

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

# ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Серия: **Науки о Земле**  
**2022**  
**Том 22**  
**Выпуск 2**



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 2

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



Научный журнал  
2022 Том 22

ISSN 1819-7663 (Print)

ISSN 2542-1921 (Online)

Издается с 2006 года

## СОДЕРЖАНИЕ

### Научный отдел

#### География

**Богданов М. Б., Морозова С. В.**

Влияние изменений потока космических лучей на общую циркуляцию атмосферы

80

**Богданов М. Б., Червяков М. Ю.**

Оценка частотной характеристики реакции глобальной температуры на изменение радиационного воздействия

83

**Неврюев А. М., Макаров В. З.**

Пылевая нагрузка на приземный воздух и уличные дороги в центральной (исторической) части Саратова

88

**Самонина С. С.**

Влияние пандемии COVID-19 на потребление алкоголя в России (территориальный аспект)

94

**Уставщикова С. В.**

Демографическая ситуация в Саратовской области (2010–2021 гг.)

101

#### Геология

**Железняк М. Н., Шац М. М., Мисайлов И. Е.**

Природные условия Попигайского месторождения алмазов (Северо-Западная Якутия)

107

**Шелепов Д. А., Гужиков А. Ю.**

Результаты рекогносцировочных магнитостратиграфических исследований палеоцена в южной части Саратовского Правобережья

117

**Якупова Д. Б., Ахмеденов К. М.**

Находки *Nannopterygius* на территории Западно-Казахстанской области Республики Казахстан

132

**Лопырев В. А., Попов Е. В.**

Новое местонахождение хрящевых рыб из верхнего палеоцена Донского правобережья (Волгоградская область)

140

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

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 (специальности: 25.00.01; 25.00.30; 25.00.35; 1.6.2; 1.6.9; 1.6.12; 1.6.13; 1.6.21)

Подписной индекс издания 36010. Подписку на печатные издания можно оформить в Интернет-каталогах «Пресса России» ([www.pressa-rr.ru](http://www.pressa-rr.ru)), «Пресса по подписке» ([www.akc.ru](http://www.akc.ru)) и ГК «Урал-Пресс» ([ural-press.ru](http://ural-press.ru)). Журнал выходит 4 раза в год. Цена свободная. Электронная версия находится в открытом доступе ([geo.sgu.ru](http://geo.sgu.ru))

**Директор издательства**  
Бучко Ирина Юрьевна

**Редактор**  
Малютина Елена Анатольевна

**Художник**  
Соколов Дмитрий Валерьевич

**Редактор-стилист**  
Агафонов Андрей Петрович

**Верстка**  
Степанова Наталия Ивановна

**Технический редактор**  
Каргин Игорь Анатольевич

**Корректор**  
Малютина Елена Анатольевна

**Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):**  
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83  
Тел.: +7(845-2) 52-26-89, 51-29-94  
E-mail: [izdat@sgu.ru](mailto:izdat@sgu.ru)

Подписано в печать 23.05.22.  
Подписано в свет 31.05.22.  
Формат 60 × 84 1/8.  
Усл. печ. л. 8.83 (9.5).  
Тираж 100 экз. Заказ 55-Т.

Отпечатано в типографии  
Саратовского университета.  
**Адрес типографии:**  
410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2022



## 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](http://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 редколлегией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлегией серии: [geoizvestiya@yandex.ru](mailto: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

**Bogdanov M. B., Morozova S. V.**  
The effect of changes in cosmic ray flux on general atmospheric circulation 80

**Bogdanov M. B., Cherviakov M. Yu.**  
Estimation of frequency response of the global temperature to change in radiative forcing 83

**Nevryuev A. M., Makarov V. Z.**  
Dust load on ground air and street roads in the central (historical) part of Saratov 88

**Samonina S. S.**  
The impact of the COVID-19 pandemic on alcohol consumption in Russia (territorial aspect) 94

**Ustavshchikova S. V.**  
Demographic situation in Saratov region (2010–2021) 101

#### Geology

**Zheleznyak M. N., Shatz M. M., Misailov I. E.**  
Natural conditions of the Popigai diamond deposit (North-West Yakutia) 107

**Shelepov D. A., Guzhikov A. Yu.**  
Results of the reconnaissance magnetostratigraphic studies of Paleocene in the southern part of the Saratov right bank 117

**Yakupova J. B., Akhmedenov K. M.**  
*Nannopterygius* finds in the West Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan 132

**Lopyrev V. A., Popov E. V.**  
A new locality of chondrichthyan fishes from the Upper Paleocene on the right bank of the Don river (Volgograd region) 140



**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**

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук (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. Molochko (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)

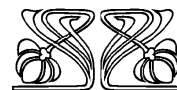
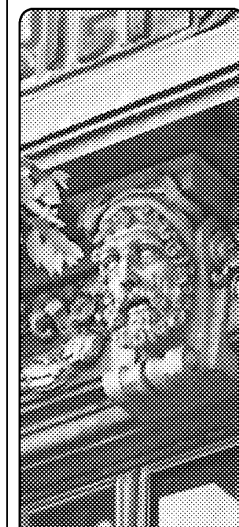
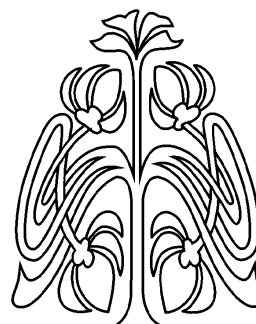
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

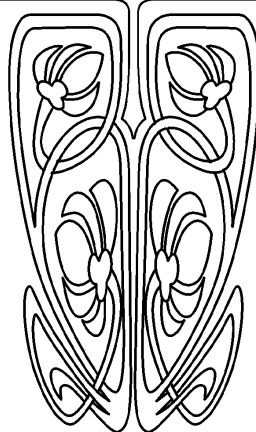
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ**





## ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 80–82

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 80–82

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-80-82>

Научная статья

УДК 551.513+551.583

### Влияние изменений потока космических лучей на общую циркуляцию атмосферы

М. Б. Богданов, С. В. Морозова<sup>✉</sup>

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

Богданов Михаил Борисович, доктор физико-математических наук, [BogdanovMB@info.sgu.ru](mailto:BogdanovMB@info.sgu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5305-8925>

Морозова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, [swetwl@yandex.ru](mailto:swetwl@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>

**Аннотация.** Проведено сопоставление временных рядов среднесуточных значений осевой компоненты глобального момента импульса ветров и потока галактических космических лучей (ГКЛ). На основе метода наложения эпох показано, что форбуш – понижения потока ГКЛ сопровождаются ростом средней угловой скорости циркуляции атмосферы и, соответственно, увеличением зонального переноса.

**Ключевые слова:** атмосфера, момент импульса, космические лучи, форбуш – понижения

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00779.

**Для цитирования:** Богданов М. Б., Морозова С. В. Влияние изменений потока космических лучей на общую циркуляцию атмосферы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 80–82. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-80-82>

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

Article

#### The effect of changes in cosmic ray flux on general atmospheric circulation

M. B. Bogdanov, S. V. Morozova<sup>✉</sup>

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

Mikhail B. Bogdanov, [BogdanovMB@info.sgu.ru](mailto:BogdanovMB@info.sgu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5305-8925>

Svetlana V. Morozova, [swetwl@yandex.ru](mailto:swetwl@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>

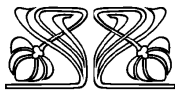
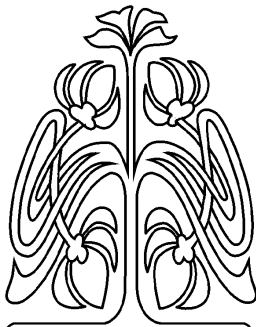
**Abstract.** A comparison of average daily values time series of the axial component of the global wind angular moment and galactic cosmic ray (GCR) flux was made. Using the superposed epoch method it is shown that the Forbush decreases of the GCR flux are accompanied by an increase in the average angular velocity of atmospheric circulation and, accordingly, by an increase in the zonal transfer.

**Keywords:** atmosphere, angular moment, cosmic rays, Forbush decreases

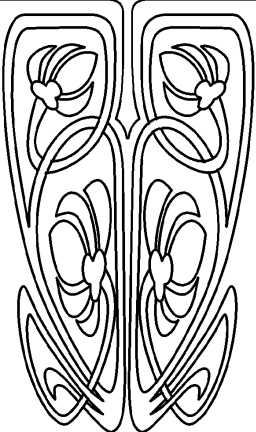
**Acknowledgments.** The reported study was funded by RFBR, project number 20-05-00779.

**For citation:** Bogdanov M. B., Morozova S. V. The effect of changes in cosmic ray flux on general atmospheric circulation. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 80–82 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-80-82>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





## Введение

Общая циркуляция атмосферы, возникающая под действием неравномерного распределения инсоляции по поверхности и вращения Земли, является одним из основных климатообразующих факторов [1, 2]. Изучение возможных изменений этого глобального процесса представляет большой интерес для климатологии. Подобные изменения могут быть связаны с солнечной активностью. Наряду с вариацией прямой солнечной радиации, одним из вероятных путей воздействия факторов солнечной активности на тропосферные процессы и климат является модуляция потока галактических космических лучей (ГКЛ), способных проникать глубоко в атмосферу, вплоть до поверхности Земли [3–5]. Наиболее распространенным подходом к изучению влияния ГКЛ является анализ реакции характеристик атмосферы на форбуш – понижения их потока [6].

Целью настоящей статьи является изучение возможной реакции одной из основных характеристик общей циркуляции атмосферы – глобально осредненного момента импульса ветров – на форбуш – понижения потока ГКЛ.

## Исходные данные

Нами были использованы глобально осредненные значения вектора момента импульса ветров  $\vec{h}(h_1, h_2, h_3)$ , полученные по данным реанализа. Составляющие этого вектора измеряются в декартовой системе координат, начало которой располагается в центре Земли. Первая и вторая оси координат лежат в плоскости земного экватора, причем первая направлена в точку с нулевой долготой, а вторая – в точку с восточной долготой  $90^\circ$ . Третья координатная ось направлена по оси вращения Земли. Таким образом, составляющая  $h_3$  (многократно превышающая по величине обе другие) связана с зональным переносом воздуха в направлении с запада на восток. Методика расчета момента импульса ветров описана в работе [7]. Данные с временным разрешением 6 часов с января 1948 г. доступны из сети Интернет (<http://files.aer.com/aerweb/AAM/>). На основе этой информации нами были рассчитаны среднесуточные значения составляющей момента импульса ветров  $h_3(t)$ .

Изменения потока ГКЛ в разных пунктах поверхности Земли характеризуются высокой корреляцией и могут анализироваться по данным любой станции глобальной сети их регистрации. Для сопоставления с временным рядом  $h_3(t)$  нами использовались среднесуточные значения потока ГКЛ  $I(t)$  (в импульсах за минуту) по показаниям нейтронного монитора станции Оулу (Финляндия,  $65^\circ.05$  N,  $25^\circ.47$  E,  $H = 15$  м, эффективная жесткость геомагнитного обрезания  $0.8$  ГэВ), наблюдения на которой ведутся с 1 апреля 1964 г. Данные также получены в сети Интернет с сервера станции (<http://cosmicrays oulu.fi/>). Несколько

пропущенных отсчетов потока были заполнены с использованием линейной интерполяции.

Как было показано в работе [8], метод наложения эпох довольно чувствителен к присутствию возможных автокорреляций в исходных рядах, что может приводить к занижению погрешностей оценок. Поэтому, как и в предыдущих исследованиях [9, 10], нами были предприняты специальные меры фильтрации. Устранение нестационарности ряда космических лучей проводилось путем вычитания из значений потока скользящего среднего, вычисленного за интервал 200 сут. В конечном итоге было использовано 20629 отсчетов потока ГКЛ с 10 июля 1964 г. по 31 декабря 2020 г.

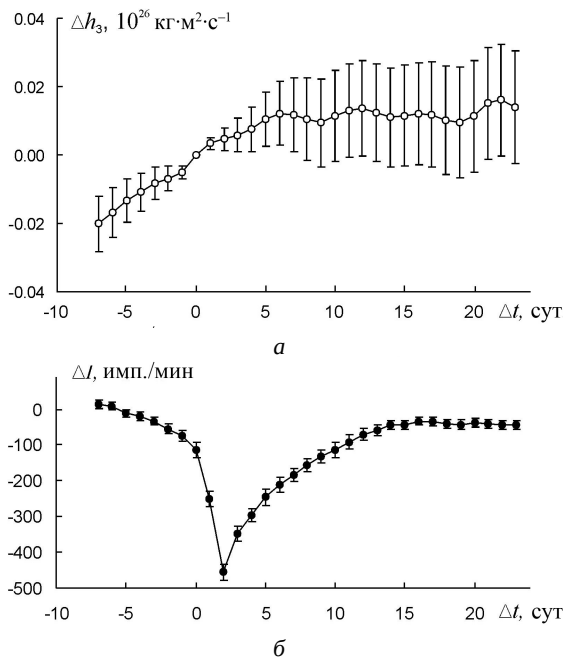
Глобально осредненный момент импульса ветров заметно зависит от величины радиационного воздействия [11], что приводит к появлению в изменениях  $h_3(t)$  детерминированных составляющих, связанных с движением Земли по эллиптической орбите. Для устранения этих изменений временной ряд  $h_3(t)$  после вычитания среднего значения представлялся моделью в виде суммы синусоиды с годичным периодом и двух первых ее гармоник. Амплитуды и начальные фазы периодических составляющих модели были найдены методом наименьших квадратов. При этом для минимизации суммы квадратов отклонений данных наблюдений от модельных значений применялся генетический алгоритм, реализуемый программой PICAIA. Полученные модельные значения были вычтены из ряда  $h_3(t)$ .

## Полученные результаты

Мы применили метод наложения эпох для анализа отфильтрованных рядов данных  $h_3(t)$  и  $I(t)$ . Рассматривались только достаточно сильные форбуш – понижения, при которых изменение потока ГКЛ  $\Delta I$  превышало 300 импульсов в минуту (около 5% от среднего значения). Всего за рассматриваемый интервал времени было зарегистрировано 66 таких явлений. В качестве реперного взят момент за двое суток до форбуш – понижения. При наложении эпох вычислялись средние значения разности  $\Delta h_3$  в рассматриваемый и реперный моменты.

Полученные результаты приведены на рисунке, на верхней панели которого светлыми кружками отмечены средние значения разностей  $\Delta h_3$ . На нижней панели рисунка черными кружками показан также средний профиль форбуш – понижения потока космических лучей  $\Delta I$ . Вертикальные отрезки на рисунке соответствуют удвоенным стандартным отклонениям средних значений ( $\pm\sigma$ ).

Как видно из рисунка, форбуш – понижения потока ГКЛ сопровождаются увеличением осевой составляющей момента импульса ветров. В предположении неизменности тензора инерции атмосферы данный эффект должен приводить



Средние величины разности осевой компоненты глобального момента импульса ветров с ее значением в реперный момент (а) и средний профиль форбуш – понижения потока галактических космических лучей (б)

к повышению средней угловой скорости ее циркуляции и увеличению зонального переноса.

### Обсуждение результатов

Изучение реакции атмосферной циркуляции на форбуш – понижения потока ГКЛ предпринималось ранее в работе [12]. В качестве анализируемой характеристики рассматривался индекс Блиновой, величина которого пропорциональна отношению средней угловой скорости вращения атмосферы к угловой скорости вращения поверхности Земли в широтной зоне  $45^\circ - 65^\circ$  Северного полушария. На основе метода наложения эпох было показано, что 33 форбуш – понижения потока ГКЛ более чем на 3% сопровождаются в среднем уменьшением индекса Блиновой и, соответственно, снижением скорости зонального потока в умеренных широтах [12].

В отличие от работы [12], нами рассматривается глобальная характеристика общей циркуляции атмосферы, получаемая осреднением по всем широтным зонам. В данном случае при анализе вдвое большего числа форбуш-понижений характер обнаруженного эффекта оказывается противоположным. При уменьшении потока ГКЛ наблюдается рост осевой компоненты момента импульса ветров и средней угловой скорости атмосферы.

Необходимо исследовать возможность связи других характеристик циркуляции и центров

действия атмосферы с изменениями потока космических лучей.

### Библиографический список

1. *Переведенцев Ю. П., Мохов И. И., Елусеев А. В.* Теория общей циркуляции атмосферы. Казань : Издательство Казанского университета, 2013. 224 с.
2. *Sato M.* Atmospheric circulation dynamics and general circulation models. Berlin : Springer, 2014. 730 p.
3. *Распопов О. М., Веретененко С. В.* Солнечная активность и космические лучи : влияние на облачность и процессы в нижней атмосфере (памяти и к 75-летию М. И. Пудовкина) // Геомагнетизм и аэрономия. 2009. Т. 49, № 2. С. 147–155.
4. *Gray L. J., Beer J., Geller M., Haigh J. D., Lockwood M., Matthes K., Cubasch U., Fleitmann D., Harrison G., Hood L., Luterbacher J., Meehl G. A., Shindell D., van Geel B., White W.* Solar influences on climate // Reviews of Geophysics. 2010. Vol. 48. Article Number RG4001. <https://www.doi.org/10.1029/2009RG000282>
5. *Mironova I. A., Aplin K. L., Arnold F., Bazilevskaya G. A., Harrison R. G., Krivolutsky A. A., Nicoll K. A., Rozanov E. V., Turunen E., Usoskin I. G.* Energetic particle influence on the Earth's atmosphere // Space Science Reviews. 2015. Vol. 194. P. 1–96.
6. *Tinsley B. A., Brown G. M., Scherrer P. H.* Solar variability influences on weather and climate : Possible connections through cosmic ray fluxes and storm intensification // Journal of Geophysical Research. 1989. Vol. 94, iss. D12. P. 14783–14792.
7. *Zhou Y. H., Salstein D. A., Chen J. L.* Revised atmospheric excitation function series related to Earth variable rotation under consideration of surface topography // Journal of Geophysical Research. 2006. Vol. 111. D12108. <https://www.doi.org/10.1029/2005JD006608>
8. *Laken B. A., Čalogović J.* Composite analysis with Monte Carlo methods : An example with cosmic rays and clouds // Journal of Space Weather and Space Climate. 2013. Vol. 3. Article Number A29. <https://www.doi.org/10.1051/swsc/2013051>
9. *Богданов М. Б., Федоренко А. В.* Влияние космических лучей на приземное атмосферное давление // Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Т. 44, № 1. С. 103–104.
10. *Богданов М. Б., Сурков А. Н., Федоренко А. В.* Влияние космических лучей на атмосферное давление в высокогорных условиях // Геомагнетизм и аэрономия. 2006. Т. 46, № 2. С. 268–274.
11. *Богданов М. Б., Морозова С. В.* Влияние изменений глобальной температуры и радиационного воздействия на общую циркуляцию атмосферы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2019. Т. 55, № 5. С. 9–12.
12. *Веретененко С. В., Пудовкин М. И.* Эффекты вариаций космических лучей в циркуляции нижней атмосферы // Геомагнетизм и аэрономия. 1993. Т. 33, № 6. С. 35–40.

Поступила в редакцию 14.02.2022; одобрена после рецензирования 24.02.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 14.02.2022; approved after reviewing 24.02.2022; accepted for publication 01.03.2022



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 83–87  
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 83–87  
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-83-87>

Научная статья  
УДК 551.58



## Оценка частотной характеристики реакции глобальной температуры на изменение радиационного воздействия

М. Б. Богданов, М. Ю. Червяков<sup>✉</sup>

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

Богданов Михаил Борисович, доктор физико-математических наук, инженер, [BogdanovMB@info.sgu.ru](mailto:BogdanovMB@info.sgu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5305-8925>

Червяков Максим Юрьевич, кандидат географических наук, заведующий кафедрой, [chervyakovmu@mail.ru](mailto:chervyakovmu@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7641-3392>

**Аннотация.** Земная климатическая система (ЗКС) рассматривается как линейная система, входом которой является изменение солнечной постоянной  $\Delta I(t)$ , а выходом – аномалия глобально осредненной приповерхностной температуры  $\Delta T(t)$ . На вход системы могут воздействовать и другие факторы, а на выходе проявлять себя собственные колебания температуры ЗКС и случайный шум, однако все они полагаются независимыми от  $\Delta I(t)$ . Спектральный анализ среднемесячных значений  $\Delta I(t)$  и  $\Delta T(t)$  показывает наличие статистически значимой когерентности. Оцененная амплитудно-частотная характеристика  $A(f)$  ЗКС отлична от нуля вплоть до частоты Найквиста  $0.5 \text{ мес}^{-1}$ . Результаты согласуются с полученной ранее оценкой эквивалентной постоянной времени ЗКС  $1.31 \pm 0.03 \text{ мес}$ .

**Ключевые слова:** земная климатическая система, радиационное воздействие, частотная характеристика, постоянная времени

**Для цитирования:** Богданов М. Б., Червяков М. Ю. Оценка частотной характеристики реакции глобальной температуры на изменение радиационного воздействия // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 83–87. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-83-87>

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

Article

### Estimation of frequency response of the global temperature to change in radiative forcing

М. В. Bogdanov, M. Yu. Cherviakov<sup>✉</sup>

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

Mikhail B. Bogdanov, [BogdanovMB@info.sgu.ru](mailto:BogdanovMB@info.sgu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5305-8925>

Maksim Yu. Cherviakov, [chervyakovmu@mail.ru](mailto:chervyakovmu@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7641-3392>

**Abstract.** The Earth's climate system (ECS) is considered as a linear system whose input is a change in the solar constant  $\Delta I(t)$  and the output is an anomaly of the globally averaged surface temperature  $\Delta T(t)$ . The system input can be affected by other factors, and at the output their own temperature fluctuations and a random noise manifest themselves. All these factors are assumed to be independent of  $\Delta I(t)$ . The spectral analysis of monthly mean values of  $\Delta I(t)$  and  $\Delta T(t)$  shows the existence of statistically significant coherence. The amplitude-frequency response  $A(f)$  of the ECS is different from zero up to the Nyquist's frequency  $0.5 \text{ month}^{-1}$ . The results are consistent with the previously obtained estimate of the equivalent time constant of the ESC  $1.31 \pm 0.03 \text{ month}$ .

**Keywords:** Earth's climate system, radiative forcing, frequency response, time constant

**For citation:** Bogdanov M. B., Cherviakov M. Yu. Estimation of frequency response of the global temperature to change in radiative forcing. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 83–87 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-83-87>

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

### Введение

В настоящее время изучение проблемы глобального изменения климата основывается на расчетах сложных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) [1]. Для контроля этих моделей представляют большой интерес независимые оценки характеристик земной кли-

матической системы (ЗКС), описывающих связь аномалии глобально осредненных значений приповерхностной температуры  $\Delta T(t)$  с изменением внешнего радиационного воздействия на верхней границе атмосферы (ВГА) [2]. Простые модели, используемые для таких оценок, часто называются нуль-мерными. Обзор результатов,





полученных с их применением, можно найти в публикациях [3–5].

В работах [4, 5] было предложено рассматривать ЗКС как инвариантную во времени линейную динамическую систему, входом которой является изменение радиационного воздействия, вызванное вариацией солнечной постоянной  $\Delta I(t)$ , а выходом – аномалия  $\Delta T(t)$ . При этом суммарное воздействие всех других факторов, способных повлиять на глобально осредненную температуру, рассматривалось как случайный шум. Известно, что поведение подобных линейных систем может быть описано как во временной области (с использованием импульсной передаточной характеристики или функции Грина  $h(t)$ ), так и в частотной области (с использованием частотной характеристики  $H(f)$ ). Данные характеристики взаимосвязаны. В частотности  $H(f)$  является преобразованием Фурье функции  $h(t)$ . Но важно отметить, что при анализе линейных систем эти характеристики могут быть получены независимыми методами.

В работах [4–6] применялась методика восстановления импульсной передаточной характеристики  $h(t)$  путем решения обратной некорректно поставленной задачи для интегрального уравнения свертки, связывающего вход и выход ЗКС. Поиск решения проводился на компактном множестве монотонно невозрастающих выпуклых вниз неотрицательных функций. Это предполагает, что ЗКС является системой первого порядка или состоит из нескольких параллельно включенных независимых систем первого порядка с разными значениями постоянной времени  $\tau$ , описывающих влияние атмосферы, суши и океана. В результате восстановления были получены оценки  $h(t)$  и проанализированы другие свойства ЗКС на интервалах времени до 100 мес.

Целью настоящей статьи является оценка частотной характеристики ЗКС  $H(f)$  в области высоких частот. Для решения задачи мы используем цифровой спектральный анализ временных рядов, предполагая, что изменение солнечной постоянной  $\Delta I(t)$  играет роль зондирующего сигнала, а все другие факторы, влияющие на выходной сигнал  $\Delta T(t)$ , включая и погрешности измерений, не зависят от зондирующего сигнала. Данный подход независим от предыдущего и позволяет получить информацию о скорости реакции ЗКС на внешнее радиационное воздействие. При этом не накладывается никаких ограничений на вид частотной характеристики и возможный порядок системы.

#### Методика оценки частотной характеристики

Как известно, сигналы на входе  $\Delta I(t)$  и выходе  $\Delta T(t)$  инвариантны во времени линейной динамической системы связаны интегральным

уравнением типа свертки

$$\Delta T(t) = h(t) * \Delta I(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t - \xi) \Delta I(\xi) d\xi, \quad (1)$$

где  $h(t)$  – импульсная передаточная характеристика или функция Грина системы. Введя в рассмотрение частотную характеристику системы  $H(f)$ , являющуюся преобразованием Фурье функции  $h(t)$

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-i2\pi f t} dt,$$

а также преобразования Фурье входного  $\Delta I(f)$  и выходного  $\Delta T(f)$  сигналов, из уравнения (1) можно получить

$$\Delta T(f) = H(f) \Delta I(f).$$

Частотную характеристику системы  $H(f)$ , в общем случае являющуюся комплексной функцией частоты  $f$ , обычно записывают в виде

$$H(f) = A(f) e^{iF(f)},$$

где  $A(f)$  – амплитудно-частотная характеристика, а  $F(f)$  – фазово-частотная характеристика системы, представляющие собой действительные функции. Эти характеристики имеют ясный физический смысл:  $A(f)$  показывает, как изменяется амплитуда синусоидального сигнала при прохождении через систему, а  $F(f)$  определяет величину его запаздывания.

Предположим, что сигналы на входе  $\Delta I(t)$  и выходе  $\Delta T(t)$  системы являются реализациями стационарных и эргодических временных рядов, для которых могут быть определены автокорреляционные функции  $R_{I,I}(\tau)$  и  $R_{T,T}(\tau)$ , взаимная корреляционная функция  $R_{I,T}(\tau)$ , а также связанные с ними преобразованиями Фурье спектры мощности  $S_{I,I}(f)$  и  $S_{T,T}(f)$  и взаимный спектр мощности  $S_{I,T}(f)$ .

Для оценки частотных характеристик  $H(f)$  линейных систем часто используется методика зондирующего сигнала [7]. Она предполагает, что в общем случае на систему наряду с  $\Delta I(t)$  могут воздействовать и другие сигналы, а также случайный шум. В случае ЗКС на глобальную температуру могут оказывать влияние факторы, имеющие как случайный (флуктуации концентрации вулканического аэрозоля), так и циклический характер (явление Эль-Ниньо, квазидвухлетний цикл), а в роли шума выступают погрешности измерений. Но поскольку эти воздействия не зависят от зондирующего сигнала  $\Delta I(t)$  и их взаимные спектры мощности равны нулю, то частотная характеристика системы может быть найдена как

$$H(f) = S_{I,T}(f) / S_{I,I}(f). \quad (2)$$



На практике всегда приходится иметь дело с реализациями временных рядов конечной продолжительности, что приводит к необходимости рассмотрения сглаженных оценок соответствующих спектров мощности. Тем не менее выражение (2) остается справедливым и для сглаженных оценок [8].

### Наблюдательные данные

С целью сравнения с результатами анализа характеристик ЗКС, полученных во временной области, для  $\Delta I(t)$  и  $\Delta T(t)$  нами использовались те же значения, что и в работе [5]. В ней же приведены адреса серверов сети Интернет, с которых брались исходные данные, описана их первичная обработка и даны графики временных рядов.

Для солнечной постоянной использовались среднемесячные значения композитного ряда PMOD TSI, измеренные в новой шкале эксперимента VIRGO [9]. Изменения  $\Delta I(t)$  получались вычитанием среднего значения солнечной постоянной  $1360.8782 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ . Первый отсчет  $\Delta I(t)$  соответствует ноябрю 1978 г., последний – маю 2018 г. Полное число отсчетов  $N = 475$ .

Для среднемесячных значений аномалии глобально осредненной приповерхностной температуры за тот же интервал времени был взят ряд NOAA GST (версия 4.0) [10, 11] с вычтенным линейным трендом. Как было показано в работе [5], полученные значения  $\Delta T(t)$  не проявляют статистически значимых сезонных изменений и поэтому фильтрация соответствующих гармоник не проводилась.

### Результаты анализа

Прежде всего нами была рассчитана взаимная корреляционная функция  $R_{I,T}(\tau)$  временных рядов  $\Delta I(t)$  и  $\Delta T(t)$  на интервале изменения запаздывания аномалий температуры  $-50 \leq \tau \leq 50$  мес. Результаты расчетов представлены на рис. 1, на котором горизонтальными штриховыми линиями проведены границы 90%-го доверительного интервала, центр которого лежит на оси абсцисс. Как видно из рисунка, при малых по модулю значениях запаздывания функция  $R_{I,T}(\tau)$  статистически значимо отличается от нуля. Полная длина интервала задания  $R_{I,T}(\tau)$  не превышает четверти длины исходных временных рядов. Такое же ограничение длины интервала, на котором проводился поиск импульсной передаточной характеристики ЗКС, мы использовали ранее при восстановлении  $h(t)$  [5].

Выбранная длина интервала задания  $R_{I,T}(\tau)$  обеспечивает при использовании корреляционного окна Хана ширину спектрального окна  $\Delta f = 0.0261 \text{ мес}^{-1}$  и число степеней свободы сглаженной оценки взаимного спектра мощности  $S_{I,T}(f)$   $n = 25$  [8]. Такая же максимальная величина запаздывания  $\tau$  использовалась при расчете автокорреляционных функций  $R_{I,I}(\tau)$  и  $R_{T,T}(\tau)$ ,

путем преобразования Фурье которых с применением корреляционного окна Хана были рассчитаны оценки спектров мощности  $S_{I,I}(f)$  и  $S_{T,T}(f)$ . Поэтому для данных спектров мы имеем те же самые значения  $\Delta f$  и  $n$ .

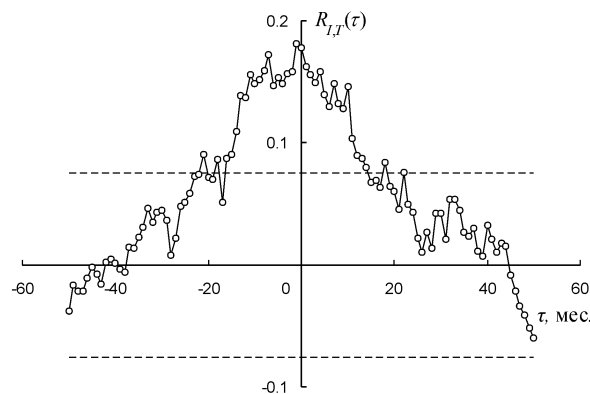


Рис. 1. Взаимная корреляционная функция  $R_{I,T}(\tau)$  временных рядов  $\Delta I(t)$  и  $\Delta T(t)$ , зависящая от запаздывания аномалий температуры  $\tau$ . Горизонтальными штриховыми линиями проведены границы 90%-го доверительного интервала, центр которого расположен на оси абсцисс

Частотная характеристика  $H(f)$  ЗКС была получена из отношения спектров (2). Знание  $H(f)$  позволяет рассчитать амплитудно-частотную характеристику ЗКС  $A(f)$ . Оценки доверительных интервалов для  $A(f)$  могут быть получены только приближенно [8]. При этом величина интервала оказывается зависящей как от частоты, так и от квадрата функции когерентности

$$K_{I,T}^2(f) = \frac{|S_{I,T}(f)|^2}{S_{I,I}(f)S_{T,T}(f)},$$

которая сама по себе имеет большой интерес, характеризуя взаимосвязь исходных рядов на частоте  $f$ .

Доверительные интервалы для  $K_{I,T}^2(f)$  также зависят от частоты. Поэтому для оценки степени статистической значимости когерентности анализируемых временных рядов применяют преобразование Фишера [8]

$$Y_{I,T}(f) = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + |K_{I,T}(f)|}{1 - |K_{I,T}(f)|},$$

выравнивающее дисперсию и дающее доверительный интервал фиксированной длины. График функции  $Y_{I,T}(f)$  приведен на рис. 2, на котором горизонтальным отрезком показана ширина полосы частот спектрального окна  $\Delta f$ , характеризующая разрешающую способность по частоте. Штриховой линией на рис. 2 проведена верхняя граница 90%-го доверительного интервала, центр которого находится на оси абсцисс. Как видно на рис. 2, вблизи частоты  $0.1 \text{ мес}^{-1}$  и в диапазоне высоких частот существуют области, в которых когерентность статистически значимо отличается от нуля.

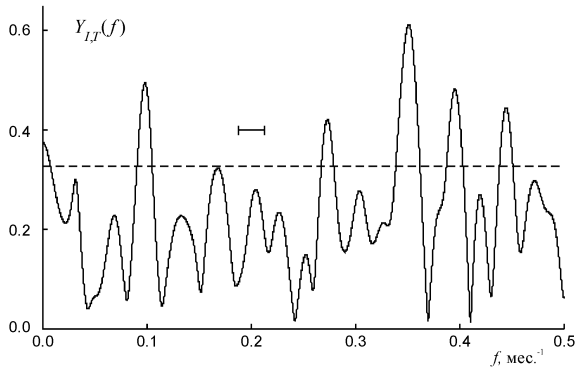


Рис. 2. Преобразование Фишера функции когерентности временных рядов  $\Delta I(t)$  и  $\Delta T(t)$ . Штриховая линия показывает верхнюю границу 90%-го доверительного интервала, центр которого расположен на оси абсцисс

Рассчитанная амплитудно-частотная характеристика ЗКС  $A(f)$  приведена на рис. 3, на котором горизонтальным отрезком также показана ширина спектрального окна  $\Delta f$ . Приближенная оценка  $100(1 - \alpha)\%$  доверительного интервала для математического ожидания  $A(f)$  с принятым уровнем значимости  $\alpha$  может быть записана как [8]

$$A(f) \pm A(f) \sqrt{\frac{2}{n-2} F_{2,n-2}(1-\alpha) \left[ \frac{1 - K_{I,T}^2(f)}{K_{I,T}^2(f)} \right]},$$

где  $n$  – число степеней свободы, а  $F_{2,n-2}(1-\alpha)$  – соответствующий квантиль распределения Фишера. Таким образом, доверительный интервал существенно зависит от квадрата функции когерентности и при стремлении  $K_{I,T}^2(f)$  к нулю его длина неограниченно возрастает. Вертикальным отрезком на рис. 3 показан 90%-ный доверительный интервал для частоты  $f$ , соответствующей максимальному значению функции  $Y_{I,T}(f)$ .

Сравнение с длиной доверительного интервала на рис. 3 показывает, что наблюдаемые изменения  $A(f)$  могут быть объяснены погрешностью оценки. В целом амплитудно-частотная характеристика ЗКС оказывается достаточно ровной и отличной от нуля вплоть до максимальной, достигаемой при месячных интервалах отсчета исходных временных рядов, частоты Найквиста  $f_N = 0.5 \text{ мес.}^{-1}$ . Тем не менее обращает на себя внимание наличие резонансного пика на частоте  $0.0322 \text{ мес.}^{-1}$ . Если принять, что погрешность измерения частоты в нашем спектральном анализе составляет величину, равную  $\Delta f/2$ , то период, соответствующий максимуму пика, оказывается равным  $2.6 \pm 1.0$  год и в пределах погрешности совпадает со средней продолжительностью квазидвухлетнего цикла. Однако из-за невысокой когерентности рядов на этой частоте наличие данного пика нельзя считать статистически значимым.

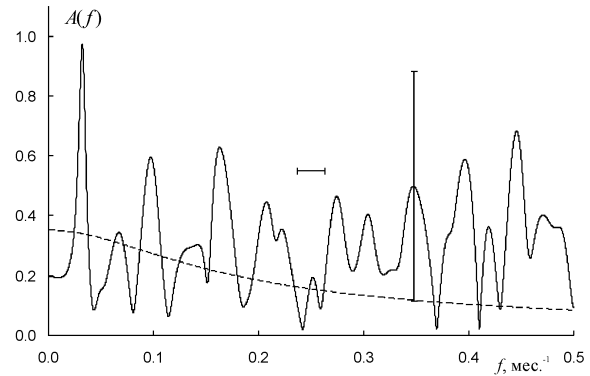


Рис. 3. Рассчитанная амплитудно-частотная характеристика земной климатической системы  $A(f)$ . Штриховой линией показана амплитудно-частотная характеристика линейной системы первого порядка с постоянной времени  $\tau = 1.31 \text{ мес}$

Основной трудностью, с которой мы сталкиваемся при проведении спектрального анализа, является сравнительно малая длина исходных временных рядов. Поэтому мы можем провести оценку  $A(f)$  только в области высоких частот. В этой области результаты анализа представляются достаточно надежными и могут быть сопоставлены с полученной нами ранее независимой оценкой импульсной передаточной характеристики ЗКС  $h(t)$  [5, 7].

Для линейной системы первого порядка, являющейся простым фильтром низких частот, амплитудно-частотная характеристика имеет вид

$$A(f) = \frac{k}{\sqrt{1 + (2\pi f\tau)^2}}, \quad (3)$$

где  $\tau$  – постоянная времени, а  $k$  – коэффициент усиления системы. Выражение (3) описывает монотонно убывающую функцию с максимумом на нулевой частоте. Такое же поведение  $A(f)$  характерно и для системы большего порядка, состоящей из параллельно включенных систем первого порядка.

Штриховой линией (см. рис. 3) схематически показана амплитудно-частотная характеристика линейной системы первого порядка с  $\tau = 1.31 \text{ мес.}$ , равной нашей оценке эквивалентной постоянной времени ЗКС. Интересно отметить, что простая модель радиационного баланса Земли, использующая предположение серой изотермической атмосферы и способная описать влияние парникового эффекта [12], дает значение постоянной времени 39 суток.

Разумеется, ожидать полного совпадения полученной частотной характеристики с нашей оценкой  $A(f)$  нельзя. Это связано как с влиянием погрешностей, так и с тем, что восстановленная функция  $h(t)$  не является спадающей экспонентой. Основываясь на нашем анализе  $A(f)$ , можно говорить только о качественном совпадении результатов. Отвлекаясь от случайных флуктуаций



$A(f)$ , вызванных влиянием погрешностей оценки, можно сделать вывод, что амплитудно-частотная характеристика ЗКС оказывается достаточно ровной и отличной от нуля вплоть до частоты Найквиста  $0.5 \text{ мес}^{-1}$ .

### Заключение

Проведенное исследование подтверждает наличие реакции климатической системы Земли на радиационное воздействие, вызванное изменением солнечной постоянной  $\Delta I(t)$ . Анализ почти сорокалетних рядов среднемесячных значений  $\Delta I(t)$  и аномалии глобально осредненной приповерхностной температуры  $\Delta T(t)$  показывает, что их взаимная корреляционная функция  $R_{I,T}(\tau)$  статистически значимо отличается от нуля при малых значениях запаздывания ряда температуры. Спектры мощности временных рядов демонстрируют наличие значимой когерентности в области высоких частот.

Наличие подобной реакции позволяет использовать  $\Delta I(t)$  в качестве зондирующего сигнала для оценки характеристик ЗКС, рассматриваемой как инвариантная во времени линейная динамическая система. При этом не накладываются никаких ограничений на вид характеристик и возможный порядок системы.

Найденная нами амплитудно-частотная характеристика  $A(f)$  ЗКС отлична от нуля вплоть до частоты Найквиста  $0.5 \text{ мес}^{-1}$ . Результаты согласуются с полученной ранее оценкой эквивалентной постоянной времени ЗКС  $1.31 \pm 0.03 \text{ мес}$ . Поведение  $A(f)$  в области высоких частот подтверждает высокую скорость реакции ЗКС на внешнее радиационное воздействие, обусловленную влиянием атмосферных процессов. Подчеркнем, что речь идет именно о скорости реакции ЗКС. Время установления системы определяется тепловой инерцией вод океана и должно многократно превышать продолжительность анализируемых рядов.

### Библиографический список

1. Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds. T. F. Stocker [et al.]. Cambridge : Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
2. Дымников В. П., Лысков В. Н., Володин Е. М. Моделирование климата и его изменений : современные проблемы // Вестник РАН. 2012. Т. 82, № 3. С. 227–336.
3. Vardavas I. M., Taylor F. W. Radiation and Climate. New York : Oxford University Press, 2007. 492 p.
4. Bogdanov M. B., Efremova T. Yu., Katrushchenko A. V. Estimation of impulse response of Earth's climate system at short time intervals // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2012. Vol. 86. P. 51–55.
5. Богданов М. Б., Червяков М. Ю. Оценка времени реакции и чувствительности земной климатической системы к радиационному воздействию // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 216–223. <https://www.doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-4-216-223>
6. Богданов М. Б., Морозова С. В., Червяков М. Ю. Влияние факторов солнечной активности на земную климатическую систему. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2021. 88 с.
7. Бендат Дж. Применения корреляционного и спектрального анализа. Москва : Мир, 1983. 312 с.
8. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. Москва : Мир, 1972. Вып. 2. 288 с.
9. Fröhlich C. Total solar irradiance : what have we learned from the last three cycles and the recent minimum? // Space Science Reviews. 2013. Vol. 176. P. 237–252.
10. Zhang H.-M., Huang B., Lawrimore J., Menne M., Smith T. M. NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 4.0. NOAA National Centers for Environmental Information. <https://www.doi.org/10.7289/V5FN144H>
11. Vose R. S., Arndt D., Banzon V. F. NOAA's merged land-ocean surface temperature analysis // Bulletin of the American Meteorological Society. 2012. Vol. 93. P. 1677–1685.
12. Coakley J. A., Yang P. Atmospheric Radiation. Weinheim : Wiley-VCH, 2014. 255 p.

Поступила в редакцию 14.01.2022; одобрена после рецензирования 02.02.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 14.01.2022; approved after reviewing 02.02.2022; accepted for publication 01.03.2022



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 88–93  
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 88–93  
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-88-93>

Научная статья  
УДК 524.3.-852-(470.44)



## Пылевая нагрузка на приземный воздух и уличные дороги в центральной (исторической) части Саратова

А. М. Неврюев<sup>✉</sup>, В. З. Макаров

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

Неврюев Александр Михайлович, заведующий лабораторией, [nevruv5@yandex.ru](mailto:nevruv5@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой, декан, [makarovvz@rambler.ru](mailto:makarovvz@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7985-8629>

**Аннотация.** В статье приведены результаты атмохимического и литохимического анализа пылевых частиц в приземном слое воздуха и пылевого смета вдоль дорожных бордюров в основных типах урбандшафтных участков центральной части Саратова.

