

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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия: Науки о Земле

2023

Том 23

Выпуск 3



IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY
EARTH SCIENCES



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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия Науки о Земле, выпуск 3

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



Научный журнал
2023 Том 23

ISSN 1819-7663 (Print)

ISSN 2542-1921 (Online)

Издается с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Аблязов К. А.

Технологии ГИС при реконструкции торгово-транспортной системы Золотой Орды 144

Анциферова Г. А., Шевырев С. Л., Кульнев В. В.,

Русова Н. И., Галкина Е. С.

Эколого-санитарное состояние Воронежского водохранилища
в условиях «цветения» вод по материалам 2016–2022 годов 147

Николаенко С. В., Степанова Н. Е.

Актуальность декарбонизации деятельности промышленных предприятий
на территории Волгоградской области 155

Преображенский Ю. В.

Планирование социально-экономического развития регионов России:
проблемы полимасштабного сценарирования 161

Разенков П. И., Корнилов А. Г.

Дифференциация плотности населения в пределах крупного города
для выявления уровня антропогенной нагрузки
(на примере Белгорода) 168

Скрыльник Г. П.

Пространство и время в развитии геосистем Тихоокеанской России 176

Геология

Огаджанов В. А.

Сравнительная характеристика региональных сейсмогенирующих структур
Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса 184

Первушов Е. М.

Представители рода *Botryosella* Schrammen, 1912 (Porifera, Hexactinellida)
из верхнего мела Поволжья 193

Первушов Е. М.

Первые представители рода *Cameroptychium* Leonhard, 1897 (Porifera, Hexactinellida)
из верхнего мела Поволжья 205

Приложения

Personalia

Макарцева Л. В.

Посвящается памяти Эрнеста Львовича Файбусовича
(к 90-летию со дня рождения) 213

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 (категория К2, специальности: 1.6.1, 1.6.2, 1.6.9, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18, 1.6.20, 1.6.21)

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

Директор издательства

Бучко Ирина Юрьевна

Редактор

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) 51-29-94, 51-45-49,
52-26-89

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

Подписано в печать 21.09.2023.

Подписано в свет 29.09.2023.

Формат 60 × 84 1/8.

Усл. печ. л. 8.83 (9.5).

Тираж 100 экз. Заказ 94-Т.

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.

Адрес типографии:

410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2023



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

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

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

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

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

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

Требования к аннотации и библиографическому списку:

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

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

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

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

Материалы, отклоненные редколлекцией, не возвращаются.

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

CONTENTS

Scientific Part

Geography

Ablyazov K. A.

GIS technology in the reconstruction of trade and transport system of the Golden Horde 144

Antsiferova G. A., Shevyrev S. L., Kul'nev V. V., Rusova N. I., Galkina E. S.

Ecological and sanitary condition of the Voronezh water reservoir under "blooming" conditions based on materials from 2016–2022 147

Nikolaenko S. V., Stepanova N. E.

The importance of decarbonization of industrial enterprises in the Volgograd region 155

Preobrazhenskiy Y. V.

Scheming of socio-economic development of Russian regions: Problems of multi-scale scenario planning 161

Razenkov P. I., Kornilov A. G.

Differentiation of population density within a large city to identify the level of anthropogenic load (on the example of Belgorod) 168

Skrylnik G. P.

Space and time in the development of geosystems in Pacific Russia 176

Geology

Ogadzhanov V. A.

Comparative characteristic of regional seismo-generating structures of the European-African through tectonic belt 184

Pervushov E. M.

Representatives of the genus *Botryosella* Schrammen, 1912 (*Porifera*, *Hexactinellida*) from the Upper Cretaceous of the Volga region 193

Pervushov E. M.

The first representatives of the genus *Cameroptychium* Leonhard, 1897 (*Porifera*, *Hexactinellida*) from the Upper Cretaceous of the Volga region 205

Appendices

Personalia

Makartseva L. V.

