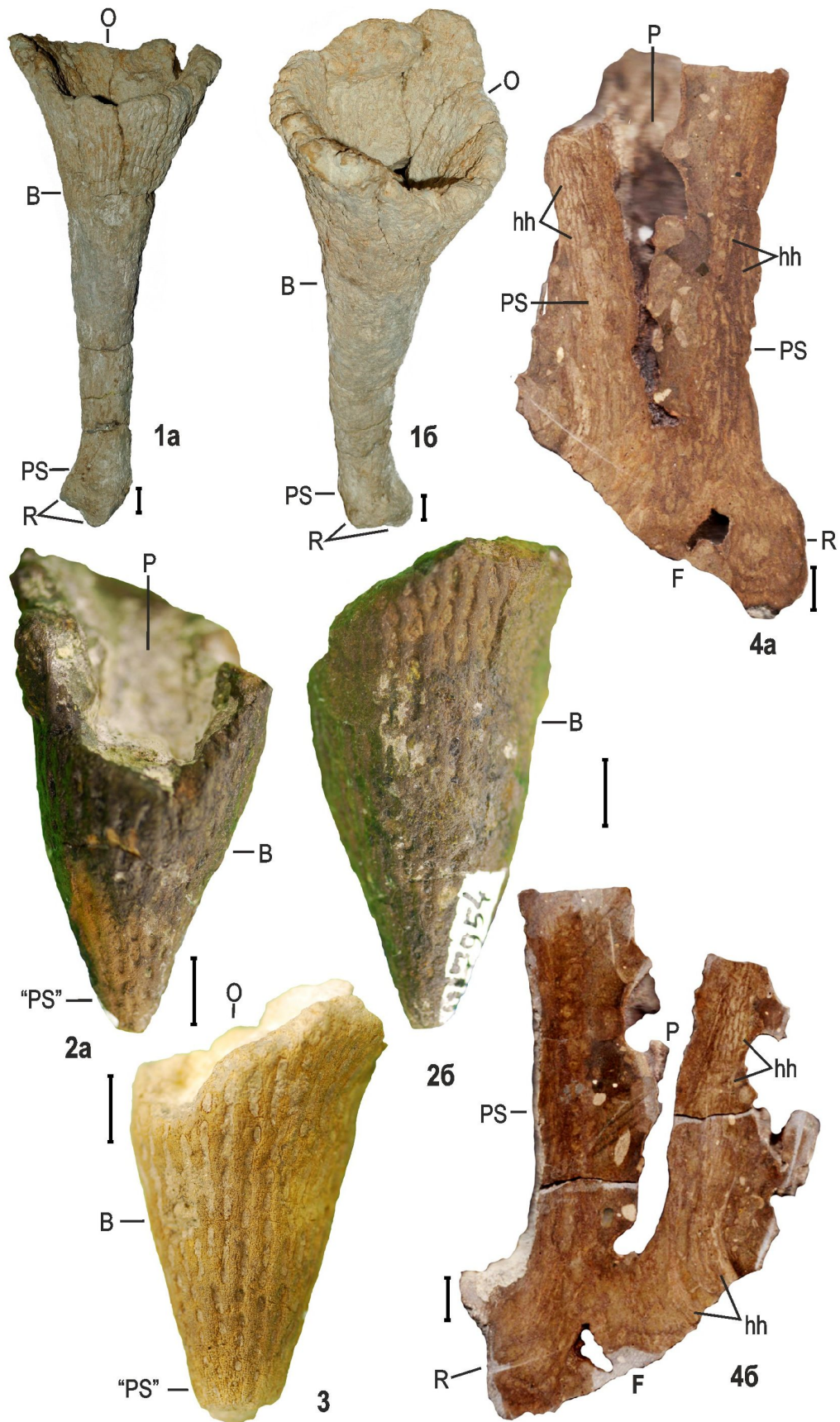
Sororistirps rarus Pervushov, 1998

Табл. 5, фиг. 1–5.

Sororistirps rara: Первушов, 1998, с. 140, табл. 39, фиг. 4, табл. 42, фиг. 6.