**Ключевые слова:** пыль в городской атмосфере, запыленность воздушного бассейна, дорожный смет вдоль уличных дорог, тяжелые металлы в городской пыли, урбандшафтный участок

**Благодарности.** Авторы благодарят В. А. Гусева и Ю. В. Волкова за ценные советы и высказанные замечания при подготовке рукописи статьи.

**Для цитирования:** Неврюев А. М., Макаров В. З. Пылевая нагрузка на приземный воздух и уличные дороги в центральной (исторической) части Саратова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 88–93. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-88-93>

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

Article

### Dust load on ground air and street roads in the central (historical) part of Saratov

A. M. Nevryuev<sup>✉</sup>, V. Z. Makarov

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

Alexander M. Nevryuev, [nevruv5@yandex.ru](mailto:nevruv5@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7985-8629>

Vladimir Z. Makarov, [makarovvz@rambler.ru](mailto:makarovvz@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

**Abstract.** The article presents the results of atmochemical and lithochemical analysis of dust particles in the surface air layer and dust estimates along road curbs in the main types of urban landscape areas in the central part of Saratov.

**Keywords:** dust in the urban atmosphere, dustiness of the air basin, road estimates along street roads, heavy metals in urban dust, urban landscape area

**Acknowledgments.** The authors are thankful to Viktor A. Gusev and Yurii B. Volkov for valuable advice and comments during the preparation of the manuscript.

**For citation:** Nevryuev A. M., Makarov V. Z. Dust load on ground air and street roads in the central (historical) part of Saratov. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 88–93 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-88-93>

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

### Постановка проблемы

Пыль в городском воздухе, на дорожном асфальте вдоль обочин, на стенах зданий, на листьях деревьев является существенной проблемой для городских жителей и городских властей.

Мельчайшие частицы пыли размером в 10 микрометров и 2.5 микрометра (PM<sub>10</sub>

и PM<sub>2.5</sub>), проникая в дыхательные пути и легкие человека, в систему кровообращения, вызывают хронические заболевания, снижают иммунитет, провоцируют онкозаболевания [1]. Однако опасность пыли в городском воздухе зачастую недооценивают городские санитарные службы. Не все пункты постоянного контроля за состоянием атмосферного воздуха в Саратове



осуществляют мониторинг запыленности воздушного бассейна [2].

Сотрудники лаборатории урбоэкологии и регионального анализа Саратовского государственного университета за последние 30 лет провели пять снегохимических и три педохимические съемки территории Саратова. По итогам работы был опубликован ряд статей [3–10]. Одна из них прямо посвящена рассматриваемой проблеме [4]. В ней рассмотрены причины и факторы сильной запыленности воздушного бассейна Саратова. Анализ содержания пылевой фракции городского воздуха был выполнен по типам урболандшафтных участков. Определены объемы пылевых выпадений из атмосферы на разные участки города по данным снегогеохимических наблюдений, прямых замеров запыленности воздуха на пунктах непрерывного контроля состояния атмосферы и анализа пылевых выпадений на листву деревьев и тканые материалы. Выяснилась сложная экологическая ситуация по концентрации пыли в центральной части города в переходные климатические сезоны года и в дни с ветреной погодой. К сожалению, атмосферическая ситуация в городе

практически не меняется. Количество автомобилей в городе не так быстро, как в начале XXI в., но всё же увеличивается [6]. Качество мощения улиц и тротуаров остается низким даже в центре Саратова, затрудняя уборку пыли, площадь общегородских зеленых насаждений в результате точечной застройки уменьшается, городские газоны зачастую имеют проплешины или вытоптаны, уборка пыли вдоль дорожных обочин и полив улиц осуществляются спорадически. Поэтому проблема запыленности городского воздуха в его котловинной части остается острой и требует постоянного внимания [7].

### Специфика объекта исследования

Объектом изучения стала центральная часть Северной субкотловины Саратова, в которой расположена историческая часть города с мелкоквартирной мало-и среднеэтажной жилой застройкой, большим количеством зданий, в которых размещены магазины, кафе, прочие предприятия сферы обслуживания (рис. 1, 2). Она ограничена улицами Соколовой и Большой Садовой

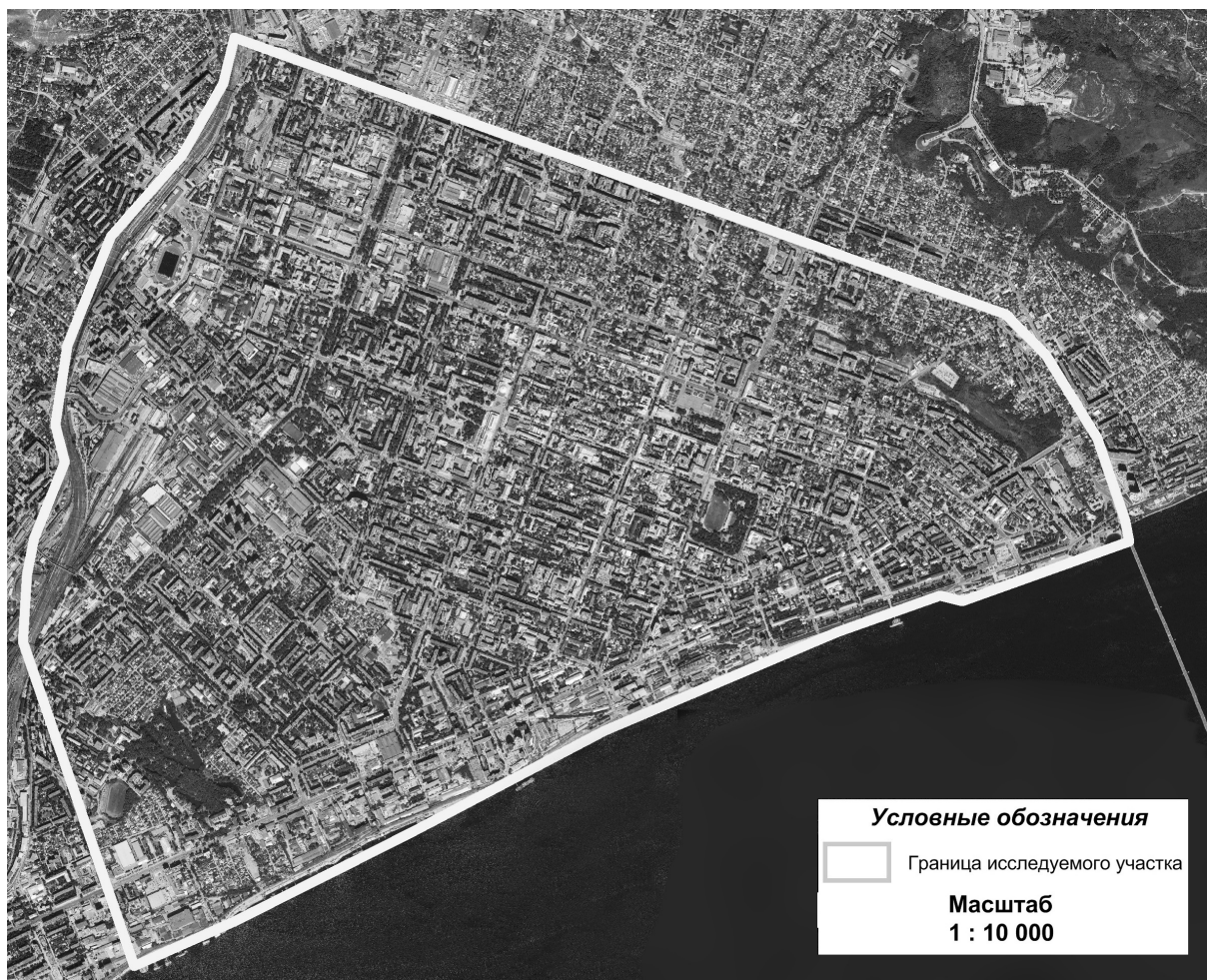


Рис. 1. Космофотокарта центральной (исторической) части г. Саратова

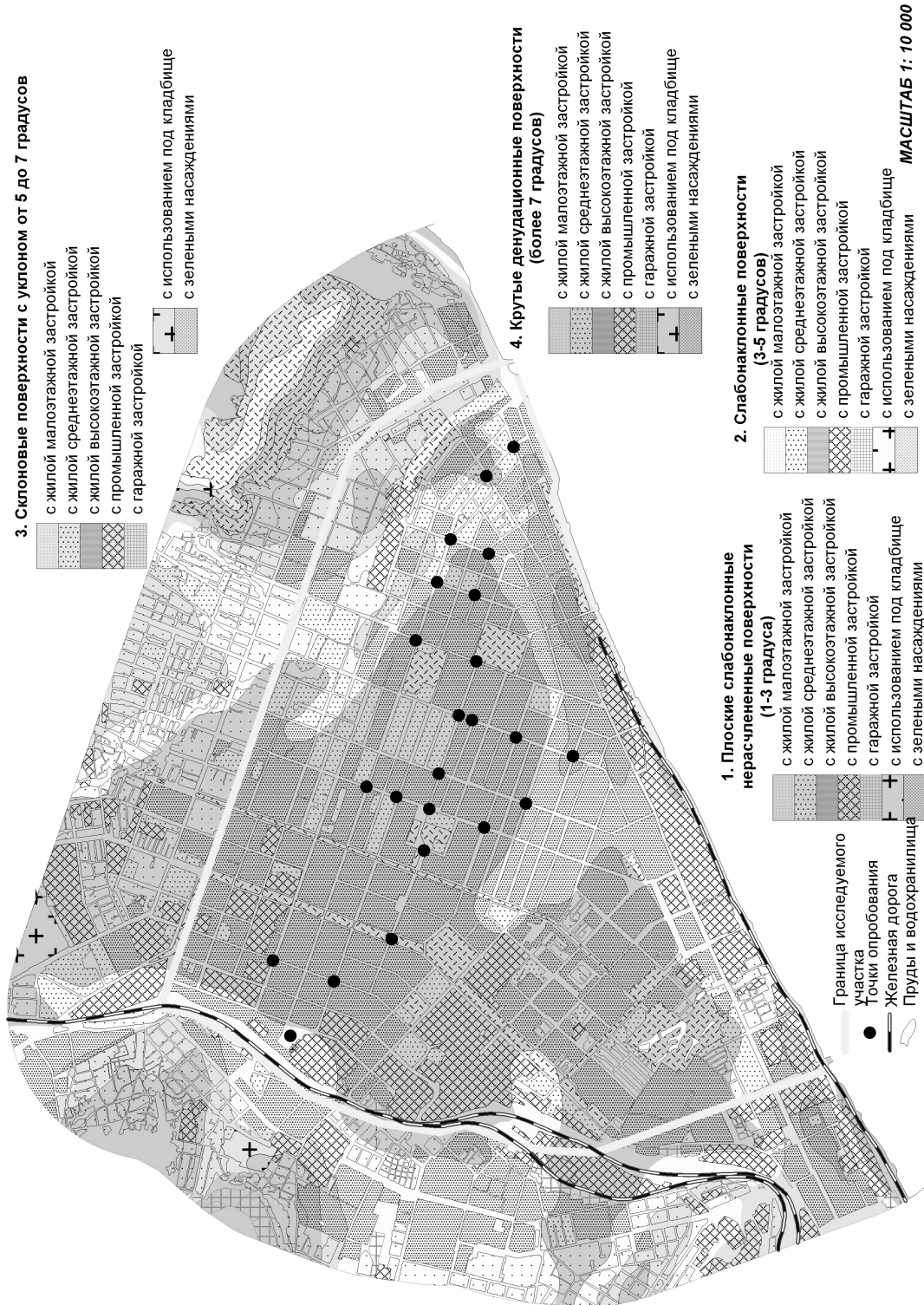


Рис. 2. Урбандишафтное районирование центральной (исторической) части г. Саратова

и примыкает к Волгоградскому водохранилищу [6, 8]. Площадь рассматриваемого городского выдела составляет 30.68 км<sup>2</sup>. На данной территории имеется 940 улиц и проездов средней протяженностью 160 км. Средняя площадь городских кварталов 8.841 км<sup>2</sup>, среднее расстояние между ними (уличными перекрестками) 20–25 м.

На улицах, вдоль тротуаров, как правило, отмечается линейное озеленение. Внутриквартальное пространство, хранящее память о купеческом прошлом Саратова, значительно озеленено, что отличает историческую часть города от остальных, более поздних селитебных выделов (см. рис. 1, 2).



**Целью** исследования стала оценка уровня пылевой нагрузки в исторической части Саратова.

**Задачами** исследования являлись:

- определение запыленности атмосферного воздуха на улицах и во внутриквартальных пространствах, во дворах центральной (исторической) части г. Саратова;
- определение плотности транспортного потока на улицах в пределах исследуемого фрагмента городской территории;
- оценка массы пылевых минеральных накоплений вдоль уличных обочин в пределах, разграничивающих кварталы улиц;
- химический анализ пылевых частиц в воздухе и уличном смете вдоль дорог и на тротуарах;
- выявление ведущих факторов загрязнения городского воздуха в различных типах урбандшафтных участков исторической части Саратова.

### Методы и привлеченные материалы

Авторы при оценке условий осаждения и рассеивания загрязнений приземного слоя воздуха (20–200 м высоты) в разных типах урбандшафтных участков (УЛУ) рассчитывали *показатель плотности улично-дорожной сети и загруженности автотранспортом*.

Определялась доля площади транспортных магистралей в центральной части Северной субкотловины от площади всего Северного урбандшафтного района Приволжской котловины [11].

При отборе проб воздуха был использован прибор «Аспиратор ПУ-3Э», рекомендованный Федеральным центром ГСЭН к широкому использованию при проведении санитарного и экологического контроля атмосферного воздуха. Работы с аспиратором производились, согласно требованиям СНиП. Фактическим материалом послужили полевые данные, собранные в период с 2019 по 2021 г. в весенне-летний периоды на 23 модельных площадках на территории центральной части г. Саратова, отражающие все типичные урбандшафтные участки этой части города.

Смет пыли с дорожных обочин осуществлялся методом, принятым при взятии проб почв и грунта при литопедохимической съемке. Пробы пыли отбирались в нескольких местах вдоль уличных бордюров с обеих сторон проезжей части и смешивались в объединенной пробе массой не менее 1.5 кг. Затем на приборе «Спектроскан G-МАКС 6006» выполнялся химический анализ пылевой фракции на предмет содержания тяжелых металлов. Были взяты 23 пробы смета.

При планировании месторасположения площадок воздухоотбора и отбора пылевых накоплений на уличных обочинах использовались также фондовые данные лаборатории урбоэкологии и регионального анализа Саратовского университета, опубликованные материалы Министерства

природных ресурсов РФ и экологии Саратовской области.

### Полученные результаты и их обсуждение

В 13 из 23 отобранных аспирационным способом пробах воздуха было выявлено превышение взвешенных веществ ПДК м.р., по данным среднего весового значения трех фильтров-отбора (таблица). Из них в четырех точках наблюдения отмечаются наибольшие показатели запыленности приземного воздуха.

Наибольшая концентрация пыли выявлена на участках улиц с высокой транспортной нагрузкой и большим количеством участков открытого незадернованного грунта. К таким участкам можно отнести следующие перекрестки улиц: Московская/Чапаева, Чапаева/проспект Кирова, Радищева/Кутякова, Радищева/проспект Кирова, Московская/Чернышевская, Набережная Космонавтов/Обуховский пер. (памятник Гагарину), Мичурина/Бабушкин Ввоз, Вольская/Большая Казачья, Рахова/Кутякова, Советская/Чапаева.

Среди факторов, влияющих на повышенную запыленность приземного слоя воздуха в центральной части Саратова, отсутствие элементарного благоустройства трамвайных путей и проезжей части дорог. Плохое качество дорожного покрытия на участках с трамвайным движением – характерная особенность центральной части Саратова. Грунт, как правило, открыт как между трамвайными колеями, так и вдоль трамвайных путей. Во время движения трамвайных вагонов поднимаются столбы пыли, которые сохраняются длительное время (рис. 3).



Рис. 3. Открытые незадернованные колеи трамвайных путей (фото А. М. Неврюева)

Как причину повышенной запыленности воздуха в городской исторической зоне отметим и постоянное вскрытие асфальтовых покрытий для ремонтных работ городских тепловодокommunikаций. Обнаженный грунт поднимается вверх проезжающим транспортом, создавая пылевое облако. Подобные участки рукотворной пылевой





**Максимальная пылевая нагрузка в точках отбора воздушных проб по данным инструментальных замеров**

Номер точки отбора	Тип УЛУ в Северной субкотловине на проувиальном шлифе	Место отбора воздушных проб	Показатель плотности улично-дорожной сети, %	Плотность транспортно-го потока, авт./час	Превышение ПДК м.р. в N раз
1	Малоэтажная застройка	Астраханская/Вавилова	64	1644	1.3
2	Среднеэтажная застройка	Московская/Чапаева	52	2472	1.1
3	Среднеэтажная застройка	Чапаева/проспект Кирова	43	1914	1.5
4	Высокоэтажная застройка	Радищева/Кутякова	73.5	2868	1.5
5	Малоэтажная застройка	Радищева/проспект Кирова	40	1092	1.1
6	Высокоэтажная застройка на четвертичной волжской террасе	Московская/Чернышевская	51	1836	1.1
7	Малоэтажная застройка на четвертичной волжской террасе	Набережная Космонавтов/Обуховский пер. (памятник Гагарину)	54.7	468	1.3
8	Высокоэтажная застройка на четвертичной волжской террасе	Мичурина/Бабушкин Взвоз	46.4	1278	1.1
9	Среднеэтажная застройка	Вольская/Большая Казачья	51	2064	1.3
10	Высокоэтажная застройка	Рахова/Кутякова	58	1632	1.5
11	Среднеэтажная застройка	Рахова/Рабочая	60.4	1674	1.6
12	Среднеэтажная застройка	Советская/Чапаева	61.7	1350	1.1
13	Малоэтажная застройка	Дегтярная/Грибова	39.8	870	1.3

зоны возникают постоянно в центре города из-за ветхого состояния городских подземных сетей и могут возникнуть в любом месте и в любое время. Такими участками в период проведения наших полевых работ были перекрестки улиц Рахова/Рабочая и Дегтярная/Грибова (рис. 4).



Рис. 4. Ремонтные работы на улице Аткарская (фото А. М. Неврюева)

Приведем результаты литохимического анализа смета пыли с обочин уличных дорог, влияющие на концентрацию тяжелых металлов.

Химический анализ проб смета выявил превышения предельно допустимых концентраций (ПДК м.р.) по отдельным химическим элементам (рис. 5). Из диаграмм следует, что среди тяжелых

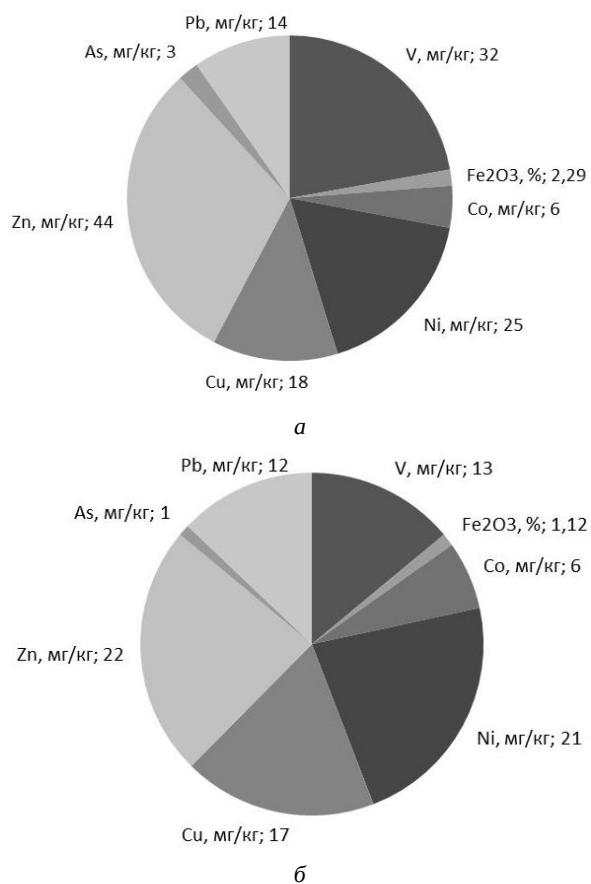


Рис. 5. Концентрация тяжелых металлов в пыли уличных обочин в центральной части г. Саратова (май, 2021 г.): а – Астраханская/Вавилова; б – Советская/Чапаева



металлов, обнаруженных в пылевых фракциях центральной части города, присутствуют высокоопасные элементы – свинец (Pb), цинк (Zn), мышьяк (As) – и умеренно опасные – кобальт (Co), медь (Cu), никель (Ni).

Наиболее часто встречающимися являются цинк, мышьяк, кобальт, медь и никель.

### Выводы

Наибольшая концентрация пыли в приземном слое воздуха выявлена на участках улиц с высокой транспортной нагрузкой, вдоль трамвайных путей и в местах с нарушенным асфальтовым покрытием во время ремонтных работ. Исследования установили высокое содержание взвешенных веществ в приземном слое воздуха.

Выявлено превышение взвешенных веществ ПДК м.р. в большинстве отобранных проб воздуха (73%).

В химическом составе проб пыли, взятых с придорожных обочин, выявлено высокое валовое содержание таких тяжелых металлов, относящихся к высокоопасным и умеренно опасным, как свинец, цинк, мышьяк. Наиболее часто встречающимися элементами в пылевых фракциях являются цинк, мышьяк, кобальт, медь и никель.

### Библиографический список

1. Орлов Р. В., Стреляева А. Б., Барикаева Н. С. Оценка взвешенных частиц PM<sub>10</sub> и PM<sub>25</sub> в атмосферном воздухе жилых зон // Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. 2013. № 1780. С. 19–21.
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2020 г. / Правительство Саратовской области ; министерство природных ресурсов и экологии Саратовской области. Саратов, 2020. 201 с.
3. Волков Ю. В., Гусев В. А., Неврюев А. М. Запыленность воздушного бассейна центральной (исторической) части г. Саратова // Современные проблемы территориального развития. 2019. № 2. С. 79–82.

4. Макаров В. З., Суровцева О. В., Чумаченко А. Н. Оценка запыленности воздушного бассейна города Саратова по данным прямых и косвенных методов наблюдений // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2014. Т. 14, вып. 1. С. 16–25.

5. Макаров В. З., Гусев В. А., Волков Ю. В., Затонский В. А., Неврюев А. М. Бенз(а)пирен в атмосфере городов Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 12–17. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>

6. Волков Ю. В., Неврюев А. М., Нерозя О. В. Комфортность велосипедных прогулок в центральной (исторической) части г. Саратова // Актуальные вопросы физического воспитания молодежи и студенческого спорта : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. Саратов : Саратовский источник, 2021. С. 179–186.

7. Волков Ю. В., Неврюев А. М. Загрязненность оксидом углерода и запыленность атмосферного воздуха в центральной части города Саратова : материалы IV Международной научно-практической конференции // Природные системы и ресурсы. 2019. № 3. С. 111–115.

8. Неврюев А. М., Поладов Э., Атаджанов А., Мельникова Е. С. Уровень запыленности и загазованности воздушного бассейна центральной части г. Саратова // Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2019. С. 93–96.

9. Макаров В. З., Конопацкова О. М., Суровцева О. В., Семеченя В. А., Чумаченко А. Н., Чумаченко Н. А. Онкогеографические исследования в Саратове : итоги и перспективы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 1. С. 31–36.

10. Клименко А. П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли. Москва : Химия, 1978. 208 с.

11. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2001. 176 с.

Поступила в редакцию 10.02.2022; одобрена после рецензирования 27.02.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 10.02.2022; approved after reviewing 27.02.2022; accepted for publication 01.03.2022

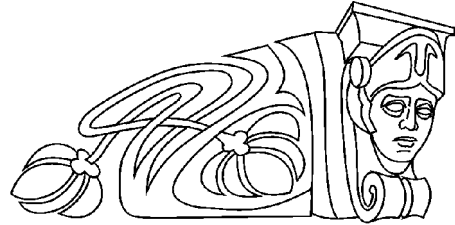


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 94–100  
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 94–100  
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-94-100>

Научная статья  
УДК [[316.7:663.2/663.5]:616-036.21](470+571)

## Влияние пандемии COVID-19 на потребление алкоголя в России (территориальный аспект)



С. С. Самонина

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

Самонина Светлана Сергеевна, кандидат географических наук, доцент, [samonina\\_svetlana@mail.ru](mailto:samonina_svetlana@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1516-2857>

**Аннотация.** Проведен анализ изменения потребления алкоголя населением России в период с января 2019 г. по декабрь 2020 г. в условиях развития пандемии COVID-19. Рассмотрены основные психологические и социальные причины роста количества и частоты употребления алкоголя в этот период, а также выявлено несоответствие годовой динамики продаж алкогольных напитков и темпов развития эпидемии. Показано, что во время эпидемии коронавируса выросла продажа крепких алкогольных напитков – водки и ликероводочных изделий с содержанием алкоголя больше 25%. Выделены группы районов с положительной и отрицательной динамикой продаж алкоголя в период пандемии.

**Ключевые слова:** пандемия COVID-19, потребление алкоголя, территориальные различия, Россия

**Благодарности.** Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-33.2020.5).

**Для цитирования:** Самонина С. С. Влияние пандемии COVID-19 на потребление алкоголя в России (территориальный аспект) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 94–100. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-94-100>

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

Article

### The impact of the COVID-19 pandemic on alcohol consumption in Russia (territorial aspect)

S. S. Samonina

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

Svetlana S. Samonina, [samonina\\_svetlana@mail.ru](mailto:samonina_svetlana@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1516-2857>

**Abstract.** The analysis of changes in alcohol consumption by the population of Russia for the period from January 2019 to December 2020 in the context of the development of the COVID-19 pandemic was made. The main psychological and social reasons for the increase in the amount and frequency of alcohol consumption during this period are considered, and a discrepancy between the annual dynamics of alcoholic beverages sales and the development of the epidemic is revealed. It is shown that during the coronavirus epidemic sales of strong alcoholic beverages – vodka and liquor products with an alcohol content of more than 25% – are increased. Groups of regions with positive and negative dynamics of alcohol sales during the pandemic were identified.

**Keywords:** COVID-19 pandemic, alcohol consumption, territorial differences, Russia

**Acknowledgments.** This work was supported by the grant from the President of the Russian Federation (project МК-33.2020.5).

**For citation:** Samonina S. S. The impact of the COVID-19 pandemic on alcohol consumption in Russia (territorial aspect). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 94–100 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-94-100>

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

### Введение

Пандемия COVID-19, поразившая население планеты в последние три года, не только принесла человечеству множество новых, неожиданных проблем, но и обострила существующие. Социальная, экономическая и психологическая

напряженность, изменившиеся условия трудовой деятельности, отсутствие возможностей для полноценного общения и отдыха явились факторами, усугубившими многие проблемы общества, в том числе и рост алкоголизации населения.



## Материалы и методы

Проблемам влияния коронакризиса на развитие некоторых социальных заболеваний (в том числе алкоголизм) посвящено международное исследование Global Drug Survey. В нем приняли участие более 55 000 человек из разных стран мира. Опрос длился 7 недель с мая по июнь 2020 г. Графический анализ опубликованных причин увеличения потребления алкоголя выполнен в программе MS Excel-2013.

Для проведения анализа потребления алкогольной продукции населением России в период пандемии COVID-19 были использованы статистические материалы о розничных продажах алкогольных напитков и пивоваренной продукции в период с 01.01.2019 г. по 31.12.2020 г. Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС). Графический анализ выполнен в программе MS Excel-2013.

Районирование территории России по потреблению алкоголя на душу населения в пересчете на чистый спирт, а также по изменению его потребления в период пандемии COVID-19 проведено по данным о розничных продажах алкогольной продукции в регионах Российской Федерации в 2019 г. и 2020 г. Федеральной службы по регулированию алкогольного рынка. Графический анализ выполнен в программе Paint.NET.

## Результаты и их обсуждение

В течение 2020 г. население России перенесло две волны коронавируса. Во время первой волны, с конца марта по май 2020 г., количество новых заражений не поднималось выше 12 тыс. в сутки. Коронавирус распространялся главным образом среди населения Москвы и других крупных городов, а оттуда с возвратной миграцией перемещался в регионы. За первые 47 дней эпидемии, к 1 мая 2020 г., количество инфицированных в стране превысило 114 тыс. человек. Только через 10–12 дней после этого началось снижение численности заболевших в Москве, но за ее пределами рост заражений продолжался до середины июня. Вторая волна, с конца сентября 2020 г. по апрель 2021 г., оказалась намного мощнее и серьезно затронула большую часть регионов России. На пике количество заражений достигало 30 тыс. в сутки. Всего по итогам 2020 г. было инфицировано 3159,3 тыс. человек [1].

Рост заболеваемости населения сопровождался разного рода ограничениями, такими как:

- масочный и перчаточный режим как в помещении, так и в транспорте и на улицах;
- изоляция (локдаун с 1 апреля по 12 мая 2020 г. и самоизоляция в октябре);
- пропускной режим передвижения, введенный в городах;
- прекращение работы в период локдауна частью трудящихся и переход остальных

работающих на дистанционные формы деятельности;

- проблемы со связью;
- закрытие учреждений образования и культуры, сферы обслуживания, ограничение работы предприятий общественного питания, торговли;
- вынужденное снижение физической активности;
- ограничение контактов, как личных, так и социальных.

В условиях неопределенности, разноречивой и все более тревожной информации, поступающей из разных стран мира, внезапно изменившихся экономических и социальных отношений, противоречивых административных мер борьбы с нарастающей пандемией произошло изменение многих форм жизни населения, среди которых главными были разные виды изоляции и ее производные. В ряде субъектов Российской Федерации введены дополнительные меры административной ответственности за нарушение установленных ограничений. Страх за себя и своих близких, одиночество или, наоборот, необходимость постоянного нахождения в одном, часто небольшом пространстве с одними и теми же людьми, скука и неуверенность в завтрашнем дне вызвали обострение проблемы алкоголизма во всем мире.

Согласно материалам Global Drug Survey, за период пандемии COVID-19 потребление алкоголя в мире не уменьшилось, а значительно возросло за счет того, что люди стали чаще выпивать, вынужденно находясь дома. При этом 43% респондентов заявили, что стали чаще употреблять алкогольные напитки, а 36% опрошенных указали, что в последнее время они пьют спиртное в большем объеме. В опросе приняли участие 58 811 человек из Германии, Франции, Великобритании, Ирландии, Австрии, Нидерландов, Швейцарии, Австралии, Новой Зеландии, Бразилии и США. Более 75% опрошенных подтвердили, что, находясь в одиночестве, они употребляли алкоголь [2].

Многим кажется, что пандемия не закончится никогда, поэтому люди начинают беспокоиться не только о собственном здоровье, а также друзей и близких, но и о том, как жить дальше. Когда волнение и скука становятся невыносимыми, алкоголь кажется хорошим способом отвлечься и расслабиться, причем нередко – уже в первой половине дня. Изоляция и дистанционный режим работы привели к тому, что люди перестали ощущать контроль со стороны общества. К тому же изменения в графике работы, свободный режим дня, снижение физической и социальной активности послужили дополнительными факторами привлекательности алкоголя.

Судя по результатам опроса Global Drug Survey, наиболее распространенные причины изменения привычек, связанных с потреблением алкоголя, – это наличие свободного времени (так



ответили 42% респондентов) или просто скука (41%). Значительная часть участников опроса заявили также, что пытаются при помощи алкоголя нивелировать страхи и заботы, вызванные коронакризисом (рис. 1).

Результаты исследования подтверждают также наблюдения психиатров и психотерапевтов, согласно которым во время пандемии в стране возросло потребление алкоголя, сигарет и наркотиков, как следствие, увеличилось число психических расстройств. По данным страхового общества ргонова ВКК, в котором застрахованы 650 000 человек, шесть из десяти терапевтов стали чаще диагностировать у своих пациентов проблемы с алкоголем [3].

Аналогичная ситуация с потреблением алкоголя происходит и в России. Если в течение последних десяти лет прослеживалась четкая динамика снижения объемов потребляемого населением алкоголя (с 15 литров до 6.1 на душу населения в пересчете на этанол), то с 2020 г. начался обратный процесс: только за этот год потребление алкоголя увеличилось на 2.5%. Конечно, территориальные различия в потреблении алкоголя очень велики: от 150 мл до почти 12 л на душу населения.

Субъектами Российской Федерации с наименьшими объемами реализации алкогольной продукции в 2020 г. являются Ингушетия, Чеченская Республика (менее 0.2 л/чел.), Аляния, Дагестан, Кабардино-Балкария (менее 1 л/чел.).

Наибольшее количество алкоголя на душу населения было продано в окраинных, «маргинальных» с точки зрения развития территориально-общественных систем субъектах Российской

Федерации – регионах европейского Севера и Дальнего Востока [4]. Больше всего купили ликероводочных изделий (ЛВИ) в 2020 г. жители Сахалинской области (11.64 л/чел.), Республики Карелия (11.18 л/чел.) и Магаданской области (11.15 л/чел) (рис. 2). Еще в 15 регионах России, в том числе и в Московской области, потребление чистого алкоголя составляет более 8 литров на человека в год, что, по оценкам Всемирной организации здравоохранения, превышает безопасный для здоровья уровень [5].

К медицинским, социальным и психологическим проблемам населения в 2020 г. прибавились экономические – стагнация экономики, рост безработицы, снижение уровня жизни. К 01.09.2020 г. уровень безработицы в стране вырос на 30% и достиг 6.5%. Экономическая помощь государства носила выборочный характер, что не могло не сказаться на образе жизни людей, в частности на употреблении алкоголя как попытки психосоциальной адаптации к условиям эпидемии.

То, что потребление алкоголя в период пандемии было одним из способов решения социальных и психологических проблем, а также снятия стресса, подтверждает динамика продаж алкогольных напитков. Так, в январе-феврале 2020 г. объемы реализации водки (показательны продажи именно этого напитка как наиболее массового) практически не отличались от значений предшествующих лет, но уже в марте 2020 г. был отмечен рост продаж (рис. 3). За первые три месяца пандемии, с марта по май включительно, прирост продаж составил 5.5%, или 949.9 тыс.



Рис. 1. Причины увеличения потребления алкоголя в первые месяцы пандемии COVID-19. Сост. по: [2]

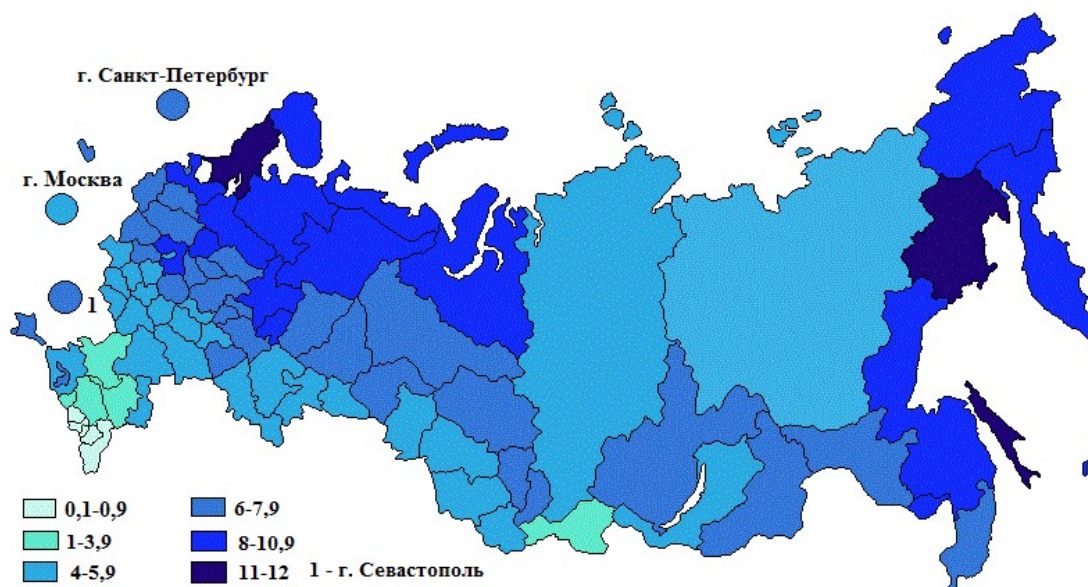


Рис. 2. Распределение субъектов Российской Федерации по потреблению чистого спирта (литров этанола) на душу населения, 2020 г. Сост. по: [4] (цвет online)

дал (декалитров). Большое количество праздничных дней, приходящихся на этот период, конечно, сказывается в какой-то степени на динамике потребления алкоголя, что подтверждается данными предыдущих лет. Но то, что увеличившиеся в марте 2020 г. продажи водки сохранились и в следующие два месяца (прошлогодние показатели апреля превышены на 9.6%), свидетельствует о росте психологического напряжения в обществе. Далее, до сентября включительно, различия в продажах 2019–2020 гг. сократились до 2.5% (364.7 тыс. дал). Следующий заметный разрыв в объемах реализации водки пришелся на октябрь, но показатели здесь отличаются меньше (+3.8%) [6]. В целом продажи водки в период

с 2019 по 2020 г. увеличились на 2.2% и достигли 72577.8 тыс. декалитров.

Продажи ликероводочных изделий с содержанием спирта свыше 25%, значительно увеличившиеся за 2020 г., подтверждают эту тенденцию. При общем росте потребления крепких ЛВИ (в среднем на 18.6%) наибольшие разрывы в объемах их потребления по сравнению с предыдущим годом пришлось на апрель (+27.4%), октябрь (+25,%) и декабрь (+25.6%) [6] (рис. 4). Такое значительное увеличение потребления именно этого вида алкогольной продукции обусловлено, вероятно, большей ценовой доступностью данных напитков и финансовыми затруднениями у населения из-за эпидемии.

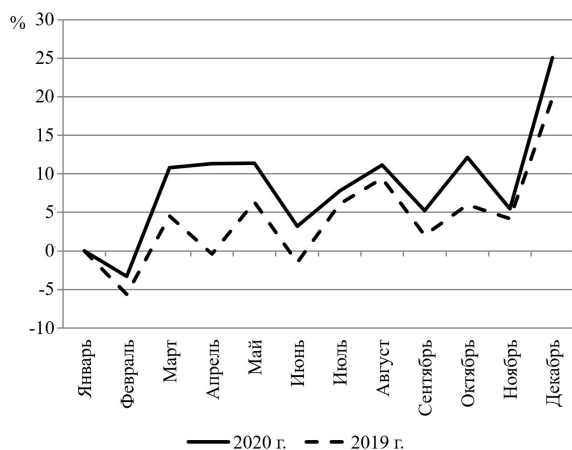


Рис. 3. Динамика продаж водки в Российской Федерации в 2019–2020 гг., % к началу года. Сост. по: [6]

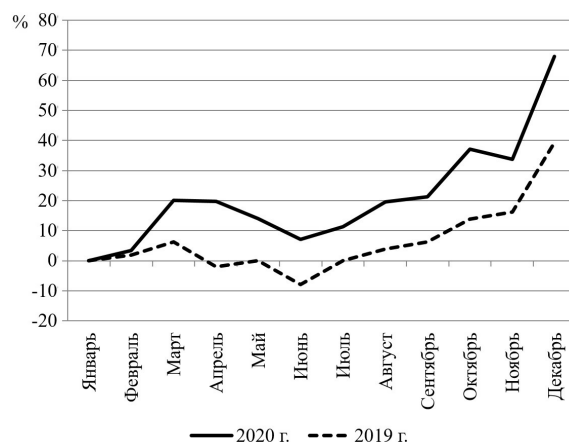


Рис. 4. Динамика продаж ликероводочных изделий с содержанием спирта свыше 25% в Российской Федерации в 2019–2020 гг., % к началу года. Сост. по: [6]



В то же время объемы продаж коньяка практически не изменились (–1%) [6], так же как и годовая динамика потребления (рис. 5).

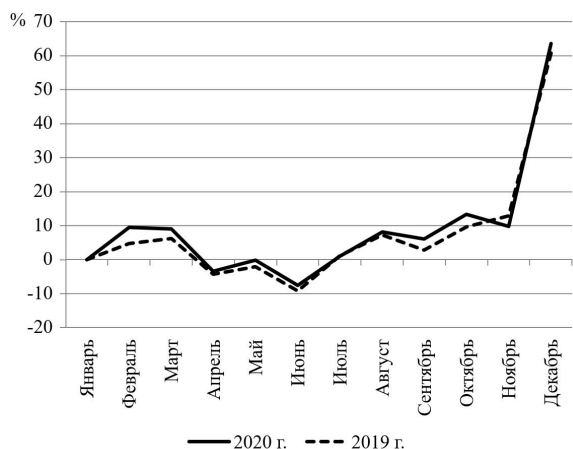


Рис. 5. Динамика продаж коньяка в Российской Федерации в 2019–2020 гг., % к началу года. Сост. по: [6]

Объемы розничных продаж ликероводочных изделий с небольшим содержанием этанола в 2020 г. увеличились в меньшей степени (+6.3%) [6]. Динамика их продаж в общем совпадает с реализацией крепких спиртных напитков (кроме коньяка). Увеличение объемов продаж пришлось на периоды март – май и август – октябрь. Причем если наибольшие изменения объемов продаж крепких спиртных напитков в 2019–2020 гг. пришлись на период первой волны пандемии, то самый заметный рост продаж ЛВИ с меньшим содержанием спирта пришелся на вторую волну, с максимальным значением в октябре 2020 г. (+11.3) (рис. 6).

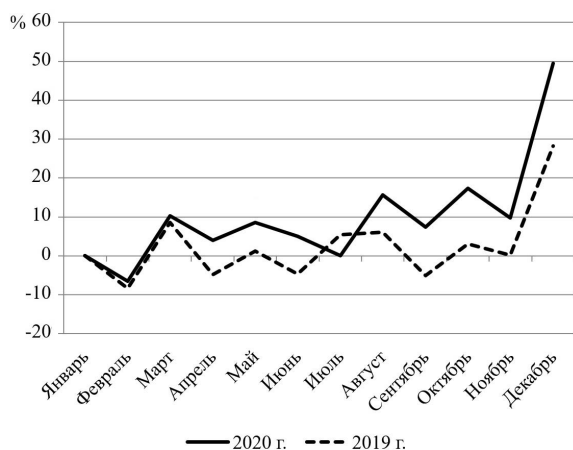


Рис. 6. Динамика продаж ликероводочных изделий с содержанием спирта до 25% в Российской Федерации в 2019–2020 гг., % к началу года. Сост. по: [6]

Увеличение продаж пива и пивных напитков в 2020 г. составило 4.1% (к предыдущему году, причем основной прирост пришелся на 3-й квартал, т. е. имел ярко выраженный сезонный характер [7] (рис. 7).