Dedicated to the memory of Ernest Lvovich Faibusovich (to the 90th birthday) 213



**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, доцент (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

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

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

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

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

Executive secretary – Anna V. 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)

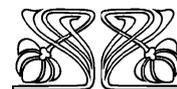
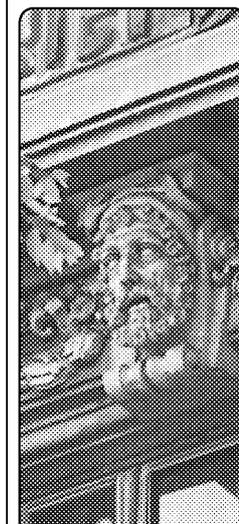
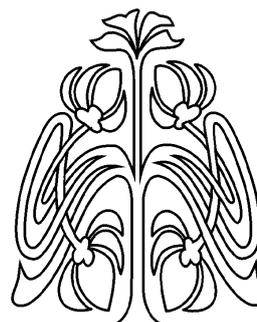
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

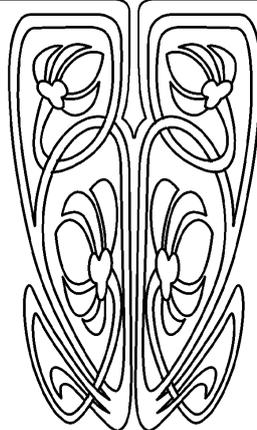
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 144–146

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 144–146

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-144-146>, EDN: RSIQYJ

Научная статья

УДК 910.26

Технологии ГИС при реконструкции торгово-транспортной системы Золотой Орды

К. А. Аблязов

Саратовское отделение Института истории имени Ш. Марджани АН Республики Татарстан, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Московская, д. 75

Аблязов Камиль Алимович, кандидат исторических наук, научный сотрудник, ably2018@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4704-7110>

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы исторической реконструкции торгово-транспортной системы Золотой Орды на основе анализа данных с использованием геоинформационной системы и междисциплинарных технологий.

Ключевые слова: Золотая Орда, торгово-транспортные пути, реконструкция, междисциплинарные технологии

Для цитирования: Аблязов К. А. Технологии ГИС при реконструкции торгово-транспортной системы Золотой Орды // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 144–146. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-144-146>, EDN: RSIQYJ

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

Article

GIS technology in the reconstruction of trade and transport system of the Golden Horde

К. А. Ablyazov

Saratov branch of the Institute of History named after S. Mardzhani of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 75 Moskovskaya St., Saratov 410012, Russia

Kamil A. Ablyazov, ably2018@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4704-7110>

Abstract. The article discusses the issues concerning historical reconstruction of trade and transport system of the Golden Horde based on the data analysis with the use of geographic information systems, logistics modeling and interdisciplinary technologies.

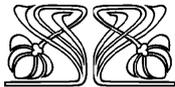
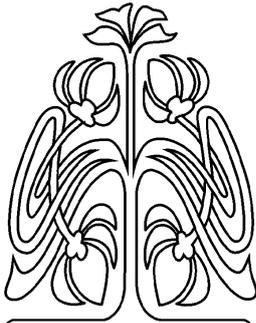
Keywords: Golden Horde, trade and transport routes, logistics, reconstruction, interdisciplinary technologies

For citation: Ablyazov K. A. GIS technology in the reconstruction of trade and transport system of the Golden Horde. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 144–146 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-144-146>, EDN: RSIQYJ

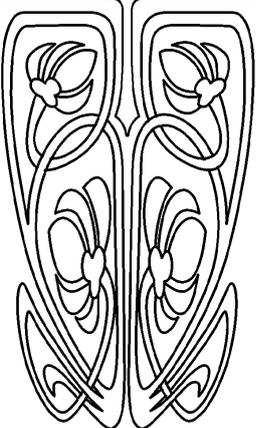
This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Историческое наследие Золотой Орды длительное время формировалось под влиянием концепции славяноцентризма, в котором Татарскому государству отводилась не самая позитивная роль. За исключением небольшого числа исследований, посвященных отдельным аспектам истории Золотой Орды, активная роль Татарского государства в формировании евроазиатского экономического пространства остается малоизученным сюжетом в историографии [1].

Фундаментальные исследования формирования евроазиатского экономического пространства, которые стали активно проводиться с 1991 г., продолжительное время строились на концепции булгаро-



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





центризма [2]. Вместе с тем существует совершенно иной класс источников, прежде всего негуманитарного направления, который стал доступным лишь в последние годы и связан с использованием междисциплинарных исследований. Особенно эффективно зарекомендовали себя геоинформационные технологии, или ГИС-технологии.