Таблица 7





Описание. Скелет высотой до 45–52 мм. Бокал конический с выпуклой стенкой, изометричный, низкий и в нижней трети или половине перекрыт ложным стержнем. Диаметр круглого оскулюма 13–14 мм. Диаметр по верхнему краю 22–28/27–31 мм. Стержень короткий диаметром 8–15 мм. Среднее соотношение высоты и диаметра бокала 1,3–1,5. Угол наклона стенки бокала 60–70 градусов. Три-пять ризоидов длиной до 8 мм расположены горизонтально или едва наклонно. В строении дермальной скульптуры казахстанских форм просматривается дихотомия ребер.

Сравнение. От *S. tubiforme* отличается низким коническим бокалом.

Распространение. Сантон Саратовской области (Александровка, Саратов) и Западного Казахстана (Егындысай).

Материал. 5 экз., аншлифы.

Sororistirps pertusus Pervushov, 1998
Табл. 5, фиг. 6–7.

Sororistirps pertusa: Первушов, 1998, с. 140, табл. 40, фиг. 2.

Описание. Высота скелета до 50 мм. Бокал цилиндрический, в его основании расположено обрамленное валиком устье парагастра. Оскулюм округлый, диаметр бокала по верхнему краю 16–23/24 мм. Устье округлое, диаметром 4/5 мм, расположено ниже основания парагастральной полости и выше ложного стержня, по которому спускается пологий желоб. Ложный стержень перекрывает нижнюю половину бокала. Короткие дихотомирующие ризоиды образуют два пучка в основании стержня.

Сравнение. От *S. tubiforme* отличается коротким цилиндрическим бокалом с устьем в его основании.

Распространение. Нижний сантон Саратовской области (Карамышка, Красный Текстильщик).

Материал. 2 экз., аншлиф.

Sororistirps oblongus Pervushov, 1998

Sororistirps oblonga: Первушов, 1998, с. 140, табл. 40, фиг. 3.

Описание. Бокал конический, асимметричный и сжатый, высотой до 42 мм. Один сектор

←
Таблица 7. Фиг. 1. *Sororistirps altynensis*, sp. nov. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 122/6461: а, б – противоположные стороны. Саратов, нижний маастрихт, основание зоны *Bel. lanceolata*. Фиг. 2. *Sororistirps antetubiforme*, sp. nov. Паратип. Экз. SSU-PEM, № 122/7954: а, б – вид противоположных сторон. Коммунар, верхний сантон. Фиг. 3. *Sororistirps antetubiforme*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/6742: общий вид. Коммунар, верхний сантон. Фиг. 4. *Sororistirps? postradiatum*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 121/1923: а, б – продольные аншлифы противоположных сторон скелета. Примугоджарье, сантон – кампан (цвет онлайн)

стенки прямой и высокий, а противоположный – низкий, вогнутый, с редуцированным отворотом. Оскулюм овальный, диаметр бокала по верхнему краю 22/27 мм. Спикульная решетка ложного стержня толщиной до 1,5 мм перекрывает большую часть поверхности бокала. В основании короткий стержень.

Сравнение. От *S. radiatum* отличается вертикальной ориентацией продольно сжатого бокала.

Распространение. Кампан. Саратов.
Материал. 2 экз., аншлиф.

Sororistirps postradiatum, sp. nov.
Табл. 6, фиг. 1–5; Табл. 7, фиг. 4.

Ventriculites infundibuliformis: Борисьяк, 1905, с. 57, рис. 6.

Название вида от лат. *post* – после и названия вида *S. radiatum*.

Голотип – SSU-PEM, № 122/4524; Александровка, нижний сантон.

Паратип – SSU-PEM, № 122/8920; Пудовкино, нижний сантон.

Описание. Скелет высотой от 50–55 до 60–80 мм, широко конический изометричный. Оскулюм округлый, диаметр бокала по верхнему краю 35–38/40–51 мм. Среднее соотношение высоты и диаметра бокала 1,3–1,6. Угол наклона стенки бокала 60–65 градусов, реже до 65–70 градусов. На секторах бокала прослеживается синхронная дихотомия дермальных ребер. Скелет губки (SSU-PEM, № 121/1923), условно относимый к описываемому виду, достигал высоты более 210 мм.

Сравнение. Отличается от *S. radiatum* вертикальной ориентацией конического бокала с прямыми стенками.