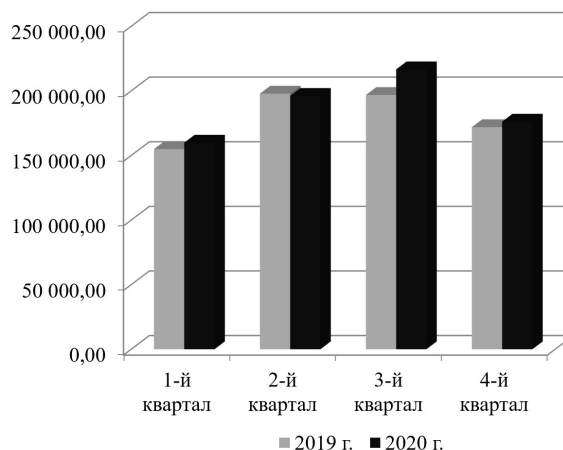


Рис. 7. Динамика розничных продаж пива и пивных напитков в Российской Федерации в 2019–2020 гг., тыс. декалитров. Сост. по: [7]

Таким образом, главной тенденцией роста потребления алкоголя в 2020 г. можно считать увеличение продаж крепких напитков, причем пики потребления пришлись на первую и вторую волну пандемии COVID-19. С ростом продаж крепких спиртных напитков связано и увеличение популярности поисковых запросов в Интернете на доставку алкоголя, которые почти всегда подразумевают именно крепкие напитки.

К сожалению, государственная статистика продаж спиртных напитков не отражает их реального потребления из-за трудности учета продаж нелегального алкоголя, а также произведенного в домашних условиях. Не случайно анализ запросов в Интернете показал высокую частоту обращений «куплю самогон, самогонный аппарат» [8].

В соответствии с приложением 1 к приказу Минздрава России № 575 от 30.07.2019 г. доля потребления населением незарегистрированного крепкого алкоголя составляла в 2017 г. 52.9% от общего количества, хотя есть и более высокие оценки [9]. Причем динамика его потребления, прослеженная за 10 лет, показывала в общем стабильные показатели на фоне снижения зарегистрированных продаж (рис. 8). В период пандемии алкоголь, в том числе и нелегальный, продавался в магазинах вместе с товарами первой необходимости.

Следует отметить, что динамика продаж крепких напитков не совпадала с этапами развития эпидемии: резкий рост продаж начался при первых случаях заражения (2.2 тыс. во второй половине марта 2020 г.). Относительный максимум продаж пришелся на апрель, а пик новых случаев заражения коронавирусом – на май. В дальнейшем общее количество зараженных продолжало расти. На этом фоне количество продаж водки стало снижаться. Такое соотношение динамики продаж алкогольной продукции и распространения инфицированности населения, возможно,

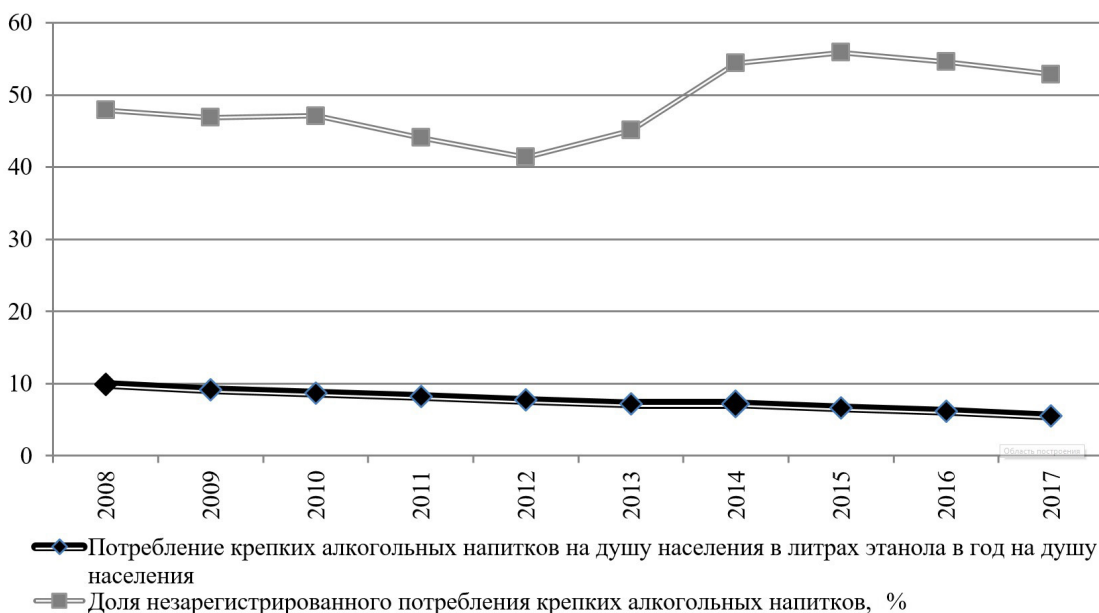


Рис. 8. Динамика потребления крепких алкогольных напитков в Российской Федерации. Сост. по: [9]

говорит о том, что стимулом роста продаж спиртного, помимо самой эпидемии, является также информационная ситуация. Мог быть еще один повод увеличения продаж алкоголя – создание запасов на случай его возможного ограничения в будущем [10].

Еще более интересны территориальные различия в изменении потребления алкогольной продукции в России (рис. 9). Если в целом, как

упоминалось выше, потребление алкоголя в Российской Федерации увеличилось на 2.5%, то в Забайкальском крае оно составило более 48%, во Владимирской области – более 39% и в Республике Северной Осетии – Алании – более 25% (правда, общее потребление алкоголя в республике небольшое, менее 1 л чистого этанола на душу населения в год). Отмечается довольно значительное увеличение потребления алкоголя

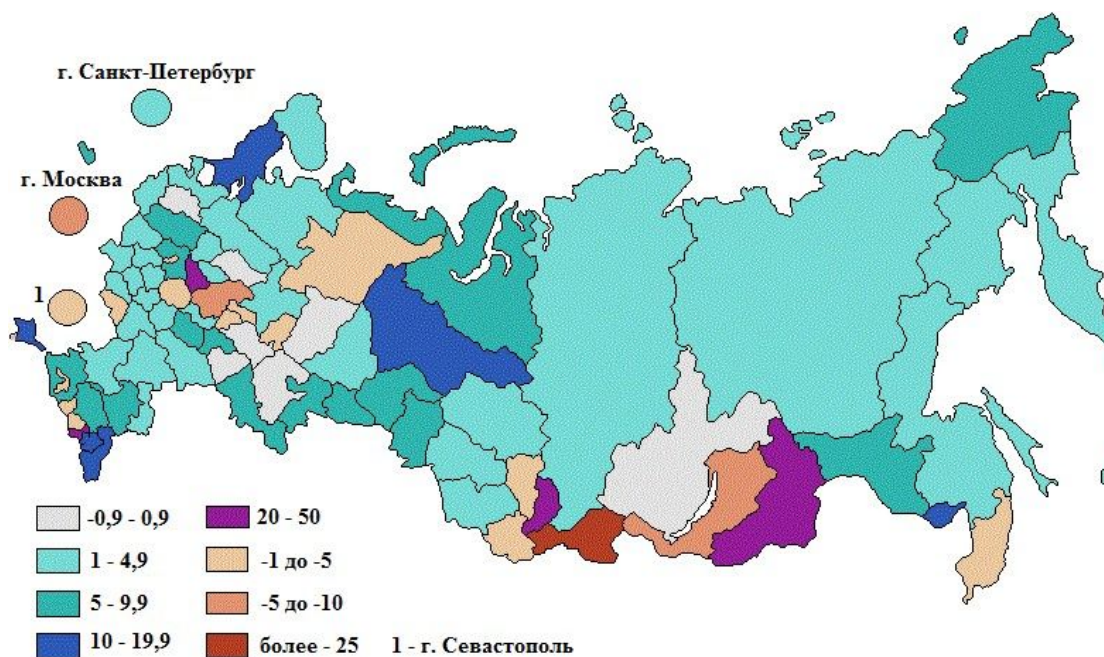


Рис. 9. Динамика продаж алкогольной продукции по регионам Российской Федерации в 2019–2020 гг., %. Сост. по: [5] (цвет online)





населением мусульманских республик Северного Кавказа. Так, в Республике Дагестан за 2020 г. потребление алкоголя увеличилось на 12.3%, а в Чеченской Республике – более чем на 11%. Эти изменения согласуются с общемировыми тенденциями – пандемия коронавируса сопровождается ростом потребления алкоголя, причем даже в регионах, где религиозные обычаи и традиции общества запрещают как продажу, так и распитие алкогольных напитков. Так, в Индии отмечен бурный рост потребления суррогатов после начала изоляции, а также большое число тяжелых отравлений, часто с летальным исходом. В начале эпидемии случаи отравления с массовой гибелью людей наблюдались также в мусульманском Иране.

В то же время в 15 регионах России потребление алкоголя снизилось: от 2% в Удмуртии до 10% в Бурятии и на 28% в Республике Тыва. Ожидаемо снизилось потребление алкоголя на Северном Кавказе – Адыгее, Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкессии. Снизилось также потребление алкоголя в республиках Алтай, Марий Эл, Кемеровской и Нижегородской областях. Потребление алкоголя в Москве снизилось на 5.8% и в Севастополе – на 3.5% [5].

Подводя итог, следует сказать, что полученные результаты о тенденциях в динамике и территориальных различиях в потреблении алкоголя в России в период пандемии COVID-19 в целом согласуются с общемировыми тенденциями:

- страх заражения коронавирусом является значимой, но не главной причиной роста количества и частоты употребления алкоголя, так как чаще причинами являются избыток свободного времени, скука и проблемы в семье, обостренные вынужденной изоляцией;
- рост спроса в 2020 г. на крепкие алкогольные напитки: водку и ликероводочные изделия с содержанием спирта свыше 25%, значительный рост потребления последних свидетельствует как о популярности более дешевых алкогольных напитков, так и о расширении потребительской группы, что косвенно подтверждается увеличением потребления и менее крепких ЛВИ и пива;
- динамика продаж алкогольных напитков не совпадает с динамикой развития пандемии COVID-19: пики потребления пришлись на апрель и октябрь 2020 г., т. е. скорее связаны с вынужденной изоляцией населения и его психосоциальными проблемами;
- в большей части субъектов РФ пандемия вызвала рост объема продаж алкогольных напитков, но в то же время в части регионов ситуация не изменилась, а в некоторых

спрос на алкоголь даже снизился: различия объясняются как региональными социально-экономическими особенностями, так и спецификой протекания коронакризиса.

#### Библиографический список

1. Коронавирус в России. URL: <https://index.minfin.com.ua/reference/coronavirus/geography/russia/> (дата обращения: 02.02.2022).
2. GDS COVID-19 Special Edition : Key Findings Report. URL: <https://www.globaldrugsurvey.com/gds-covid-19-special-edition-key-findings-report/> (дата обращения: 02.02.2022).
3. Эксперты бьют тревогу : из-за пандемии в мире обострилась проблема алкоголизма. URL: <https://www.dw.com/ru/jeksperty-bjut-trevogu-iz-za-pandemii-v-mire-obostrilas-problema-alkogolizma/a-56512100> (дата обращения: 02.02.2022).
4. Преображенский Ю. В., Цоберг О. А. Подходы к изучению деградации территориальных общественных систем // Вестник Тверского государственного университета. Серия : География и геоэкология. 2016. № 2. С. 129–138.
5. Основные показатели, характеризующие рынок алкогольной продукции в 2018–2020 годах // Статистический сборник / Федеральная служба по регулированию алкогольного рынка. URL: [https://fsrar.gov.ru/files/24382\\_статсборникрар\\_2018-2020.pdf](https://fsrar.gov.ru/files/24382_статсборникрар_2018-2020.pdf) (дата обращения: 02.02.2022).
6. Розничная продажа алкогольной продукции в натуральном выражении / Единая межведомственная информационно-статистическая система (Федеральная служба государственной статистики). URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57614> (дата обращения: 02.02.2022).
7. Розничная продажа пива, пивных напитков, сидра, пуаре и медовухи в натуральном выражении / Единая межведомственная информационно-статистическая система (Федеральная служба государственной статистики). URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57961> (дата обращения: 02.02.2022).
8. Немцов А. В., Гридин Р. В., Чо Е. Г. Оценка потребления нелегального алкоголя по запросам в интернете // Вопросы наркологии. 2020. № 3. URL: [https://sk.skolkovo.ru/storage/file\\_storage/89d159ea-f66a-4275-9594-53416c026c66/SKOLKOVO\\_CMDC\\_2020-06-01\\_001.pdf](https://sk.skolkovo.ru/storage/file_storage/89d159ea-f66a-4275-9594-53416c026c66/SKOLKOVO_CMDC_2020-06-01_001.pdf) (дата обращения: 05.02.2022).
9. Об утверждении методики оценки среднедушевого потребления алкоголя в Российской Федерации : приказ Минздрава РФ от 30.07.2019 № 575. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=342898> (дата обращения: 04.02.2022).
10. Немцов А. В., Гридин Р. В. Косвенные показатели потребления алкоголя во время эпидемии коронавируса в России // Вопросы наркологии. 2020. № 10 (193). С. 16–33.

Поступила в редакцию 09.02.2022; одобрена после рецензирования 25.02.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 09.02.2022; approved after reviewing 25.02.2022; accepted for publication 01.03.2022

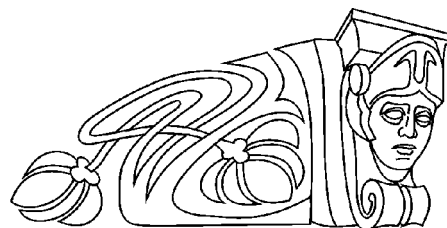


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 101–106  
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 101–106  
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-101-106>

Научная статья  
УДК 314(470.44)

## Демографическая ситуация в Саратовской области (2010–2021 гг.)



С. В. Уставщикова

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

Уставщикова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент, sveus1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0816-9866>

**Аннотация.** Анализ текущей демографической ситуации является актуальным, так как в области являются отрицательными как демографический, так и миграционный приросты. В настоящей статье проанализированы основные индикаторы демографического развития региона в условиях пандемии COVID-19 на фоне предшествующих лет.

**Ключевые слова:** рождаемость, смертность, ожидаемая продолжительность жизни, постарение населения

**Для цитирования:** Уставщикова С. В. Демографическая ситуация в Саратовской области (2010–2021 гг.) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 101–106. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-101-106>

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

Article

### Demographic situation in Saratov region (2010–2021)

S. V. Ustavshchikova

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

Svetlana V. Ustavshchikova, sveus1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0816-9866>

**Abstract.** The analysis of the current demographic situation is relevant since both demographic and migration growth are negative in the region. This article analyzes the main indicators of the demographic development of the region in the context of the COVID-19 pandemic against the background of previous years.

**Keywords:** fertility, mortality, life expectancy, population aging

**For citation:** Ustavshchikova S. V. Demographic situation in Saratov region (2010–2021). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 101–106 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-101-106>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

### Введение

Современная демографическая ситуация в Саратовской области сформировалась под влиянием как общероссийских, так и специфических региональных социально-экономических, социокультурных и демографических процессов, происходивших в предыдущее десятилетие [1]. Изменение демографических показателей происходит при отрицательном естественном приросте населения на протяжении, в частности, последнего десятилетия, и при миграционном его оттоке из региона.

### Материалы и методы

Анализ демографического развития и влияние миграции на демографическую ситуацию в Саратовской области за 2010–2021 гг. проведен

по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), территориальных органов Федеральной службы государственной статистики. Проанализированы тенденции (направление движения) показателей: коэффициента суммарной рождаемости, ожидаемой продолжительности жизни, возрастной структуры и миграционного прироста за период 2010–2021 гг. Графический анализ выполнен в программе MS Excel-2013.

### Численность населения и компоненты ее изменения

За период с 2010 по 2021 г. численность населения Саратовской области сократилась на 140,3 тыс. человек (рис. 1). При этом основной вклад в снижение численности населения региона за указанный период внесла убыль городских жителей (51,8%).

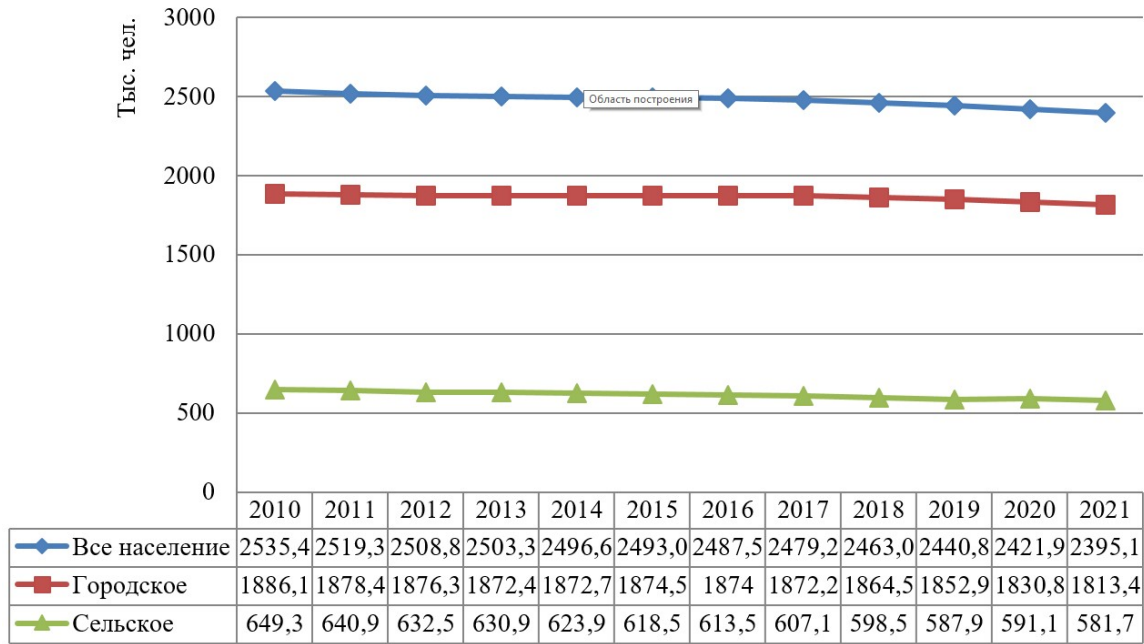


Рис. 1. Динамика численности населения Саратовской области за 2010–2021 гг, тыс. человек, на начало года [2]

На снижение численности населения области за рассматриваемый период в большей мере повлияла его естественная убыль (рис. 2). Максимальный размер естественной убыли был в 2020 г.

С 2010 по 2020 г. общий коэффициент рождаемости в Саратовской области снизился с 10,8 до 7,7 случая на 1000 человек (28,7%). За этот же период времени коэффициент смертности в регионе вырос с 15,7 случаев до 16,8 на 1000 насе-

ления (7%). В результате тенденций в динамике показателей рождаемости и смертности наблюдалось снижение коэффициента естественной убыли населения (с  $-4,9$  до  $-9,1$  на 1000 населения). При этом в Саратовской области естественное движение населения характеризовалось менее благоприятными параметрами по сравнению с общероссийской ситуацией: по данным 2020 г., общий коэффициент рождаемости был ниже среднего по стране на 2,1 промилле, тогда

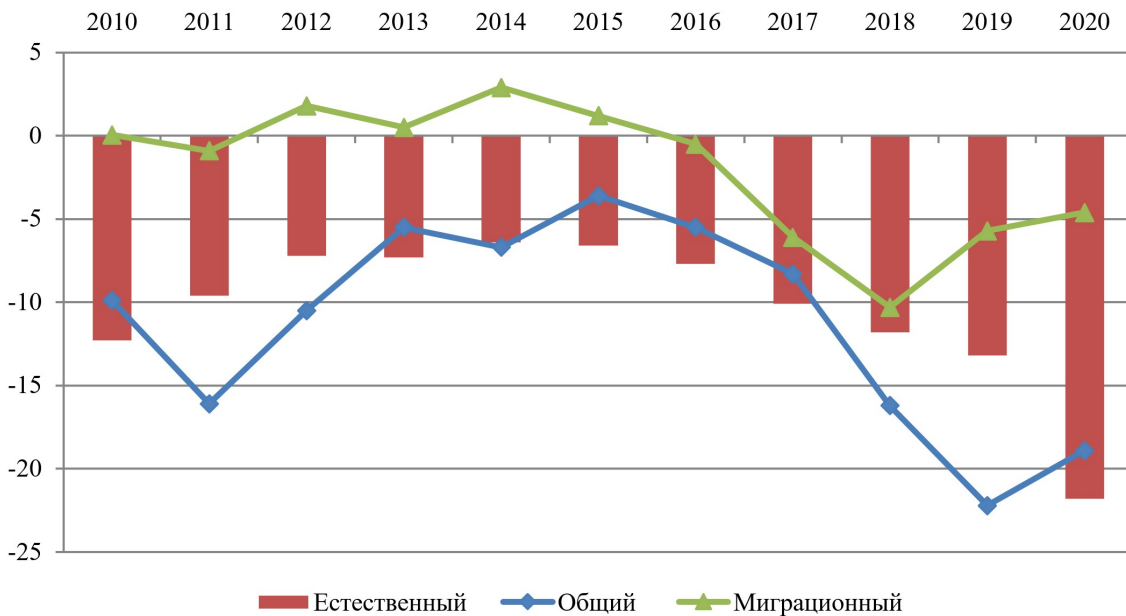


Рис. 2. Компоненты изменения численности населения Саратовской области за 2010–2020 гг, тыс. человек [2]



как коэффициент смертности, наоборот, вырос на 1,8 промилле, а коэффициент естественной убыли превышал средний по стране (–9,1 против –4,8 на 1000 чел. населения по РФ).

### Половозрастная структура населения

Анализ динамики половозрастной структуры населения Саратовской области на начало 2021 г. позволил выявить специфические черты. Наибольшие «впадины» возрастной пирамиды приходятся на возрастные группы 75–79 лет (поколения «детей войны»), 50–54 года (поколение детей «детей войны») и 15–24 года (поколения кризисных лет 1990-х– начала 2000-х гг.). За 2020 г. родилось меньше детей, чем за 2019 г. (время COVID-19). В половозрастной пирамиде населения региона на 2021 г. обращает на себя внимание выраженная гендерная диспропорция, проявляющаяся в существенном превалировании численности женского населения над мужским в группах старше 40 лет. Так, на 1000 мужчин в возрастной группе 40–44 года приходится 108 женщин, в возрастной группе 65–69 лет на 1000 мужчин приходится 163 женщины. В группе 75 лет и старше женщин больше в 2,7 раза.

В возрастной структуре населения Саратовской области прослеживается тенденция увеличения его удельного веса в возрасте 65 лет и старше, что выступает маркером демографического старения. Согласно шкале старения, предложенной Отделом статистики ООН, насе-

ление региона можно отнести к «старому», так как доля возрастной категории 65 лет и старше в общей численности превышает 7% и составляет 17,8%. Женщин в возрастной категории 65 лет и старше 67,1%.

### Демографическая нагрузка на трудоспособное население

Общая демографическая нагрузка на трудоспособное население в области растет. В 2020 г. ее значение достигло 795 человек на 1000 трудоспособного населения (рис. 3). Более быстро растет нагрузка населением старше трудоспособного возраста (с 405 до 495 человек). Нагрузка младшей возрастной группой тоже выросла, тем не менее в общей нагрузке она составляет 37,7%.

### Рождаемость населения

В 2010 г. суммарный коэффициент рождаемости в Саратовской области составлял 1,398 ребенка на 1 женщину репродуктивного возраста, в 2020 г. – только 1,231. В регионе продолжается снижение интенсивности рождений среди сельского населения, происходит выравнивание с городским. Изменения в показателях рождаемости во многом объясняются трансформацией ее возрастных параметров, в частности возрастных коэффициентов рождаемости. Так, например, если в 2010 г. возрастные коэффициенты рождаемости в Саратовской области наибольшего значения достигали в возрастной группе 20–24 года, то в настоящее время максимальное

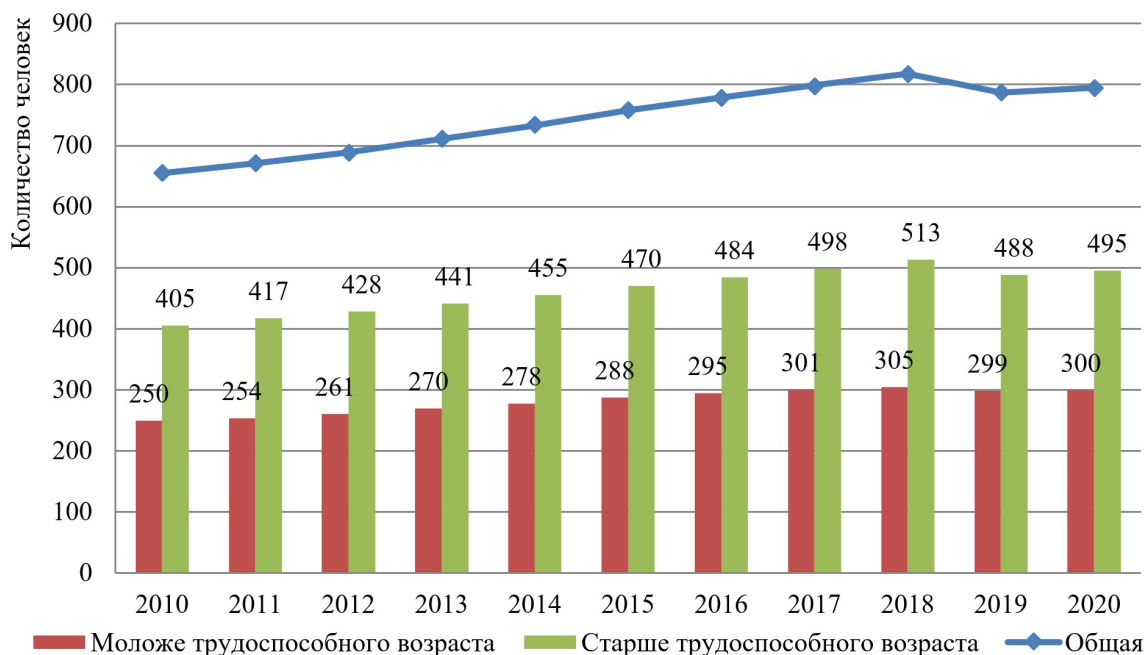


Рис. 3. Коэффициенты демографической нагрузки на трудоспособное население Саратовской области в 2010–2020 гг., человек на 1000 населения трудоспособного возраста [2]



число рождений приходится на возрастную группу женщин 25–29 лет. Средний возраст матери при рождении ребенка в регионе вырос на 4 года. Для области, как и для страны в целом, характерна тенденция «старения» материнства, среди жителей стабильно преобладают малодетные репродуктивные установки. Остаются стабильно высокими значения числа родившихся у женщин, не состоящих в зарегистрированном браке (22.2% от общего числа родившихся в 2020 г.)

### Смертность населения

Как и в большинстве регионов России, главной причиной смертности населения Саратовской области являются: болезни системы кровообращения (1-е место), новообразования (2-е место), внешние причины (3-е место) (рис. 4).

Рост смертности от 1-й и 2-й причин обосновывается постарением населения. Помимо общих тенденций старения населения, растет доля лиц с избыточным весом, сохраняются вредные привычки, что не способствует сокращению смертности от болезней системы кровообращения.

Как и следовало ожидать, около 80% смертей приходится на возраст старше трудоспособного. Смертность в трудоспособных возрастах дифференцирована по полу (смертность мужчин более чем в 3 раза превышает женскую) и месту проживания (в сельской местности смертность и мужчин, и женщин выше, чем в городской). В ближайшем будущем в результате реализации

пенсионной реформы в трудоспособный возраст перейдут люди более старших возрастов, что, с одной стороны, увеличит численность населения трудоспособного возраста, с другой – приведет к увеличению смертности [3].

Коронавирусная пандемия, начавшаяся в России с конца марта 2020 г., привела к росту смертности от всех причин. За период с 27 марта 2020 г. по 13 марта 2022 г. статистика распространения коронавируса в Саратовской области нарастающим итогом характеризовалась следующими числами: 227499 человек зараженных, 5744 умерших, 196878 выздоровевших [4] (рис. 5).

Очень важно отметить, что смертность от внешних причин снижается, основная их доля приходится на смертность в результате дорожно-транспортных происшествий. Снижение данной смертности связано со многими показателями дорожного движения, которые пока не достигнуты как в России, так и в Саратовской области.

Младенческая смертность (смертность детей до года) сокращается как в Саратовской области, так и по России, этот показатель сегодня находится на уровне развитых стран мира (3.2 на 1000 родившихся живыми, 2020 г). В структуре младенческой смертности на первом месте стоят состояния, возникшие в перинатальном периоде, далее идет смертность от врожденных аномалий и внешних причин.

В структуре смертности детей от 1 года до 14 лет в 2020 г. 1-е место заняли несчастные случаи, травмы, отравления, удельный вес –

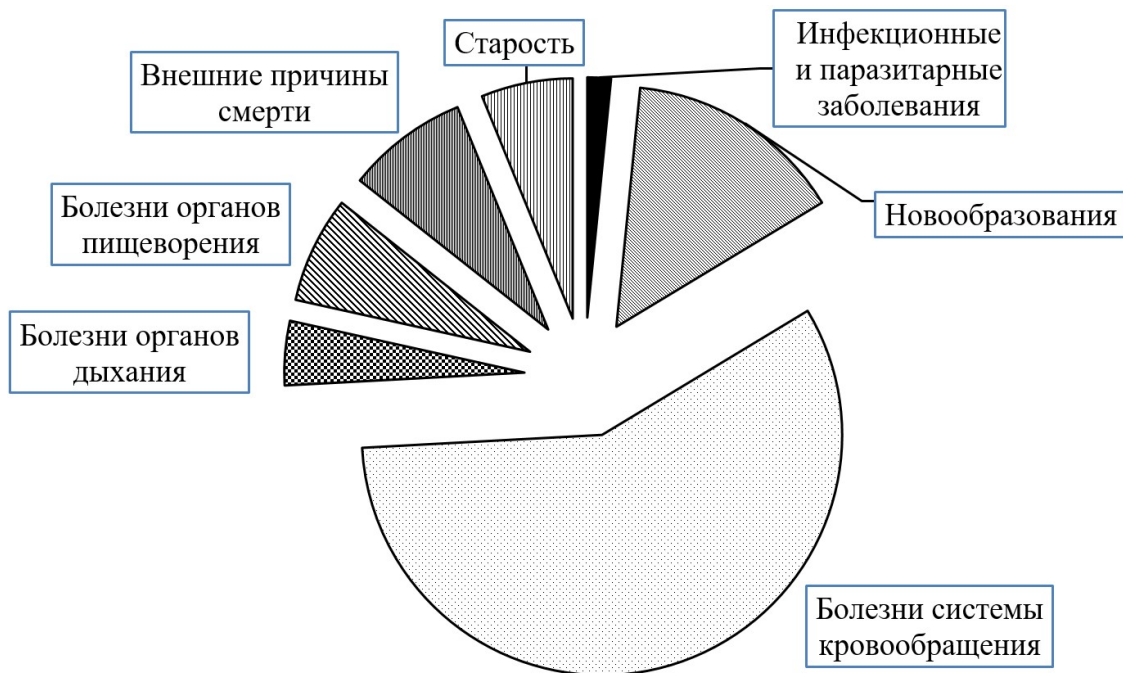


Рис. 4. Структура смертности населения Саратовской области по основным классам причин смерти, 2020 г., на 100 тыс. чел. населения, % от общего числа умерших [2]

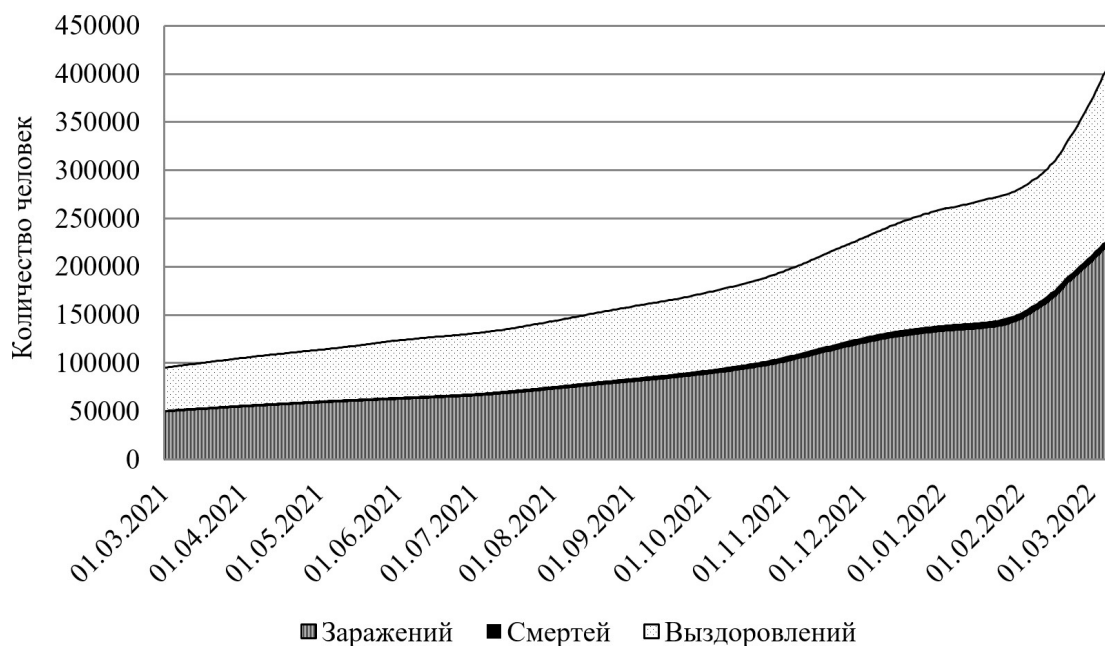


Рис. 5. Динамика распространения коронавируса в Саратовской области нарастающим итогом, человек, 1.03.2021–1.03.2022 г. [4]

42.6%, на 2-м месте – новообразования (13.4 %), на 3-м месте – болезни нервной системы (12.2 %). Уровень смертности детей в результате внешних причин в области остается высоким, особенно в подростковой группе (15–17 лет) [5].

#### Ожидаемая продолжительность жизни

За период с 2010 по 2020 г. продолжительность жизни населения Саратовской области выросла. Причем в 2019 г. она была выше, чем в 2020 г., когда начала сокращаться на фоне коронавирусной пандемии. Так, ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) для всего населения увеличилась с 68.9 (2010 г.) до 73.1 года (2019 г.) и понизилась до 71.1 года (2020 г.). У мужчин прирост ОПЖ был более существенным: с 63.0 до 67.9–4.9 года, затем падение до 66.3–1.6 года. У женщин продолжительность жизни выросла с 74.8 до 77.9 на 3.1 года, затем упала за год на 2.2 года до 75.7. Женщины болеют коронавирусом чаще. Их среди зараженных 61.7% – 54584 случая против 33882 (38.3%) случаев заболеваний среди мужчин. Речь идет об официально зафиксированных случаях заболевания [4].

#### Брачность и разводимость

Общий коэффициент брачности в 2020 г. составил 4.7 на 1000 населения и является наименьшим значением за 2010–2020 г. (в 2010 г. показатель составлял 8.0). Наступивший этап снижения этого коэффициента наряду с другими факторами может обуславливаться сменой поколений, находящихся в активном брачном

возрасте. Они являются основными носителями изменившихся жизненных стратегий. На общую тенденцию снижения зарегистрированных браков в 2020 г. большое влияние оказала и пандемия коронавируса: введение ограничений на проведение коллективных мероприятий, закрытие ресторанных сетей и т. п. Часть браков, которые могли быть заключены, отложены на более благоприятное время.

За период 2010–2020 гг. минимальное количество разводов отмечалось в 2020 г. (3.9 промилле). Причем с 2010 г. оно постоянно снижалось и с 2016 г. находилось на уровне 4.1 разводов на 1000 населения. Число разводов, оформленных официально, в последние годы также сократилось. Причем как браков, так и разводов в сельской местности меньше, чем в городской. Но показатель «соотношения браков и разводов», который отражает число разводов на 1000 браков, демонстрирует существенный рост за весь период: в 2010 г. 566 разводов на 1000 браков, в 2020 – 834.

#### Миграция

Итоги миграционных процессов остаются устойчиво отрицательными для Саратовской области. Пандемия оказала заметное влияние на отдельные показатели миграции, однако общее сальдо осталось негативным (- 4612 человек за 2020 г.) прежде всего за счет миграции между регионами страны (-4836 человек за 2020 г.). Объемы международной миграции, в том числе со странами СНГ, незначительные, хотя и положительные (небольшой прирост) [6]. Однако



нестабильность объемов внешнего миграционного обмена не позволяет их прогнозировать и рассчитывать на устойчивое положительное сальдо. Внутри региона население передвигается из села в город. Однако в результате пандемии приток мигрантов в города существенно сократился.

### Выводы

Пандемия COVID-19, начало которой в России отмечается с конца марта 2020 г., отразилась в значительном ухудшении практически всех демографических показателей. Часть из них еще предстоит оценить в перспективе. За 2020 г. заметно сократилась численность постоянного населения области. Кроме повышенного уровня смертности продолжался миграционный отток населения, преимущественно в другие регионы страны. Снизился показатель ожидаемой продолжительности жизни населения до уровня 2014–2015 гг. Продолжилось общее старение населения, которое увеличило демографическую нагрузку на трудоспособное население. Ухудшился показатель коэффициента суммарной рождаемости, происходят дальнейшее снижение вклада в рождаемость матерей более молодых возрастов и рост более зрелых, высока внебрачная рождаемость.

Влияние эпидемиологической ситуации на демографические факторы продолжится.

Базовым принципом современной социально-демографической политики Саратовской области является безусловное выполнение всех федеральных программ оказания помощи населению, предусмотренных в «Концепции де-

мографической политики Российской Федерации на период до 2025 года». Одновременно осуществляется работа по актуализации и продолжению ранее заявленных региональных мер социальной поддержки в социально-демографической сфере.

### Библиографический список

1. Демографическое самочувствие регионов России. Национальный демографический доклад-2021 / Т. К. Ростовская, А. А. Шабунова [и др.] ; ответственные редакторы Т. К. Ростовская, А. А. Шабунова. Москва : ФНИСЦ РАН, 2021. 138 с.
2. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 10.03.2022).
3. Уставщикова С. В. Некоторые показатели смертности населения крупного региона Поволжского федерального округа // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 44–48. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-44-48>
4. Коронавирус в Саратовской области. URL: <https://www.saratov.kp.ru/online/news/4464735/> (дата обращения: 13.03.2022).
5. Об утверждении региональной программы Саратовской области «Развитие системы оказания паллиативной медицинской помощи» : постановление правительства Саратовской области от 31 августа 2020 г. № 740-П. URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/saratov/1411353> (дата обращения: 07.03.2021).
6. Уставщикова С. В. Динамика численности населения Волгоградской, Самарской, Саратовской областей : вклад миграции // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 82–87. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-82-87>

Поступила в редакцию 04.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 04.01.2022; approved after reviewing 10.02.2022; accepted for publication 01.03.2022



## ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 107–116

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 107–116

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-107-116>

Научная статья

УДК 543.331

### Природные условия Попигайского месторождения алмазов (Северо-Западная Якутия)

М. Н. Железняк, М. М. Шац✉, И. Е. Мисайлов

Институт мерзлотоведения имени П. И. Мельникова СО РАН, Россия, 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36

Железняк Михаил Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, [fe@mpi.ysn.ru](mailto:fe@mpi.ysn.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4124-6579>

Шац Марк Михайлович, кандидат геологических наук, ведущий научный сотрудник, [mmshatz@mail.ru](mailto:mmshatz@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6693-7424>

Мисайлов Иван Евгеньевич, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, [ventura-83@mail.ru](mailto:ventura-83@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9778-3918>

**Аннотация.** В статье освещены особенности алмазодобывающей отрасли Якутии. Прослежена история открытия и изучения Попигайского месторождения импактных алмазов, сформировавшегося в результате проникновения в толщу горных пород огромного одноименного метеорита. Охарактеризованы некоторые особенности попигайских кристаллов и перспективы их использования в разных отраслях народного хозяйства страны.

**Ключевые слова:** Попигайское месторождение импактных алмазов, проникновение в толщу горных пород огромного метеорита, особенности попигайских кристаллов, перспективы использования технических кристаллов

**Для цитирования:** Железняк М. Н., Шац М. М., Мисайлов И. Е. Природные условия Попигайского месторождения алмазов (Северо-Западная Якутия) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 107–116. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-107-116>

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

Article

**Natural conditions of the Popigai diamond deposit (North-West Yakutia)**

М. N. Zheleznyak, M. M. Shatz✉, I. E. Misailov

P. I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 36 Merzlotnaya St., Yakutsk 677010, Russia

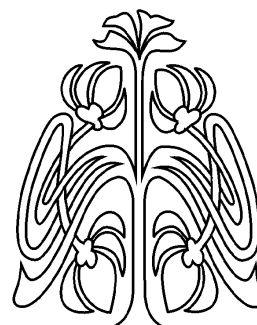
Mikhail N. Zheleznyak, [fe@mpi.ysn.ru](mailto:fe@mpi.ysn.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4124-6579>

Mark M. Shatz, [mmshatz@mail.ru](mailto:mmshatz@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6693-7424>

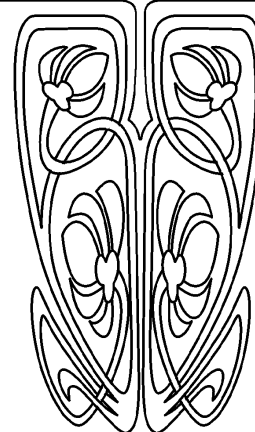
Ivan E. Misailov, [ventura-83@mail.ru](mailto:ventura-83@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9778-3918>

**Abstract.** The article highlights the features of the diamond mining industry in Yakutia. The history of the discovery and study of impact diamonds Popigai deposit formed as a result of the penetration of the eponymous huge meteorite into the rock mass are traced. Some features of Popigai crystals and the prospects of their use in various sectors of the national economy of the country are characterized.

**Keywords:** Popigaikoe deposit of impact diamonds, penetration into the thickness of rocks of a huge meteorite, features of Popigai crystals, prospects for the use of technical crystals



**НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ**







**For citation:** Zheleznyak M. N., Shatz M. M., Misailov I. E. Natural conditions of the Popigai diamond deposit (North-West Yakutia). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 107–116 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-107-116>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

## Введение

На территории Республики Саха (Якутия) находятся основная часть запасов (около 80%) и почти половина разведанных мировых ресурсов алмазов. Несмотря на то что большая часть месторождений располагается в экстремальных условиях Крайнего Севера и характеризуется сложными горнотехническими условиями эксплуатации, содержание алмазов в рудах кимберлитовых трубок Якутии обычно выше при сопоставимом их качестве по сравнению с зарубежными месторождениями, что делает их разработку экономически весьма эффективной.

Все месторождения алмазов на территории Республики Саха (Якутия) приурочены к Якутской алмазоносной провинции, в составе которой выделяются: Мало-Ботуобинский, Далдыно-Алаakitский, Анабарский, Средне-Мархинский, Приленский, Муно-Тюнгский, Нижне-Оленекский и Моркокинский алмазоносные районы.