Методологической основой процесса обработки информации в ГИС является цифровое моделирование местности, объединяющее процессы сбора первичной информации, ее моделирования, обработки и формирования документов [3]. Методы ГИС стали эффективно использоваться в гуманитарных науках при исторической реконструкции, анализе торгово-транспортных потоков, оценке экономики древних сообществ и пр. [4]. Методы ГИС применялись при реконструкции торгово-транспортных путей Золотой Орды на картах Генерального штаба (РККА) (1938 г.), Западной Сибири с Киргизской степью (1842 г.), азиатской части России с прилегающими владениями (1884 г.), при разработке почтовых карт азиатской части России и Дальнего Востока (1871 г.), карт объектов культурного наследия Волго-Уральского региона и других областей [5]. На интегрированную карту наносились информация по археологической разведке, раскопке, координаты известных захоронений, а также места случайных находок золотоордынских предметов (керамики, оберегов, монет, украшений). Вносилась этнографическая информация, которая базировалась на письменных источниках, генезисе названий городов, поселений, стоянок, мест кочевий, рек, колодцев и прочих исторических объектов. Итогом интеграции первичного картографического, археологического и этнографического материала стали сеть параметрических точек на карте и выделение оптимальных направлений движения кочевых (или торговых) групп.

Вместе с тем для инструментальной обработки метаданных (космического зондирования, стратиграфии, локальной мультиспектральной съемки и других технологий) с использованием ГИС необходимы информация о плотности точек топографической привязки и высокий уровень точности данных, а также их достоверности. При ее реализации можно получить четкую трехмерную картину поверхностных слоев с использованием археологических, этнографических и других данных. Таким образом, на первом этапе в задачу анализа информации необходимо включить сбор неотсортированных данных, объединенных по нескольким критериям. Результатом сбора был бы простой набор точек на поверхности карты [6].

Второй этап характеризуется фильтрацией поверхностного слоя почвы и выявлением неровностей, имеющих искусственное происхождение.

Третий этап предусматривает фиксацию только достоверных артефактов, которые были выявлены и зафиксированы на поверхности, что позволяет сразу же производить их анализ.

Результатом подобной обработки метаданных может стать реконструкция утраченных (разрушенных) объектов или идентификация их следов. Например, совместное применение ГИС-технологий и локальной мультиспектральной стереофотосъемки на застроенной территории поселка Увек Заводского района г. Саратова в 1996–2003 гг. привело к обнаружению десятков строений Золотой Орды, часть из которых была вскрыта в процессе охранно-спасательных работ в 2004–2013 гг. [7]. Не менее эффективной ГИС-технологией являются разработки Массачусетского технологического института (Vjoern Menze) и Гарвардского университета (Jason Ur), которые позволяют использовать дистанционную (космическую) съемку для поиска следов цивилизации по типу почвы, характерному для окрестностей древних городов и поселений.

Интеграция новых программных и мультиспектральных технологий с ГИС позволяет кардинально изменить ситуацию в исторических исследованиях, прежде всего при поиске и реконструкции торгово-транспортных путей Золотой Орды, особенно на территории Рын-песков на севере Каспийского моря, а также на участках вблизи Аральского моря и Западного Алтая. Современный потенциал ГИС-технологий позволяет реконструировать ареал обитания кочевых племен на основе преобладающей местной топонимики (названий местностей, рек, гор, холмов, городов, селений), находить маршрутные закономерности и определять характер местности на данный исторический период. Например, анализ картографической информации по картам «Татарии» XIV–XVIII вв. с нанесенными пунктами стоянок и кочевий позволил выявить два основных типа передвижений на дорогах Золотой Орды – это «стандартный» (ямской) с дневным проходом 25–35 км и «скоростной» (курьерский) с дневным проходом 60–90 км. Эти параметры движения грузопотока и людей хорошо соответствуют данным письменных источников.

Кроме того, весьма перспективной технологией при изучении торгово-транспортной системы Золотой Орды являются методы локального анализа и анализа поверхности продукции ремесленного производства с помощью современных методов определения элементного состава. Очевидно, что не только керамика как самый массовый археологический материал может фигурировать при организации новых плановых исследований. Перспективными объектами для проведения исследований с помощью новых технологий могут быть: строительный материал [8], украшения, деньги, остатки караван-сарая, общественных бань, места хранения ремесленных



товаров, колодцы, отдельные захоронения и другие артефакты.