Распространение. Нижний сантон Саратовской (Александровка, Багаевка, Большой Мелик, Коммунар, Нижняя Банновка, Озерки, Пады, Пудовкино, Саратов), Самарской (Подвалье) областей, Западного Казахстана.

Материал. 41 экз.

Sororistirps antetubiforme, sp. nov.
Табл. 4, фиг. 4; табл. 7, фиг. 2–3.

Название вида от лат. *ante* – прежде и названия вида *S. tubiforme*

Голотип – SSU-PEM, № 122/2923; Сенгилей, верхний сантон.

Паратип – SSU-PEM, № 122/7954; Вольск, верхний сантон.

Описание. Скелет высотой 90–110 мм, узкоконический изометричный. Оскулюм округлый, горизонтально ориентирован, диаметр бокала по верхнему краю 29/30 мм. Среднее соотношение высоты и диаметра бокала 3–3,7. Угол наклона прямой стенки бокала 65–75 градусов. Ложный стержень занимает до половины



высоты скелета. Дихотомирующие ризоиды, в количестве до пяти-семи и длиной до 50 мм расположены равномерно.

Сравнение. От *S. radiatum* отличается вертикальной ориентацией бокала.

Распространение. Верхняя часть нижнего сантона – верхний сантон Саратовской (Александровка, Красный Октябрь, Большевик, Коммунар, Озерки, Саратов), Самарской (Климовка, Подвалье) и Волгоградской областей, Западного Казахстана (Чиркала).

Материал. Более 50 экз.

Sororistirps altynensis, sp. nov.

Табл. 7, фиг. 1.

Название вида от названия горы Алтынной на южной окраине г. Саратова.

Голотип – SSU-PEM, № 122/6461; г. Саратов, гора Алтынная, нижний маастрихт, основание зоны *Bel. lanceolata*.

Описание. Раструбовидный скелет высотой 230 мм, узкий, стержневидный в нижней части и постепенно равномерно расширяющийся в верхней трети. Оскулюм овальный, расположен горизонтально, диаметр бокала по верхнему краю 73/96 мм. Соотношение высоты и диаметра бокала 2,7. В нижней части бокала угол наклона стенки равен 85–90 градусам, в верхней – 65–70 градусам. В основании развиты два-три коротких наклонных ризоида, разделенных желобами.

Сравнение. От *S. tubiforme* отличается высотой и габитусом бокала.

Распространение. Нижний маастрихт, основание зоны *Bel. lanceolata* Саратовской области (Саратов, Вольск, Красный Текстильщик), Крыма.

Материал. 6 экз.

Библиографический список

1. Первушов Е. М. Позднемеловые вентрикулитидные губки Поволжья / отв. ред. Г. В. Кулева. Саратов : Колледж, 1998. 168 с.
2. Первушов Е. М. Состав и структура семейства *Ventriculitidae* (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 49–62. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-49-62>
3. Первушов Е. М. Морфотипы и модульная организация позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida). Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2018. 208 с.
4. Первушов Е. М. Морфогенезы позднемеловых *Guettardiscyphia* (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 19–116.
5. Первушов Е. М. Род *Balantionella* Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 122–134. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-2-122-134>
6. Первушов Е. М. Элементы спонгиозаунистической биоэкологической схемы верхнемеловых отложений юго-востока Русской плиты // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы IX Всероссийского совещания 17–21 сентября 2018 г., г. Белгород / под ред. Е. Ю. Барабошкина, Т. А. Липницкой, А. Ю. Гужикова. Белгород : Политерра, 2018. С. 210–213.
7. Schrammen A. Die Kieselspongien der Oberen Krede von Nordwest-Deutschland – *Paleontographica*. Stuttgart, 1912. Bd. 5. 385 S.
8. Hurcewicz H. Siliceous sponges from the Upper Cretaceous of Poland. Part II. Monaxonia and Triaxonia // *Acta Palaeontologica Polonica*. 1968. Vol. 13, № 1. P. 3–96.
9. Борисяк А. Курс палеонтологии. Ч. 1. Беспозвоночные. М. : Изд-во М. и С. Сабашниковых, 1905. 368 с.
10. Oakley K. Cretaceous sponges some biological and geological considerations // *Proceedings of the Geologists' Association*. 1937. Vol. 48. P. 330–348.
11. Woodward S. An Outline of the Geology of Norfolk. London : Published by Longman and Co. Norwich, 1833. 67 p.
12. Goldfuss A. *Petrefacte Germaniae*. Bd. 1. Dusseldorf : Arnz & Comp., 1826–1833. 252 S.
13. Roemer F. Die Spongitarier des norddeutschen Kreidegebirges // *Palaeontographica*. 1864. Bd. 13. S. 1–64.
14. Mantell G. The fossils of the south Downs or illustrations of the geology of Sussex. *Geology of Sussex*. London : Printed by Thomas Davison, Whitefriars, 1822. 327 p.
15. Defretin-Lefranc S. Contribution a l'etude des spongiaires siliceux du Cretace superieur du Nord de la France. These doct. sci. natur., Fac. sci. Lille, 1958. 178 p.
16. Malecki J. Santonian siliceous sponges from Korzkiew near Krakow (Poland) // *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*. Vol. 50, № 3–4. P. 409–431.
17. Pervushov E. M., Ryabov I. P., Guzhikov A. Yu., Vishnevskaya V. S., Kopaevich L. F., Guzhikova A. A., Kalyakin E. A., Fomin V. A., Sel'tser V. B., Il'inskii E. I., Mirantsev G. V., Proshina P. A. Turonian–Coniacian Deposits of the Kamennyi Brod-1 Section (Southern Ulyanovsk-Saratov Trough) // *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2019. Vol. 27, № 7. P. 804–839.
18. Первушов Е. М. Ирригационная система позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 284–292. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-284-292>, EDN: YRTTFO