Почти все якутские запасы алмазов (93.1%) сосредоточены в коренных источниках – кимберлитовых трубках, а алмазы из россыпей составляют 6.9% от утвержденных запасов, в то время как прогнозные ресурсы в них – 65% от суммарных прогнозных ресурсов, учитываемых по республике. Содержание алмазов в рудах месторождений республики обычно выше, чем в зарубежных объектах, хотя по качеству алмазы сопоставимы с добываемыми на большинстве аналогичных источниках мира.

В пределах Якутской алмазоносной провинции известно более 1000 кимберлитовых трубок, из них 150 алмазоносных. Наиболее крупными месторождениями алмазов являются кимберлитовые трубки Удачная, Юбилейная, Айхал, Мир, Интернациональная, Ботуобинская, Нюрбинская, россыпи Анабарского и Приленского алмазоносных районов.

В Якутии разведанных запасов по 53 месторождениям алмазов А+В+С1 – 682 674.8 тыс. каратов, кат. С2 – 187 905.1 тыс. каратов [1]. Основными алмазодобывающими предприятиями являются АК «АЛРОСА» (ЗАО) (49.5% всей добычи России), ОАО «АЛРОСА-Нюрба», ОАО «Алмазы Анабара», ОАО «Нижнее-Ленское». Добыча в 2019 г. составила 36 134.8 тыс. карат.

В целом, несмотря на стабильность в обеспечении запасами действующих предприятий, учитывая растянутость сроков ввода новых мощностей с момента открытия месторождений, в перспективе требуются восполнение запасов сырья за счет открытия новых объектов, в первую очередь в пределах Мало-Ботуобинского, Средне-Мархинского и Далдыно-Алаakitского алмазоносных районов, а также увеличение всех видов

геологоразведочных работ, развитие технологии поисков новых перспективных объектов.

Обеспеченность разведанными балансовыми запасами алмазов в целом по республике при нынешнем уровне добычи составляет не менее 25–30 лет и характеризуется как удовлетворительная.

Добыча алмазов является одной из наиболее эколого-емких отраслей народного хозяйства, она связана с активным и масштабным нарушением, а порой и полным преобразованием основных компонентов природной среды, нанося ей значительный ущерб [2]. Поэтому изучение геологических последствий освоения, позволяющее этот ущерб уменьшить, очень актуально.

Основная цель статьи – осветить современные природные с акцентом на геокриологические условия территории Попигайского месторождения импактных алмазов на самом начальном этапе освоения. Это позволит в процессе проектирования и отработки выбрать научно обоснованные геотехнологические, геологические и геокриологические решения. Статья предназначена для специалистов-геологов, мерзлотоведов, работающих в алмазодобывающей отрасли, и будет полезна специалистам при комплексной оценке эффективности разработки объекта.

## История открытия и изучения импактных алмазов

Попигайское месторождение импактных алмазов находится в Якутии на границе с Красноярским краем, в районе одноименной астроблемы – стокилометрового метеоритного кратера, образовавшегося в результате удара, что в естественных условиях возможно лишь при падении крупного метеорита. Именно так 37.5 млн лет назад возникла так называемая Попигайская астроблема (рис. 1).

Свое название депрессия, находящаяся в 200 км от Северного Ледовитого океана и почти в полутора тысячах километрах севернее точки падения другого известного небесного тела – «Тунгусского метеорита», – получила по реке Попигай.

Впадина была открыта в 1946 г. Д. В. Кожевинным и в разное время рассматривалась как эрозионная котловина, или как вулканический кратер. И лишь в 1970 г. ученые разобрались с его метеоритным происхождением. Попутно выяснилось, что в котловине в результате космической катастрофы сформировалось уникальное месторождение алмазов, в отличие от кимберлитовых, образовавшихся в результате вулканической деятельности планеты, попигайские кристаллы называют метеоритными или импактными [4, 5].



Рис.1. Положение Попигайской астроблемы на карте района. Контуры кратера показаны красным цветом [3] (цвет online)

Гипотеза о метеоритном происхождении была основана на изучении обнажений породы Пёстрые скалы, где на поверхности видны отложения, подвергшиеся ударному плавлению и дроблению. Тогда же появилось предположение, что здесь возможны залежи алмазов, связанные с преобразованием графита при больших температурах и давлении в очень твердую породу. В начале 1971 г. при исследовании образцов породы из Попигайского кратера была открыта новая вмещающая коренная порода алмазов – импактиты.

Предполагается, что Попигайский метеорит имел гораздо большее значение в истории Земли, чем его знаменитый Тунгусский «собрат». Его падение, вероятно, оказало существенное влияние на так называемое «эоцен-олигоценное вымирание» животных, менее катастрофическое, чем гибель динозавров в результате падения юкатанского метеорита, но, тем не менее, стоившее жизни древним китам археоцетам, родственникам лошадей – палеотериям и многим видам растений [4].

Небесное тело, вошедшее в атмосферу со скоростью 15 км/сек, пробило 1200-метровую толщу осадочных пород и было остановлено базальтовым фундаментом Сибирской платформы. Энергия взрыва при этом столкновении достигла  $10^{23}$  в 23-й степени Джоулей, т. е. в тысячу раз превышала энергию мощного вулканического взрыва.

В результате удара, взрыва и температуры, достигавшей 2 000 °С, расплавилось около 1750 кубических километров горных пород. Мил-

лиарды тонн были перемещены на значительные расстояния, превратились в другие породы, пыль и газ, которые в колоссальном количестве были выброшены в атмосферу и далее в стратосферу. Это на многие годы уменьшило приток солнечного тепла к поверхности Земли и привело к резкому похолоданию на всей планете – ледниковому периоду. Часть флоры и фауны, не выдержав изменений климата, вымерла.

Попигайский импактный кратер (рис. 2) сейчас представляет собой многокольцевую структуру, аналогичную подобным на Луне, Меркурии и других планетах Солнечной системы.

Удар и привел к образованию в центре кратера импактных алмазов, которые, как утверждают сотрудники СО РАН, по показателям абразивной устойчивости вдвое превосходят лучшие синтетические и натуральные алмазные образцы. Закратерное поле рассеяния импактных алмазов прослежено на расстоянии до 500 километров, при этом размеры зерен варьируют от первых микронов до двух сантиметров.

Несколько десятилетий назад были организованы фрагментарные геологоразведочные работы, в результате которых выявлены два месторождения – Ударное и Скальное. Запасы первого оцениваются в 7 миллиардов карат, второго – в 140 миллиардов карат, при этом оба объекта занимают лишь 0.5% от общей площади кратера.

Открытие импактных алмазов непосредственно связано с именем Виктора Людвиговича Масайтиса, участника первой экспедиции на Попигай. Искать сибирские алмазы 23-летний



Рис. 2. Попигайский «лунный» кратер в настоящее время [9] (цвет online)

геолог начал еще в 1950 г. в экспедиции под руководством Ивана Крылова и вместе с Ларисой Попугаевой, которая через несколько лет открыла первую кимберлитовую трубку Мир – подземный «столб» древней лавы с алмазами вулканического происхождения.

Позднее, в феврале 2008 г., В. Масайтис в интервью ИА SakhaNews рассказал, что начиная с 1963 г., он вместе с Муратом Михайловым и Татьяной Селивановской провели анализ некоторых геологических структур неясного происхождения на территории Сибири. В их числе была и так называемая Попигайская котловина на севере Анабарского щита.

В результате той экспедиции выяснилось, что котловина представляет собой импактный кратер, след удара гигантского астероида, имевшего в поперечнике около 7 километров, сформировавшего очень интересные, переплавленные при этом ударе породы. В них были найдены алмазы, однако не такие красивые, как в кимберлитах, несколько другие, выглядевшие довольно невзрачно.

После открытия Попигайского кратера и алмазоносных импактитов была создана Полярная геологоразведочная экспедиция, работавшая 15 лет, а В. Масайтис был назначен ее научным руководителем по геологии. В итоге были выявлены очень большие запасы импактных алмазов и определены закономерности их распространения.

Имя Виктора Масайтиса, 1927 года рождения, доктора геолого-минералогических наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, обладателя диплома первооткрывателя Попигайского месторождения, не засекречено, так же как и десятки его основополагающих публикаций об импактных алмазах Попигая [4, 5].

Не осталась без внимания еще одна важная проблема: каким образом геологи собираются эти самые импактные алмазы, не являющиеся исходным материалом для ювелирной отрасли, добывать. Как утверждает в упомянутых выше публикациях, кристаллы принадлежат к новому типу технического алмазного сырья, опыт промышленного освоения которого, так же как и индустриального использования, тогда отсутствовал.

В советские годы работы на Попигайском кратере были засекречены. Нельзя было употреблять слова «импактный», «попигайский» алмаз, требовалось называть их «андезитовыми». Редкие публикации попадали в научные журналы, но были чисто минералогическими, а 1986 г. исследования попигайских алмазов и вовсе неожиданно прекратили. Их добычу признали нерентабельной, поскольку себестоимость превышала стоимость алмазов из кимберлитов, при этом цена импактных алмазов была очень низкой, поскольку рыночной цены тогда не существовало.



Но решающим все же был аргумент в пользу строительства заводов по производству синтетических алмазов, конкуренцию последних с импактными сочли излишней. Все материалы сдали в фонды под грифом «секретно», и на долгое время Попигайский кратер был забыт.

Ограничения по режиму были сняты лишь в 2012 г., и в специальной литературе вновь прозвучало название «Попигай».

Еще в начале исследований было обнаружено, что попигайские алмазы обладают исключительной абразивной способностью, т. е. хорошо снимают неровности с поверхностей. Она оказалась в 1.8–2.4 раза больше, чем у обычных алмазов, природных и синтетических, что определяет направление технологического использования минерала.

Это свойство главный научный сотрудник Института геологии и минералогии СО РАН доктор геолого-минералогических наук Валентин Петрович Афанасьев связал со строением минерала – зерна этого композита имеют размеры от первых десятков до первых сотен нанометров и спутаны в волокнистую структуру.

К счастью, остатки концентрата, содержащего эти алмазы, даже во времена режимных ограничений сохранились и в 2010–2011 гг. стали доступны ученым. Первое, что те сделали, попытались количественно воспроизвести эксперимент по выявлению абразивной устойчивости. Было ясно, что для того чтобы добиться внимания к этому месторождению, необходимо, во-первых, продолжить минералогические исследования, во-вторых, на современном уровне провести технологические испытания по пригодности этих алмазов в разных отраслях промышленности и в-третьих разработать метод обогащения коренных пород, поскольку флотация в прежнем ее виде признана непригодной. Особое внимание уделялось необходимости доказать, что эксплуатация месторождения будет рентабельной [3, 7].

В начале 2010-х гг. попигайскими образованиями заинтересовалась компания «Алмазы Анабара», имеющая в районе развитую инфраструктуру, особенно важную если удастся вывести импактные алмазы на рынок. Летом 2013 г. благодаря этой компании ИГМ СО РАН удалось организовать еще одну экспедицию к Попигайскому кратеру.

Перед учеными стояли следующие задачи: во-первых, отобрать материал для продолжения фундаментальных и прикладных научных исследований, во-вторых, подготовить технологическую пробу для отработки современной методики обогащения. Итогом геолого-разведочных работ явилось технико-минералогическое обоснование месторождения на основе подсчетов запасов.

Ранее, еще в советское время, в Государственную комиссию запасов были сданы два месторождения – Ударное и Скальное, в общей

сложности занимающие площадь около 3% площади кратера. Содержание алмазов в первом в среднем 7 карат на тонну руды, во втором, наиболее крупном и подготовленном, до 100 каратов на тонну при среднем содержании 23.23 карата на тонну, а их общий подсчитанный объем составляет 147 миллиардов карат, что намного больше, чем все разведанные запасы обычных алмазов во всем мире.

Эти месторождения готовы к эксплуатации, даже при производстве 10 миллионов каратов в год запасов хватит надолго. Кроме того, есть высокая вероятность обнаружения новых фрагментов Попигайской структуры с высоким содержанием импактных алмазов.

В наше время Россия является монополистом в плане изучения импактных алмазов, отметил директор Института геологии и минералогии (ИГМ) им. В. С. Соболева СО РАН академик Николай Похиленко. Если брать нынешнее потребление технических алмазов за единицу, то прогнозных ресурсов Попигайского месторождения хватит всему миру на 3 тыс лет. Речь идет о триллионах карат, а для сравнения сегодня разведанные запасы кимберлитовых месторождений Якутии оценивают в миллиарды карат.

Разработка Попигайского месторождения импактных алмазов даст мировой промышленности новое сырье, которое будет востребовано в разных отраслях экономики, ежегодный спрос на него может составить до 1 млрд карат.

Но дело до широкой разработки так и не дошло, так как советское руководство в то время сделало ставку на создание сети заводов по производству синтетических алмазов.

Прогнозные ресурсы импактных алмазов были в 1980-е гг. условно оценены в 1.2 трлн карат, но по более поздним оценкам запасы одного только месторождения Скалистое, незначительного участка в кратере, поставлены на баланс в размере 500 млрд карат. Выявлены еще месторождения Ударное и Встречное, а в Стратегии социально-экономического развития до 2030 г. отмечается, что запасы этих трех объектов превышают суммарные запасы всех известных в мире алмазоносных кимберлитовых провинций.

Попигайские кристаллы в значительной мере могут повлиять на рынок технических алмазов в мире. По сути, появился новый продукт, обладающий особыми качествами, способный принести немало полезного для развития передовых технологий. Россия должна рассматривать эти залежи как одно из значимых направлений освоения Арктической зоны в средне- и долгосрочной перспективе, отметил координатор «Деловой России» в Сибирском федеральном округе Виктор Зубарев.

Руководство Российской академии наук уделяет проекту освоения Попигая значительное внимание, к добыче технических алмазов привлечен ряд крупных инвесторов, рассказал в интер-



вью РИА Новости на Восточном экономическом форуме глава РАН Александр Сергеев [8].

### Природные условия района Попигайского кратера

Попигайская котловина, со всех сторон окруженная безлесными полярными тундрами и плоскогорьями, представляет настоящий оазис – здесь расположен один из самых северных в мире участков редколесий, представленный лиственницей Гмелина (рис. 3), а также разными кустарниками. Такое изобилие растительности сказывается и на фауне – тут, за 71° северной широты, можно встретить бурых медведей, глухарей, соболя и даже лося. Можно предполагать, что отмеченные различия связаны с особенностями термического состояния недр, обусловленных их происхождением [9].

В то же время следы давней катастрофы, выведшие на поверхность скальные породы, тысячелетиями обрабатываемые сильнейшими северными ветрами, колебаниями температур и влажности воздуха, превратились в невероятно красивые пейзажи с причудливыми останцами [10–12]. В 1991 г. ЮНЕСКО признало Попигайскую котловину памятником природы планетарного масштаба.

Северо-восточная часть Анабарского массива в районе котловины представлена пологоувалистой равниной с высотными отметками

50–100 м. Геологический разрез представлен кристаллическими породами архея, протерозоя, кембрия, перми и мела.

Геотермические работы Института мерзлотоведения СО РАН были выполнены в 1977 г. и 1979 г. в 7 скважинах. Время их выстойки – периода восстановления нарушенного при бурении естественного режима – от 0.5 до 10 месяцев. Максимальная глубина измерения температуры составила 720 м. Скважины находились в воздушно-сухом состоянии. Во всех без исключения скважинах ко времени измерения естественный температурный режим еще не восстановился, об этом свидетельствуют графики температур, измеренных с интервалом в 10 месяцев (рис. 4).

Однако для расчетов геотермических параметров могут быть использованы лишь данные температур, полученные глубже 500 м [9]. Судя по ним, геотермический градиент в интервале глубин 500–700 м близок к естественному и составляет в среднем 0.75 °С на 100 м. Учитывая, что температурный режим многолетнемерзлой толщи горных пород еще не стабилизировался, мощность зоны отрицательных температур может варьировать на участке довольно в широких пределах и достигать 1200 м и более. Это один из максимальных показателей параметров криолитозоны, зафиксированных в настоящее время.

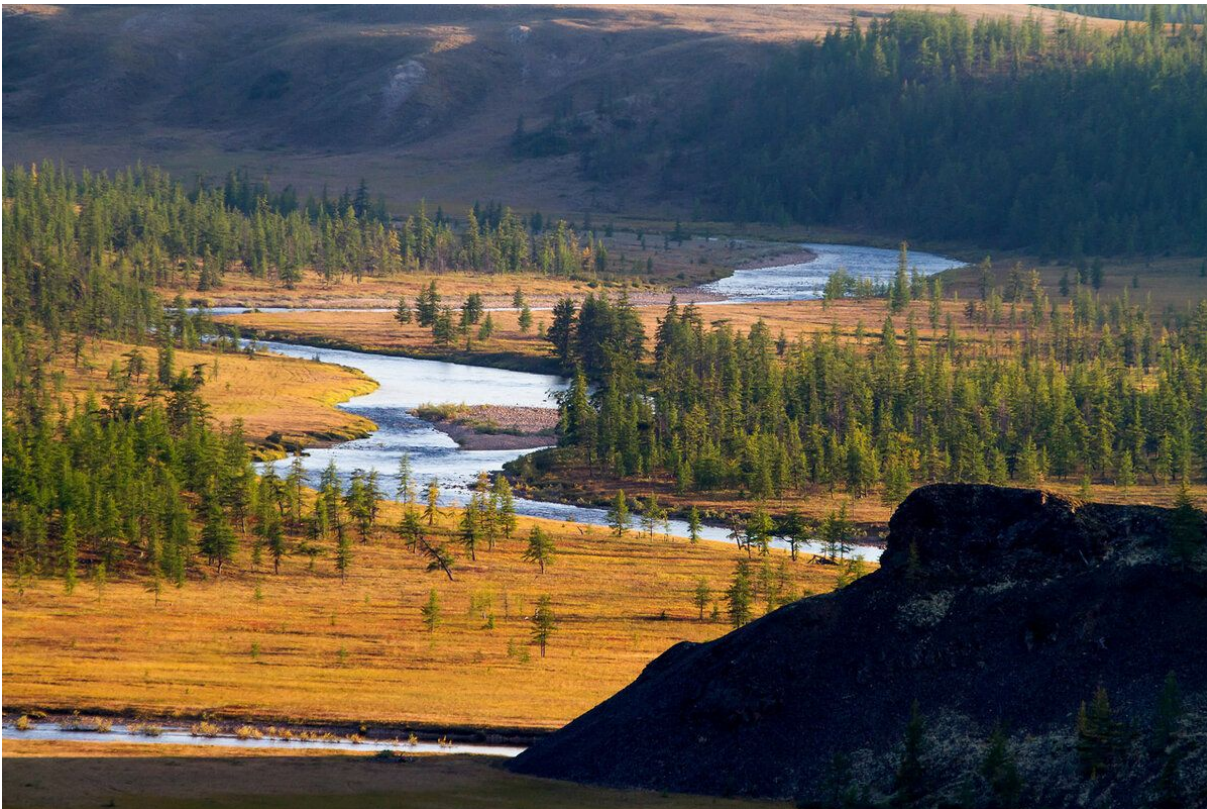


Рис. 3. Оазис древесной растительности в Попигайской котловине [6] (цвет online)

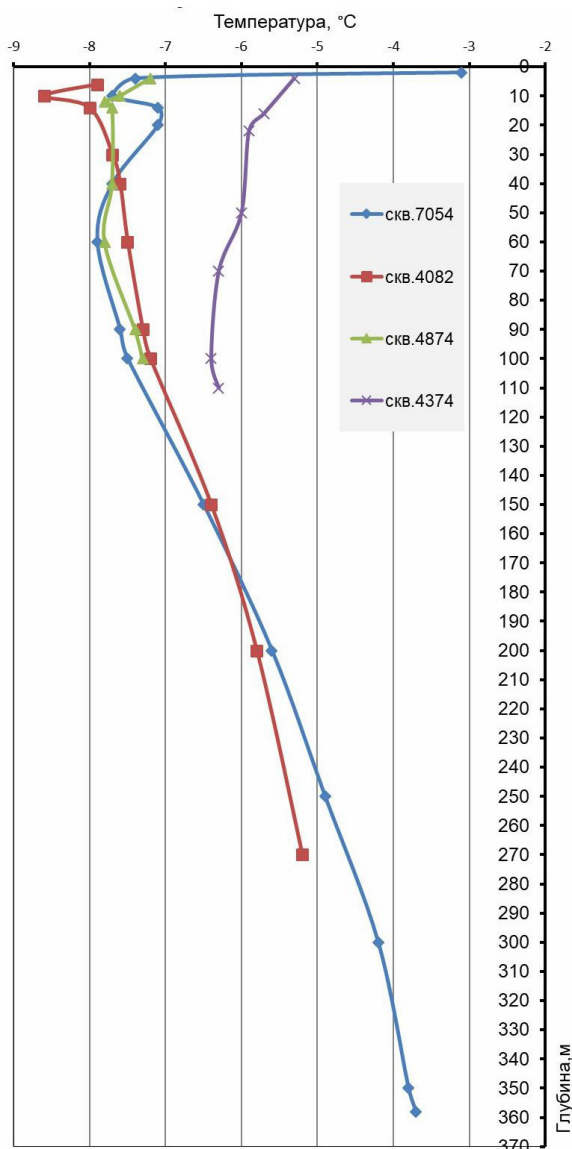


Рис. 4. Температура горных пород на участке Скальный Попигайского месторождения (цвет online)

В качестве маркирующего горизонта при расчете величины теплового потока взята толща гнейсов и диабазов, располагающихся ниже 500 м. Принимая средние значения теплопроводности для гнейсов 2.02 Вт/(м·К) и для диабазов 2.4 Вт/(м·К), величина теплового потока оценивается в пределах 15–18 мВт/м<sup>2</sup>. Температуры в северо-восточной части Анабарского массива на глубинах 0.5, 1, 2 и 3 км на основе полевых измерений и расчетов соответственно равны –5, –1, 6 и 14 С° (табл. 1).

Одним из объектов геотермических исследований 1979 г. стала скважина в центре участка, пробуренная для изучения геологического строения района. Проектная глубина бурения 1000 м, но в связи с техническими трудностями ее проходка была остановлена на глубине 720 м. Ствол скважины полностью осушен и после этого были выполнены геотермические наблюдения (табл. 2).

Температурный режим скважины на момент замеров еще не восстановился, но выполнить повторные наблюдения в последующие годы по ряду объективных причин не удалось.

Таблица 1

Температуры горных пород в северо-восточной части месторождения (по замерам 1979 г.)

Глубина, м	Температура, °С	Глубина, м	Температура, °С
10	–7.78	320	–5.73
20	–7.67	340	–5.63
30	–7.69	360	–5.57
40	–7.47	380	–5.47
50	–7.43	400	–5.39
60	–7.54	420	–5.31
70	–7.51	440	–5.23
80	–7.40	460	–5.11
90	–7.36	480	–4.99
100	–7.38	500	–4.85
120	–6.96	520	–4.72
140	–6.78	540	–4.58
160	–6.59	560	–4.41
180	–6.36	580	–4.25
200	–6.31	600	–4.08
220	–6.21	620	–3.94
240	–6.10	640	–3.76
260	–6.00	660	–3.61
280	–5.89	680	–3.49
300	–5.81	700	–3.31
720	–3.18	–	–

Таблица 2

Градиенты температуры пород в центральной части месторождения (по замерам 1979 г.)

Интервал, м	Градиент, °С/100 м	Интервал, м	Градиент, °С/100 м
120–140	0.90	380–400	0.40
140–160	0.95	400–420	0.40
160–180	1.15	420–440	0.40
180–200	0.25	440–460	0.60
200–220	0.50	460–480	0.60
220–240	0.55	480–500	0.70
240–260	0.50	500–520	0.65
260–280	0.55	520–540	0.70
280–300	0.40	540–560	0.85
300–320	0.40	560–580	0.80
320–340	0.50	580–600	0.85
340–360	0.30	600–620	0.70
360–380	0.50	620–640	0.90
640–660	0.75	660–680	0.60
680–700	0.90	700–720	0.65

При среднем температурном градиенте пород, равным 0.7 С° на 100 м, экстраполированная мощность криолитозоны составляет около



1 200 м. С целью определения теплофизических свойств пород и величины теплового потока в этом районе отобраны образцы керна.

Температурный режим в скважине не восстановился, но можно отметить соответствие определенных закономерностей сходным с другими скважинами этого района: низкотемпературный разрез, малые величины градиентов, мощная толща криолитозоны, близкая к максимальным значениям, известным в геокриологии.

К сожалению, за все прошедшее с 1979 г. время в связи с труднодоступностью объекта и временной утратой интереса к ценному минералу новые мерзлотные исследования не проводились. Однако, учитывая особую значимость геокриологической информации в выборе стратегии и методики освоения месторождения, целесообразность таких работ несомненна, и Институт мерзлотоведения СО РАН готов их провести.

#### Некоторые особенности попигайских кристаллов

Раньше единственным коренным источником алмазов считались только кимберлитовые породы. Но открытие и изучение Попигайского метеоритного кратера выявило новые источники – коренные алмазосодержащие породы – лампроиты и импактиты. Импактиты образовались за счет переправления кристаллических пород при ударном столкновении с космическими телами. Пока

Попигайское месторождение импактных алмазов считается единственным в мире, хотя на Земле известны и другие импактные кратеры.

Импактиты на территории Попигайской котловины во многих местах выходят на поверхность (рис. 5), а в глубину уходят до 1.5 км. Их площадь превышает 1750 км<sup>2</sup>. Алмазы рассеяны по всей котловине и встречаются почти везде, как в породах, так и в россыпях. Они образовались при ударном сжатии пород, когда графит переходит непосредственно в алмаз. Общие запасы алмазов Попигайского месторождения, по подсчетам исследователей, превышают все известные залежи алмазов кимберлитовых провинций мира.

Один из непосредственных исследователей импактных алмазов главный научный сотрудник ИГМ СО РАН, доктор геолого-минералогических наук Валентин Афанасьев отметил еще одну их особенность – уникальную абразивную способность, более высокую, чем у природных и синтетических технических кристаллов. Когда в 2011 г. новосибирские специалисты побывали на международной конференции в американском г. Хьюстоне, то там представители нефтегазовой сервисной компании «Бейкер Хьюз» заявили, что если абразивную способность их буров увеличить на 20%, это будет уже переворот. К разработке также проявила интерес компа-



Рис. 5. Выход импактидов на поверхность [6] (цвет online)



ния «Шестой элемент», входящая в корпорацию «Де Бирс».

Импактные алмазы невозможно использовать для дизайна или изготовления ювелирных изделий, но они незаменимы при применении в высокотехнологичных устройствах. По мнению академика Н. Похиленко, в алмазах из Попигайского кратера обнаружена еще одна молекулярная форма углерода, и это придает им превосходные качества для промышленного применения. Данное открытие может совершить революцию во многих отраслях, но не затронет глобальный алмазный рынок, поскольку он регулируется наличием алмазов и бриллиантов, которые могут быть использованы для дизайна и изготовления ювелирных изделий. Академик также пояснил, что непревзойденная твердость алмазов, вероятно, объясняется чрезвычайно высокой температурой и очень высоким давлением, которые воздействовали на молекулы углерода во время взрыва при падении метеорита. Он сказал, что его институт совместно с российской алмазодобывающей компанией «АЛРОСА», контролируемой государством, планирует направить группу геологоразведчиков на это месторождение.

### Заключение

В настоящее время мировая промышленность в качестве абразивных материалов использует природные технические и искусственные алмазы, основной объем которых производится в Китае. Ежегодно в мире производят 15–16 млрд карат. По оценкам ученых, импактные алмазы обладают совершенно уникальными технологическими характеристиками и способны заменить эти материалы. Например, скорость, с которой они обрабатывают поверхности, в 2–2.5 раза выше, чем у синтетических или природных технических алмазов, износостойкость выше в 3–6 раз, а термоустойчивость – на 250°.

Это позволяет использовать попигайские алмазы во многих современных высокотехнологичных направлениях, в том числе в обработке сверхтвердых материалов, сверхточной обработке мелких и оптических изделий, в электронике, оборонной промышленности, нефтедобыче, ракетостроении, машиностроении и медицине [13].

По словам академика Н. Похиленко, период адаптации промышленности к этому сырью после вывода на рынок может составить примерно пять лет, а спрос составит 350–400 млн карат. Где-то через 10 лет активное потребление этого сырья может возрасти до 1 млрд карат в год.

Однако широкомасштабное освоение месторождения пока не проводится, сегодня этому препятствуют несколько факторов. Первый из них – отсутствие приемлемой технологии обогащения. Как известно, флотация – это дорогостоящий метод, связанный со значительными экологическими рисками по воздействию хвостохранилищ, которые организуются на месте

переработки, на большинство компонентов природной среды. Для того чтобы наработать хотя бы 20–30 тыс. карат для технологических испытаний, необходимо профинансировать, создать и отладить новую технологию и построить пилотную фабрику.

Это потребует привлечения частных компаний, а им нужно представить уже полный пакет документов, в которых будет указан срок окупаемости в зависимости от объемов добычи.

Вторая проблема – попигайские алмазы не представлены на рынке и, соответственно, у них нет рыночной стоимости. Пока ученые ориентируются на самые низкосортные алмазы из северных россыпей – в пределах двух долларов за карат. Исследователи уверены, что необходимо выделить те сферы, в которых импактный алмаз будет наиболее востребованным, а затем уже поднимать цену, ведь пилить камни и бетон может и инструмент, сделанный на основе синтетических алмазов.

Неблагоприятны для освоения месторождения также его логистические, природные, в том числе геокриологические, и экономические условия в целом. Но учитывая основное технологическое преимущество, заключающееся в том, что даже в условиях низких цен на алмазное сырье его добыча, безусловно, рентабельна.

Весной 2021 г. ученые СО РАН обсуждали с властями Красноярского края и Якутии вопросы освоения Попигайского и Томторского редкоземельного месторождений. Академия намерена вскоре организовать две экспедиции для их оценки и доразведки.

В перспективе – расширение налогооблагаемой базы, что, безусловно, очень важно для экономического и социального развития арктических территорий. Экспедиции проводятся в рамках комплексных проектов в сфере инвестиционной политики с южными и восточными регионами Сибири и укрепления межрегиональных связей с крупнейшими территориями регионов на востоке России.

Министр промышленности и геологии Якутии Максим Терещенко сообщил, что республика планирует активизировать освоение ресурсов в северо-западной части региона, граничащей с Попигайским месторождением. Важно учитывать особый интерес инвесторов к редкоземельным и благородным металлам на мировом рынке. Развитие альтернативной энергетики, цифровых технологий формирует спрос на продукцию с этих месторождений на долгие годы вперед. Разработка Попигайского месторождения может стать хорошим примером сотрудничества промышленных компаний, ученых и органов власти при выработке экономически эффективного решения.

Необходимо отметить, что в соответствии со стратегией социально-экономического разви-





тия Якутии освоение месторождений импактных алмазов возможно уже в ближайшее десятилетие.

### Библиографический список

1. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Республики Саха (Якутия) на 15.03.2021 г. URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/feb154b18af6584ca00ae9931b9a34d1.pdf> (дата обращения: 11.05.2021).
2. Возрождая реки и озера Якутии. URL: <https://sakhapress.ru/archives/179741> (дата обращения: 23.05.2018).
3. Падение метеорита дало России триллионы каратов алмазов. URL: <https://www.rough-polished.com/ru/expertise/96143.html> (дата обращения: 18.06.2015).
4. Алмазоносные импактиты Попигайской астроблемы / В. Л. Масайтис, М. С. Мацак, А. И. Райхлин [и др.]. Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 1998. 169 с.
5. *Масайтис В. Л., Кириченко В. Т., Машак М. С., Федорова И. Г.* Коренные месторождения и россыпи импактных алмазов Попигайского района (Северная Сибирь) // Региональная геология и металлогения. 2013. № 54. С. 89–98.
6. Найденных возле Якутии алмазов хватит минимум на тысячу лет. URL: <https://www.1sn.ru/260628.html> (дата обращения: 03.04.2021).
7. Попигайский кратер – прошлое и настоящее. URL: <https://news.ykt.ru/article/126035> (дата обращения: 22.04.2020).
8. Глава РАН рассказал о месторождении «космических» алмазов в Якутии. URL: <https://news.ykt.ru/article/126035> (дата обращения: 23.08.2021).
9. *Балобаев В. Т.* Геотермия мерзлой зоны литосферы севера Азии. Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1991. 193 с.
10. *Васильев И. С.* Пространственно-временные закономерности формирования деятельного слоя в ландшафтах Западной Якутии. Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 2005. 228 с.
11. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / под редакцией Э. Д. Ершова. Москва : Недра, 1989. 414 с.
12. Мерзлые ландшафты Якутии : пояснительная записка к Мерзлотно-Ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1 : 2 500 000. Новосибирск : ГУГК, 1989. 170 с.
13. Попигай (кратер). URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Попигай\\_\(кратер\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Попигай_(кратер)) (дата обращения: 23.07.2020).

Поступила в редакцию 31.12.2021; одобрена после рецензирования 02.02.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 31.12.2021; approved after reviewing 02.02.2022; accepted for publication 01.03.2022



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 117–131  
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 117–131  
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-117-131>

Научная статья  
УДК 550.384+551.77+551.763.3(470.4)

## Результаты рекогносцировочных магнитостратиграфических исследований палеоцена в южной части Саратовского Правобережья



Д. А. Шелепов<sup>✉</sup>, А. Ю. Гужиков

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

Шелепов Дмитрий Александрович, старший преподаватель, [shelepov-dmitriy@mail.ru](mailto:shelepov-dmitriy@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3238-8532>

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, [aguzhikov@yandex.ru](mailto:aguzhikov@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0579-3981>

**Аннотация.** Представлены результаты петро- и палеомагнитного изучения двух разрезов низов нижнесызранской подсвиты (палеоцен) Саратовского Правобережья – горы Сырт (с. Нижняя Банновка) и Лысой горы (г. Саратов). Впервые установлена возможность получения палеомагнитных данных по палеоцену Поволжья и их использования в магнитостратиграфических целях, несмотря на частичное перемагничивание пород. Продемонстрирована перспективность использования петромагнитных характеристик отложений для детальных корреляций разрезов и седиментологических реконструкций.

**Ключевые слова:** магнитостратиграфия, петромагнетизм, палеоцен, датский ярус, зеландский ярус, сызранская свита, Нижнее Поволжье

**Благодарности.** Авторы благодарны А. Г. Маникину, В. А. Фомину (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского) за участие в полевом опробовании разрезов и Р. В. Веселовскому (ИФЗ РАН, Москва) за выполнение терромагнитных анализов.

**Для цитирования:** Шелепов Д. А., Гужиков А. Ю. Результаты рекогносцировочных магнитостратиграфических исследований палеоцена в южной части Саратовского Правобережья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 117–131. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-117-131>

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

Article

### Results of the reconnaissance magnetostratigraphic studies of Paleocene in the southern part of the Saratov right bank

D. A. Shelepov<sup>✉</sup>, A. Yu. Guzhikov

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

Dmitriy A. Shelepov, [shelepov-dmitriy@mail.ru](mailto:shelepov-dmitriy@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3238-8532>

Andrey Yu. Guzhikov, [aguzhikov@yandex.ru](mailto:aguzhikov@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0579-3981>

**Abstract.** The results of rock-magnetic and paleomagnetic studies of two sections of the Lower Syzran subformation (Paleocene) of the Saratov Right Bank – the Syrt Mountain (Nizhnyaya Bannovka village) and Lysaya Gora (Saratov city) are presented. For the first time the possibility of obtaining paleomagnetic data on the Paleocene of the Volga region and their use for magnetostratigraphic purposes despite the partial remagnetization of rocks has been established. The prospects of using rock-magnetic characteristics of deposits for detailed correlations of sections and sedimentological reconstructions are demonstrated.

**Keywords:** magnetostratigraphy, rock-magnetism, Paleocene, Danian, Selandian, Syzran formation, Lower Volga region

**Acknowledgments:** The authors are grateful to Alexey Manikin, Vladimir Fomin (SSU) for participation in the field sampling of the sections and to V. Veselovsky (IPE RAS, Moscow) for performing thermomagnetic analyses.

**For citation:** Shelepov D. A., Guzhikov A. Yu. Results of the reconnaissance magnetostratigraphic studies of Paleocene in the southern part of the Saratov right bank. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 117–131 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-117-131>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

### Введение

Палеоценовые отложения на территории Саратовского Правобережья изучаются более 150 лет, но, несмотря на это, с ними по-прежнему связан ряд нерешенных вопросов региональной геологии. В настоящей публикации магнитостратиграфической направленности ана-

лиз многочисленной геологической литературы не предусмотрен. Поэтому в связи с историей изучения палеоцена Поволжья мы ограничимся ссылкой на работу В. А. Мусатова с соавторами [1], которая содержит представительный библиографический список по этой теме. А из многих стратиграфических и палеогеографиче-



ских проблем отметим одну наиболее актуальную – комплексное обоснование возраста сызранской свиты, которая традиционно относилась к зеландскому ярусу, но в последней версии унифицированной схемы палеогеновых отложений Поволжско-Прикаспийского субрегиона [2] сопоставляется своей большей частью (нижнесызранской подсвитой) с датским ярусом. Несмотря на утверждение схемы Межведомственным стратиграфическим комитетом России в 2014 г. [3], в ней отсутствуют магнитостратиграфические данные, которые могли бы сыграть важную (возможно, решающую) роль в обосновании возраста пород путем сопоставления палеомагнитных разрезов палеоцена Поволжья с типовыми разрезами дания, зеландия, танета в Средиземноморье и Шкалой геомагнитной полярности (GSSP). В любом случае, материалы о магнетизме пород, включая сведения о скалярных магнитных характеристиках, полезны для решения различных практических задач стратиграфии и палеогеографии. Кроме того, де-юре палеомагнитные и петромагнитные материалы

являются неотъемлемым атрибутом современных стратиграфических схем [4].

Между тем палеогеновые отложения Поволжья до сих пор не изучены в палеомагнитном отношении. Попытки палеомагнитного изучения палеоцена Саратовского Правобережья, предпринятые ранее [5, 6], не увенчались успехом по объективным причинам, связанным в основном с малой величиной естественной остаточной намагниченности ( $J_n$ ) пород (ниже пороговой чувствительности измерительной аппаратуры, используемой в то время). С появлением современного высокочувствительного оборудования для палеомагнитных измерений появилась возможность восполнить этот пробел.

В августе 2021 г. в рамках комплексных исследований пограничного интервала меловых-палеогеновых отложений Саратовского Поволжья были изучены два разреза нижнесызранской подсвиты: Лысая гора (г. Саратов) и с. Нижняя Банновка (Красноармейский район Саратовской обл.) (рис. 1). Целями работ были выяснение пригодности палеоценовых пород к палеомагнитным

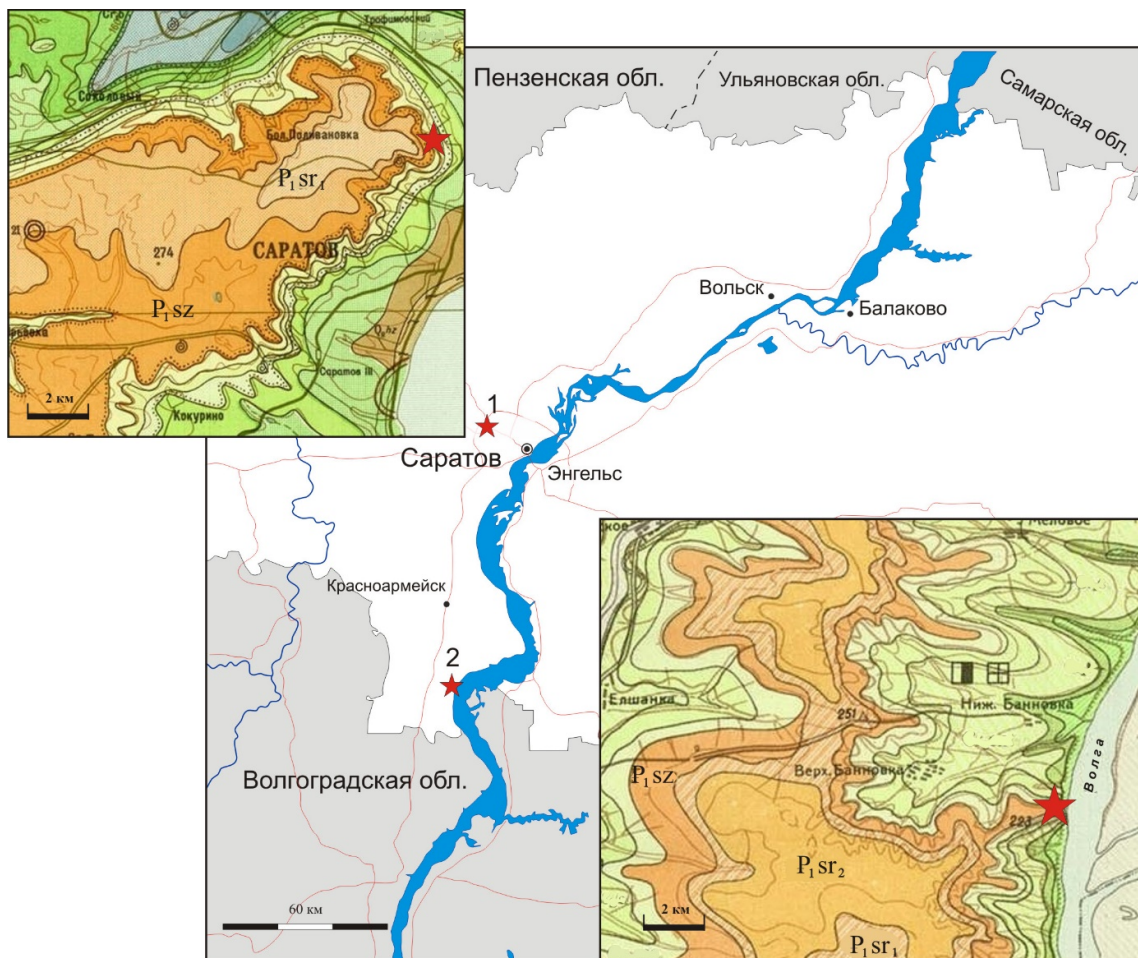


Рис. 1. Обзорная схема расположения разрезов (показаны звездочками) и геологические схемы районов исследований: 1 – Лысая гора (г. Саратов), 2 – гора Сырт (с. Нижняя Банновка)



исследованиям и оценка геологической информативности магнитных свойств.

### Характеристика разрезов

Изученные разрезы (рис. 2) в структурном плане приурочены к южной части Ульяновско–Саратовского мезокайнозойского прогиба [2]. Оба разреза, благодаря своей внешней выразительности и удобному расположению, издавна привлекали внимание геологов. Например, именно они были в 1940 г. указаны Е. В. Милановским в качестве типовых разрезов пограничного интервала мела–палеогена Саратовского Поволжья [7].

*Разрез горы Сырт* (обн. 3208, 3208а: 50°42'34" N, 45°38'53" E) расположен в 2,5 км к югу от с. Нижняя Банновка, на вершине г. Сырт в южной части обращенного к Волге обрыва над грандиозным оползнем.