В современном глобальном информационном пространстве неизвестные страницы истории далекого Средневековья вызывают настоящий интерес. Не стоит забывать, что историю пишут люди, которые нередко ошибаются и формируют «ложную» концепцию в угоду тем или иным общественно-политическим взглядам. Может быть поэтому в последние десятилетия появилось так много разных заимствований, перефразирования, искажения фактов, ложных документов, которые создают плодородную почву для последующих инсинуаций. Прошлое всегда искажалось, и это продолжается до сих пор. Такова современная диалектика исторического восприятия. Но междисциплинарный прогресс продвигается, и в ближайшие годы можно ожидать массовый перенос вектора гуманитарных исследований на естественнонаучные методы. Решение многих исторических проблем будет определяться не столько гуманитарным подходом, сколько на основе точных и достоверных реконструкций исторических событий и процессов.

Поступила в редакцию 27.06.2023; одобрена после рецензирования 15.07.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 27.06.2023; approved after reviewing 15.07.2023; accepted for publication 28.07.2023

Библиографический список

1. Кульпин Э. С. Цивилизационный феномен Золотой Орды // ОНС. 2001. № 3. С. 74–88.
2. Абязов К. А. Страсти по Болгару: мифы против истории // Звезда Поволжья. 2012. № 22. С. 1–2.
3. Макаров В. З., Пролеткин И. В., Чумаченко А. Н. Применение ГИС-технологий в ландшафтно-экологическом изучении городской территории // Геодезия и картография. 2001. № 3. С. 16–20.
4. Noonan T. S. The Vikings in the East: Coins and Commerce // Birka Studies. 1994. Vol. 3. P. 225–226.
5. Ablyazov K. Logistic of Trade Routes of the Golden Horde: Effective Adaptive System with Feedback. New York : Nova Science Publishers Inc., 2015. 46 p.
6. Чибряков Я. Ю. Картографический метод исследования обеспеченности территорий транспортной сетью // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. 2012. № 3. С. 64–70.
7. Сингатулин Р. А. Увекское городище: некоторые итоги комплексных геолого-археологических исследований 2001–2006 гг. // Город и степь в контактной евроазиатской зоне : материалы международной научной конференции, посвящённой 75-летию со дня рождения профессора Г. А. Фёдорова-Давыдова. Москва : ГИМ, 2014. С. 147–150.
8. Сингатулин Р. А. Технологии Золотой Орды: кирпич Укека // Археология Евразийских степей. 2021. № 3. С. 273–284.



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 147–154

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 147–154

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-147-154>, EDN: RVGTGO

Научная статья

УДК 582.26:502.7(470.324)

Эколого-санитарное состояние Воронежского водохранилища в условиях «цветения» вод по материалам 2016–2022 годов



Г. А. Анциферова¹, С. Л. Шевырев², В. В. Кульнев³✉, Н. И. Русова⁴, Е. С. Галкина¹

¹ Воронежский государственный университет, Россия, 394018, г. Воронеж, пл. Университетская, д. 1

² Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Россия, 690022, г. Владивосток, пр-т 100 летия Владивостока, д. 159

³ Отдел государственного экологического надзора по Воронежской области Центрально-Черноземного межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Ломоносова, д. 105

⁴ Военно-морской политехнический институт «Военно-морская академия им. адмирала флота Советского союза Н. Г. Кузнецова», Россия, 197045, г. Санкт-Петербург, Ушаковская набережная, д. 17/1

Анциферова Галина Аркадьевна, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования, g_antsiferova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0040-6564>

Шевырев Сергей Леонидович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, shevirev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6649-7492>

Кульнев Вадим Вячеславович, кандидат географических наук, ведущий специалист-эксперт, kulnev@rpn36.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>

Русова Надежда Ивановна, кандидат географических наук, доцент кафедры радиационной, химической и биологической защиты, nadezhda_minnikova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9232-8059>

Галкина Екатерина Станиславовна, преподаватель кафедры природопользования, korotkovaes@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9384-4020>

Аннотация. Цель. Изучение экологического состояния Воронежского водохранилища в условиях «цветения» вод цианобактериями.