Поступила в редакцию 10.01.2024; одобрена после рецензирования 03.02.2024; принята к публикации 09.02.2024
The article was submitted 10.01.2024; approved after reviewing 03.02.2024; accepted for publication 09.02.2024



PERSONALIA

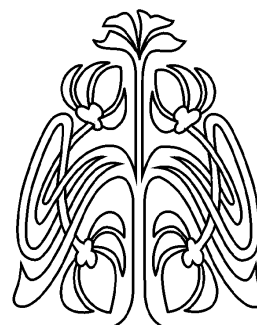
К 80-летию со дня рождения Владимира Зиновьевича Макарова



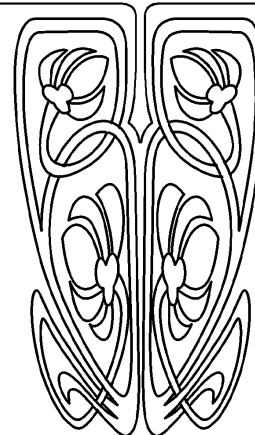
1 мая 2024 года исполняется 80 лет со дня рождения доктора географических наук, профессора, заведующего кафедрой физической географии ландшафтной экологии, декана географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, председателя Саратовского областного отделения Русского географического общества, заслуженного географа Российской Федерации Владимира Зиновьевича Макарова.

В. З. Макаров родился 1 мая 1944 г. в саратовском Заволжье, в небольшом городе Ершове. В 1963 г. поступил на первый курс географического факультета Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. Так с сентября 1963 г. началась учёба, а затем и работа В. З. Макарова в СГУ, которая длится более 60 лет. Здесь он нашёл свою географическую судьбу. Правда, с 1964 по 1967 г. учёбу пришлось прервать для службы в армии, в ракетных войсках стратегического назначения. В октябре 1967 г. Владимир Макаров вернулся на второй курс дневного отделения географического факультета на кафедру физической географии. Окончив курс и чувствуя себя слишком взрослым для учёбы со вчерашними школьниками, он перевелся на заочное отделение факультета и устроился работать лаборантом сначала на кафедру исторической геологии и палеонтологии геологического факультета, а затем в октябре 1969 г. на кафедру физической географии географического факультета.

Став лаборантом кафедры, В. З. Макаров обратил на себя внимание заведующего кафедрой профессора П. С. Кузнецова, известного



ПРИЛОЖЕНИЯ





в стране методолога физической географии. Павел Савельевич предложил молодому сотруднику заниматься вопросами теории и методологии физической географии и рекомендовал его для поступления в аспирантуру.



В заволжской степи на привале (2010 г.)