Разрез нижнесызранской подсвиты (Psz<sub>1</sub>) видимой мощностью ~10 м сложен силицитами (опоками), залегающими субгоризонтально на выровненной поверхности верхнемастрихтских глинистых бескарбонатных алевритов [8] с незначительным угловым несогласием. Опоки светло- и темно-серые, с неровным изломом в низах разреза опесчанены, интенсивно биотурбированы и глауконитизированы, изредка со следами ожелезнения в виде отдельных пятен.

Микроскопическое изучение в шлифах (фототаблица, фиг. обр. 3208–11) показало, что породы на 90–95% сложены глинисто-кремнистым веществом буровато-серого цвета с беспорядочно распределенным в нем небольшим количеством алевритового материала. Структура породы пелитово-органогенная.

Кремнезем 60–65% полигенный: органогенно-опаловый, опал-халцедоновый, гидрогель-опал-кристобалитовый с фрагментами диатомей и спикул губок. Зачастую он представляет собой смесь тонкого диатомового шлама и гидрогель-опал-кристобалитового вещества, образуя сростково-войлочную структуру. Глинистое вещество (25–30%) хорошо окристаллизовано, тонкочешуйчатого строения, чешуйки ориентированы и имеют одновременное угасание. Состав, вероятно, монтмориллонитовый. В глинистом веществе значительное (около 10%) содержание приходится на пелитовую составляющую, представленную тонкодисперсными зернами кварца, серицита и глауконита. Беспорядочно распределенный алевритовый материал размерностью 0.06–0.10 мм представлен кварцем (5–8%), зерна которого бесцветны, неправильны, полукатанны, и глауконитом (2–3%) зеленым, свежим, микроагрегатного строения. В редких случаях встречаются зерна полевых шпатов и чешуйки серицита.

В верхних частях разреза происходит смена структуры силицитов и начинает преобладать

алевритовый материал. Так, образец (см. фототаблицу, фиг. обр. 3208–3) на 75–80% сложен глинисто-кремнистым веществом с равномерно распределенным алевритовым материалом 20–25%. Структура породы алевро-органогенно-пелитовая.

Кремнезем полигенный: органогенный (остатки органики) и преобладающий субаморфный гидрогель (кремнистый, алюмокремнистый) опалокристобалитового состава. Глинистое вещество, хорошо окристаллизованное, тонкочешуйчатого строения равномерно распределено в кремнеземе. Обломочный материал размером 0.03–0.09 мм хорошо отсортированный, полукатанный, также распределен в кремнеземе равномерно. Преобладает обломочный кварц (15–20%) в виде бесцветных неправильных зерен, полевые шпаты встречаются редко. Содержание аутигенного глауконита желто-зеленого цвета и микроагрегатного строения не превышает 3–5%.

*Разрез Лысая гора* (обн. 3210: 51°33'08" N, 45°59'13" E) находится в обрыве над большим оползнем, расположенным выше Спасо-Преображенского мужского монастыря (на месте бывшего военного училища химической защиты) в микрорайоне Стрелка г. Саратова.

В разрезе видимой мощностью ~12 м на мастрихтском песчанике глауконитовом, карбонатно-глинистом залегают темно- и светло-серые силициты нижнесызранской подсвиты, в ее подошве подсвиты опесчаненные биотурбированные и глауконитизированные. В целом силициты в разрезах Лысая гора и Сырт аналогичны, но на Лысой горе многие слои имеют явные следы ожелезнения в виде светло- и темно-коричневых пятен.

Микроскопическое изучение (см. фототаблицу, фиг. обр. 3210-20/1) показало, что порода на 90–95% сложена буровато-серым глинисто-кремнистым веществом. Структура породы пелитово-органогенная. Кремнезем 65–70% также полигенный: органогенный и алюмо-кремнистого состава. Преобладает органогенно-опаловый кремнезем с частичной раскристаллизацией его в радиально-лучистый халцедон по каналам и полостям диатомей и спикул. Сохранность их самая различная. Наблюдаются следы растворения кремневых элементов до полного их слияния с гидрогелем. Глинистое вещество (25–30%) микроагрегатного строения с пелитовой составляющей, представленной тонкопелитовыми зернами кварца, серицита и микроглобулями глауконита. В глинисто-кремневой массе неравномерно распределен алевритовый материал, ориентированный удлиненными зернами и чешуйками мусковита параллельно друг другу.

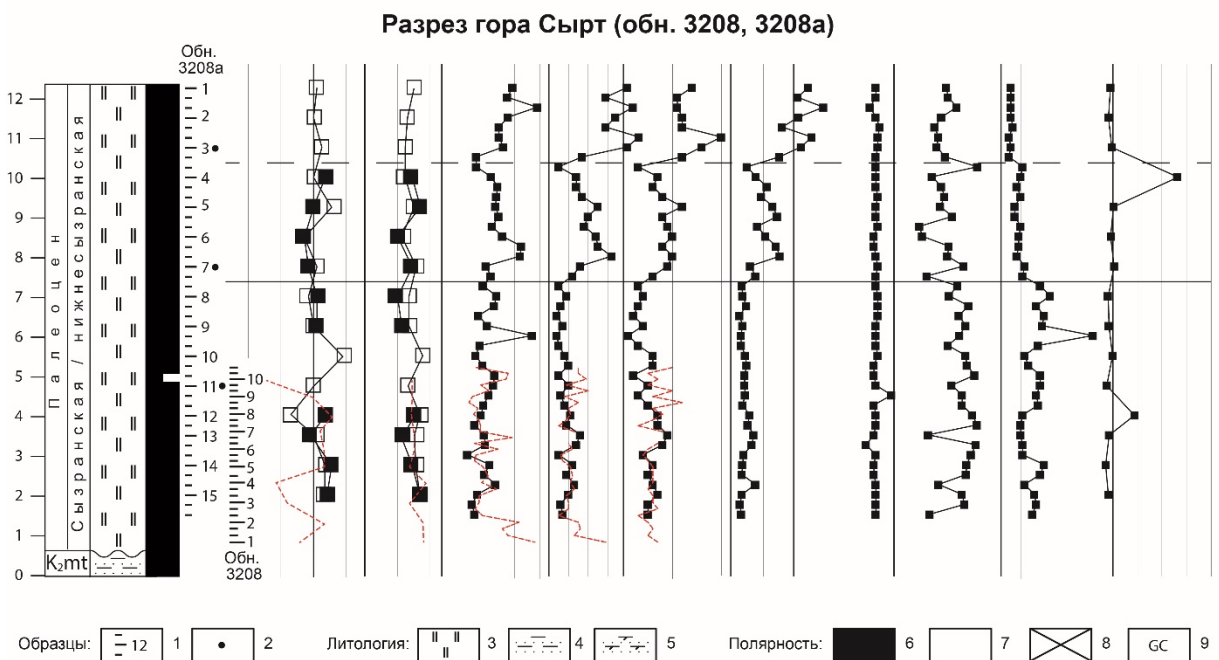
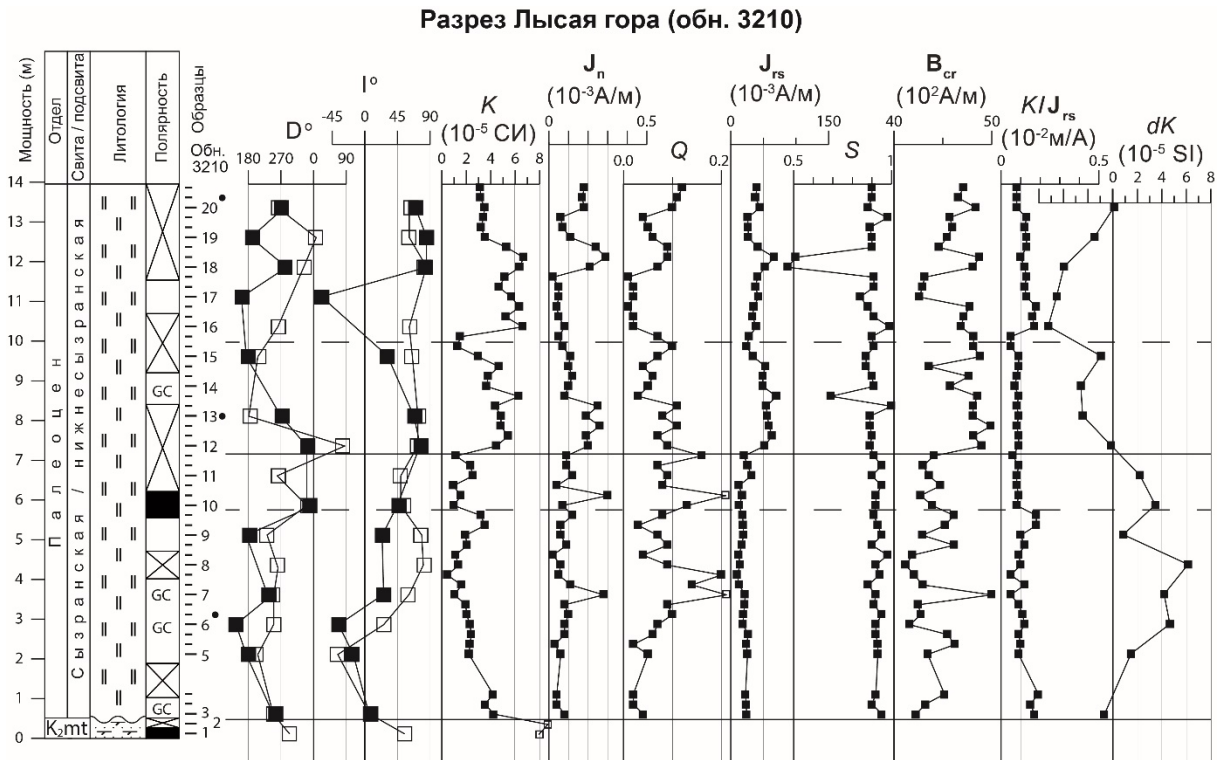
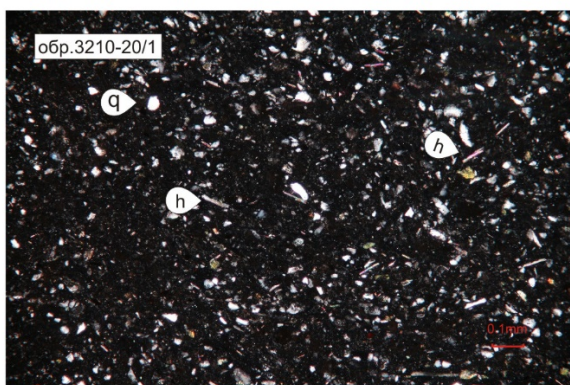
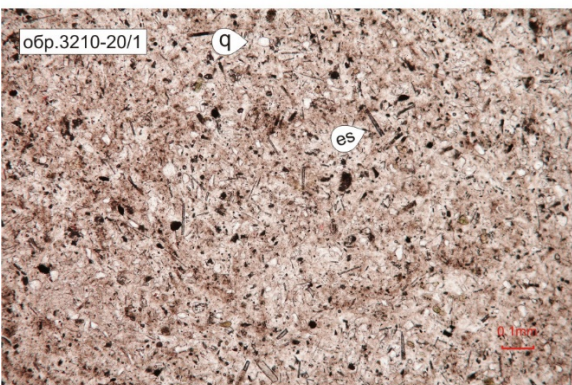
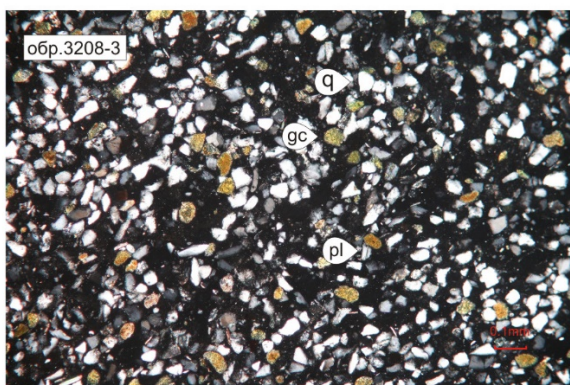
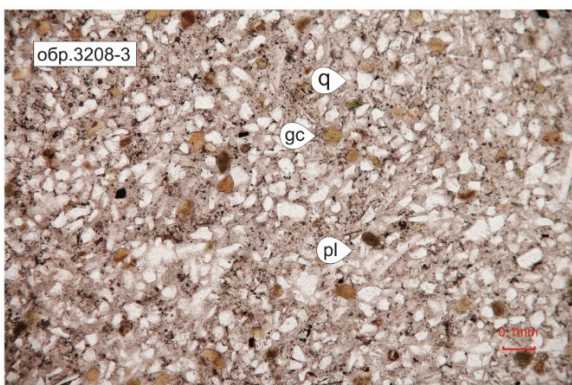
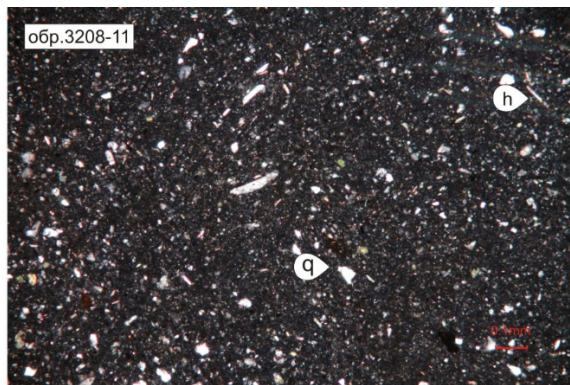
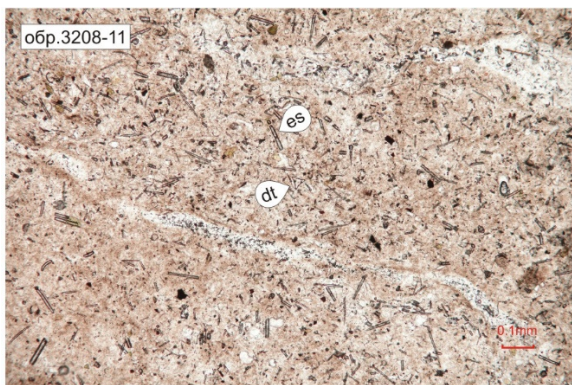


Рис. 2. Магнитостратиграфические разрезы нижнесызранской подсвиты (палеоцен) Лысая гора и гора Сырт. Залитые и «пустые» маркеры на графиках палеомагнитного склонения ( $D$ ) и наклона ( $I$ ) означают, что компоненты намагниченности выделены в результате размагничивания температурой и переменным магнитным полем соответственно. «Пустые» маркеры на графиках  $K$  и  $Q$  в разрезе Лысая гора означают, что величина этих параметров превышает диапазон горизонтальной шкалы. Пунктирные графики в разрезе Сырт соответствуют обнажению 3208. Горизонтальные линии – расчленение разрезов по петромагнитным данным (сплошные линии соответствуют расчленению разрезов на интервалы, для которых рассчитаны статистические показатели (таблица)). Знак полярности в маастрихте разреза Сырт показан по [8]: 1 – уровни, с которых взяты ориентированные и неориентированные образцы (длинные и короткие отрезки соответственно) для магнитостратиграфических исследований, 2 – уровни, на которых изучены шлифы, 3 – силициты (опоки), 4 – алевриты глинистые, 5 – песчаник известково-глауконитовый, 6, 7 – прямая и обратная геомагнитная полярность соответственно, 8 – отсутствие данных о полярности, 9 – обратный знак полярности определен по смещению  $J_n$  вдоль дуги большого круга при размагничивании



Фототаблица. Фотографии пород в шлифах. Фиг. обр. 3208-11 силицит (опока). Фиг. обр. 3208-3 силицит (опока) с примесью алевритового материала, разрез г. Сырт. Фиг. обр. 3210-20/1 – силицит (опока), разреза Лысая гора. Ув. 100×, слева николи ||, справа николи +. Буквами обозначены: pl – зерна плагиоклаза, q – зерна кварца, gc – зерна глауконита, h – зерна гидрослюд, dt – диатомовые водоросли, es – спикулы кремневых губок (цвет online)

### Методика магнитостратиграфических исследований

Для лабораторных палео- и петромагнитных исследований в разрезах гора Сырт и Лысая гора через каждые 0.5–0.75 м мощности отбирались ориентированные штUFFы, из которых впоследствии выпиливалось по четыре образца кубической формы размерами 2×2×2 см. Между ними брались неориентированные образцы, из которых выпиливался один кубик с ребрами по 2 см. Таким образом, шаг магнитостратиграфического опробования составил ~0.25 м.

Опробование разреза Сырт проводилось в двух соседних обнажениях – 3208 и 3208а, частично дублирующих друг друга (см. рис. 2). Обн. 3208а расположено ~ в 50 м севернее обн. 3208. В общей сложности из нижнесызранской подсистемы на горе Сырт взяты 25 ориентированных и 48 неориентированных образцов, а на Лысой горе – 17 и 34 соответственно. Кроме того, в каждом разрезе по системе «образец в образец» отобраны пробы для микропалеонтологических (фораминиферы, диноцисты, наннопланктон)



исследований и литолого-минералогических анализов (см. рис. 2). Результаты шлифового анализа приведены в настоящей статье, микропалеонтологические пробы переданы соответствующим специалистам для изучения.

У образцов с каждого стратиграфического уровня (как ориентированных, так и неориентированных) изучался широкий спектр петромагнитных характеристик:

- магнитная восприимчивость ( $K$ ) – величина, определяемая концентрацией пара- и ферромагнетиков в породе;
- естественная остаточная намагниченность ( $J_n$ ), модуль которой зависит от концентрации ферромагнитных минералов в породе и степени упорядоченности их магнитных моментов;
- остаточная намагниченность насыщения ( $J_{rs}$ ) – максимально возможная величина остаточной намагниченности, возникающая в породе после воздействия на нее искусственным полем и зависящая от концентрации и размерности ферромагнитных частиц;
- остаточная коэрцитивная сила ( $B_{cr}$ ) – поле, которое нужно приложить, чтобы полностью разрушить  $J_{rs}$  образца, величина которого зависит главным образом от магнитной жесткости и в меньшей степени от размерности ферромагнитных зерен;
- $J_r(-300)$  – остаточная намагниченность после воздействия полем 300 мТл, которое обратно направлению поля насыщения, используется для расчета параметра  $S = -J_r(-300)/J_{rs}$ , отражающего жесткость магнитной фракции (чем меньше значение  $S$ , тем больше в породе магнитомягких минералов);
- магнитная восприимчивость  $K_t$  (термокаппа) – измеренная после прогрева пород при температуре 500°C в течение часа, прирост которой ( $dK = K_t - K$ ) отражает содержание тонкодисперсного пирита в образцах благодаря фазовому переходу немагнитного  $FeS_2$  в сильномагнитный магнетит при температуре свыше 400°C.

Кроме характеристик, полученных опытным путем, рассчитывались:

- параметр Кенигсбергера (фактор  $Q = J_n/J_i$ , где  $J_i$  – индуктивная намагниченность, позволяющий судить о природе намагниченности (значения  $Q \ll 1$  типичны для ориентационной, а  $Q > 1$  – для химической намагниченности);
- отношение  $K/J_{rs}$ , характеризующее средний размер ферромагнитной фракции при условии неизменности ее минерального состава.

Выборочные образцы подвергались полному циклу магнитного насыщения–разрушения и термомагнитному анализу (исследованию температурных зависимостей намагниченности или

магнитной восприимчивости) с целью определения вида минералов – носителей магнитных свойств.

Ориентированные образцы изучались в палеомагнитном отношении, кроме того, у них измерялась анизотропия магнитной восприимчивости (АМВ) до и после прогрева пород до 500°C в течение часа.

Палеомагнитные исследования выполнялись по стандартной методике (Молостовский, Храмов, 1997 г.), заключающейся в измерении  $J_n$  ориентированных образцов на спин-магнитометре JR-6 после серии последовательных магнитных чисток переменным полем (Н-чистки) и температурой (Т-чистки). Н-чистки проводились до 30–50 мТл с шагом 2–5 мТл на установке LDA-3AF. Т-чистки осуществлялись в печи конструкции Апарина путем поэтапного нагрева образцов от 100 до 200–250°C с шагом 25–50°C в зависимости от динамики размагничивания образца. Прекращение нагревов свыше 250°C обусловлено потерей  $J_n$  до значений ниже пороговой чувствительности прибора. Фазовые превращения минералов при нагревании контролировались путем измерения  $K$  образцов после каждого режима термочистки.

Для компонентного анализа естественной остаточной намагниченности использовалась программа Remasoft 3.0., с помощью которой осуществлялась интерпретация диаграмм Зийдверельда, графиков размагничивания и стереографических проекций  $J_n$ . В процессе интерпретации рассматривались все присутствующие компоненты намагниченности, а не только характеристические (ChRM). Палеомагнитные векторы, группирующиеся в северных и северо-западных румбах нижней полусферы, считались соответствующими прямой (N), а обособленные в южных секторах верхней полусферы – обратной (R) полярности геомагнитного поля.

Замеры магнитной восприимчивости и АМВ проводились на измерителе магнитной восприимчивости (каппабридже) MFK1-FB, остаточной намагниченности – на спин-магнитометре JR-6. Для магнитных чисток переменным полем использовался демагнитизатор LDA-3AF, для температурных чисток – печь конструкции В. П. Апарина с пятислойными пермаллоевыми экранами. Для магнитного насыщения был задействован регулируемый электромагнит с максимальной интенсивностью поля 700 мТл, для исследования зависимостей магнитной восприимчивости от температуры – каппабридж MFK1-FA с приставкой CS3 (в ИФЗ РАН, Москва). При термокаппаметрических исследованиях нагревы проводились в муфельных печах СНОЛ-6/11-В. Анализ зависимостей  $K(T)$  и данных АМВ осуществлялся с помощью программ Cureval 8.0.2 и Anisoft 4.2 соответственно, компонент-



ный анализ палеомагнитных данных выполнялся в программе Remasoft 3.0.

### Результаты магнитостратиграфических исследований

*Магнитная минералогия.* По результатам магнитно-минералогических исследований в раз-

резе Сырт (рис. 3, а) выявлена только магнитомягкая фаза: магнитное насыщение происходит в полях от 200–300 мТл, а разрушение при 40–50 мТл, что характерно для тонкодисперсного магнетита. Значения  $S$ , близкие к единице, но не равные ей (в основном около 0.9) (см. рис. 2), вероятно, связаны с незначительным количеством магнито жестких гидроокислов железа – про-

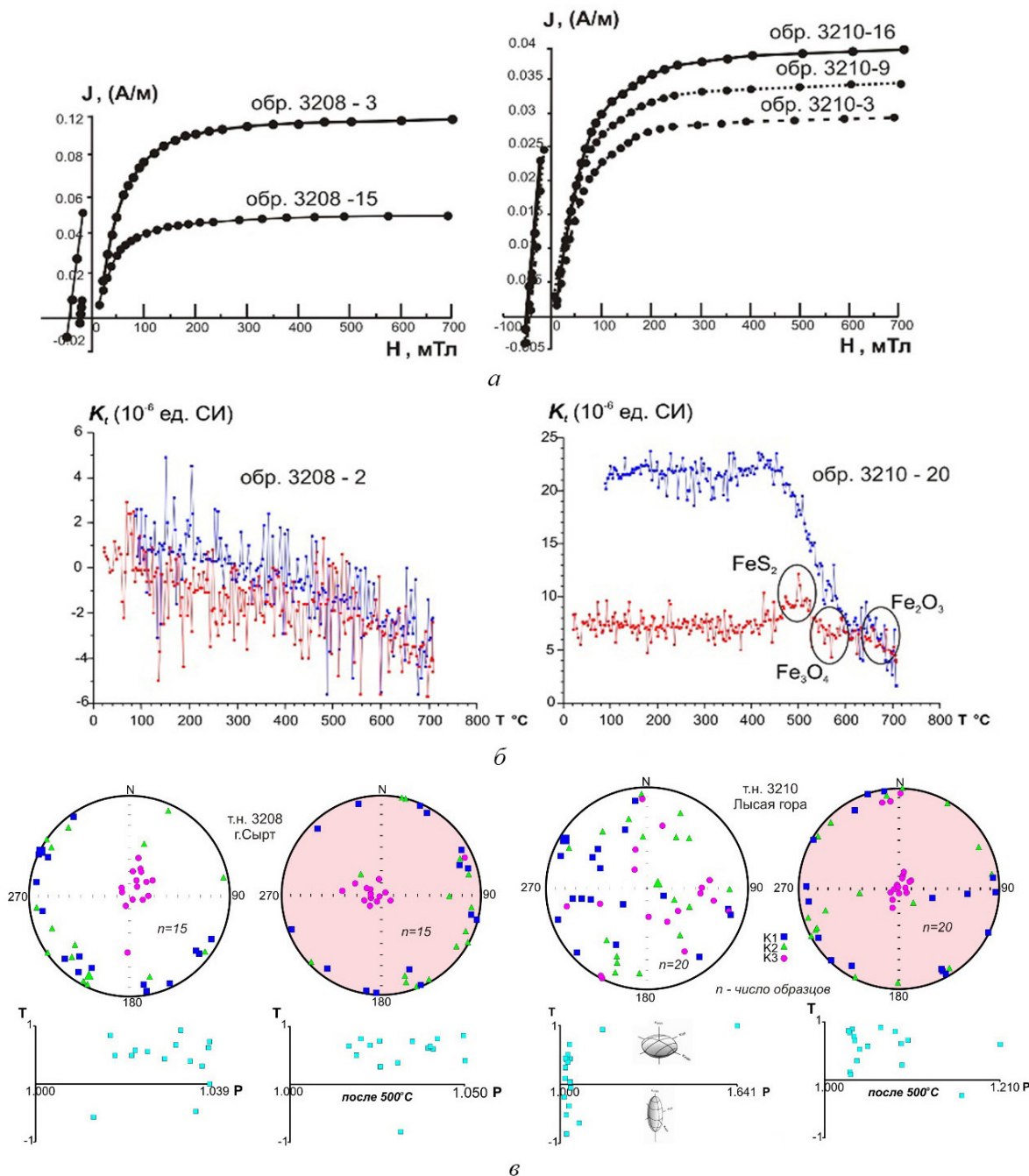


Рис. 3. Результаты магнитно-минералогических исследований разрезов Сырт и Лысая гора: а – кривые магнитного насыщения и разрушения; б – кривые термомагнитных анализов (ТМА); в – полярные стереопроекции осей эллипсоидов магнитной восприимчивости в географической системе координат (K1, K2 и K3 – длинные, средние и короткие оси соответственно) и диаграммы параметров магнитной анизотропии  $P-T$  (области положительных и отрицательных значений  $T$  соответствуют уплощенным и удлинённым формам ферромагнитных частиц соответственно) (цвет online)





дуктами частичного окисления магнетита или других железосодержащих минералов, например пирита.

В разрезе Лысая гора при безусловном доминировании магнитомягкой фазы (на которую указывают параметры магнитного насыщения, сходные с теми, которые задокументированы на горе Сырт) (см. рис. 3, а), встречаются интервалы со значительной долей или преобладанием магнито жесткого компонента. Индикатором значительного количества жестких ферромагнетиков – дегидратированных гидроокислов железа или гематита – служат низкие значения  $S$  (0.5–0.7), наблюдаемые на уровнях обр. 3210-13.2, 3210-18 и 3210-18.1 (см. рис. 2). Эти магнито жесткие слои располагаются внутри интервала с повышенными значениями  $V_{cr}$  и, скорее всего, обусловлены продуктами окисления магнетита и/или пирита.

Результаты термомагнитного анализа оказались малоинформативными. Отсепарировать ферромагнитную фракцию не удалось, вероятно, ввиду ее тонкодисперсности, а диаграммы  $K(T)$  по слабомагнитным пробам невыразительны (рис. 3, б). Тем не менее в обр. 3210–20 (разрез Лысая гора) при нагреве заметны спады магнитной восприимчивости в районах точек Кюри магнетита (578°C) и гематита (675°C) (см. рис. 3, б), что подтверждает магнитно-минералогическую диагностику по материалам магнитного насыщения. Незначительный подъем  $K$  вблизи 450°C, вероятно, связан с микроконцентрациями пирита. При этом большие значения  $K$ , возникшие при охлаждении образца, отражают повышенные (по сравнению с исходным состоянием образца до нагрева) концентрации магнетита за счет новообразований  $Fe_3O_4$  из  $FeS_2$  и/или при окислении восстановленного из органики железа.

Термокаппаметрические данные фиксируют либо незначительный прирост магнитной восприимчивости (максимум до  $4-6 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ), либо его отсутствие, либо уменьшение  $K$  после нагрева (см. рис. 2). Это свидетельствует о чрезвычайно малых концентрациях или об отсутствии тонкодисперсного пирита в отложениях. Однако приуроченность в разрезе Лысая гора пород с повышенными  $V_{cr}$ , среди которых находятся слои с наибольшей долей магнито жестких минералов (обр. 3210-13/2, 3210-18 и 3210-18/1), к интервалу с отрицательными значениями  $dK$  (рис. 2) наводит на мысль, что гидроокислы железа формировались в основном за счет пирита. Поэтому, возможно, в исходном осадке  $FeS_2$  присутствовал.

Изучение анизотропии магнитной восприимчивости образцов из разреза Сырт показало, что большинство проекций коротких осей магнитных эллипсоидов ( $K_3$ ) концентрируются в центре стереопроекции (т. е. занимают субвертикальное положение), а длинных и средних осей

( $K_1$  и  $K_2$  соответственно) равномерно распределяются вдоль ее экватора (т. е. располагаются субгоризонтально). Подобное распределение, характерное для осадков, формировавшихся в спокойной гидродинамической обстановке, соответствует первичной магнитной текстуре осадочных пород и является благоприятной предпосылкой для палеомагнитных исследований. После прогрева образцов до 500°C степень концентрации коротких осей у центра стереограммы возрастает, единственное исключение составляет один образец, у которого  $K_3$  располагается субгоризонтально. Горизонтальное положение коротких осей характерно для однодоменного магнетита [9].

В разрезе Лысая гора наблюдается хаотичное распределение осей магнитных эллипсоидов на стереограмме. Однако после прогрева образцов до 500°C картина АМВ кардинально меняется и приобретает вид, типичный для первичных текстур осадков, за исключением трех образцов с субгоризонтальным расположением  $K_3$  (рис. 3, в).

Эффект улучшения магнитной текстуры после прогрева пород (особенно заметный в разрезе Лысая гора) неоднократно фиксировался ранее [10–12] и, вероятно, связан с выгоранием органики, с которой ассоциируют парамагнитные железосодержащие минералы.

Форма магнитных частиц существенно различается в изученных разрезах: в силицитах на горе Сырт она близка к изометричной (параметр анизотропии  $P$  близок к единице), а на Лысой горе ферромагнитные частицы имеют явно выраженную уплощенную форму ( $P$  достигает 1.6 до нагрева и 1.2 – после нагрева) (рис. 4). Средний размер ферромагнитных зерен, судя по параметру  $K/J_{rs}$ , примерно одинаков в изученных разрезах (см. рис. 2). Скорее всего, и форма отдельных тонкодисперсных частиц близка к изометричной в обоих разрезах, а разная степень магнитной анизотропии обусловлена различием в форме глинистых и слюдяных минералов, на поверхности которых агрегируются тонкодисперсные ферромагнетики.

**Петромагнетизм.** Несмотря на слабую естественную магнитность палеоценовых отложений, оба изученных разреза хорошо дифференцированы в петромагнитном отношении и обнаруживают ярко выраженное двучленное строение (см. рис. 2, таблицу).

На горе Сырт низы сызранской свиты характеризуются минимальными значениями  $K$ ,  $J_n$ ,  $Q$ ,  $J_{rs}$  и повышенными  $V_{cr}$ ,  $K/J_{rs}$ . Верхи разреза, напротив, отмечены относительно большими величинами  $K$ ,  $J_n$ ,  $Q$ ,  $J_{rs}$  и пониженными  $V_{cr}$ ,  $K/J_{rs}$ . Наиболее ярко петромагнитный рубеж проявлен на графиках  $J_n$ ,  $Q$  и  $J_{rs}$ . Верхи разреза дополнительно расчленяются, благодаря ритмичному характеру кривых  $K$ ,  $J_n$ ,  $Q$ ,  $J_{rs}$  и особенностям в распределении  $V_{cr}$ ,  $K/J_{rs}$ . Возможности для

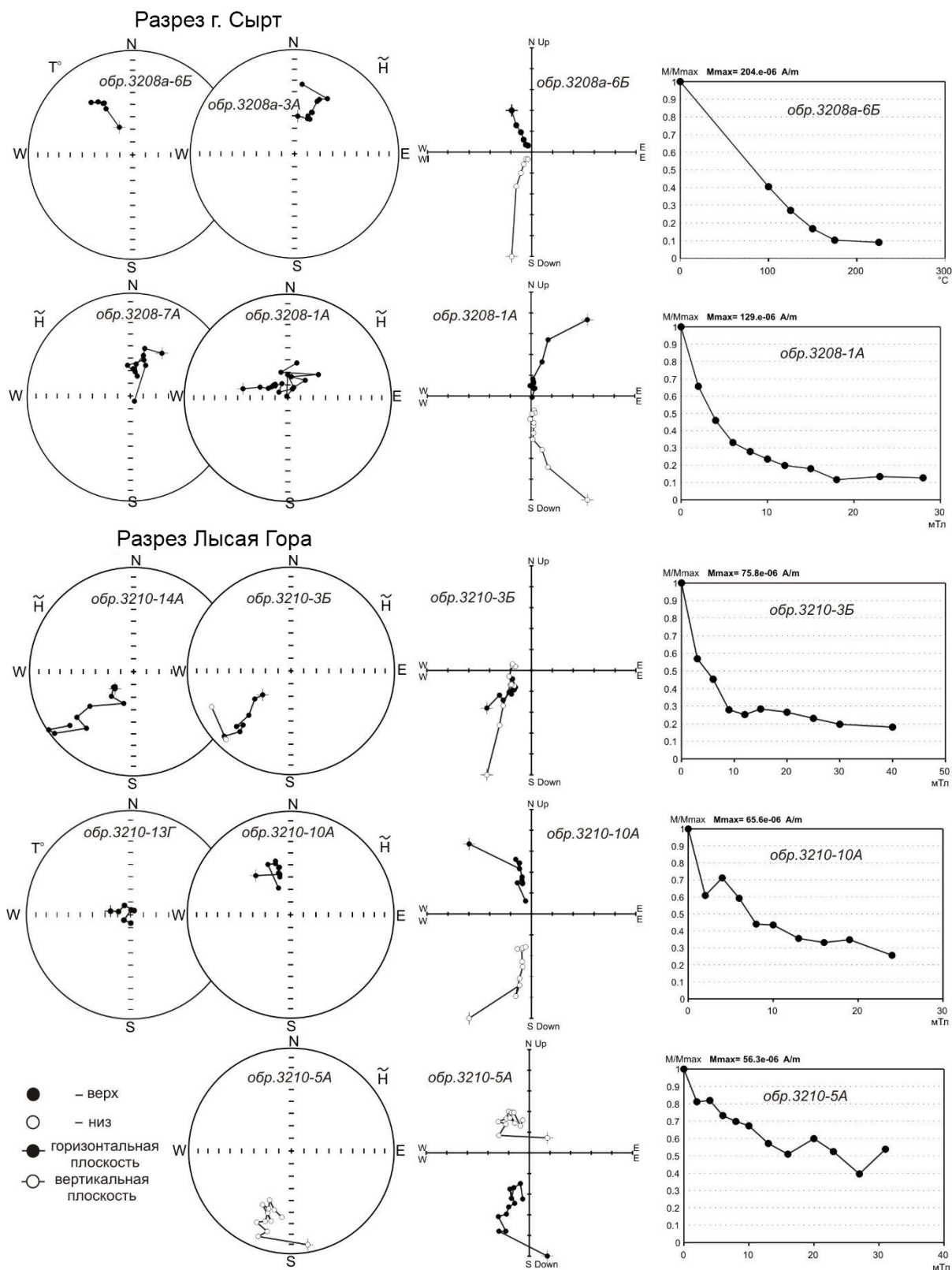


Рис. 4. Результаты компонентного анализа (в географической системе координат): полярные стереопроекции с изображениями изменений векторов  $J_n$  в процессе магнитных чисток; диаграммы Зийдверельда и графики размагничивания образцов:  $T^\circ$  и  $H$  – результаты размагничивания температурой и переменным магнитным полем соответственно



**Статистические характеристики распределения петромагнитных параметров в низах и верхах разрезов Сырт и Лысая гора**

Разрезы/ интервалы разрезов		$K$ ( $10^{-5}$ ед. СИ)	$J_n$ ( $10^{-5}$ ед. СИ)	$Q$	$J_{rs}$ ( $10^{-3}$ А/м)	$S$	$B_{cr}$ (мТл)	$K/J_{rs}$ ( $10^{-2}$ А/м)	$dK$ ( $10^{-5}$ ед. СИ)
Лысая гора обн. 3210	Обр. 12–20.2	1.3–6.6 <b>4.4</b> (27)	0.02–0.3 <b>0.1</b> (27)	0.01–0.12 <b>0.06</b> (27)	24.3–70.0 <b>43.8</b> (27)	0.4–1.0 <b>0.8</b> (27)	41.2–49.9 <b>46.8</b> (27)	0.05–0.1 <b>0.1</b> (27)	-0.4–0.9 <b>0.2</b> (9)
	Обр. 3–11.2	0.4–4.2 <b>2.1</b> (24)	0.02–0.3 <b>0.09</b> (24)	0.02–0.5 <b>0.1</b> (24)	9.7–32.0 <b>19.6</b> (24)	0.8–0.9 <b>0.9</b> (24)	41.2–50.0 <b>43.8</b> (24)	0.05–0.1 <b>0.1</b> (24)	-0.5–0.08 <b>-0.08</b> (8)
г. Сырт обн. 3208, 3208	Обн. 3208а, обр. 1–7.1	2.8–7.8 <b>4.8</b> (20)	0.05–0.4 <b>0.2</b> (20)	0.03–0.2 <b>0.1</b> (20)	25.0–142.3 <b>73.0</b> (20)	0.8–0.9 <b>0.9</b> (20)	42.6–48.5 <b>45.0</b> (20)	0.04–0.1 <b>0.08</b> (20)	-0.3–5.2 <b>0.6</b> (7)
	Обн. 3208а, обр. 7.2–15.2 + обн. 3208	2.1–7.8 <b>3.8</b> (53)	0.04–0.2 <b>0.1</b> (52)	0.01–0.1 <b>0.06</b> (52)	13.5–37.8 <b>21.4</b> (24)	0.8–1.0 <b>0.9</b> (24)	43.5–48.5 <b>46.7</b> (24)	0.1–0.5 <b>0.2</b> (24)	-0.5–1.7 <b>-0.08</b> (8)

Примечание. Значения в числителе: минимум – максимум, в знаменателе: жирным шрифтом – среднее арифметическое, в скобках – количество образцов в выборке.

более детального подразделения нижней части разреза также присутствуют, например, на графике  $K/J_{rs}$ .

На Лысой горе низам разреза соответствуют самые низкие значения  $K$ ,  $J_{rs}$ ,  $B_{cr}$  и повышенные  $dK$ . К верхам разреза приурочены повышенные  $K$ ,  $J_{rs}$ ,  $B_{cr}$  и отрицательные  $dK$ . Петромагнитная граница выглядит на графиках всех перечисленных параметров одинаково контрастно. По другим петромагнитным характеристикам намечается иное (не двучленное) подразделение разреза, например по  $K/J_{rs}$  в изученной толще обособляются как минимум три части: нижняя и верхняя с повышенными и средняя – с пониженными значениями параметра. Используя все петромагнитные параметры в совокупности, можно добиться наиболее детального расчленения разреза.

Увеличение содержания алевритовой фракции вверх по разрезу как на горе Сырт, так и на Лысой горе, установленное по данным шлифового анализа (см. фототаблицу и раздел «Характеристика разрезов»), коррелирует с трендом к возрастанию значений петромагнитных параметров, ответственных за концентрацию ферромагнетиков. В этой связи уместно предположить, что вариации  $K$ ,  $J_n$ ,  $J_{rs}$  по разрезам отражают изменения интенсивности терригенного сноса вследствие колебаний уровня моря.

**Палеомагнетизм.** В общей сложности палеомагнитным исследованиям подверглись 87 ориентированных образцов из нижнесызранской подсистемы. Они были взяты с 42 уровней: 40 образцов с 25 уровней в разрезе Сырт и 47 образцов с 17 уровней в разрезе Лысая гора (см. рис. 2).

В образцах со всех 25 стратиграфических уровней из разреза Сырт выделены характеристические компоненты намагниченности (**ChRM**) хорошего качества: максимальный угол отклонения (MAD) не превышает  $12^\circ$ , варьируя в основном от  $4$  до  $7^\circ$  (см. рис. 4). Результаты разных

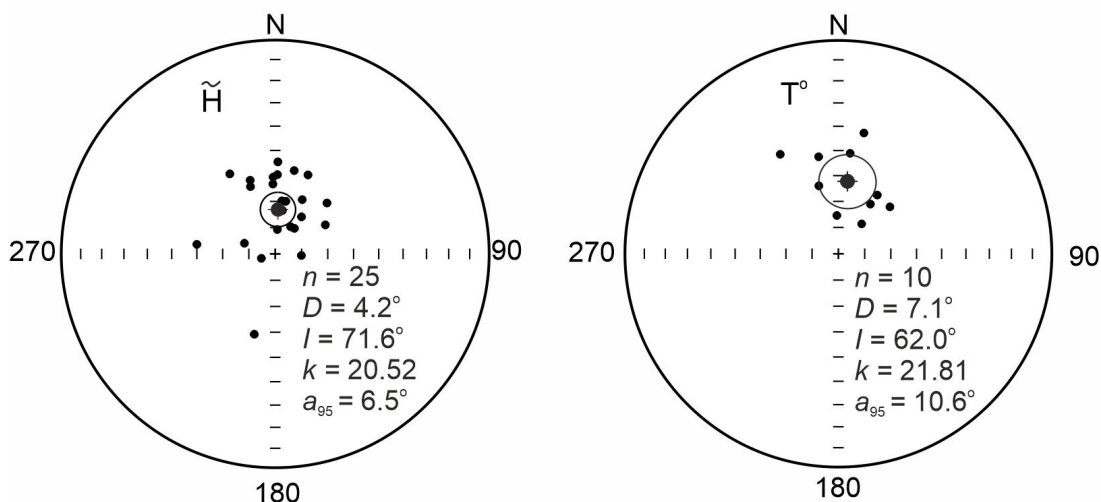
видов магнитных чисток во всех случаях на качественном уровне согласуются между собой, но **ChRM** не всегда возможно выделить по результатам термочисток.

Характеристическая компонента, как известно, не является синонимом первичной компоненты намагниченности. Средние палеомагнитные векторы в разрезе Сырт, рассчитанные по результатам размагничивания переменным полем (рис. 5), близки к направлению современного геомагнитного поля в районе исследований, имеющего наклонение (I)  $67.7^\circ$  (угловое расстояние от направления современного поля составляет  $4.2^\circ$ ). Однако среднее направление по **ChRM**, которые были выделены в процессе термочисток (см. рис. 5), отличается от современного поля уже на  $6.4^\circ$ . Палеомагнитный полюс, рассчитанный по этому направлению (широта  $Lat = 81.1^\circ$ , долгота  $Lon = 199.9^\circ$ ), статистически неотличим от стандартных палеомагнитных полюсов стабильной Европы палеоценового возраста:  $Lat = 81.1^\circ$ ,  $Lon = 190.5^\circ$  (60 млн лет при осреднении за 10 млн лет),  $Lat = 79.8^\circ$ ,  $Lon = 209.5^\circ$ ;  $Lat = 80.5^\circ$ ,  $Lon = 188.9^\circ$  (65 и 60 млн лет соответственно при осреднении за 5 млн лет) [13].