Материалы и методы. При оценке качества вод учитывались данные гидрохимического анализа, анализа распространения взвесей и температуры по акватории, материалы гидробиологического изучения (по фитопланктону), содержание микроцистинов в водах. **Результаты и их обсуждение.** Направленность антропогенных изменений, происходящих в экологическом состоянии водохранилища, прослежена для 2016–2022 годов. Необратимые последствия, связанные с ухудшением качества вод, четко проявились под влиянием аномально высоких летних температур воздуха в 2010–2012 годах, что сопровождалось массовым развитием «цветения» вод. Это привело к необратимым последствиям, поскольку на большей части акватории окончательно сформировалась обстановка экологического регресса. В настоящее время, включая 2022 год, происходит продолжительное летнее – осеннее «цветение» вод, связанное с ним увеличение объема органического вещества, формирование токсичности водной среды за счет продуцируемых цианобактериями цианотоксинов. Для этого периода нами проведена оценка распространения относительного содержания взвесей и температуры воды. **Заключение.** Прогноз трансформации качества вод неблагоприятен, поскольку она сопровождается направленным экологическим регрессом экосистемы водохранилища и подчеркивается интенсивным «цветением» вод. Для их реабилитации может быть рекомендован биотехнологический метод альголизаци.

Ключевые слова: альголизаци, биоиндикация, водохранилище, поверхностные воды, микроводоросли, фитопланктон, «цветение» вод, цианотоксины, экологический регресс, эколого-санитарное состояние

Для цитирования: Анциферова Г. А., Шевырев С. Л., Кульнев В. В., Русова Н. И., Галкина Е. С. Эколого-санитарное состояние Воронежского водохранилища в условиях «цветения» вод по материалам 2016–2022 годов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 147–154. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-147-154>, EDN: RVGTGO

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

Article

Ecological and sanitary condition of the Voronezh water reservoir under “blooming” conditions based on materials from 2016–2022

G. A. Antsiferova¹, S. L. Shevirev², V. V. Kul'nev³✉, N. I. Rusova⁴, E. S. Galkina¹

¹Voronezh State University, 1 Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russia

²Far Eastern Geological Institute FEB RAS, 159 100 letiya Vladivostok Ave, Vladivostok 690022, Russia

³Department of State Ecological Supervision for Voronezh region of the Central Black Earth Interregional Directorate of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, 105 Lomonosova St., Voronezh 394087, Russia



⁴Naval Polytechnic Institute “Admiral N. G. Kuznetsov Naval Academy of the Soviet Union Navy”, 17/1 Ushakovskaya naberezhnaya, St. Petersburg 197045, Russia

Galina A. Antsiferova, g_antsiferova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0040-6564>

Sergey L. Shevirev, shevirev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6649-7492>

Vadim V. Kul'nev, kulnev@rpn36.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>

Nadezhda I. Rusova, nadezhda_minnikova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9232-8059>

Ekaterina S. Galkina, korotkova.es@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9384-4020>

Abstract. The aim. Study of the ecological state of the Voronezh reservoir under conditions of “blooming” of water by cyanobacteria. **Materials and Methods.** Evaluating water quality data of hydrochemical analysis, assessment of suspended solids distribution and temperature in the water area, materials of hydrobiological study (phytoplankton), microcystin content in water have been taken into account. **Results and Discussion.** The direction of anthropogenic changes occurring in the ecological state of the reservoir has been traced for 2016–2022. The irreversible effects associated with water quality deterioration were clearly evident under the influence of abnormally high summer air temperatures in 2010–2012, accompanied by the massive development of water “blooms”. This has had irreversible consequences, as an ecological regression has finally taken shape in most of the water area. At present, including 2022, there is a prolonged summer-autumn “bloom” of waters, the associated with it an increase in the volume of organic matter, formation of aquatic toxicity due to cyanotoxins produced by cyanobacteria. For this period we have evaluated the distribution of the relative content of suspended solids and water temperature. **Conclusion.** The prognosis of water quality transformation is unfavourable, as it is accompanied by a directed ecological regression of the reservoir ecosystem, and is emphasized by intensive “blooming” of waters. For their rehabilitation, a biotechnological method of algolisation can be recommended. **Keywords:** algolisation, bioindication, reservoir, surface water, microalgae, phytoplankton, water ‘bloom’, cyanotoxins, ecological regression, ecological-sanitary status

For citation: Antsiferova G. A., Shevirev S. L., Kul'nev V. V., Rusova N. I., Galkina E. S. Ecological and sanitary condition of the Voronezh water reservoir under “blooming” conditions based on materials from 2016–2022. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 147–154 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-147-154>, EDN: RVGTGO

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

Введение

Актуальность исследований, связанных с изучением эколого-санитарного состояния водных объектов в пределах урбанизированных территорий, трудно переоценить. При современном уровне антропогенной (техногенной) нагрузки на поверхностные воды их токсичное «цветение» распространено практически повсеместно.