В 1971 г. В. З. Макаров окончил с отличием географический факультет, получив квалификацию «Географ. Преподаватель географии», а в 1973 г. поступил в заочную аспирантуру к П. С. Кузнецову. В 1974 г. он был избран по конкурсу ассистентом кафедры физической географии. Закончив аспирантуру, В. З. Макаров занимался проблемами развития ландшафтоведения в нашей стране в науковедческом аспекте и в 1985 г. в Москве в Институте истории естествознания и техники АН СССР блестяще защитил кандидатскую диссертацию на тему «Развитие ландшафтоведения в послевоенный период. Наукометрический аспект», а спустя еще три года совместно с известным ученым-ландшафтоведом, заместителем директора по науке Института географии АН СССР профессором В. С. Преображенским опубликовал монографию «Развитие ландшафтоведения в СССР». В 1989 г. В. З. Макаров получил ученое звание доцента по кафедре физической географии.

С начала 1990-х гг. круг научных интересов В. З. Макарова резко расширился. Его стали интересовать вопросы ландшафтного планирования, градозащиты, методы комплексной оценки геоэкологического риска на нефтяных и газовых месторождениях Нижнего Поволжья, вопросы территориального природоохранения, медицинской географии. Это было интересное и переломное для географической науки время.

В тот период кардинально изменилась социально-политическая обстановка в стране. Распался СССР, упростился доступ к материалам спутниковой съемки Земли. Появились первые персональные компьютеры, цифровая картография, разрабатывались методы обработки спутниковых данных. Возникли контакты с зарубежными географами. На факультете благодаря выпускнику кафедры картографии Московского университета А. Н. Чумаченко (ныне ректору СГУ), переехавшему в 1991 г. в Саратов и ставшему доцентом кафедры физической географии, стали активно внедряться геоинформационные технологии, методы автоматизированного картографирования.

В 1993 г. В. З. Макаровым вместе с А. Н. Чумаченко и старшим научным сотрудником НИИ геологии СГУ И. В. Пролеткиным на географическом факультете была организована хозрасчетная научная лаборатория урбоэкологии и регионального анализа, научным руководителем которой более 30 лет является В. З. Макаров.

Для тех лет это была инновационная и чрезвычайно активно работавшая университетская структура. С 1993 г. в лаборатории было выполнено и передано заказчикам более сотни тематически различных, но выполненных на ландшафтной основе грантовых и хоздоговорных работ из области классического и нового ландшафтоведения, градостроительства и градозащиты, медицинской географии, территориальной охраны природы, оценки техногенного риска на нефтяных и газовых месторождениях в Саратовской и Волгоградской областях, регионального и ландшафтного планирования. Были созданы пионерские для того периода специализированные и комплексные муниципальные геоинформационные системы. На основе результатов многолетнего градозащитного исследования Саратова и других крупных городов Саратовской области в 2001 г. в Санкт-Петербургском государственном университете в диссертационном совете географического факультета В. З. Макаровым была успешно защищена докторская диссертация «Теория и практика ландшафтно-экологических исследований крупных городов с применением ГИС-технологий» (специальность 25.00.23 «Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов»).

В 2000-е гг. под руководством профессора В. З. Макарова проводились масштабные работы по инвентаризации и взятию на природоохраненный учет ценных в природном, историко-культурном отношении территорий и отдельных объектов на территории Саратовской области. Под научной редакцией В. З. Макарова в 2007 г. вышла первая в истории региона «Зеленая книга» – «Особо охраняемые природные территории Саратовской области: национальный парк, природные микрорезерваты, памятники природы, дендрарий, ботанический сад, особо охраняемые



Окраина Дьяковского леса (Заволжье, сентябрь 2022 г.)

геологические объекты» (Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2007. 300 с.).

Исследования в сфере природоохраны и ныне постоянно в центре внимания лаборатории урбоэкологии и регионального анализа. Каждый год сеть ООПТ в регионе увеличивается на 1-2 объекта. В 2023 г. сотрудники лаборатории выполнили научное обоснование организации в Саратовской области еще одного национального парка – «Дьяковский лес». В декабре 2023 г. с мнением ученых СГУ согласились в Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации и предложения по организации новой ООПТ федерального значения были приняты.

В 2010-е гг. в лаборатории совместно с Саратовским проектным институтом «Саратовгражданпроект» была выполнена системная работа по созданию тридцати шести «Схем территориального планирования муниципальных районов Саратовской области». Со стороны СГУ исследования проводились под руководством В. З. Макарова.