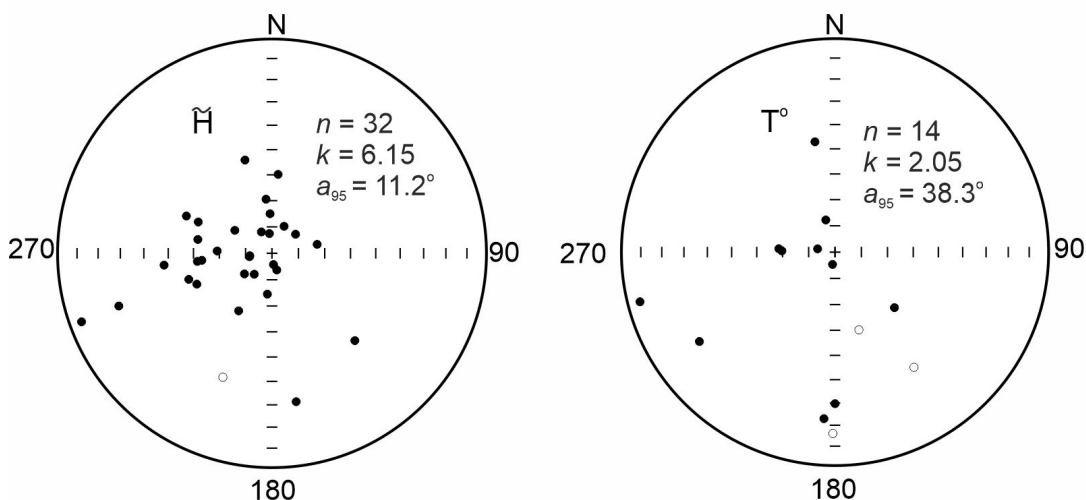
Скорее всего, **ChRM**, выделенные по результатам чисток переменным полем, представляют собой в большинстве случаев стабилизированную векторную сумму первичной компоненты  $J_n$ , связанной с магнетитом, и вторичной компоненты химической природы ( $J_c$ ), обусловленной магнитожесткими гидроксидами железа – продуктами гипергенного окисления магнетитовых и/или пиритовых зерен. Доля жестких ферромагнетиков в исследуемых породах мала, поэтому они не сказываются на величине фактора  $Q$ , значения которого не превышают  $0.2$  (см. рис. 2, таблицу), что типично для ориентационной или посториентационной намагниченности ( $J_{ro}$ ). Но при размагничивании переменным полем происходит преимущественное разрушение первичной



Разрез г. Сырт



Разрез Лысая гора



$n$  – число образцов в выборке  
 $D$  – среднее палеомагнитное склонение  
 $l$  – среднее палеомагнитное наклонение  
 $k$  – палеомагнитная кучность  
 $a_{95}$  – радиус круга доверия

– среднее палеомагнитное направление и круг доверия

Рис. 5. Полярные стереопроекции компонент  $J_n$  в географической системе координат, выделенных в разрезе Сырт ( $ChRM$ ) и Лысая гора ( $ChRM$  и  $J_{st}$ )

компоненты, носителем которой является магнитомягкий магнетит, а доля  $J_c$ , связанной с устойчивыми к воздействию полей магнитожесткими гидроокислами железа, в суммарной намагниченности соответственно возрастает. В процессе термочисток, напротив, в первую очередь разрушается  $J_c$ , поскольку гидроокислы железа имеют низкие температуры Кюри, например у широко распространенных в приповерхностной зоне гидротетитов она не превышает 130°C [14].

Палеомагнитное качество силицитов в разрезе Лысая гора в целом хуже, чем на горе Сырт. Характеристические компоненты (см. рис. 4,

обр. 3210–10А) примерно в половине случаев отмечены MAD 10–16° (в остальных случаях в основном 5–8°). В образцах с 4 стратиграфических уровней характеристическую компоненту выделить невозможно, но стереопроекции  $J_n$  при размагничивании этих образцов смещаются по дугам больших кругов (GC) (см. рис. 4, обр. 3210-14А, 3210-3Б). Компоненты намагниченности, соответствующие прямолинейным отрезкам диаграмм Зийдерверльда, не стремящимся к центру координат, условно названы «стабильными» ( $J_{st}$ ) (см. рис. 4, обр. 3210-3Б). В образцах с 9 уровней выделены обе компоненты намагни-



ченности –  $J_{st}$  и  $ChRM$ . На единственном уровне ни в одном из образцов не удалось выделить ни одной компоненты, но проекции  $J_n$  в них перемещаются при размагничивании вдоль дуг больших кругов (см. рис. 4, обр. 3210-14А).

Компоненты  $J_n$ , определенные по результатам терморазмагничивания, распределены по сфере хаотично (кучность около 2),  $ChRM$  и  $J_{st}$ , выделенные по данным чисток переменным полем, чуть более упорядочены (см. рис. 5), но в обоих случаях расчет средних направлений не имеет реального смысла. Вероятно,  $J_n$  силицитов на Лысой горе, так же как и на горе Сырт, является векторной суммой первичной и вторичной компонент, связанных с мягкими и жесткими ферромагнетиками соответственно. Кардинальная разница в упорядоченности палеомагнитных векторов, наблюдаемая при сопоставлении двух разрезов (см. рис. 5), объяснима, если допустить, что первичная компонента в отложениях на горе Сырт соответствует прямой, а на Лысой горе – обратной полярности. При этом дополнительно предполагается, что перемагничивание связано с современным полем и  $J_c$  в обоих разрезах имеет одинаковое направление, соответствующее прямой полярности.

Направления палеоценового поля прямой полярности и современного поля близки, поэтому и суперпозиция первичной и вторичной  $J_n$  в разрезе Сырт при размагничивании независимо от доли разрушения той или иной компоненты практически не меняется (рис. 6). Если первичная

и вторичная намагниченности антипараллельны, то даже незначительное разрушение одной из них приведет к существенному изменению их векторной суммы (см. рис. 6). Следствием этого будет большой внутрислоистовый и межслоистовый разброс результирующих компонент, а также смещения направлений  $J_n$  в ходе магнитных чисток вдоль больших кругов.

Реальные распределения палеомагнитных векторов в изученных разрезах (см. рис. 5) полностью согласуются с предложенной моделью естественной остаточной намагниченности. Поэтому в разрезе Лысая гора компоненты с отрицательными или пологими положительными наклонениями в южных румбах стереограмм (см. рис. 2, 4, 5), либо траектории перемещений  $J_n$  при размагничивании, аппроксимируемые большими кругами (см. ис. 4), интерпретировались как указание на наличие в породах древней намагниченности обратной полярности. Определенная таким образом обратная полярность характеризуется 7 из 17 уровней в разрезе. На 6 уровнях, отмеченных аномальными направлениями  $J_n$  (с положительными наклонениями, но со склонениями, не характерными для прямой полярности) или с  $I > +75^\circ$ , знак полярности не определялся. На единственном уровне (обр. 3210-10) выделены направления, характерные для прямой полярности. Таким образом, можно предположить, что низам сызранской свиты в разрезе Лысая гора соответствует зона преимущественно обратной полярности ( $Rn$ ) (см. рис. 2).

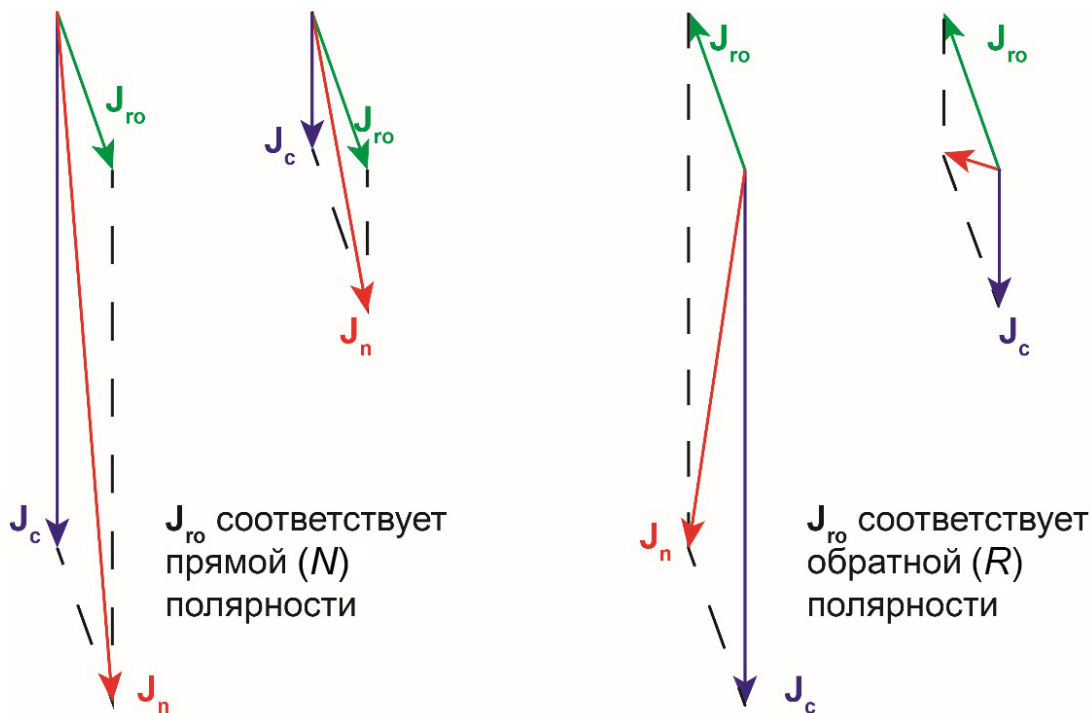


Рис. 6. Схема, иллюстрирующая динамику изменения направления намагниченности ( $J_n$ ) в зависимости от знака полярности направления первичной компоненты ( $J_{ro}$ )



Палеомагнитная колонка разреза Сырт образована зоной прямой полярности (*N*) (см. рис. 2). Отмеченное выше совпадение положений полюса, вычисленного на основе полученных данных, с положениями стандартных палеомагнитных полюсов является веским аргументом в пользу первичности намагниченности.

Полученные данные указывают на то, что в изученных разрезах представлены разновозрастные отложения, так как они формировались в эпоху разных режимов полярности геомагнитного поля. Из сопоставления палеомагнитных колонок со Шкалой геомагнитной полярности [15] следует заключить, что более древние образования представлены на горе Сырт, потому что в палеоценовом интервале GPTS преобладание режима прямой полярности характерно только для первой половины датского века (хроны C29 – C28) (рис. 7). Палеомагнитная характеристика Лысой горы допускает как датский (вторая

половина датского века), так и зеландский возраст представленных в ней отложений (хроны C27 – C26, в которых доминирует обратная полярность).

Однако сделанные стратиграфические выводы являются пока только рабочими гипотезами. Отсутствие адекватных представлений о скорости формирования силицитов не позволяет исключить возможность сопоставления *N*-зоны в разрезе Сырт с кратковременным хроном C27п. Выделение *Rn*-зоны в разрезе Лысая гора опирается на предположение о перемагничивании пород в эпоху нормальной полярности геомагнитного поля, которое нуждается в дополнительном обосновании. Для доказательства или убедительного опровержения того или иного варианта интерпретации необходимо получить палеомагнитные данные по ряду других опорных разрезов палеоцена Саратовского Поволжья.

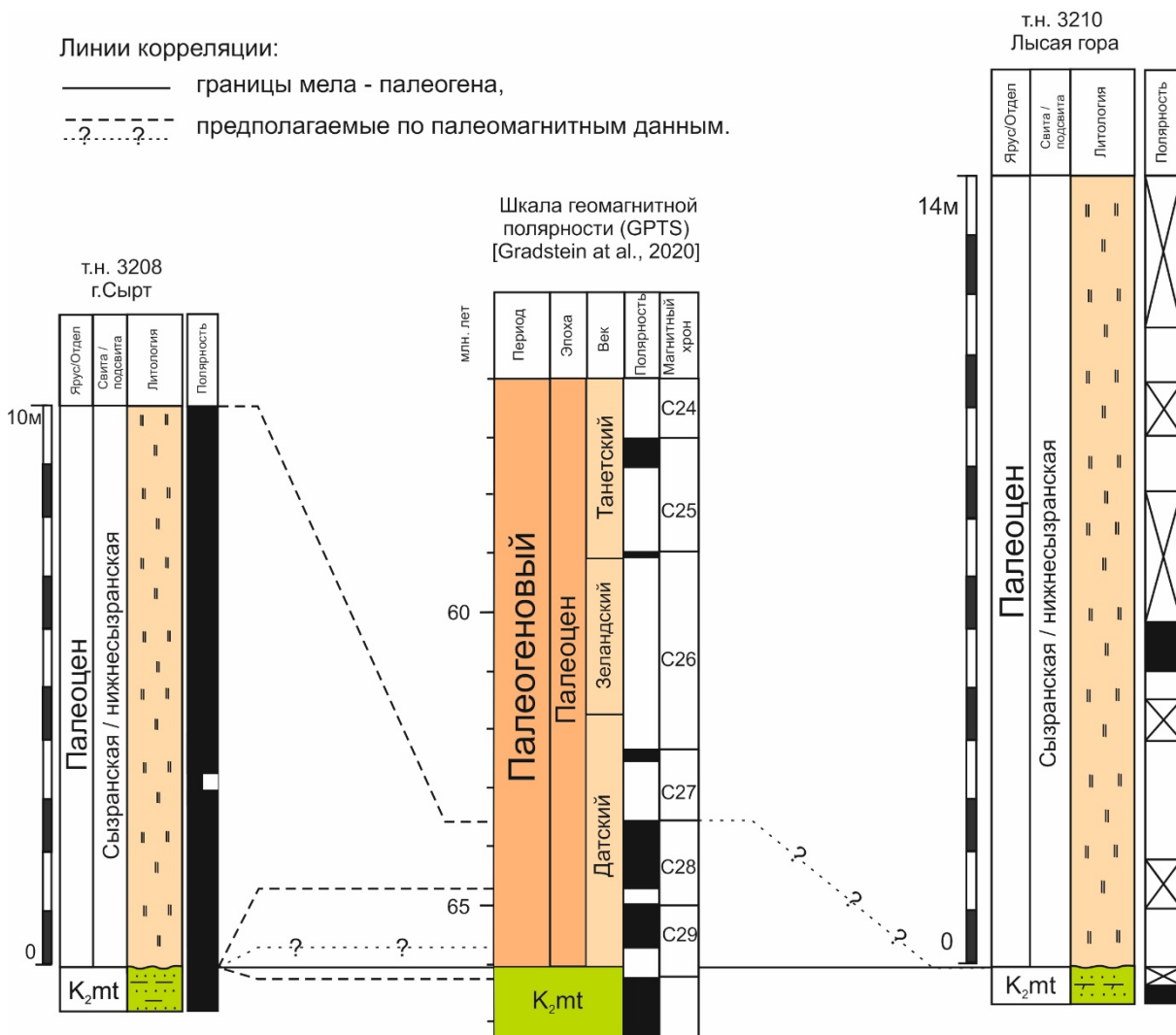


Рис. 7. Предполагаемое сопоставление магнитостратиграфических разрезов нижнесызранской подсвиты Саратовского Правобережья со Шкалой геомагнитной полярности (GPTS). Условные обозначения см. рис. 2



## Заключение

В результате проведенных исследований впервые получены детальные петромагнитные и палеомагнитные характеристики низов нижнесызранской подсвиты в двух разрезах Саратовского Правобережья – гора Сырт и Лысая гора.

Главным результатом выполненных работ следует считать демонстрацию возможности получения палеомагнитных данных по палеоцену Поволжья. В силицитах сызранской свиты успешно выделяются компоненты естественной остаточной намагниченности, в том числе характеристические. Как правило, они являются стабилизированной векторной суммой первичной (ориентационной) и вторичной (химической) компонент, связанных с магнитомягким магнетитом, возникшим на стадии формирования осадка, и магнито жесткими гидроокислами железа (иногда сильно дегидратированными), которые возникли в результате гипергенного окисления железосодержащих минералов. Анализ палеомагнитных данных позволил установить, что намагниченность в разрезе Сырт возникла в результате сложения компонент, соответствующих одному и тому же (нормальному) режиму полярности, а в разрезе Лысая гора – в результате сложения компонент разного знака полярности. Магнитополярная характеристика палеоценовых отложений на горе Сырт более надежна, чем на Лысой горе, но в обоих разрезах она нуждается в дополнительном обосновании.

Имеющаяся на данный момент неоднозначность определения знака полярности должна уменьшаться по мере получения новых данных по разновозрастным отложениям других разрезов, даже если они окажутся в такой же степени затронутыми процессами перемагничивания, как и низы сызранской свиты на горе Сырт и Лысой горе. Однако не исключено, что другие объекты исследований окажутся более благополучными в палеомагнитном отношении.

Установлено, что низы сызранской свиты в изученных разрезах хорошо дифференцированы по магнитным свойствам, вариации которых отражают важные особенности ферромагнитной фракции в породах (вид и генезис железосодержащих минералов, их концентрацию, форму и размерность частиц). Тем самым показана перспективность получения петромагнитных данных по палеоцену Поволжья для выполнения детальных корреляций разрезов и реконструкции условий осадконакопления.

Выполненный шлифовый анализ силицитов сызранской свиты является продолжением и развитием многолетних работ по исследованию вещественного состава палеоцена Поволжья, проводимых Е. Ф. Ахлестиной и другими сотрудниками Саратовского университета [16].

В ближайшем будущем планируется получение микропалеонтологических данных по изу-

ченным разрезам и продолжение комплексных био-, магнитостратиграфических и литолого-минералогических исследований палеоцена в других районах Саратовского Правобережья.

## Библиографический список

1. Мусатов В. А., Музылев Н. Г., Ступин С. И. Палеоценовые отложения Поволжья и Северного Прикаспия : новые данные, событийный подход // Вопросы стратиграфии Поволжья и Прикаспия : сборник научных трудов / редакторы А. В. Иванов, В. А. Мусатов. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2004. С. 226–258.
2. Унифицированная стратиграфическая схема палеоценовых отложений Поволжско-Прикаспийского субрегиона / редакторы : М. А. Ахметьев, С. М. Шик, А. С. Алексеев ; составители : Г. Н. Александрова, М. А. Ахметьев, В. Н. Беньямовский [и др.]. Москва : ВНИГНИ, 2015. 96 с.
3. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Санкт-Петербург : Издательство ВСЕГЕИ, 2016. Вып. 44. 67 с.
4. Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. Санкт-Петербург : Издательство ВСЕГЕИ, 2019. 96 с.
5. *Gabdullin R. R., Guzhikov A. J., Bogachkin A. B., Bondarenko N. A., Lubimova T. V., Widrik A. B.* Periodities below and above the K / T boundary // Bull. de l'Institute Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Sciences de la Terr. 1999. 69-suppl. P. 87–101.
6. *Molostovsky E. A., Fomin V. A.* Sedimentogenesis in Maastrichtian-Danian basins of the Russian plate and adjacent areas in the context of plume geodynamics // Russian Journal of Earth Sciences. 2006. Vol. 8. P. 1–3.
7. *Милановский Е. В.* Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья. Москва ; Ленинград : Гостоптехиздат, 1940. 276 с.
8. *Гужиков А. Ю., Барабошкин Е. Ю., Беньямовский В. Н., Вишневецкая В. С., Копачевич Л. Ф., Первушов Е. М., Гужикова А. А.* Новые био- и магнитостратиграфические данные по кампанским–маастрихтским отложениям классического разреза Нижняя Банновка (юг Саратовского Правобережья) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2017. Т. 25, № 1. С. 24–61.
9. *Lanza R., Meloni A.* The Earth's Magnetism : An Introduction for Geologist. Berlin : Springer, 2006. 278 p.
10. *Гужиков А. Ю., Барабошкин Е. Ю., Александрова Г. Н., Рябов И. П., Устинова М. А., Копачевич Л. Ф., Миранцев Г. В., Кузнецов А. Б., Фокин П. А., Косоруков В. Л.* Био-, хемо- и магнитостратиграфия пограничного интервала сантона–кампа разрезам Кудрино и Аксу-Дере (Юго-Западный Крым) : проблемы глобальной корреляции и выбора лимитотипа нижней границы кампанского яруса. Статья 2. Магнито- и хемостратиграфия, обсуждение данных // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2021. Т. 29, № 5. С. 27–58.
11. *Гужикова А. А., Первушов Е. М., Рябов И. П., Фомин В. А.* Магнитозона обратной полярности в туронско-коньяке северного окончания Доно-Медведицких дислокаций // Известия Саратовского университета. Новая



- серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 262–277. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-262-277>
12. Гужикова А. А., Грищенко В. А., Фомин В. А., Барбошкин Е. Ю., Шелепов Д. А. Магнитостратиграфия турона–сантона Самарского Правобережья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 248–263. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-4-248-263>
13. Besse J., Courtillot V. Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr // Journal of Geophysical Research. 2002. Vol. 107, № 11. P. 1–31.
14. Третьяк А. Н. Естественная остаточная намагниченность и проблема палеомагнитной стратификации осадочных толщ. Киев : Наукова Думка, 1983. 256 с.
15. A Geologic Time Scale 2012 / F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Smitz, G. M. Ogg. Elsevier BV, 2012. 1390 p.
16. Ахлестина Е. Ф., Иванов А. В. Атлас кремнистых пород мела и палеогена Поволжья. Саратов : ГосУНЦ «Колледж», 2000. 166 с.

Поступила в редакцию 15.02.2022; одобрена после рецензирования 28.02.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 15.02.2022; approved after reviewing 28.02.2022; accepted for publication 01.03.2022





Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 132–139  
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 132–139  
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-132-139>

Научная статья  
УДК 568.152:551.762.3



## Находки *Nannopterygius* на территории Западно-Казахстанской области Республики Казахстан

Д. Б. Якупова<sup>1</sup>✉, К. М. Ахмеденов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5

<sup>2</sup>НАО Западно-Казахстанский университет имени М. Утемисова, Республика Казахстан, 090009, г. Уральск, пр. Н. Назарбаева, д. 162

Якупова Джамия Болатовна, аспирант, [yakupova\\_j@mail.ru](mailto:yakupova_j@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3875-1224>

Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, проректор на научной работе и международным связям, [kazhmurat78@mail.ru](mailto:kazhmurat78@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7294-0913>

**Аннотация.** В данной статье дано описание фрагментов скелета новых видов ихтиозавра *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov. и *Nannopterygius yakimenkae* sp. nov. из верхневолжского подъяруса верхней юры Западно-Казахстанской области Республики Казахстан (разрез Щучкино). Виды отнесены к роду *Nannopterygius*. Как показывают исследования, фрагменты скелетов представителей рода *Nannopterygius* часто встречаются в отложениях поздней юры на местонахождении пос. Щучкино в Красновском сельском округе района Байтерек Западно-Казахстанской области. Выделение новых видов основано на строении передней конечности с более широким диафизом и крупным основанием первого пальца, двухфасеточном строении бедренных костей, составляющих 2/3 передней конечности и на своеобразном строении основной затылочной кости и основной клиновидной кости, усиленных выростами по латеральным краям, увеличенной площади плечевой кости, что говорит о повышении площади передних лап, межключице, имеющей треугольный дистальный щиток.

**Ключевые слова:** *Nannopterygius*, верхневолжский подъярус, Западно-Казахстанская область, зона *Epivirgatites nikitini*, поздняя юра

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность палеонтологу-любителю Е. В. Михайлову, Г. А. Якименко (Западно-Казахстанский областной центр детско-юношеского туризма и экологии) за предоставление ископаемого материала, а также В. М. Ефимову (Ульяновское отделение Палеонтологического общества при РАН) за консультации и осмотр его коллекции.

**Для цитирования:** Якупова Д. Б., Ахмеденов К. М. Находки *Nannopterygius* на территории Западно-Казахстанской области Республики Казахстан // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 132–139. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-132-139>

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

Article

### *Nannopterygius* finds in the West Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan

J. B. Yakupova<sup>1</sup>✉, K. M. Akhmedenov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazan (Volga Region) Federal University, 4/5 Kremlin St., Kazan 420008, Russia

<sup>2</sup>M. Utemisov West Kazakhstan university, 162 Nursultan Nazarbayev Ave., Uralsk 090009, Kazakhstan

Jamilya B. Yakupova, [yakupova\\_j@mail.ru](mailto:yakupova_j@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3875-1224>

Kazhmurat M. Akhmedenov, [kazhmurat78@mail.ru](mailto:kazhmurat78@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7294-0913>

**Abstract.** This article describes the skeletal fragments of new species of ichthyosaurus *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov. and *Nannopterygius yakimenkae* sp. nov. from the Upper Volga sublayer of the Upper Jurassic of the West Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan (Shchuchkino section). The species are assigned to the genus *Nannopterygius*. As studies show fragments of skeletons of representatives of the genus *Nannopterygius* are often found in Late Jurassic sediments at the location of the village of Shchuchkino in the Krasnovsky rural district of the Bayterek district of the West Kazakhstan region. The selection of new species is based on the structure of the forelimb with a wider diaphysis and a large base of the first finger, the two-facet structure of the femurs which make up 2/3 of the forelimb and the peculiar structure of the main occipital bone and the main sphenoid bone, reinforced by outgrowths along the lateral edges, an enlarged area of the humerus indicating an increase in the area of the forelimbs, the interclavicle having a triangular distal shield.

**Keywords:** *Nannopterygius*, Late Jurassic, Upper Volga sub-stage, *Epivirgatites nikitini* zone, West Kazakhstan region

**Acknowledgements.** The authors are thankful to amateur paleontologist Evgeny Mikhailov, Galina Yakimenko (West Kazakhstan Regional Center for Youth Tourism and Ecology) for providing fossil material, as well as to Vladimir Efimov (Ulyanovsk Branch of the Paleontological Society at the Russian Academy of Sciences) for consultations and inspection of his collection.



**For citation:** Yakupova J. B., Akhmedenov K. M. *Nannopterygius* finds in the West Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 132–139 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-132-139>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

## Введение

Многочисленные фрагменты скелетов ихтиозавров, собранные с территории России, принадлежат представителям рода *Nannopterygius* [1–6]. В настоящее время известны виды: *Nannopterygius saveljeviensis Arkhangelsky, 1997*, верхняя юра, верхневолжский подъярус; Саратов; *Nannopterygius saratoviensis Arkhangelsky, 1998*, верхняя юра, верхневолжский подъярус; Саратов; *Nannopterygius yasykovi Efimov, 1999*, верхняя юра, средний и верхний подъярусы волжского яруса; Ульяновское и Самарское Поволжье; *Nannopterygius enthekiodon* и *Nannopterygius borealis*, нижний мел. Костный материал отмечен в валанжинских отложениях нижнего мела в п. Рудничный Кировской области, на крайнем севере, на р. Анабар рядом с п. Юринг-Хая [4, 7] в Крыму в нижнем валанжине в междуречье Кача-Бодрах [8].

Учитывая, что исследования рода *Nannopterygius* на территории Казахстана проводятся впервые, целью настоящей статьи явилось изучение разнообразия представителей видов *Nannopterygius* в Прикаспийском регионе. Задача исследования – дать морфологическое и систематическое описание фрагментов скелета ихтиозавров, стратиграфическое распределение ихтиозавров в мезозойских отложениях Казахстана.

## Объекты и методы исследований

Материал для изучения получен от коллекционера-любителя Е. В. Михайлова, который собрал им в одном слое в пойме реки Таловая у пос. Щучкино (бывшее село Красновского сельского округа района Байтерек Западно-Казахстанской области).

Измерения были проведены по методике, предложенной С. McGowan [9], при этом учитывалось, что материал представлен в основном отдельными черепными и посткраниальными костями. Нами были использованы также параметры, важные при сравнении с другими ихтиозаврами, включающие в себя площадь хрящевого покрытия элементов плечевого и тазового поясов. Была использована методика В. М. Ефимова [10]: на изучаемую кость накладывалась полиэтиленовая прозрачная пленка, по ее поверхности, по границе, которая разделяет подвижную часть кости и инертную, зарисовывалась вся площадь, затем по мерному трафарету подсчитывалась площадь того или иного сочленения.

## Результаты и их обсуждение

Находки остатков морских рептилий в верховьях и пойме р. Таловая Западно-Казахстанской области отмечены в работе В. С. Воропинова [11].

Исследуемый район расположен в отрогах Общего Сырта, холмистой возвышенности, в широтном направлении примыкающих к горам Южного Урала. Обнаженность склонов незначительная, в основном по руслам р. Таловая и ее притокам [12]. Геологическое строение местности отличается спокойным залеганием слоев с небольшим наклоном (2–3°) с севера на юг (рис. 1).

### Ichthyosauria de Blainville, 1835 Ophthalmosauridae Baur, 1887 *Nannopterygius* von Huene, 1922 *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov.

Название вида по фамилии палеонтолога-любителя Е. В. Михайлова, собравшего и передавшего в музей ЗКГУ остатки скелета ихтиозавра.

Голотип – Западно-Казахстанский государственный университет (ЗКГУ), экз. № ЗКГУ-66/1-19 (рис. 2), затылочная часть черепа (основная затылочная кость, основная клиновидная кость, боковая затылочная кость, заднеушные кости, скуловая кость), квадратная кость, фрагменты коракоида и лопатки, правая плечевая кость, локтевая и лучевая кости, проксимальный конец правой бедренной кости, дистальный конец левой бедренной кости, четыре шейных позвонка; Западно-Казахстанская область, Красновский сельский округ района Байтерек, бывший пос. Щучкино; верхняя юра, верхневолжский подъярус, зона *Epivirgatites nikitini*.

**Описание.** Ихтиозавры 1.5–2 метра длиной. Медиальная фасетка соединения коракоидов трапециевидная, лопатки короткие с расширенным дистальным концом; отличается плечевой костью с широкими локтевой и радиальной костями, добавочный первый палец имеет широкое основание, равное половине ширины лучевой кости.

Бедренные кости крупные, по длине равные плечевым костям. Дистальный конец бедра с двумя фасетками.

От черепа сохранились основная затылочная кость и основная клиновидная кость.

Основная клиновидная кость (см. рис. 2, фиг. 1–4) – массивная и многоугольная – составляет основание черепа. Антериальная поверхность по центру имеет хордальное отверстие  $d = 12$  мм от канала, входящего в центре вентральной поверхности  $d = 6$  мм. С боков антериальное отверстие окружено 5-мм валиком, с правой и с левой стороны выступающие фасетки для контакта с крыловидными костями, образующими основание черепа. Под хордальным отверстием поднимается дорсальный выступ шириной 15 мм, от которого дорсально-антериально направлена

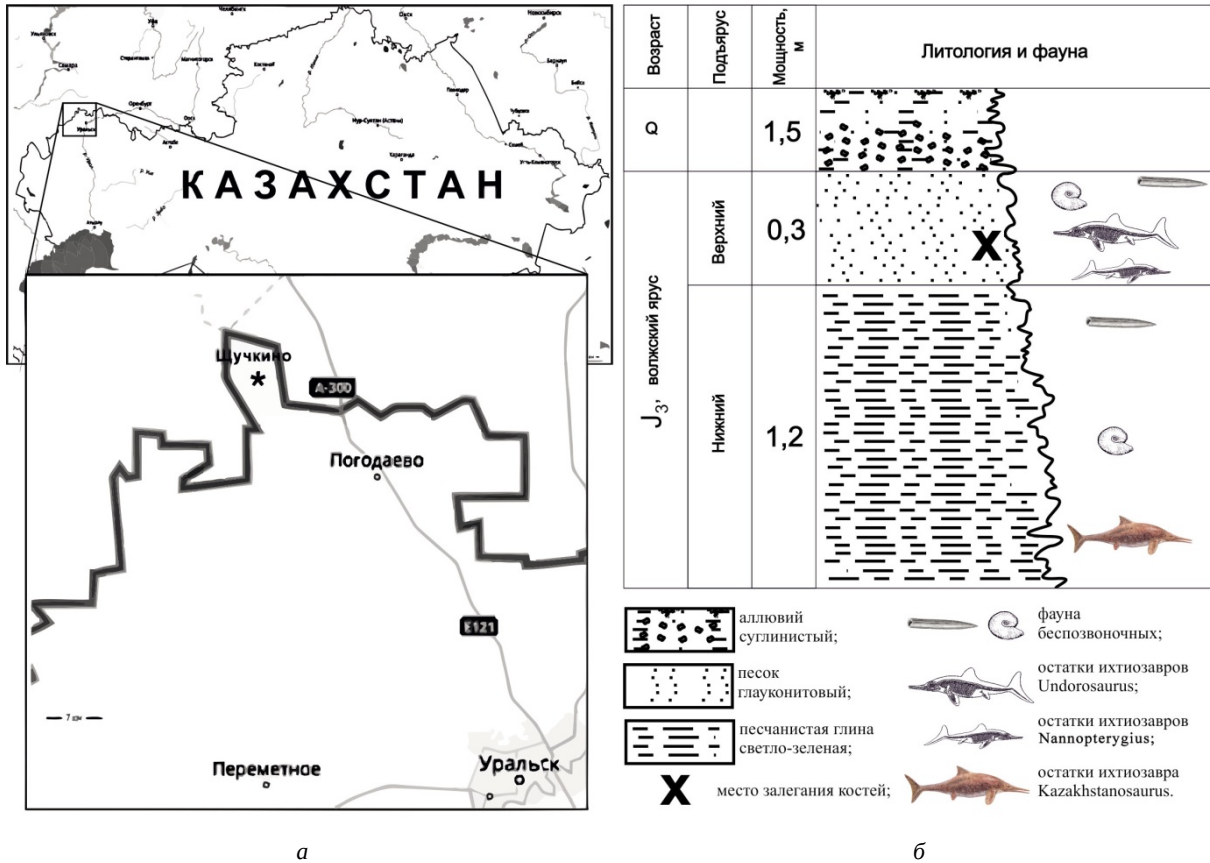


Рис. 1. Местонахождение фрагментов скелетов ихтиозавров *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov. и *Nannopterygius yakimenkae* sp. nov. в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан (с дополнениями В. М. Ефимова и др., 2019 г.): а – географическое расположение (место находки отмечено звездочкой); б – геологический разрез

поверхность кости, разделенная в центре небольшой бороздой. Сзади к основной клиновидной кости присоединяется основная затылочная кость – округлое массивное затылочное основание осевого скелета.

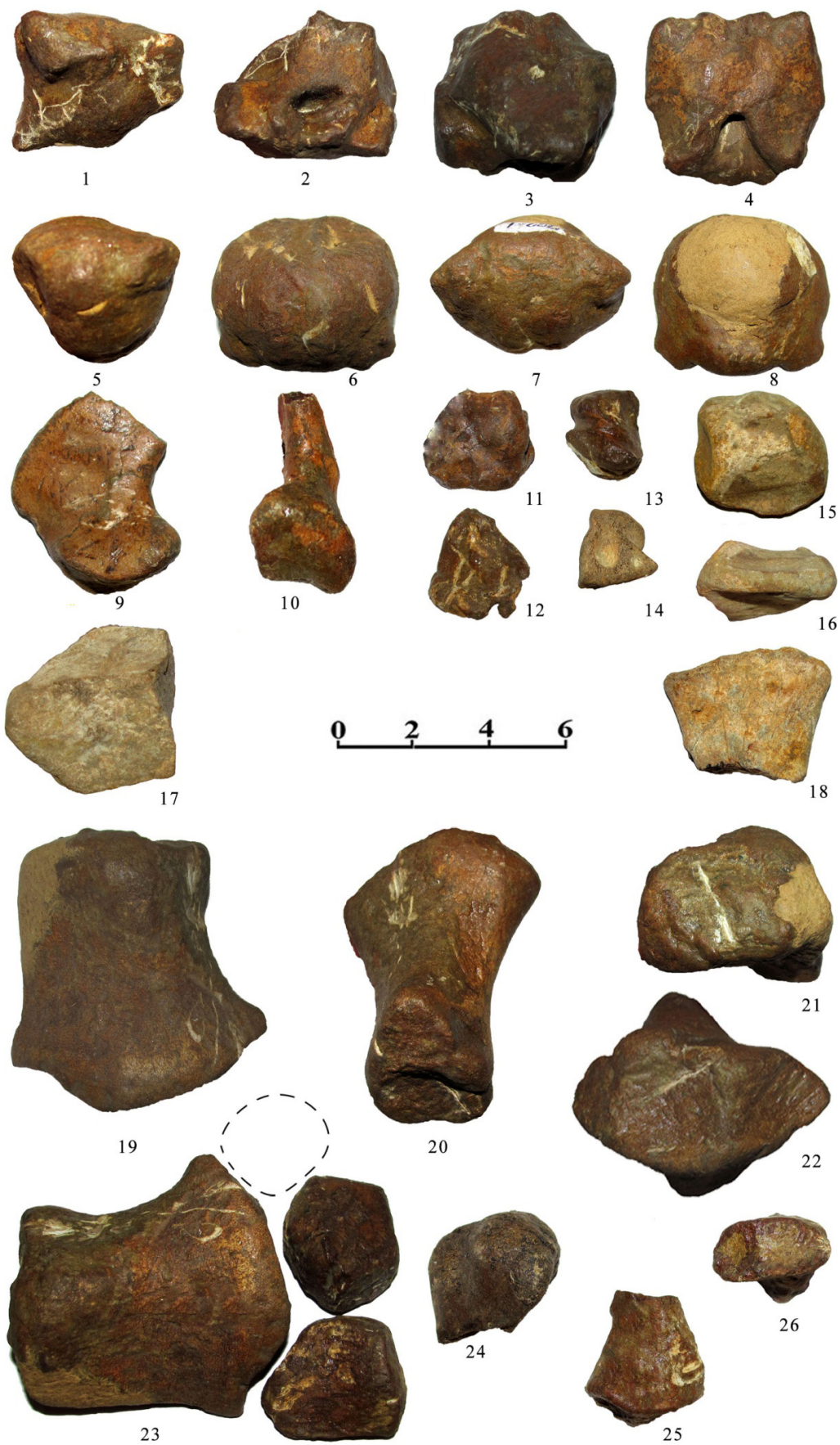
Основная клиновидная кость *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov. отличается от *Nannopterygius yasykovi* менее выпуклым затылочным мышцелком площадью 12 см<sup>2</sup> и наличием на антериальной поверхности правого и левого выступов для контакта с основной клиновидной костью. Заднее отверстие для внутренних сонных артерий расположено в задней половине брюшной поверхности, близко к ее середине, и продолжается кзади бороздкой. При боковом виде основная клиновидная

кость неправильной пятиугольной формы, как у *Nannopterygius saveljeviensis* и *Nannopterygius yasykovi*.

Затылочный мышцелок *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov. отличается от *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999 и *Nannopterygius saveljeviensis* очень большим хордальным отверстием  $d = 12$  мм и контактом с крыловидными костями. Межключица имеет треугольный дистальный щиток, что позволяет усилить плечевой пояс.

Правая квадратная кость (см. рис. 2, фиг. 9, 10) имеет L-образный контур в затылочной области, она плоская, тонкая, антериально утолщается, образуя суставной мышцелок; площадь

Рис. 2. Фиг.1–26. *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov.: 1–4 – основная клиновидная кость (ЗКГУ-66/2): 1 – латеральный вид, 2 – антериальный вид, 3 – проксимальный вид, 4 – дистальный вид; 5–8 – основная затылочная кость (ЗКГУ-66/1): 5 – латеральный вид, 6 – дистальный вид, 7 – проксимальный вид, 8 – дорсальный вид; 9–10 – квадратная кость (ЗКГУ-66/3): 9 – латеральный вид, 10 – антериальный вид; 11–12 – боковая затылочная кость: 11 – латеральный вид, 12 – медиальный вид; 13–14 – боковая затылочная кость (ЗКГУ-66/4): 13 – латеральный вид, 14 – проксимальный вид; 15–16 – скуловая кость: 15 – латеральный вид, 16 – проксимальный вид; 17 – передняя часть медиальной коракоидной фасетки (ЗКГУ-66/13): 18 – дистальная часть отростка лопатки (ЗКГУ-66/12): 19–22 – плечевая кость (ЗКГУ-66/9): 19 – латеральный вид, 20 – антериальный вид; 21 – проксимальный конец плечевой кости, 22 – дистальный конец плечевой кости; 23 – плечевая кость с зигаподиумом; 24 – проксимальный конец бедренной кости (ЗКГУ-66/14): 25–26 – дистальный конец бедренной кости (ЗКГУ-66/15): 25 – антериальный вид, 26 – проксимальный вид





контакта 6.5 см<sup>2</sup>, размеры 40×20 мм. По форме аналогична *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999.

Правая и левая боковые затылочные кости (см. рис. 2, фиг. 13, 14) – небольшие, вертикально вытянутые, оконтуривающие заднее затылочное отверстие, размеры 35×26 мм, которое имеет сверху и внизу площадки для контактов с основной затылочной костью и верхней затылочной костью. По форме и размерам не отличаются от *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999.

Правая и левая заднеушные кости (см. рис. 2, фиг. 11, 12) многоугольные, несущие на внутренней латеральной поверхности V-образные слуховые каналы. Отличаются от *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999 толщиной кости и более четким каналом.

Скуловая кость (см. рис. 2, фиг. 15, 16) толстая, овальной формы, аналогична таковой у *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999. Внутренняя сторона плоская, плотно прилегает к заднему концу предугловой кости, обеспечивая упор для квадратной кости и нижней челюсти. У *Nannopterygius saveljeviensis* скуловая кость представляет собой J-образный элемент с тонким медиолатерально сжатым задним отростком и тонким суборбитальным стержнем.

От плечевого пояса сохранилась передняя часть медиального контакта правого коракоида (см. рис. 2, фиг. 17–26). Характерной особенностью является трапециевидная форма контакта, у *N. yasykovi* Efimov, 1999 медиальная фасетка имеет форму почти равнобедренного треугольника. Нижняя грань коракоида параллельна верхнему краю, что не характерно для *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999. Коракоидная выемка *N. enthekiodon* глубокая и узкая, у *N. yasykovi* Efimov, 1999 она широкая и неглубокая.

От лопатки сохранилась лишь дистальная часть (см. рис. 2, фиг. 18), которая расширена с 25 до 50 мм у основания.