Воронежское водохранилище является проточно-русловым водоемом, существующим в нижнем течении р. Воронеж, примерно в 4 км от ее впадения в р. Дон. Оно расположено внутри имеющей интенсивное хозяйственное и промышленное освоение территории крупного областного центра – г. Воронеж, который определяет экологическое состояние водосбора и воздействует на качество вод. Заполнение водохранилища произошло в 1972 году. Целенаправленные исследования сообществ фитопланктона проводятся нами с 1988 года, когда впервые сложились экологические условия, способствующие «цветению» вод. В статье рассматриваются гидрохимические и температурные параметры вод и их экологическое состояние. Загрязнение водохранилища тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими веществами осложнено загрязнением микроцистинами (цианотоксинами), которые вырабатываются цианобактериями, обуславливающими «цветение» вод. Для восстановления их экологического качества может быть рекомендован биотехнологический метод альголизаци.

Материалы и методы

Статья в основном опирается на материалы исследований Воронежского водохранилища 2016–2022 годов, но при этом учтены и данные наблюдений 2010–2016 годов.

Гидрохимическая оценка состояния водохранилища осуществлялась с использованием архивных помесечных данных за период наблюдений в четырех точках – у Чертовицкого моста, в районе сброса сточных вод шинного завода, на левобережье и правобережье в приплотинной части [1]. Всего за шестилетний период наблюдений было отобрано 288 проб воды.

Количественный химический анализ проводился путем определения содержания загрязняющих веществ, общее количество которых составило 31 наименование. Всего было сделано 8928 измерений. По ряду веществ согласно общепринятой методике был рассчитан суммарный показатель загрязнения (СПЗ) воды по формуле

$$\text{СПЗ} = \sum_{j=1}^{15} K_k - (n - 1),$$

где K_k – коэффициент концентрации, определяемый через отношение $\frac{C_i}{C_{\text{пдж}}}$, здесь C_j – концентрация j -го загрязняющего вещества; $C_{\text{пдж}}$ – предельно допустимая концентрация j -го загрязняющего вещества, n – количество загрязняющих веществ.

В 2017 году в Воронежском водохранилище проводилось изучение токсичности водной



среды, связанной с цианотоксинами, продуцируемыми при «цветении» вод цианобактериями. Одновременно проводились гидрохимический и гидробиологический (по фитопланктону) анализы. Изучение микроцистинов (другие виды цианотоксинов не определялись) проводилось на кафедре органической химии химического факультета МГУ на специальной установке под руководством В. С. Петросяна. Полученные результаты предельно допустимых концентраций (ПДК) микроцистинов сравнивались с нормативом Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) для вод разного назначения. Суммарная концентрация микроцистинов для питьевых вод, уровень их ПДК, составляет 1 мкг/л, для водоемов рекреационной зоны – 4 мкг/л [2, 3].

На основе анализа космических изображений по материалам съемок радиометра ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), находящегося на борту спутника «Terra», проведена оценка относительного распространения взвесей и температуры. Дневные снимки были получены 29 июля 2016 года и 5 апреля 2022 года; ночные термальные снимки сделаны 15 июля 2016 года и 2 июля 2022 года соответственно [4].

Оценивались доступные в архиве EarthExplorer дневные изображения видимого и ближнего инфракрасного диапазона (VNIR), имеющие спектральный охват 0,52–0,86 мкм и пространственное разрешение 15 м, а также ночные термальные инфракрасные изображения (TIRS) со спектральным охватом 8,125–11,65 мкм и пространственным разрешением 90 м.

С использованием каналов ASTER VNIR с помощью выражения, описанного в [4, 5]

$$Turb = \frac{(Band3 \cdot Band2)}{Band1},$$

на акватории водохранилища проведена оценка качественного распространения взвесей, мутности (Turbidity, Turb).