С начала нынешнего столетия географы СГУ успешно взаимодействуют с учеными Саратовского медицинского университета, особенно с онкологами, работающими под руководством доктора медицинских наук, профессора О. М. Конопацковой. В журнале «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле», главным редактором которого является В. З. Макаров, ежегодно публикуются статьи медико-географического содержания.

В 1990-е и 2000-е гг. В. З. Макаров по грантам проходил стажировку в Кембриджском, Селфордском (Англия), Маастрихском (Нидерлан-

ды), Линчёпингском (Швеция), Эссенском (Германия) университетах.

В. З. Макаров является автором нескольких оригинальных лекционных курсов, таких как «Основы градозэкологического анализа», «Основы градозэкологии», «Учение о ландшафте», читает базовые и специализированные курсы на географическом и геологическом факультетах СГУ. Им опубликовано около 250 научных работ, из них 13 монографий, 4 учебных пособия.

С 1995 г. В. З. Макаров возглавляет кафедру физической географии и ландшафтной экологии, осуществляет подготовку аспирантов по направлению «Науки о Земле», специальность 1.6.21 – Геоэкология. С 2011 г. он является деканом географического факультета.

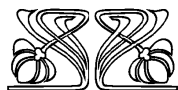
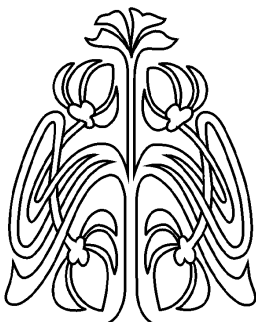
С 2001 г. В. З. Макаров становится председателем Саратовского областного отделения Русского географического общества.

За заслуги в области образования и подготовку университетских географов В. З. Макарову в 2010 г. было присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации», а в ноябре 2023 г. – почетное звание «Заслуженный географ Российской Федерации».

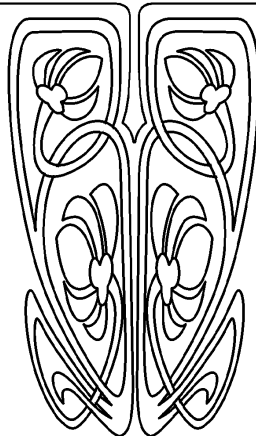
В 2020 г. В. З. Макаров стал лауреатом престижной региональной премии «Высота», которой удостоиваются лучшие работники вузов Саратова.

Коллеги и друзья Владимира Зиновьевича поздравляют его со славным юбилеем и желают крепкого здоровья, дальнейших успехов в науке, организаторской и общественной деятельности на благо саратовской и отечественной географии.

Коллектив географического факультета



ПОДПИСКА



Подписка на печатную версию

Подписной индекс издания 36010
Оформить подписку на печатную версию
можно в интернет-каталоге
ГК «Урал-Пресс» (ural-press.ru)
Журнал выходит 4 раза в год
Цена свободная

Адрес Издательства

Саратовского университета (редакции):

410012, Саратов, Астраханская, 83

Тел.: +7(845-2) 51-29-94, 51-45-49, 52-26-89

Факс: +7(845-2) 27-85-29

E-mail: publ@sgu.ru, izdat@sgu.ru

Адрес редколлегии серии:

410012, Саратов, Астраханская, 83,

СГУ имени Н. Г. Чернышевского,

Географический факультет

Тел.: +7(845-2) 21-07-95

Факс: +7(845-2) 51-54-49

E-mail: farik26@yandex.ru

Website: <http://geo.sgu.ru/>



ISSN 1819-7663 (Print). ISSN 2542-1921 (Online)
Известия Саратовского университета. Новая серия.
Серия: Науки о Земле. 2024. Том 24, выпуск 1

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

- Серия: Акмеология образования. Психология развития
- Серия: История. Международные отношения
- Серия: Математика. Механика. Информатика
- Серия: Науки о Земле**
- Серия: Социология. Политология
- Серия: Физика
- Серия: Филология. Журналистика
- Серия: Философия. Психология. Педагогика
- Серия: Химия. Биология. Экология
- Серия: Экономика. Управление. Право