Плечевая кость передней конечности (см. рис. 2, фиг. 19–23) отличается от таковой *N. yasykovi* Efimov, 1999 шириной кости, равной 67 мм при длине 70 мм (проксимальные концы у *N. enthekiodon* и *N. borealis* более сжаты). Ширина диафиза 50 мм. Отношение длины к ширине составляет 1.04, у *N. saveljeviensis* составляет 1.32. Проксимальный конец 40×54 мм. Дельтопекторальный гребень крупный, доходит

до 2/3 длины плеча, трохантер небольшой, едва достигает 10 мм, у *N. enthekiodon* он слабо развит, у *N. Saveljeviensis* он большой тарелкоподобной формы. Лучевая кость шестиугольной формы (у *N. enthekiodon* трапециевидной формы), пятиугольные у *N. saveljeviensis* и *N. yasykovi*). Площадь хрящевого покрытия у *N. mikhailovi* sp. nov. составляет 12 см<sup>2</sup>, из них первый палец 1.5 см<sup>2</sup>, лучевая кость 6 см<sup>2</sup>, локтевая кость 4.5 см<sup>2</sup>. Плечевая кость со слабым диафизом и крупным основанием первого пальца. У *N. Saveljeviensis* плечевая кость дистально имеет 3 фасетки для локтевой и лучевой костей и небольшую фасетку для базального элемента первого пальца, у *N. Enthekiodon* дистальный конец плечевой кости двухфасеточный, имеет заметное сужение между лучевой и локтевой гранями. У описываемого вида общая площадь дистального конца плечевой кости, что говорит о повышении площади передних лап.

Сохранился проксимальный конец правого бедра, площадь хрящевого покрытия 10 см<sup>2</sup>. Бедренные кости описываемого вида имеют на дистальном конце две фасетки. Дистальный конец левого бедра площадью 3 см<sup>2</sup>. У *N. Saveljeviensis* бедренные кости имеют 3 дистальные фасетки.

Осевой скелет состоит из 4 шейных позвонков, аналогичных таковым *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999.

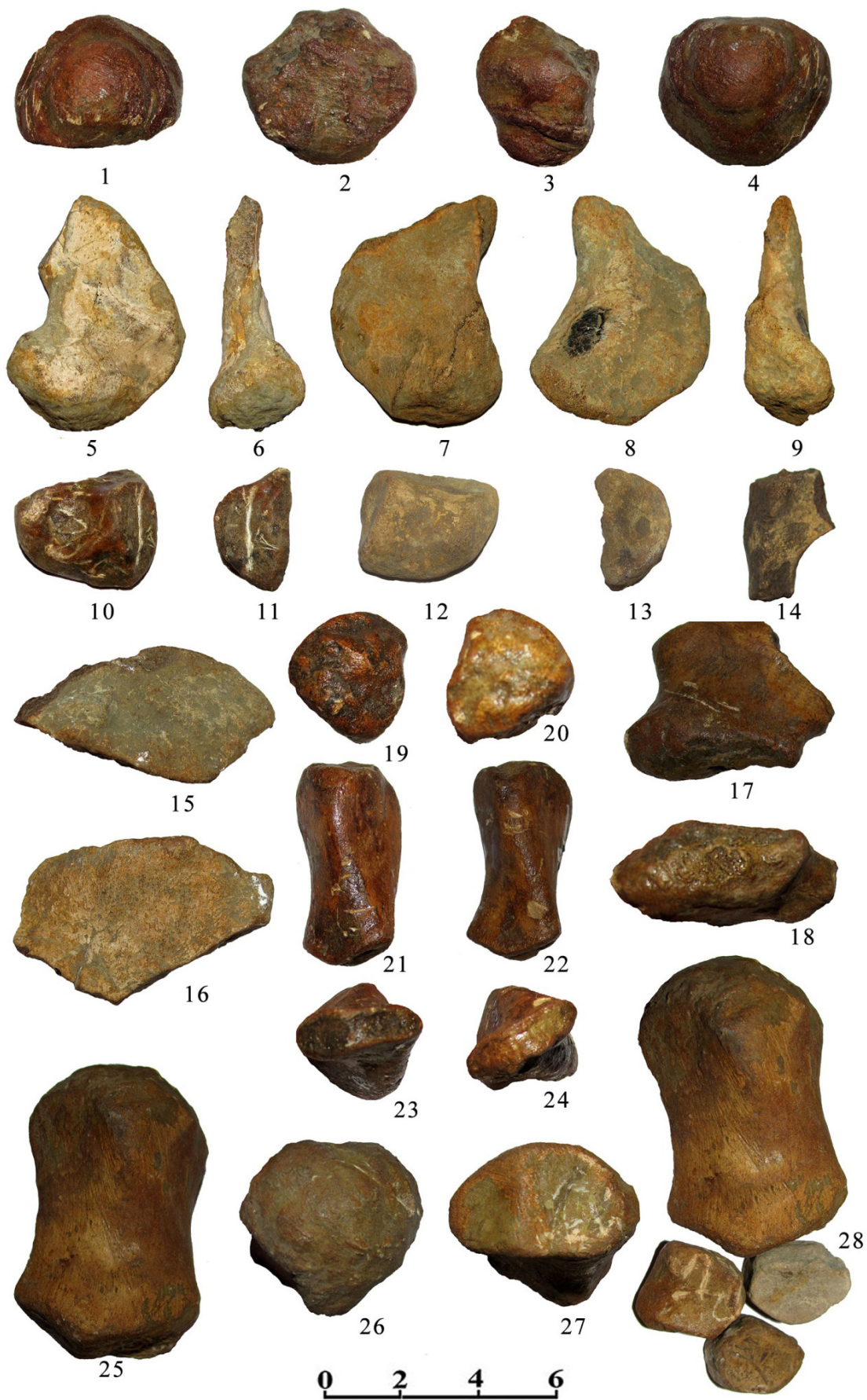
*Сравнение.* *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov. отличается от других видов *Nannopterygius* следующей совокупностью признаков: строением передних конечностей с более широким диафизом, а также хорошо развитыми бедренными костями, составляющими 2/3 передней конечности, менее выпуклым затылочным мышцелком площадью 12 см<sup>2</sup> и наличием на антериальной поверхности правого и левого выступов для контакта с основной клиновидной костью.

По вышеуказанным различиям описываемый вид был отнесен к новому виду.

*Nannopterygius yakimenkae* sp. nov. назван по фамилии геолога-гидрогеолога Г. А. Якименко, методиста Западно-Казахстанского областного центра детско-юношеского туризма и экологии (г. Уральск Западно-Казахстанской области Республики Казахстан).

Голотип – Западно-Казахстанский государственный университет (ЗКГУ), экз. № ЗКГУ-67/1-

Рис. 3. Фиг.1–28. *Nannopterygius yakimenkae* sp. nov.: 1–4 – основная затылочная кость (ЗКГУ-67/1): 1 – латеральный вид, 2 – проксимальный вид, 3 – дистальный вид, 4 – каудальный вид; 5–9 – квадратная кость (правая, левая): 5 – квадратная кость (левая) (ЗКГУ-67/3), латеральный вид, 6 – антериальный вид, 7 – медиальный вид; 8 – квадратная кость (правая) (ЗКГУ-67/2), латеральный вид, 9 – антериальный вид; 10–13 – сочленовные кости: 10–11 – правая (ЗКГУ-67/4), лингвальный вид, 11 – антериальный вид; 12–13 – левая (ЗКГУ-67/5), лингвальный вид, 13 – дорсальный вид; 14 – центральная часть T-образной (межкоракоидной) кости (ЗКГУ-67/8), дистальный вид; 15, 16 – левый медиальный контакт коракоидной кости (ЗКГУ-67/6): 15 – медиальный вид, 16 – проксимальный вид; 17, 18 – правая лопатка (ЗКГУ-67/7): 17 – проксимальный вид, 18 – латеральный вид; 19–24 – бедренные кости (правая (ЗКГУ-67/14), левая (ЗКГУ-67/13)): 19, 20 – проксимальный конец бедренных костей (правый, левый); 21–22 – проксимальный вид бедренных костей (правая, левая); 23–24 – дистальные концы бедренных костей (правый, левый); 25–28 – правая плечевая кость (ЗКГУ-67/9): 25 – латеральный вид, 26 – проксимальный вид, 27 – дистальный вид, 28 – плечевая кость с зигаподиумом





16 (рис. 3), затылочная часть черепа, правая и левая квадратные кости, основная затылочная кость, скуловые кости; плечевой пояс, интерклавикла, коракоид (медиальная фасетка), правая лопатка, плечевая, лучевая и локтевая кости, интермедиум; правая и левая бедренные кости, хвостовые позвонки.

**Описание.** Ихтиозавр длиной 1.5–2 метра. Затылочный отдел состоит из массивных костей силовой дуги, основу которой составляют основная клиновидная кость с крупными фасетками для стремечек, квадратная кость шире, чем у *Nannopterygius yasykovi*, нижняя челюсть разной с образцом *Nannopterygius yasykovi* длины. Коракоид с овальной медиальной фасеткой и лопатка по строению аналогичны таковым у образца *Nannopterygius yasykovi*. Межклавикла не имеет центрального треугольного щитка, сохранились поперечные палочковидные межключицы с T-образной костью. Плечевая кость с 3 фасетками немного меньше, чем у *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999. Сохранились небольшие радиальная, локтевая кости и интермедиум. Бедренные кости имеют хорошо развитый проксимальный конец, но почти полностью редуцированный дистальный с 2 редуцированными фасетками. Эта особенность строения задних конечностей позволяет выделить новый вид.

Основная затылочная кость (см. рис. 3, фиг. 1–4) округлая, массивная с сильно выделяющейся антериальной поверхностью, в виде тупого конуса. Дорсальная поверхность плоская с двумя боковыми углублениями для фасеток боковых затылочных костей. Затылочный мышцелок состоит из двух, сходящих друг за другом поверхностей; центральный диаметром 2.5 мм, по периметру его окружает кольцо шириной 5 мм, диаметром 38 мм, кроме верхней площадки. Максимальная длина 38 мм, высота 30 мм, ширина 42 мм. Площадь затылочного мышцелка 5 см<sup>2</sup>.

Правая и левая квадратные кости (см. рис. 3, фиг. 5–9) плоские, ухообразные, правая размерами 62×45 мм, левая – 63×45 мм, затылочный край скошен. Суставной мышцелок аналогичен таковым у других видов, с седловидной суставной поверхностью и закругленным вентральным краем суставного бугорка.

Передняя часть сочленовных костей утолщена (см. рис. 3, фиг. 10–13), имеет округлые формы с суставом для сочленения с квадратными костями, идентичными таковым у *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999. В медиальном виде имеет трапециевидный контур, как у *Nannopterygius saveljevianus*.

От плечевого пояса сохранился медиальный контакт левого коракоида овальной формы (см. рис. 3, фиг. 15, 16) площадью 15 см<sup>2</sup>, размер контакта коракоида 70×40 мм.

Правая лопатка (см. рис. 3, фиг. 17) имеет характерные для *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999 размер и строение.

Межключица (см. рис. 3, фиг. 14) – T-образная кость с палочковидными тонкими концами без переднего щитка.

Плечевая кость аналогична таковой у *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999. Длина 72 мм, ширина 45 мм, эпифиз 40 мм. Проксимальный конец плечевой кости 38×45 мм, дельтопекторальный гребень и трохантер небольшого размера. Площадь проксимального конца 30 см<sup>2</sup>. Дистальный конец имеет 3 фасетки с основанием для лучевой и локтевой костей, площадь хрящевого покрытия 80 см<sup>2</sup>, из них 1 палец 1 см<sup>2</sup>, лучевая кость = 4 см<sup>2</sup>, локтевая кость 3 см<sup>2</sup>.

Кости зигаподиума типичны для *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999, имеют те же формы и размеры.

Тазовый пояс. Хорошо сохранились две бедренные кости (см. рис. 3, фиг. 19–24). *N. yakimenkae* sp. nov. имеет уникальные бедренные кости, дистальные концы их уплощены и едва размещают мезоподиум задних конечностей. Дистальные и проксимальные кости хорошо сформированы костной тканью, что указывает на их отличие от ювенильных особей.

Проксимальный конец бедренной кости треугольной формы, площадь хрящевого покрова левого бедра 4 см<sup>2</sup>, правого бедра 5 см<sup>2</sup>. Длина бедер 55 мм. Ширина эпифиза у обоих бедер 23 мм. Дистальный конец узкий, шириной 25 мм, толщина 2 фасеток 7–9 мм. Возможно, у описываемого вида эволюция задних конечностей направлена на их деградацию, т. е. отмирание за ненадобностью.

Строение хвостовых позвонков характерно для такового у *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999.

**Сравнение.** *Nannopterygius yakimenkae* sp. nov. отличается от других видов *Nannopterygius* следующей совокупностью признаков: двухфасеточным строением бедренных костей, составляющими 2/3 передней конечности, своеобразным строением основной затылочной кости и основной клиновидной кости, усиленных выростами по латеральным краям, увеличенной площадью плечевой кости, что говорит о росте площади передних ласт, межключице, имеющей треугольный дистальный щиток.

## Заключение

Дано морфологическое и систематическое описание фрагментов скелета ихтиозавров из верхневожского подъяруса разреза Щучкино.

Сравнительная характеристика описываемых остатков ихтиозавров проведена по следующему сочетанию признаков: основная затылочная кость с уменьшенной надмышцелковой областью, основная клиновидная кость с крайне редуцированными базиптеригоидными отростками, схожее строение коракоидов (узкая передняя выемка), плечевых костей и количество их дистальных



фасеток (3), широкая и медиолатерально уплощенная (ляскообразная) дорсальная ветвь лопатки, хорошо выраженный дельтопекторальный гребень позволяет отнести новые виды к роду *Nannopterygius*.

Отличия нового вида *Nannopterygius mikhailovi* sp. nov. от вида *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999, *Nannopterygius saratoviensis* Arkhangelsky, 1998 заключается в строении передней конечности ихтиозавра с более широким диафизом, а также хорошо развитыми бедренными костями, составляющими 2/3 передней конечности, менее выпуклым затылочным мышцелком площадью 12 см<sup>2</sup> и наличием на антериальной поверхности правого и левого выступов для контакта с основной клиновидной костью.

Отличие вида *Nannopterygius yakimenkae* sp. nov. от видов *Nannopterygius yasykovi* Efimov, 1999, *Nannopterygius saratoviensis* Arkhangelsky, 1998 заключается в двухфасеточном строении бедренных костей, дистальные концы которых уплощены и едва размещают мезоподиум задних конечностей, а также в своеобразном строении основной затылочной кости и основной клиновидной кости, усиленных выростами по латеральным краям, увеличенной площади плечевой кости.

#### Библиографический список

1. Архангельский М. С. О новом роде ихтиозавров из нижневолжского подъяруса Саратовского Заволжья // Палеонтологический журнал. 1997. № 1. С. 87–91.
2. Архангельский М. С. Об остатках ихтиозавров из волжского яруса Саратовского Заволжья // Палеонтологический журнал. 1998. № 2. С. 21–25.
3. Ефимов В. М. Ихтиозавры нового рода *Yasykovia* из верхнеюрских отложений Европейской России // Палеонтологический журнал. 1999. № 1. С. 92–100.
4. Ефимов В. М. Ихтиозавры рода *Yasykovia* в меловых отложениях России // Палеонтологическая система России и ближнего зарубежья : материалы Третьего Всероссийского совещания. Саратов : ИЦ «Наука», 2006. С. 111–113.
5. Zverkov N. G., Arkhangelsky M. S., Pardo Pérez J. M., Beznosov P. A. On the Upper Jurassic ichthyosaur remains from the Russian North // Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. 2015. № 319. P. 81–97.
6. Zverkov N. G., Jacobs M. L. Revision of *Nannopterygius* (Ichthyosauria : Ophthalmosauridae) : reappraisal of the 'inaccessible' holotype resolves a taxonomic tangle and reveals an obscure ophthalmosaurid lineage with a wide distribution // The Linnean Society of London, Zoological Journal of the Linnean Society. 2021. Vol. XX. P. 1–48.
7. Ефимов В. М. Перспективы поиска потомков ихтиозавров рода *Yasykovia* в меловых отложениях России // Природа Симбирского Поволжья : сборник научных трудов III Межрегиональной научно-практической конференции «Естественнонаучные исследования в Симбирском-Ульяновском крае». Ульяновск : Корпорация технологий продвижения, 2006. Вып. 7. С. 212–214.
8. Ефимов В. М., Комаров В. Н. Новые находки морских рептилий из нижнего мела Горного Крыма // Известия вузов. 2010. № 5. С. 79–82.
9. McGowan C. A revision of the longipinnate ichthyosaurs of the Lower Jurassic of England, with descriptions of two new species (Reptilia : Ichthyosauria) // Life Science Contributions of the Royal Ontario Museum. 1974. № 97. P. 1–37.
10. Ефимов В. М. Позднеюрские и раннемеловые ихтиозавры Среднего Поволжья и Подмосковья (систематика, стратиграфическое распределение, тафономия) : автореферат ... диссертации кандидата геолого-минералогических наук. Саратов, 1997. 24 с.
11. Воропинов В. С. Находки юрских плезиозавров и ихтиозавров в Уральской области // Материалы XXXIV научной конференции Уральского педагогического института. Уральск, 1970. С. 191–192.
12. Ефимов В. М., Ахмеденов К. М., Якупова Д. Б. Новый представитель семейства *Undorosauridae* из средневолжских отложений Республики Казахстан // Вестник ЗКГУ. 2019. № 4. С. 512–526.

Поступила в редакцию 25.11.2022; одобрена после рецензирования 10.01.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 25.11.2022; approved after reviewing 10.01.2022; accepted for publication 01.03.2022





Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 140–152

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 140–152

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-140-152>

Научная статья

УДК 567.3(470.45)|628.22|



## Новое местонахождение хрящевых рыб из верхнего палеоцена Донского правобережья (Волгоградская область)

В. А. Лопырев, Е. В. Попов<sup>✉</sup>

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

Лопырев Владимир Алексеевич, лаборант-исследователь, [otodus.obliquus@yandex.ru](mailto:otodus.obliquus@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3077-2795>

Попов Евгений Валериевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, [elasmus74@gmail.com](mailto:elasmus74@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-2229-0179>

**Аннотация.** Описан комплекс хрящевых рыб из нового местонахождения у г. Серафимович (запад Волгоградской области). Более 2500 остатков собрано из базального гравийно-галечникового слоя и фосфоритового горизонта низов бузиновской свиты (верхний палеоцен). Присутствуют остатки, переотложенные из мела и палеоцена (6 видов) и синхронные отложениям бузиновской свиты (21 вид акул и 2 вида химеровых рыб). Наличие в синхронной части комплекса *Glueckmanotodus heinzlini*, *Odontaspis winkleri*, *Paraorthacodus eoacenus* и *Xampylodon loozi* позволяет соотносить изученную нижнюю часть бузиновской свиты с зонами NP8 – NP9 по наннопланктону и *Alisocysta margarita* – *Axioidinium augustum* – по диноцистам (танет – низы ипра).

**Ключевые слова:** хрящевые рыбы, акулы, химеры, Воронежская антеклиза, бузиновская свита, палеоцен, танет

**Благодарности.** Авторы благодарны профессору Е. М. Первушову и студентам геологического факультета СГУ И. Р. Воронкову и И. С. Егорову за помощь при работе на местонахождении в 2019 г.; Т. П. Малышкиной (ИГГ УрО РАН, Екатеринбург) – за просмотр рукописи и ценные замечания. Работа завершена при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-27-00134, <https://rscf.ru/project/22-27-00134/>.

**Для цитирования:** Лопырев В. А., Попов Е. В. Новое местонахождение хрящевых рыб из верхнего палеоцена Донского правобережья (Волгоградская область) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 140–152. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-140-152>

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

Article

### A new locality of chondrichthyan fishes from the Upper Paleocene on the right bank of the Don river (Volgograd region)

V. A. Lopyrev, E. V. Popov<sup>✉</sup>

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

Vladimir A. Lopyrev, [otodus.obliquus@yandex.ru](mailto:otodus.obliquus@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3077-2795>

Evgeny V. Popov, [elasmus74@gmail.com](mailto:elasmus74@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-2229-0179>

**Abstract.** An assemblage of chondrichthyans is described from the new locality near Serafimovich town (the western part of Volgograd region). More than 2500 fossils were collected from the basal gravel-pebble bed and phosphorite-bearing layer from the lower part of the Buzinovka formation (upper Paleocene). There are reworked Cretaceous and Paleocene chondrichthyans (6 species) and synchronous 21 species of sharks and 2 species of chimaeroids. The presence of synchronous *Glueckmanotodus heinzlini*, *Odontaspis winkleri*, *Paraorthacodus eoacenus*, *Xampylodon loozi* allows correlating the described lower part of the Buzinovka formation with NP8 – NP9 nannoplankton zones or *Alisocysta margarita* – *Axioidinium augustum* dinocyst zones (Thanetian – basal Ypresian).

**Keywords:** Chondrichthyes, sharks, Chimaeroidei, Voronezh anteclise, Buzinovka formation, Paleocene, Thanetian

**Acknowledgments.** The authors are grateful to Prof. Evgeny Pervushov and to students Iliya Voronkov, Igor Egorov (Faculty of Geology, SSU) for their help in collecting on the locality in 2019; Dr. Tatiana Malyskina (IGG UB RAS, Ekaterinburg) for her manuscript review and valuable comments. This work was supported by the grant from the Russian Science Foundation (No. 22-27-00134) <https://rscf.ru/en/project/22-27-00134/>.

**For citation:** Lopyrev V. A., Popov E. V. A new locality of chondrichthyan fishes from the Upper Paleocene on the right bank of the Don river (Volgograd region). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 140–152 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-2-140-152>

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



## Введение

Отложения палеоценового отдела палеогеновой системы довольно широко распространены на территории Волгоградской области [1]. Они слагают правый берег Волги, где приурочены к Приволжской моноклинали, и развиты на правобережье реки Дон в западной части области, располагаясь в структуре Первомайско-Чирской (Преддонецкой) моноклинали Воронежской антеклизы.

Для терригенных палеоценовых отложений в разрезах правого берега Волги и района Волго-Донского канала характерно наличие зубов хрящевых рыб, что неоднократно отмечалось ранее [2–5], хотя и изучены они пока крайне недостаточно [6].

Еще менее изучены остатки хрящевых рыб в отложениях на Донском правобережье (в Большой излучине Дона). Здесь к палеоценовому отделу относятся бузиновская и частично вешенская свиты, развитые в юго-восточной части Воронежской антеклизы. Зубы акул из бузиновской и вешенской свит отмечались Г. П. Леоновым [7] и В. П. Семеновым [8, 9]. Упоминания находок зубов акул из нижней части палеогеновых отложений у г. Серафимович Волгоградской области есть в работах П. М. Толкачевой [10], В. Д. Голубятникова [11]. Эти находки в соответствии с современными представлениями о стратиграфии палеогена данной территории происходят из бузиновской свиты.

Указанные выше сведения ограничены кратким упоминанием «зубов акул», без определения таксонов. Однако факт их наличия в отложениях бузиновской свиты заслуживает внимания, поскольку она до недавнего времени была слабо охарактеризована палеонтологическим материалом [9, 12]. Лишь в 2021 г. появились новые данные по диноцистам [13]. Интерес к фауне из бузиновской свиты возрастает в связи с необходимостью актуализации стратиграфической схемы палеогена Воронежской антеклизы и восточного Донбасса (Воронежско-Придонецкого субрегиона по [14]). Это, в свою очередь, требует более полного палеонтологического обоснования местных стратонамов, в частности с привлечением прежде малоизученных групп фауны.

В данной статье описывается местонахождение, обнаруженное первым автором в 2012 г. у г. Серафимович [15], на котором в период с 2012 по 2020 г. было собрано более 2500 разрозненных остатков (зубов, костей) позвоночных (хрящевых рыб, реже костистых рыб, (?) рептилий, птиц).

## Описание разреза

Местонахождение Серафимович-1 расположено у восточной окраины г. Серафимович, у автомобильной дороги 18А-2. В придорожной

выемке у заправочной станции с южной стороны дороги слабо обнажается нижняя часть бузиновской свиты, залегающая на верхнемеловых (кампанских) отложениях (рис. 1).

В разрезе представлены (снизу-вверх):

*кампанский ярус* ( $K_2km$ ). *Слой 1.* Алевриты и алевролиты светло-серые. Видимая мощность более 1,5 м (кампанские отложения лучше обнажаются по берегу Дона у северо-западной окраины г. Серафимович и сложены песчаниками, алевритами и алевролитами мощностью более 20 м);

*бузиновская свита* ( $P_1bz$ ). *Слой 2.* Базальный гравийно-галечниковый горизонт (нижний горизонт). Преобладают хорошо окатанный гравий и мелкая галька кварца, фосфоритов, алевролита, крупные зерна кварцевого песка. Вмещающая порода – желтовато-серый глинистый песок, с многочисленными ржаво-оранжевыми пятнами ожелезнения и гнездами темно-серой глины. Обнаружены сильно окатанные ядра верхнемеловых гастропод и фрагменты губок, зубы и позвонки рыб – хрящевых и костистых (Trichiuridae), костные фрагменты других позвоночных (возможно, черепях). Контакт с нижележащим слоем резкий, с размывом, с вышележащим – постепенный, выраженный в уменьшении количества грубозернистого материала. Мощность слоя – до 0,3 м;

*слой 3.* Сильно глинистый тонкозернистый песок (или алеврит) серый, местами темно-серый, с гнездами ржаво-желтого ожелезненного песка. Мощность – 0,7 м;

*слой 4.* Песок мелкозернистый зеленовато-серый. К кровле слоя (по наиболее высоким отметкам рельефа на местонахождении) был приурочен фосфоритовый горизонт (верхний горизонт), который в настоящее время делювиирован и прослеживается в основном в виде россыпей фосфоритов на склонах. Фосфоритовые желваки черные и темно-серые, неправильной формы и не окатаны. В целом этот фосфоритовый горизонт (или несколько горизонтов) характерен для нижней части разреза бузиновской свиты [7, 9, 12]. Обнаружены плохой сохранности ядра двустворчатых моллюсков, остатки ракообразных, зубы рыб, костные фрагменты высших позвоночных, в том числе птицы (Н. В. Зеленков, личное сообщение, 2015 г.), и, возможно, черепях. Судя по тому, что часть ископаемых заключена в желваки фосфоритов, они происходят из фосфоритового горизонта. Видимая мощность слоя до 1,3 м.

## Материал и методы

Материал по хрящевым рыбам был получен из верхнего и нижнего горизонтов путем поверхностного сбора. Дополнительно из нижнего горизонта были собраны две объемные пробы (100 л в 2019 г. и 50 л в 2020 г.). Пробы были

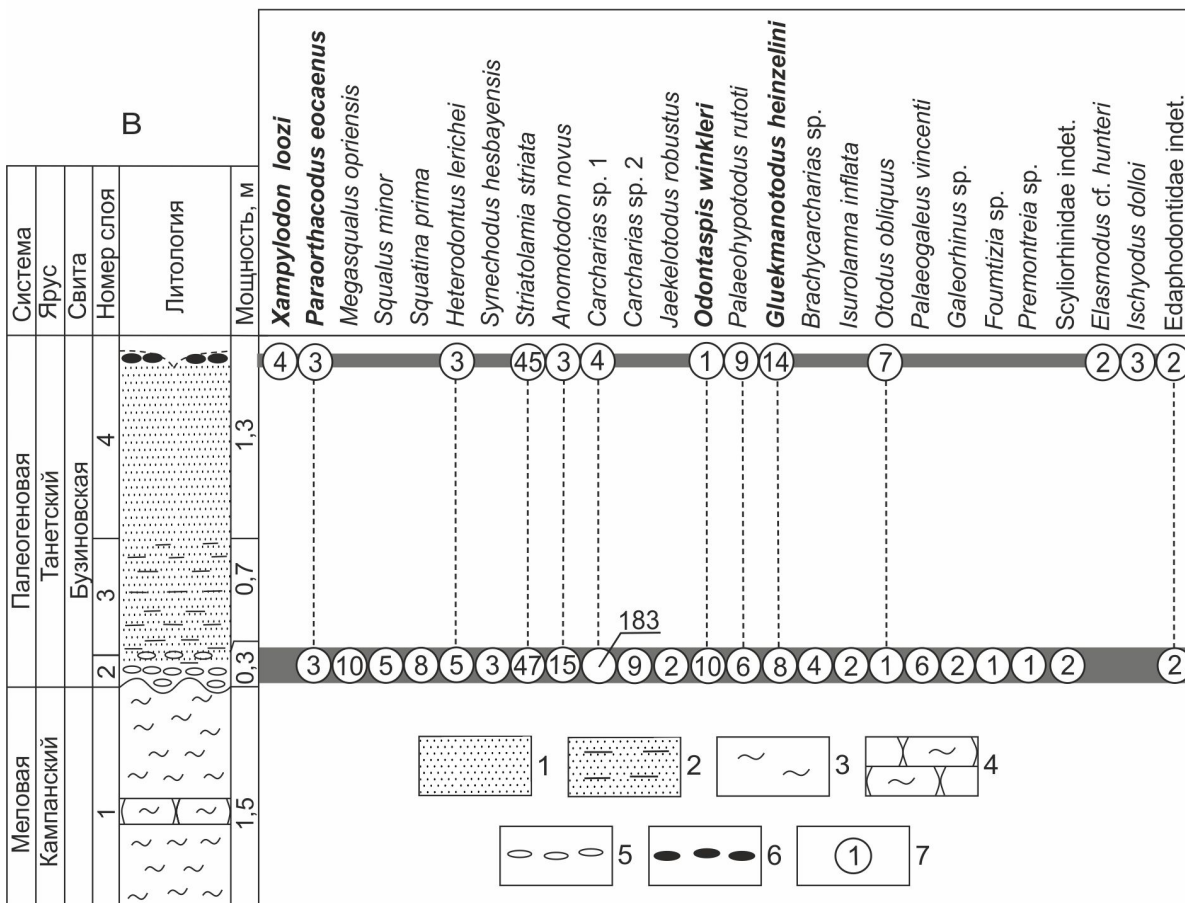
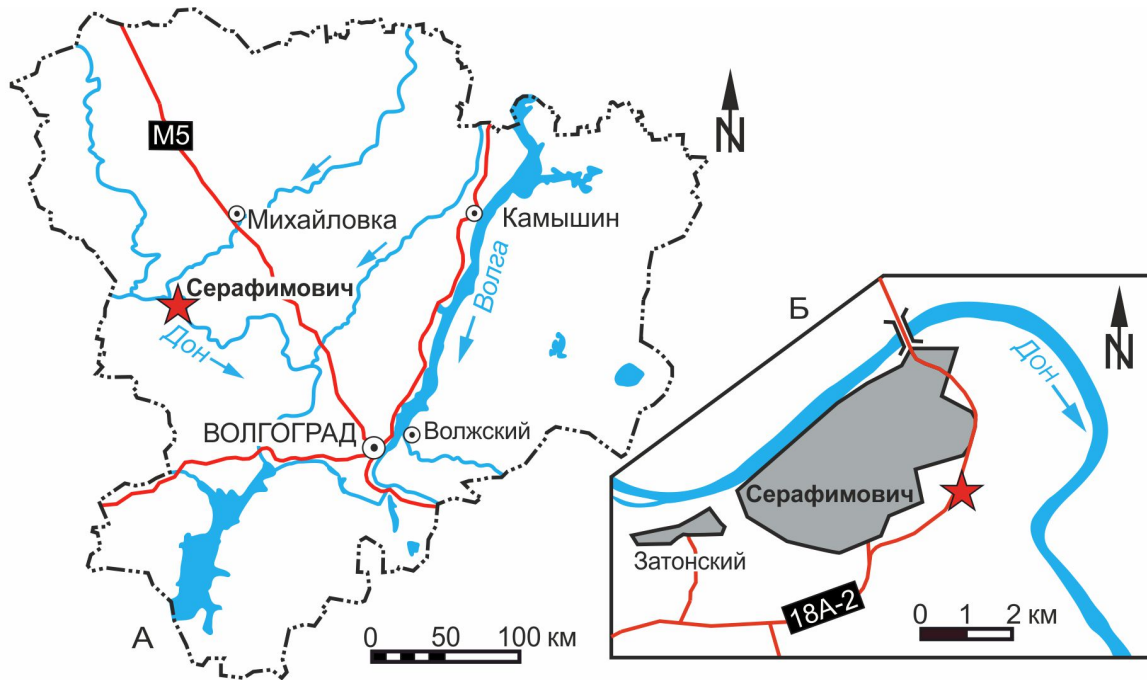


Рис. 1. Географическое положение и строение разреза бузиновской свиты у г. Серафимович Волгоградской области, распространение ихтиофауны по разрезу: А – расположение разреза на схеме Волгоградской области (обозначен звездой); Б – расположение разреза Серафимович-1 (обозначен звездой); В – строение разреза и распространение хрящевых рыб; условные обозначения: 1 – песок; 2 – песок глинистый; 3 – алеврит; 4 – алеврит; 5 – гравий и галька; 6 – фосфориты; 7 – уровни находок образцов и их количество (по результатам поверхностного сбора и объемного опробования). Биостратиграфически важные таксоны elasмобранхий выделены жирным шрифтом (цвет online)



замочены в горячей воде с добавлением пищевой соды (для снижения связки с глинистой частью породы) и промыты на ситах с диаметром ячеек 3, 2.5 и 1 мм; концентрат высушен и разобран по фракциям в лабораторных условиях. Часть материала поверхностного сбора, полученного из россыпи в верхней части разреза, была ассоциирована с верхним горизонтом по сохранности материала (в том числе по соответствию сохранности фоссилий в желваках фосфорита верхнего горизонта).

Для зубов хрящевых рыб из нижнего горизонта характерна различная сохранность, так как присутствуют переотложенные и синхронные формы:

1. Синхронные образованию слоя зубы (см. рис. 1, фототабл. 1, фиг. 7–29) выделяются по отсутствию следов окатанности, хорошей сохранности даже небольших зубцов, струйчатости или ребристости, имеют характерную розоватую окраску коронок и желтоватую окраску корней. Они немногочисленны (около 30%). Поверхностным сбором были получены 326 определяемых зубов акул и около 150 неопределимых фрагментов, 2 фрагмента зубных пластин химер Edaphodontidae gen. indet. Материал объемных проб дал 16 зубов (проба 50 л.) и 23 зуба (проба 100 л.), преимущественно в виде отдельных коронок Lamniformes, часто неопределимых до рода. Большая эффективность поверхностного сбора может быть связана с осмотром значительных по площади экспонирующихся поверхностей горизонта.

2. Переотложенные зубы (см. фототабл. 1, фиг. 1–6) окатаны и фрагментированы, что затрудняло их определение; эти остатки имеют различную окраску (от светло-серой до коричневой и черной). Они наиболее многочисленны (около 70%). При этом лишь малая их часть подлежит определению до вида или рода – 16 зубов меловых таксонов (14 – поверхностный сбор, 2 – проба 50 л.) и 25 – палеоценовых (17 – поверхностный сбор, 4 – проба 50 л., 4 – проба 100 л.). Кроме того, множество (более 1800) сильно окатанных и неопределимых зубов.

Из верхнего горизонта поверхностным сбором получены 93 диагностических зуба эласмобранхий (фототабл. 2, фиг. 1–11) и 7 неполных зубных пластин химеровых рыб (см. фототабл. 2, фиг. 12–23). Все зубы почти не окатаны и, по видимому, субсинхронны горизонту. Они имеют сходную фоссилизацию, темный синевато-серый цвет коронок и серовато-коричневый цвет корней.

Зубные пластины химер из нижнего горизонта очень сильно фрагментированы и поэтому не определимы ближе семейства. Пластины, ассоциированные с верхним горизонтом, фрагментированы меньше, но имеют обломанные и частично заглаженные выступающие части, а также – корродированные поверхности, что

в итоге дало вскрытие на базальной поверхности пластин внутренних тел плеромина некоторых триторов (см. фототабл. 2, фиг. 15, 18, 22). Две пластины облеплены фосфоритом (см. фототабл. 2, фиг. 12, 22).

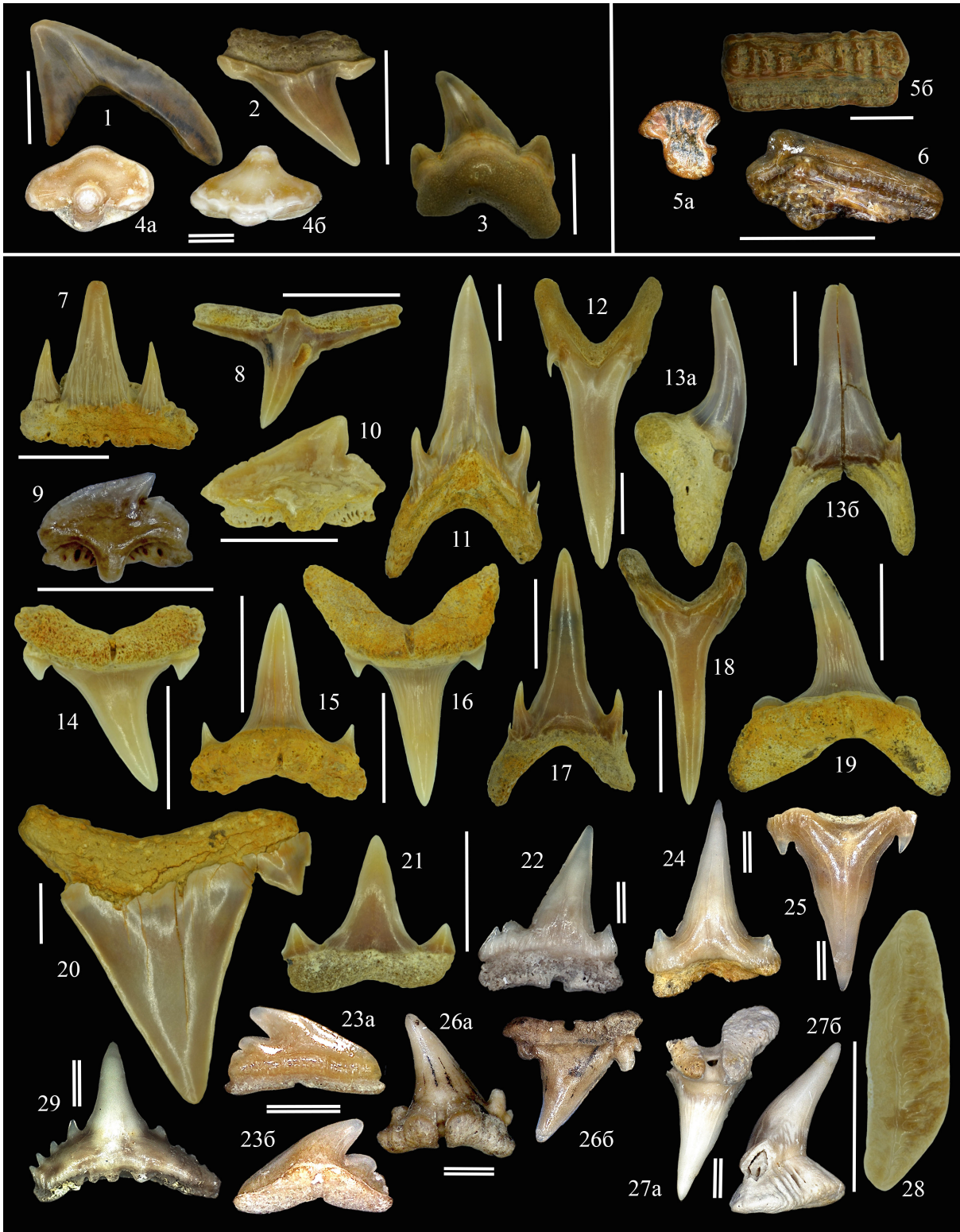
### 3. Таксономический состав комплекса

Комплекс эласмобранхий из нижнего горизонта гетерогенен и включает в себя зубы с разных стратиграфических уровней. В нем можно рассматривать два переотложенных субкомплекса:

- позднемеловой, представленный зубами *Squalicorax* sp. (см. фототабл. 1, фиг. 1) ( $N = 4$  – количество зубов), *Pseudocorax laevis* (Leriche 1906) (см. фототабл. 1, фиг. 2) ( $N = 6$ ), *Archaeolamna kopingensis* (Davis, 1890) (см. фототабл. 1, фиг. 3) ( $N = 4$ ), *Squatirhina* sp. (см. фототабл. 1, фиг. 4) ( $N = 2$ ). Все эти таксоны известны исключительно из меловых отложений и не переходят границу мела-палеогена. Вид *Pseudocorax laevis* характерен для сантона-кампана [16]. Зубы отличаются слабой окатанностью, что указывает на их незначительную транспортировку и близость размываемых отложений. У зуба *Squalicorax* sp. (см. фототабл. 1, фиг. 1) существенно сглажена зазубренность, однако экспериментально было показано, что она в первую очередь утрачивается при механической абразии зубов акул (за 6 дней) [17].
- палеоценовый субкомплекс определяется наличием «*Myliobatis*» sp. ( $N = 20$ ) (см. фототабл. 1, фиг. 5), *Megasqualus* sp. (см. фототабл. 1, фиг. 6) ( $N = 5$ ), которые впервые появляются в палеоцене [18]. Зубы характеризуются различной сохранностью (цвет от светло-серого до коричневого, окатанность обычно сильная, реже слабая). Вероятно, они переотложены с различных уровней. В целом среди окатанных и переотложенных зубов обоих рассмотренных субкомплексов преобладают ближе неопределимые Lamniformes indet.

Синхронные нижнему и верхнему горизонтам остатки хрящевых рыб указывают на присутствие 7 отрядов эласмобранхий: Hexanchiformes, Squatiniformes, Squaliformes, Heterodontiformes, Lamniformes, Carcharhiniformes, Synchodontiformes, а также химеровых рыб (Chimaeriformes, подотряд Chimaerodei).

Из нижнего горизонта определены следующие эласмобранхии (см. фототабл. 1): *Paraorthacodus eocaenus* (Leriche, 1902), *Squatina prima* (Winkler, 1874), *Megasqualus orpiensis* (Winkler, 1874), *Squalus minor* (Leriche, 1902), *Heterodontus lerichei* Casier, 1943, *Carcharias* sp. 1 (наиболее многочисленны), *Carcharias* sp. 2, *Palaeohypotodus rutoti* (Winkler, 1878), *Odontaspis winkleri* Leriche, 1905, *Glueckmanotodus heinzlini*



Фототаблица 1: Зубы акул из базального (нижнего) горизонта бузиновской свиты местонахождения Серафимович-1. Фиг. 1–6 – переотложенные формы (1–4 – меловые, 5–6 – палеоценовые)

Фиг. 1. *Squalicorax* sp.; экз. СГУ 155/104: лингвально.  
Фиг. 2. *Pseudocorax laevis* (Leriche 1906); экз. СГУ 155/105: лингвально.  
Фиг. 3. *Archaeolamna kopingensis* (Davis, 1890); экз. СГУ 155/106: лингвально.

Фиг. 4. *Squatirhina* sp.; экз. СГУ 155/107: 4а – окклюзивно, 4б – лабиально.  
Фиг. 5. «*Myliobatis*» sp.; экз. СГУ 155/108: 5а – поперечное сечение, 5б – базально.  
Фиг. 6. *Megasqualus* sp.; экз. СГУ 155/109: лингвально.