Результаты и их обсуждение

Гидрохимический анализ качества воды, который проводился в марте и сентябре 2017 года путем нормирования на величины ПДК, показал их превышение по следующим показателям: ХПК (до 1,64 ПДК), БПК₅ (1,5 ПДК), аммоний-ион (2,6 ПДК), нитрит-ион (до 4,25 ПДК), фосфат-ион (до 7 ПДК), цветность (до 2,4 ПДК); содержание растворенного кислорода в воде в марте до 6 раз ниже нормы и в сентябре на границе ПДК; превышение ПДК таких показателей, как ХПК, БПК₅ и нитрит-ион сезонное; превышение ПДК по фосфат-иону и цветности наблюдается как в холодное время года, так и в теплое.

Анализ значений СПЗ показал, что ведущими поллютантами являются тяжелые металлы:

медь, цинк, хром общий, железо общее, а также взвешенные вещества (табл. 1).

Динамика изменения суммарного показателя загрязнения за период с 2016 по 2021 год показывает, что происходит направленное увеличение его значения.

Низкие его значения (например, 1,4; 2,3) в верховьях водохранилища характерны для проб, в которых определение содержания тяжелых металлов не производилось.

Описание пространственной динамики изменения суммарного показателя загрязнения показывает, что наиболее загрязненной является акватория нижнего участка, наименее загрязнены воды в верховьях водохранилища, у Чертовицкого моста.

Согласно полученным данным состояние Воронежского водохранилища в эколого-гидрохимическом отношении характеризуется как экологическое бедствие [6]. Наиболее значимыми поллютантами, вносящими основной вклад в значение СПЗ, являются тяжелые металлы: медь, цинк, хром общий и общее железо. По меди (II) до 5700 ПДК, по цинку (II) до 600 ПДК, по общему хрому до 150 ПДК.

Отмечено, что с ростом температуры вод и открытием навигации на акватории Воронежского водохранилища закономерно происходит увеличение концентрации взвешенных веществ и тяжелых металлов, депонируемых в донных отложениях. Сведения об источниках поступления указанных поллютантов приведены в работе Г. С. Сейдалиева и И. И. Косиновой [7].

Процесс глобальных климатических изменений общепризнан, в частности, он резко проявился на примере аномально высоких летних температур воздуха и вод в 2010–2012 годах [8]. Экстремальные температурные условия предопределили более продолжительное время вегетации цианобактерий, где-то с середины июня и до середины – двадцатых чисел – сентября. Ранее это происходило с середины июля до середины – конца августа. Объяснение тому связано с разложением большого объема органического вещества, аккумулирующегося в донных осадках, которое сопровождается выделением тепловой энергии.

В водоеме сложились условия, предопределившие неконтролируемое «цветение» вод цианобактериями. Это вызывает образование повышенного объема численности и биомассы цианобактерий, а также с началом понижения температуры вод – их массовое отмирание и разложение. Данный процесс сопровождается выделением специфических веществ в атмосферный воздух и, что представляет еще большую опасность, – в водную среду и донные отложения [9, 10].

Исследования состояния Воронежского водохранилища, которые проводятся нами начиная с 1988 года и продолжаются по настоящее



Таблица 1

Значения суммарного показателя загрязнения (СПЗ) по точкам наблюдения Воронежского водохранилища с 2016 по 2021 год

Год	Верховья		Нижний участок	
	Чернавский мост	Шинный завод	Плотина (левобережье)	Плотина (правобережье)
2016	21,6/4300,0	3732,9/6346,2	274,8/6596,6	2861/5213,4
2017	2,3/3194,7	1,75/7774,9	2400,0/5293,9	2271,2/5753,4
2018	1,4/5791,5	4589,7/9283,9	133,1/5034,9	2292,2/2985,3
2019	259,7/7195,6	4864,0/8275,9	811,4/5542,6	2483,9/5072,3
2020	263,9/4644,1	5283,6/8224,9	2398,2/5221,9	2492,8/4286,9
2021	93,43/3687,5	3534,4/6837,4	2294,6/4870,3	2375,0/4294,1
2016–2021 годы: минимальное и максимальное значения по СПЗ точкам наблюдения	1,4/7195,6	1,75/9283,9	133,1/6596,6	2271,2/5753,4

Примечание. Значения СПЗ: в числителе – минимальное, в знаменателе – максимальное.