- Фиг. 7. *Paraorthacodus eocaenus* (Leriche, 1902); экз. СГУ 155/110: лабиально.  
 Фиг. 8. *Squatina prima* (Winkler, 1874); экз. СГУ 155/111: лабиально.  
 Фиг. 9. *Squalus minor* (Leriche, 1902); экз. СГУ 155/112: лабиально.  
 Фиг. 10. *Megasqualus orpiensis* (Winkler, 1874); экз. СГУ 155/113: лабиально.  
 Фиг. 11. *Palaeohypotodus rutoti* (Winkler, 1878); экз. СГУ 155/114: лабиально (здесь и далее – высота зуба ( $H$ ) = 25 мм).  
 Фиг. 12. *Glueckmanotodus heinzlini* (Casier, 1967); экз. СГУ 155/115: лабиально ( $H$  = 22 мм).  
 Фиг. 13. *Jaekelodus robustus* (Leriche, 1921); экз. СГУ 155/116: 13а – мезиально, 13б – лабиально ( $H$  = 18 мм).  
 Фиг. 14. *Carcharias* sp. 2; экз. СГУ 155/117: лингвально ( $H$  = 7 мм).  
 Фиг. 15. *Brachycarcharias* sp.; экз. СГУ 155/118: лингвально ( $H$  = 8 мм).  
 Фиг. 16. *Carcharias* sp. 1; экз. СГУ 155/119: лингвально ( $H$  = 11 мм).  
 Фиг. 17. *Odontaspis winkleri* Leriche, 1905; экз. СГУ 155/120: лабиально ( $H$  = 13 мм).  
 Фиг. 18. *Anomotodon novus* (Winkler, 1876); экз. СГУ 155/121: лабиально ( $H$  = 12 мм).  
 Фиг. 19. *Striatolamia striata* (Winkler, 1878); экз. СГУ 155/122: лингвально ( $H$  = 12 мм).  
 Фиг. 20. *Otodus obliquus* Agassiz, 1843; экз. СГУ 155/123: лабиально ( $H$  = 26 мм).  
 Фиг. 21. *Isurolamna inflata* (Leriche, 1905); экз. СГУ 155/124: лабиально ( $H$  = 7 мм).  
 Фиг. 22. *Palaeogaleus vincenti* (Daimeries, 1888); экз. СГУ 155/125: лабиально.  
 Фиг. 23. *Galeorhinus* sp.; экз. СГУ 155/126: 23а – лабиально, 23б – лингвально.  
 Фиг. 24. Scyliorhinidae indet.; экз. СГУ 155/127: лабиально.  
 Фиг. 25. Scyliorhinidae indet.; экз. СГУ 155/128: лабиально.  
 Фиг. 26. *Premontreia* sp.; экз. СГУ 155/129: 26а – лингвально, 26б – лабиально.  
 Фиг. 27. *Fountizia* sp.; экз. СГУ 155/130: 27а – лингвально, 27б – мезиально.  
 Фиг. 28. *Heterodontus lerichei* Casier, 1943; экз. СГУ 155/131: окклюзивно.  
 Фиг. 29. *Synechodus hesbayensis* Casier, 1943; экз. СГУ 155/132: лабиально.  
 Масштабный отрезок для фигур 4, 22–27, 29 = 1 мм (двойная линия). Для прочих = 5 мм (одна линия) (цвет online)



(Casier, 1967), *Jaekelodus robustus* (Leriche, 1921), *Brachycarcharias* sp., *Striatolamia striata* (Winkler, 1878), *Anomotodon novus* (Winkler, 1876), *Isurolamna inflata* (Leriche, 1905), *Otodus obliquus* Agassiz, 1843, *Palaeogaleus vincenti* (Daimeries, 1888), *Galeorhinus* sp., *Fountizia* sp., *Premontreia* sp., Scyliorhinidae indet., *Synechodus*

*hesbayensis* Casier, 1943. По количеству и таксономическому разнообразию преобладают ламнообразные, а среди них – зубы небольших акул и молодых особей (размеры зубов указаны в объяснении к фототабл. 1). Химеровые рыбы представлены ближе не определимыми фрагментами зубных пластин Edaphodontidae indet.

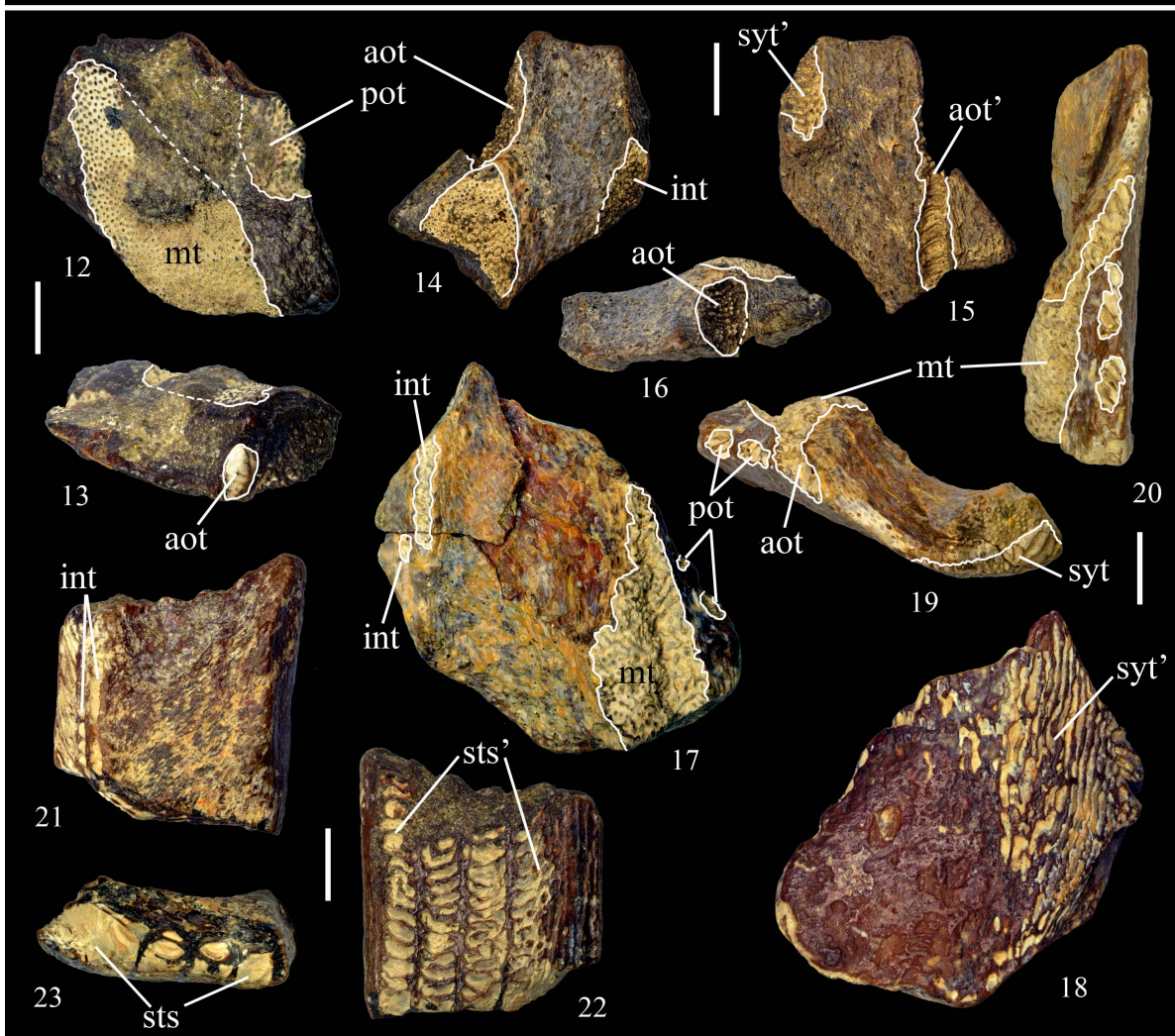
В верхнем горизонте обнаружены (см. фототабл. 2): *Xampylodon loozi* (Vincent, 1876), *Paraorthacodus eocaenus* (Leriche, 1902), *Heterodontus lerichei* Casier, 1943, *Carcharias* sp. 1, *Palaeohypotodus rutoti* (Winkler, 1878), *Odontaspis winkleri* Leriche, 1905, *Glueckmanotodus heinzlini* (Casier, 1967), *Striatolamia striata* (Winkler, 1878), *Anomotodon novus* (Winkler, 1876), *Otodus obliquus* Agassiz, 1843. Так же, как и в нижнем горизонте, доминируют ламнообразные акулы, но здесь преобладают зубы взрослых особей средних и крупных размеров (их размеры приведены в объяснении к фототабл. 2). Химеровые рыбы представлены зубными пластинами двух видов «эдафодонтид»: *Ischyodus dolloi* Leriche, 1902 (см. фототабл. 2 фиг. 12–16) и *Elasmodus* cf. *hunteri* Egerton, 1843 (см. фототабл. 2 фиг. 17–23).

Мандибулярные пластины<sup>1</sup> *Ischyodus dolloi* относительно мелкогабаритные (см. фототабл. 2, фиг. 12–15) и характеризуются комбинацией 4 васкулярных (срединный, передне- и задне-наружные, внутренний) и одного пластинчатого (симфизный) триторов, некоторые из которых дополнительно (из-за тафономических процессов) обнажаются на базальной поверхности (см. фототабл. 2, фиг. 15). Срединный тритор сужается медиально, в профиле он не глубокий, асимметричный и лишен бифуркации; внутренний тритор сравнительно широкий и крупный, расположен на уровне срединного тритора и значительно удален от него. Передне-наружный тритор овальный в сечении и слабо сжат вертикально; задне-наружный – сравнительно широкий и низкий, он заметно отделен от срединного тритора (см. фототабл. 2, фиг. 12). Дополнительные триторы дистальнее срединного и задне-наружного, очевидно, не сохранились.

Вид *Ischyodus dolloi* имел космополитное распространение, он известен из верхнего палеоцена (танет) Англии<sup>2</sup>, Франции и Бельгии (типовой материал происходит из «нижнего ландена» Эркелена, Бельгия) [22, 24, 25, 27, 28, 29], палеоцена Северной Дакоты (США) [30], верхнего палеоцена Южного Казахстана (описан как *Darbasodus olgae* Averianov, 1991 [31]),

<sup>1</sup> Терминология и измерения зубных пластин химер даны по авторам [19, 20], состав сборного семейства «Edaphodontidae» кратко обсуждается в работе [21]. Измерения зубных пластин (в мм), указанные в подписи к фототабл. 2: L – максимальная мезио-дистальная длина образца; Km – «контрольная ширина» мандибулярной пластины (расстояние между симфизным краем и передне-наружным тритором); Kv – «контрольная ширина» сошниковой пластины [см. 21].

<sup>2</sup> Б. Сталь [22] указывает на присутствие вида в нижнем эоцене Англии, что можно признать ошибочным, поскольку он известен только из формации Woolwich Bottom Beds [23, 24, 25], которая датируется танетом [26]. Таким образом, в Северном полушарии достоверные находки вида в отложениях моложе палеоцена не известны.





Фототаблица 2: Зубы акул и зубные пластины химер из верхнего фосфоритового горизонта бузиновской свиты местонахождения Серафимович-1.

Фиг. 1. *Xampylodon loozi* (Vincent, 1876); экз. СГУ 155/133: фрагмент мезиальной части зуба.

Фиг. 2. *Xampylodon loozi* (Vincent, 1876); экз. СГУ 155/134: фрагмент дистальной части зуба.

Фиг. 3. *Paraorthacodus eoacaenus* (Leriche, 1902); экз. СГУ 155/135: лабиально.

Фиг. 4. *Heterodontus lerichei* Casier, 1943; экз. СГУ 155/136: окклюзивно.

Фиг. 5. *Otodus obliquus* Agassiz, 1843; экз. СГУ 155/137: лабиально ( $H = 40$  мм).

Фиг. 6. *Glueckmanotodus heinzlini* (Casier, 1967); экз. СГУ 155/138: лабиально ( $H = 18$  мм).

Фиг. 7. *Palaeohypotodus rutoti* (Winkler, 1878); экз. СГУ 155/139: лабиально ( $H = 20$  мм).

Фиг. 8. *Carcharias* sp. 1; экз. СГУ 155/140: лингвально ( $H = 11$  мм).

Фиг. 9. *Odontaspis winkleri* Leriche, 1905; экз. СГУ 155/141: лабиально ( $H = 16$  мм).

Фиг. 10. *Anomotodon novus* (Winkler, 1876); экз. СГУ 155/142: лабиально ( $H = 12$  мм).

Фиг. 11. *Striatolamia striata* (Winkler, 1878); экз. СГУ 155/143: лингвально ( $H = 18$  мм).

Фиг. 12–13. *Ischyodus dolloi* Leriche, 1902; экз. СГУ 155/144: неполная правая мандибулярная ( $L = 26$  мм) пластина: 12, окклюзивно; 13, медиально.

Фиг. 14–16. *Ischyodus dolloi* Leriche, 1902; экз. СГУ 155/145: неполная левая мандибулярная ( $L = 20$  мм,  $Km = 10+$  мм) пластина: 14, окклюзивно; 15, лабиально; 16, медиально.

Фиг. 17–20. *Elasmodus* cf. *hunteri* Egerton, 1843; экз. СГУ 155/146: неполная правая мандибулярная ( $L = 31$  мм,  $Km = 13$  мм) пластина: 17, окклюзивно; 18, лабиально; 19, медиально; 20, латерально.

Фиг. 21–23. *Elasmodus* cf. *hunteri* Egerton, 1843; экз. СГУ 155/147: неполная правая сошниковая ( $L = 22$  мм,  $Kv = 12$  мм) пластина: 21, окклюзивно; 22, лабиально; 23, медиально.

Масштабный отрезок для всех фигур = 5 мм. Для зубных пластин химеровых рыб контуры некоторых триторов выделены белой линией. Терминологические сокращения: aot – передне-наружный тритор; int – внутренний тритор(ы); mt – срединный тритор; rot – задне-наружный тритор; sts – симфизная триторная серия; sut – симфизный тритор; sut', sts', aot' – тела плеромина соответствующих триторов, обнаженные на поверхности пластины в результате тафономических процессов (цвет online)



палеоцена Правобережной части Волгоградского Поволжья (лич. набл.), а также – верхнего эоцена (формация La Meseta) Антарктиды (о. Симор) [32]. В палеоцене известен еще один вид исхиодусов – *Ischyodus williamsae* Case, 1991 [33], но мандибулярные пластины последнего отличаются от таковых *I. dolloi* более широким срединным тритором, занимающим большую часть окклюзивной поверхности и дистально объединенным со внутренним тритором, что на материале из местонахождения Серафимович мы не наблюдаем.

Мандибулярная пластина *Elasmodus* cf. *hunteri* (СГУ 155/146) – среднеразмерная (L31, Km13), с типичным для пластин эласмодусов строением. Комбинация триторов включает: широкий, составной и асимметричный в профиле пластинчатый симфизный тритор, умеренно развитый васкулярный срединный тритор без выраженной бифуркации, но объединенный с пластинчатым передне-наружным тритором; два узких параллельных (?) васкулярных внутренних тритора вдоль симфизно-окклюзивного края (см. фототабл. 2, фиг. 17) и два асимметричных пластинчатых задне-наружных тритора (видимо, медиально сохранившаяся часть более полной триторной серии). Сошниковая пластина (СГУ 155/147) сравнительно крупная (более ?крупной особи;  $L = 22$  мм,  $Kv = 12$  мм) и имеет наружную триторную серию из 4 триторов (медиальный – вдвое крупнее остальных) из пластинчатого плеромина (отдельные столбики васкулярного плеромина видны во внутренней структуре 1-го и 2-го тритора серии на разрушенной базальной поверхности) (фототаб. 2, фиг. 22). Разрушенная симфизная поверхность несет два тонких (?) пластинчатых внутренних тритора, один над другим (см. фототабл. 2, фиг. 21).

*Elasmodus hunteri* известен из верхнего палеоцена (Thanet Formation, Upnor Formation), нижнего (Blackheath Formation, Oldhaven Member и London Clay Formation) и среднего (Bracklesham Group) эоцена Англии [23, 24, 25, 34], верхнего палеоцена (нижний ланден) Бельгии [27, 35], эоцена Калининградской области (Восточная Пруссия по [36]), палеоцена Северной Дакоты, США [30]. Типовой материал, включая неотип (NHMUK<sup>3</sup>, P.43110: L64, Km18), установленный Ф. Гуром [23], происходит из нижнеэоценовой (ипр) Лондонской глины о. Шеппи (Sheppy Island) Англии. Мандибулярная пластина эласмодуса из местонахождения Серафимович более соответствует зубным пластинам из ландена в коллекции IRSB<sup>4</sup> (экз. 1685, 1687, 1688) как по размерам, так и по строению и имеет сравнительно узкий срединный тритор мандибулярной пластины, который, однако, четко объединен с передне-наружным тритором (как это наблюдается у неотипа вида). В то же время мандибулярные пластины эласмодусов из лондонской глины (неотип NHMUK P.43110, а также экз. P.161, 40203, 44910) имеют широкой срединный тритор, часто четко раздвоенный медиально (бифуркация), а также полностью васкулярную задне-наружную триторную серию. Очевидно, что палеогеновые эласмодусы требуют ревизии<sup>5</sup>, до проведения которой, а также до накопления дополнительного материала из Волго-Донского

<sup>3</sup>Музей естествознания в Лондоне, бывший Британский музей естествознания – BM(NH).

<sup>4</sup>Королевский музей естествознания в Брюсселе, Бельгия.

<sup>5</sup>Из отложений «геерского яруса» (зеландий) Бельгии кроме этого вида определен другой эласмодус (*Elasmodus* sp.) [27].





региона материал из местонахождения Серафимович отнесен к виду условно.

Большинство таксонов эласмобранхий хорошо известны из палеоцена Западной Европы [23, 35, 37, 38, 39, 40], Зауралья и Средней Азии [41, 42]. Далее приведены краткие замечания по ряду таксонов из местонахождения Серафимович-1.

1. Род *Carcharias Rafinesque 1810* представлен зубами двух видов. Зубы *Carcharias* sp. 1 наиболее многочисленны (в нижнем горизонте доминируют в комплексе). Они характеризуются значительно развитой струйчатостью с лингвальной стороны коронки (см. фототабл. 1, фиг. 16). Зубы *Carcharias* sp. 2 более редки и характеризуются гладкой лингвальной стороной коронки и небольшими боковыми зубцами, загнутыми в сторону коронки (см. фототабл. 1, фиг. 14). Зубы такого строения описаны (как *Carcharias* sp.) из танета Франции [40].

2. Образцы *Palaeohypotodus rutoti* наиболее схожи с массивными зубами, известными из танета, которые выделялись Л. С. Гликманом [4] в самостоятельный вид *Palaeohypotodus lerichei* Glückman, 1964. Для использования этого названия необходимы дополнительные исследования и решение вопроса о месте хранения синтипов вида. В зарубежной литературе такие зубы включаются в вид *P. rutoti* [28, 40]. Нами обнаружены зубы, отличающиеся отсутствием ребристости в основании коронки с лабиальной стороны (см. фототабл. 2 фиг. 7). Они редки (3 зуба) и по общей морфологии не отличаются от *P. rutoti*, являясь, возможно, результатом внутривидовой изменчивости.

3. Зубы, определенные как *Jaekelotodus robustus* (см. фототабл. 1, фиг. 13а–б), отличаются небольшими размерами (до 1,85 см в высоту) и более узкими коронками, чем типичные представители вида [38, 43, 44]. Образцы из разреза Серафимович-1, вероятно, принадлежат молодым особям.

4. Зубы кошачьих акул Scyliorhinidae indet. могут принадлежать *Foumtizia Noubhani et Carpetta 1997* (см. фототабл. 1, фиг. 24–25), однако отсутствие хорошо сохранившихся корней не позволяет их определить точнее.

5. В составе рода *Synechodus Woodward 1888* из палеоценовых отложений (исключая датские) описаны *S. hesbayensis Casier, 1943* и *S. subulatus Leriche, 1951*. Последний вид плохо изучен. Возможно, *S. subulatus* является младшим синонимом для *S. hesbayensis*, как считает Ж.Эрман [45].

## Биостратиграфические результаты

### Возраст бузиновской свиты

В процессе изучения отложений, в настоящее время относимых к бузиновской свите, их возраст и стратиграфическое положение трактовались различно, причем в довольно широком

интервале [7]: они относились к верхнему мелу, палеоцену – слоям Белогородни и сызранскому «ярусам», эоцену – бучакскому и киевскому «ярусам». Точки зрения об эоценовом возрасте бузиновской свиты придерживался Г. П. Леонов [7], сопоставляя ее с пролейской свитой Волжского правобережья. С пролейской свитой бузиновскую впоследствии коррелировал и В. П. Семенов [9], относя их обе к палеоцену.

В Унифицированной стратиграфической схеме палеогена субрегиона Воронежской антеклизы бузиновская и вышележащая вешенская свиты рассматриваются в составе мерлинского горизонта верхней части зеландия – танета [46], а в субрегионе восточной части Большого Донбасса бузиновская и вешенская свиты в составе одноименных горизонтов относятся к верхнему зеландию – нижней части танета и верхней части танета соответственно [47]. В Объяснительной записке к листу М-38 (Волгоград) Государственной геологической карты [12] бузиновская и вешенская свиты (отнесенные к одноименным горизонтам) соответствуют танетскому ярусу.

Главной проблемой, усложнявшей датировку бузиновской свиты, была редкость ископаемых остатков и бедность их состава. Из нее до недавнего времени были известны лишь комплексы моллюсков и пыльцы, характерные для верхнего палеоцена [9, 12]. Споры и пыльца из бузиновской и вешенской свит соответствуют палинозоне SP3 верхней части зеландия и танета [48]. В 2021 г. были опубликованы новые данные [13], уточняющие датировки бузиновской свиты: у ст. Базковская (около 70 км к западу от разреза Серафимович-1) в ней была установлена зона *Alisocysta margarita* по диноцистам, а в перекрывающей ее вешенской – зоны *Apectodinium hyperacanthum* и *Axioidinium augustum*.

### Обсуждение материала из местонахождения Серафимович-1

В данных условиях для дополнения характеристики свиты, более комплексного обоснования датировок имеют ценность группы фауны, которые прежде были изучены недостаточно. Такой группой могут стать хрящевые рыбы, в том числе полученные с местонахождения Серафимович-1 (синхронные нижнему и верхнему горизонту). Исходя из их таксономического состава, существенных различий по своему возрасту они не имеют. Их отличия обусловлены скорее сочетанием следующих факторов:

- различных методик сбора – из слоя 4 материал собирался только с поверхности, при этом с меньшей площади, чем из слоя 2, в связи с чем не получено зубов мелких акул;
- смены условий осадконакопления – обилие хорошо окатанного гравийно-галечникового материала в слое 2 указывает на прибрежные



обстановки, тогда как пески слоя 4 формировались на несколько большей глубине (учитывая отсутствие грубозернистого материала и следов значительной окатанности на фосфоритовых желваках). Так, в ходе позднепалеоценовой трансгрессии прибрежные комплексы мелкоразмерных и молодых хрящевых рыб с малочисленными крупными особями и резким преобладанием одного вида песчаных акул сменились комплексами с большим значением среднеразмерных и крупных форм и наличием многожаберных акул *Xampylodon* и химер.

Таксономический состав остатков акул, синхронных отложениям низов бузиновской свиты, характерен для отложений средней и верхней части танета и базального ипра. Нижнюю границу интервала характеризует ряд таксонов из слоя 2 (нижнего горизонта) – *Glueckmanotodus heinzeli*, *Odontaspis winkleri*, *Paraorthocodus eocaenus*. В Западной Европе (Англо-Парижский бассейн) первое появление всех этих видов фиксируется в отложениях формации Tuffeau de Saint-Omer Франции [40], отвечающих нанопланктонной зоне NP8 [26]. Часть акул из этого списка присутствуют и в формации Châlons-sur-Vesles Франции, также соответствующей зоне NP8 [26], где отмечены *G. heinzeli* (описаны как *Odontaspis cuspidata* mut. *hopei*), *P. eocaenus* [28, 49]. Характерным представителем Серафимовичского комплекса и фаун из перечисленных формаций также являются крупные и массивные *Palaeohypotodus* (Л. С. Гликманом [4] выделялись как *P. lerichei*).

В палеоцене Зауралья (першинские слои) перечисленные акулы появляются в отложениях, охарактеризованных диноцистами зоны *Alisocysta margarita* [41, 50] (*Palaeohypotodus* из этих слоев изучены недостаточно и сравнить их с материалом из местонахождения Серафимович и Западной Европы сложно). При этом в Зауралье нижележащие отложения палеоцена, кроме датских, не охарактеризованы остатками хрящевых рыб [41].

Верхняя граница интервала определяется обнаруженными в фосфоритовом горизонте слоя 4 (верхнем горизонте) зубами *Xampylodon loozi* (Vincent, 1876). Вымирание этого вида и в целом рода в Западной Европе (Англо-Парижский бассейн) указывалось для границы палеоцена-эоцена [51] без привязки к биостратиграфическим подразделениям. Однако необходимо учитывать, что на тот момент эта граница не была однозначно установлена в лимитотипе, поэтому могли существовать различные взгляды на ее положение; в настоящее время она проводится внутри зоны NP9. Последние *X. loozi* (Vincent, 1876) отмечаются для зоны NP9 (Bracheux Fm, Woolwich Bottom Bed, Bois-Gilles Fm) [25, 39, 49, 52] и из более молодых отложений в непереотложенном состоянии неизвестны. В Зауралье (серов-

ская свита) их последнее появление приурочено к отложениям зоны *Arctodinium* (= *Axioidinium*) *augustum* по диноцистам соответствующей базальному ипру [50].

Таким образом, совместное нахождение акул *G. heinzeli*, *O. winkleri*, *P. eocaenus*, *X. loozi* характерно для отложений интервала зон *Alisocysta margarita* – *Axioidinium augustum* по диноцистам и нанопланктонных зон NP8 – NP9. Указанный диапазон согласуется с известными данными по биостратиграфии бузиновской свиты: он входит в объем палинозоны SP3 (соответствующей NP6 – NP9) [53] и, в свою очередь, включает в свой объем часть зоны диноцист *Alisocysta margarita* (NP6 – NP8) [53].

Низы бузиновской свиты могут отвечать лишь части интервала, отмеченного выше для комплекса хрящевых рыб. Исходя из сопоставления датировок по акулам (данная работа) и диноцистам [13], возможно, что она соответствует средней части танета (NP8).

Химеры дают возраст в пределах палеоцена – нижнего эоцена, при этом с учетом особенностей строения зубных пластин *Elasmodus* cf. *hunteri*, наиболее вероятен верхнепалеоценовый возраст вмещающих отложений.

#### Корреляции бузиновской свиты со свитами Поволжья

Более сложен вопрос о взаимоотношениях бузиновской свиты с иными палеогеновыми стратонами в смежном Поволжско-Прикаспийском субрегионе. Это связано с недостаточной изученностью остатков хрящевых рыб из этих отложений, и необходимостью ревизии их таксономического состава с учетом современных представлений.

Г. П. Леонов [7] и В. П. Семенов [9] однозначно сопоставляли бузиновскую свиту с пролейской свитой Поволжья. Иные корреляции приняты в Унифицированных схемах палеогена юга европейской части России [47] и поддержаны в недавно опубликованной статье А. И. Яковлевой и Г. Н. Александровой [13]: в этом случае бузиновская свита сопоставляется с саратовской свитой Поволжья. Данные по акулам опровергают это предположение. Из саратовской свиты в Нижнем Поволжье известен комплекс акул, содержащий *Glueckmanotodus kamyshinensis* Zhelezko, 1999, *Palaeohypotodus volgensis* Zhelezko, 1999, а также «*Striatolamia*» aff. *cederstroemi* Siverson, 1995 (описаны В. И. Железко [42] как *Synodontaspis* sp., табл. 55, фиг. 10–18). В бузиновской свите у г. Серафимович эти таксоны не выявлены, однако присутствуют эволюционно более продвинутые представители этих родов. В саратовской свите, в свою очередь, не были отмечены характерные для бузиновской свиты виды, которые описывались выше. Таким образом, бузиновская свита



по возрасту своего формирования моложе саратовской.

Бузиновская свита может сопоставляться с камышинской или пролейской свитами [54]. Эти свиты в Нижнем Поволжье также содержат комплексы диноцист зоны *Alisocysta margarita* [55]. К сожалению, фауна хрящевых рыб из камышинской свиты описана довольно давно [4] и требует более детального исследования, а из пролейской свиты не описана вовсе.

#### Анализ переотложенных субкомплексов

Наличие переотложенных зубов «*Myliobatis*» sp., *Megasqualus* sp. в нижнем горизонте указывает на размыв палеоценовых отложений при формировании базального горизонта бузиновской свиты. Таким образом, на Донском правобережье существовали более древние палеоценовые образования, чем бузиновская свита, возможно, представлявшие латеральные эквиваленты сызранской и саратовской свит Поволжья [54]. На отдельных участках эти более древние отложения, вероятно, сохранились от размыва и выделялись ранее [9] в кумовскую свиту, которая пока слабо изучена.

Представляет интерес и переотложенный меловой субкомплекс. Наличие *Pseudocorax laevis* указывает на его сантон-кампанский возраст. Хорошая сохранность, слабая окатанность зубов свидетельствуют об их незначительной транспортировке – скорее всего, они происходят непосредственно из подстилающих кампанских отложений, широко развитых в районе исследования.

#### Выводы

1. На Донском правобережье на западе Волгоградской области описано новое местонахождение фауны из бузиновской свиты. Из базального горизонта и расположенного выше по разрезу фосфоритового горизонта выделен достаточно представительный комплекс хрящевых рыб. Он включает переотложенные субкомплексы из верхнего мела и палеоцена (в базальном горизонте), а также синхронные формы (с двух уровней). Таксономический состав последних может быть сопоставлен с известными комплексами Западной Европы (Англо-Парижского бассейна) и Зауралья.

2. Синхронные формы представлены 7 отрядами акул и 1 отрядом химеровых рыб. Среди акул можно выделить ассоциацию с *Glueckmanotodus heinzlini*, *Odontaspis winkleri*, *Paraorthacodus eocaenus*, *Xampylodon loozi*. Ее распространение охватывает интервал нанопланктонных зон NP8 – NP9 в Англо-Парижском бассейне или зон *Alisocysta margarita* – *Axioidinium augustum* по диноцистам в Зауралье (средняя часть танета – базальный ипр).

3. Датировка нижней части бузиновской свиты обоснована еще одной группой ископаемых организмов, ранее неизученной, что актуально в связи с бедностью свиты палеонтологическими остатками. При этом по сравнению с моллюсками, спорами и пылью указанная ассоциация акул характеризуется более узким стратиграфическим распространением. Изучение переотложенных субкомплексов позволяет установить размыв верхнемеловых (не моложе кампана) и палеоценовых отложений.

4. Хрящевым рыбам и в дальнейшем должно быть уделено внимание при изучении палеогеновых отложений Воронежской антеклизы для дополнения характеристик местных и региональных стратонтов и их датировки, особенно в условиях преимущественного (а иногда и исключительного) распространения терригенных отложений, относительно бедных палеонтологическими остатками. Ранее возможность применения эласмобранхий в современных биостратиграфических исследованиях была показана на примере палеогена Зауралья [41].

#### Библиографический список

1. Геология СССР : в 48 т. Т. 11. Поволжье и Прикамье. Ч. 1. Геологическое описание / редактор К. Р. Чепиков. Москва : Недра, 1967. 872 с.
2. *Sinzow J.* Notizen über die Jura-, Kreide und Neogen-Ablagerungen der Gouvernements Saratow, Simbirsk, Samara und Orenburg // Записки Новороссийского университета. 1899. Т. 77. С. 1–106.
3. *Милановский Е. В.* Геология Волго-Донского водораздела // Волго-Донская водная магистраль. Проект 1927–1928 гг. Ростов-на-Дону : Управление главного инженера строительства Волго-Дона, 1930. Вып. 3. 646 с.
4. *Гликман Л. С.* Акулы палеогена и их стратиграфическое значение. Москва : Наука, 1964. 229 с.
5. *Ярков А. А.* Обоснование выделения географо-палеонтологических памятников природы Волгоградской области на базе палеогеографических реконструкций : автореферат диссертации ... кандидата географических наук. Волгоград, 2000. 24 с.
6. *Попов Е. В.* Палеогеновые акулы Поволжья : перспективы исследования // «Геологические науки-96» : научная студенческая конференция геологического факультета СГУ. Саратов : ГосУНЦ «Колледж», 1996. С. 42–52.
7. *Леонов Г. П.* Основные вопросы региональной стратиграфии палеогеновых отложений Русской плиты. Москва : Издательство Московского университета, 1961. 552 с.
8. *Семенов В. П.* О возрасте «пролейской свиты» Чирско-Донского междуречья // Ученые записки СГУ. 1951. Т. XXVIII, выпуск геологический. С. 197–201.
9. *Семенов В. П.* Палеоген Воронежской антеклизы. Воронеж : Издательство Воронежского университета, 1965. 279 с.
10. *Толкачева П. М.* Полезные ископаемые Серафимовичского района Волгоградской области // Ученые записки СГУ. 1940. Т. XV, вып. 1. С. 147–174.



11. Голубятников В. Д. Гидрогеологические исследования правобережья Дона от станицы Усть-Хоперской до станицы Кременской. Москва ; Ленинград : Геологическое издательство главного геологоразведочного управления, 1931. 58 с.
12. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (третье поколение). Серия Восточно-Европейская. Лист М-38 Волгоград : объяснительная записка. Санкт-Петербург : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. 399 с.
13. Яковлева А. И., Александрова Г. Н. Палеоген Преддонецкой моноклинали и его палинологическая характеристика // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2021. Т. 29, № 1. С. 59–98.
14. Беньямовский В. Н. Предложения по структурно-фациальному районированию и субрегиональным горизонтам палеогена Воронежско-Придонецкого субрегиона // ПАЛЕОСТРАТ-2016. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. Москва : ПИН РАН, 2016. С. 14–15.
15. Лопырев В. А., Попов Е. В. Новое местонахождение хрящевых рыб из верхнего палеоцена Донского правобережья (Волгоградская область) // Фундаментальная и прикладная палеонтология : материалы LXIV сессии Палеонтологического общества при РАН. Санкт-Петербург : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2018. С. 207–209.
16. Guinot G., Underwood C. J., Cappetta H., Ward D. J. Sharks (Elasmobranchii : Euselachii) from the Late Cretaceous of France and the UK // Journal of Systematic Palaeontology. 2013. Vol. 11, № 6. P. 589–671.
17. Becker M., Chamberlain J. J. Squalicorax chips a tooth : A consequence of feeding-related behavior from the lowermost Navesink Formation (late Cretaceous : Campanian-Maastrichtian) of Monmouth County, New Jersey, USA // Geosciences. 2012. № 2. P. 109–129.
18. Cappetta H. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii : Teeth // Handbook of Paleichthyology. Chondrichthyes / ed. H. P. Schultze. Munchen : Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2012. Vol. 3E. 512 p.
19. Попов Е. В. Меловые и палеоценовые химеровые рыбы (Holocephali, Chimaeroidei) юга Европейской России (морфология, система, стратиграфическое распространение) : автореферат диссертации ... кандидата геолого-минералогических наук. Саратов, 2004. 24 с.
20. Popov E. V., Machalski M. Late Albian chimaeroid fishes (Holocephali, Chimaeroidei) from Annopol, Poland // Cretaceous Research. 2014. Vol. 47. P. 1–18.
21. Попов Е. В., Безносков П. А. Остатки химер (Holocephali : Chimaeroidei) из верхнеюрских отложений Республики Коми / под редакцией А. Ю. Розанова, А. В. Лопатина, П. Ю. Пархаева // Современная палеонтология : классические и новейшие методы – 2006. Москва : ПИН РАН, 2006. С. 55–64.
22. Stahl B. J. Handbook of Paleichthyology. Part 4. Chondrichthyes II I. Holocephali / ed. H.-P. Schultze. Munchen : Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 1999. 164 p.
23. Gurr P. R. A new fish fauna from the Woolwich Bottom Bed (Sparnacian) of Herne Bay, Kent // Proceedings of the Geologists' Association London. 1962. Vol. 73, № 4. P. 419–447.
24. Ward D. J. The English Palaeogene Chimaeroid Fishes // Proceedings of the Geologists' Association. 1973. Vol. 84 (3). P. 315–330.
25. Ward D. J. The Distribution of Sharks, Rays and Chimaeroids in the English Palaeogene // Tertiary Research. 1980. Vol. 3, № 1. P. 13–19.
26. King C., Gale A. S., Barry T. L. A revised correlation of Tertiary rocks in the British Isles and adjacent areas of NW Europe. London : Geological Society of London, 2016. 724 p.
27. Leriche M. Les poissons paleocenes de la Belgique // Mémoires du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique. Bruxelles : Polleunis & Ceuterick, 1902. Vol. 2. P. 1–48.
28. Leriche M. Note sur des poissons paléocènes et éocènes des environs de Reims // Annales de la Société Géologique du Nord. 1908. Vol. 37. P. 229–265.
29. Leriche M. Les Poissons Tertiaires de la Belgique (supplement) // Memoires Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. 1951. № 118. P. 475–600.
30. Cvancara A. M., Hoganson J. W. Vertebrates of the Cannonball Formation (Paleocene) in North and South Dakota // Journal of Vertebrate Paleontology. 1993. Vol. 13(1). P. 1–23.
31. Аверьянов А. О. Новый род химерообразных хрящевых рыб из палеоцена Казахстана // Палеонтологический журнал. 1991. № 2. С. 116–118.
32. Ward D. J., Grande L. Chimaeroid fish remains from Seymour Island, Antarctic Peninsula // Antarctic Science. 1991. Vol. 3 (3). P. 323–330.
33. Case G. R. A new species of chimaeroid fish from the Upper Paleocene (Thanetian) of Maryland, USA // Paleovertebrata. 1991. Vol. 21 (1-2). P. 85–94.
34. Casier E. Faune ichthyologique du London Clay // Mem. Brit. Mus. (Natur. Hist.). London : Trustees of the British Museum (Natural History), 1966. 496 p.
35. Casier E. Le Landénien de Dormaal (Brabant) et sa faune ichtlyologique. // Mémoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. 1967. № 156. P. 1–66.
36. Noetling F. Die Fauna des samlandischen Tertiars // Abh. geol. Spezialkarte Preussen Thuring. Staaten. 1885. Bd. 6. H. 3. S. 3–106.
37. Herman J. Les Sélaciens de terrains néocretacés & paléocènes de Belgique & des contrées limitrophes Eléments d'une biostratigraphie intercontinentale // Mémoires pour servir à l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique. Bruxelles : Service Géologique de Belgique, 1977. № 15. 450 p.
38. Nolf D. Dents de requins et de raies du Tertiaire de la Belgique. Bruxelles : Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, 1988. 184 p.
39. Baut J.-P., Genault B. Contribution a l'étude des Elasmobranches du Thanetien (Paleocene) du Bassin de Paris. 1 Decouverte d'une faune d'Elasmobranches dans la partie superieure des Sables de Bracheux (Thanetien, Paleocene) des regions de Compiègne (Oise) et de Montdidier (Somme) // Belgian Geological Survey, Professional paper : Elasmobranches et Stratigraphie. 1995. № 278. P. 185–260.



40. Moreau F., Mathis S. Les élasmobranches du Thanétien (Paléocène) du Nord de la France, des carrières de Templeuve et de Leforest // *Cossmanniana*. 2000. Vol. 7, № 1–4. P. 1–18.
41. Мальшикина Т. П. Эласмобранхии западной окраины Западно-Сибирского палеогенового бассейна. Екатеринбург : ИГГ УрО РАН, 2006. 124 с.
42. Железко В. И., Козлов В. А. Эласмобранхии и биостратиграфия палеогена Зауралья и Средней Азии // *Материалы по стратиграфии и палеонтологии Урала*. Екатеринбург : УрО РАН, 1999. Вып. 3. 324 с.
43. Leriche M. Les Poissons eocenes de la Belgique // *Mémoires du Musée Royal d’Histoire Naturelle de Belgique*. Bruxelles : Polleunis & Ceuterick, 1905. Vol. 3. P. 49–228.
44. Cappelletta H., Nolf D. Révision de quelques Odontaspidae (Neoselachii : Lamniformes) du Paléocène et de l’Eocène du Bassin de la mer du Nord. // *Bulletin de l’Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Science de la Terre*. 2005. Vol. 75. P. 237–266.
45. Herman J. Les vertébrés du Landénien Inférieur (LIa ou Heersien) de Maret (Hameau d’Orp-le-Grand) // *Bulletin de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d’Hydrologie*. 1972. Vol. 81, № 3–4. P. 191–207.
46. Горбаткина Т. Е., Иосифова Ю. И. Новые стратиграфические подразделения палеогена Воронежской антеклизы – воробьевская и пасековская свиты // *Вестник Воронежского университета. Геология*. 2004. № 2. С. 28–44.
47. Ахметьев М. А., Беньямовский В. Н. Стратиграфическая схема морского палеогена юга Европейской России // *Бюллетень МОИП. Отдел геологический*. 2003. Т. 78, вып. 5. С. 40–51.
48. Шнуль В. Г. Палеогеновые флоры Воронежской антеклизы (по данным палинологии) // *Вестник Воронежского университета. Геология*. 2010. № 2. С. 100–107.
49. Dutheil D. B. A checklist of Neoselachii (Pisces, Chondrichthyes) from the Palaeogene of the Paris Basin, France // *Tertiary Research*. 1991. Vol. 13, № 1. P. 27–36.
50. Васильева О. Н., Мальшикина Т. П. Биостратиграфия и изменение палеобиоты на границе палеоцена и эоцена в разрезе Першинский (среднее Зауралье) // *Литосфера*. 2008. № 1. С. 18–50.
51. Smith R., Smith T., Steurbaut E. Les elasmobranches de la transition Paleocene-Eocene de Dormaal (Belgique) : implications biostratigraphiques et palaeobiogeographiques // *Bulletin de la Société Géologique de France*. 1999. Т. 170, № 3. P. 327–334.
52. Casier E. Contributions à l’étude des Poissons fossiles de la Belgique. IV. Observations sur la faune ichtyologique du Landénien // *Bulletin du Musée Royal d’Histoire Naturelle de Belgique*. 1943. Vol. 19, № 36. P. 1–16.
53. Ахметьев М. А., Беньямовский В. Н. Палеоцен и эоцен российской части Западной Евразии // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2006. Т. 14, № 1. С. 54–79.
54. Унифицированная стратиграфическая схема палеогеновых отложений Поволжско-Прикаспийского субрегиона : объяснительная записка. Москва : ВНИГНИ, 2005. 96 с.
55. Александрова Г. Н. Палинологическая характеристика палеоценовых отложений Нижнего Поволжья (скв. 28, г. Дубовка) // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2001. Т. 9, № 6. С. 71–82.

Поступила в редакцию 16.01.2022; одобрена после рецензирования 28.02.2022; принята к публикации 01.03.2022  
The article was submitted 16.01.2022; approved after reviewing 28.02.2022; accepted for publication 01.03.2022

ISSN 1819-7663

22002



9 771819 766302

ISSN 1819-7663 (Print). ISSN 2542-1921 (Online)  
Известия Саратовского университета. Новая серия.  
Серия: Науки о Земле. 2022. Том 22, выпуск 2

## 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