время, позволяют достаточно адекватно оценить экологическую ситуацию и представить сценарий дальнейшего развития этой водной экосистемы в условиях глобальных климатических изменений. Эколого-санитарное состояние Воронежского водохранилища в последние годы определяется интенсивным «цветением» вод цианобактериями. Причем наиболее четко неблагоприятные экологические условия проявляются в Масловском затоне на левобережье нижнего участка водохранилища, где располагается очаг мощного неконтролируемого «цветения» вод, которое зафиксировано от плотины до моста ВОГРЭС и прослеживается выше по течению, до Северного моста и далее, до железнодорожного моста. Тяжелый неприятный землистый и канализационный запах определяется массовым развитием видов загрязненных местообитаний, таких как *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. и его форм, а также других. Из очага массового развития широко распространен вид *Microcystis ichthyoblabe* Kütz. Данные виды также наблюдаются в русле р. Воронеж ниже плотины водохранилища в виде мощных дерновин и скоплений [9, 11]. В вегетационный сезон

2022 года уже в конце мая – начале июня наблюдалось «цветение» вод.

К настоящему времени накоплен обширный фактический материал, который позволяет сделать вывод о том, что экосистема водохранилища по степени кризисности процессов самоочищения вод находится в неустойчивом состоянии. Степень кризисности водохранилища на верхнем участке акватории, расположенном выше железнодорожного моста и до его верховьев, находится в стадии обратимых изменений. Далее следует пороговая стадия, которая переходит в стадию необратимых изменений, что и наблюдается в пределах среднего и особенно нижнего приплотинного участка акватории.

В водной экосистеме происходит направленное снижение качества вод и увеличение их токсичности, в частности, в результате накопления цианотоксинов (табл. 2) [2, 3].

В соответствии с установленными ВОЗ нормативами для водоемов рекреационной зоны по суммарному количеству микроцистинов в водах Воронежского водохранилища нормативу соответствует только проба 1 (железнодорожный мост), в которой обнаружено лишь следовые количество микроцистина MC-LR. Нормативам

Таблица 2

Результаты анализа микроцистинов LR, RR, YR в водных пробах с показателями концентраций (нг/м) (Воронежское водохранилище, 2017 год [3])

Номер пробы	MC-LR	MC-RR	MC-YR	Общая концентрация
	Концентрация			
1 (железнодорожный мост)	Следы	0	0	Следы
2 (Чернавский мост)	27,48	15,71	9,00	52,19
3 (правобережье ниже моста ВОГРЭС)	33,36	25,12	21,67	80,15
4 (Масловский затон)	32,79	34,07	21,82	88,68
5 (плотина, водовыпуск)	8,62	7,50	3,60	19,73



ВОЗ не соответствует качество вод в пробах 2–5 [1, 3].

Сложность экологической ситуации, характерной в настоящее время для водохранилища, была подтверждена Е. В. Беспаловой на основе графического анализа таксономического состава сообществ фитопланктона, изученных нами для вегетационных сезонов 2013–2016 годов (рис. 1) [12].

В расположении трендов трансформации сообществ наблюдается хаотичность. Отсутствие общего центра происходит вследствие значительных негативных нагрузок на водоем и свидетельствует о нарушении целостности экосистемы, что и позволило Е. В. Беспаловой [12] подтвердить, что состояние водной экосистемы соответствует экологическому регрессу.

Прогноз трансформации качества вод неблагоприятен, поскольку она сопровождается направленным экологическим регрессом экосистемы водохранилища и подчеркивается интенсивным «цветением» вод. Для Воронежского водохранилища может быть рекомендовано проведение реабилитации вод с помощью экологически безопасного биотехнологического метода альголизаци.

Положительный опыт реабилитации подобных вод методом альголизаци получен более чем на пятистах водоемах России, в том числе это Матырское водохранилище (Липецкая область) и водоем-приемник сточных вод Челябинского металлургического комбината (Челябинская область) [13–15].

Для акватории Воронежского водохранилища была проведена оценка относительного распространения взвесей, температуры воды на основе анализа космических изображений ASTER [5]. Подобные исследования ранее проводились нами для Белгородского и Старооскольского водохранилищ [14].

Композитные изображения на дневных и ночных снимках позволяют оценить распределение гидро- и аэрозолей, а также характер подстилающей поверхности. Композитное изображение RGB321 (рис. 2), рассчитанное для исследуемых водных объектов, применяется также для изучения распространения городской застройки, почв и сельскохозяйственных культур и позволяет оценить границы водных объектов и береговые линии [16, 17].

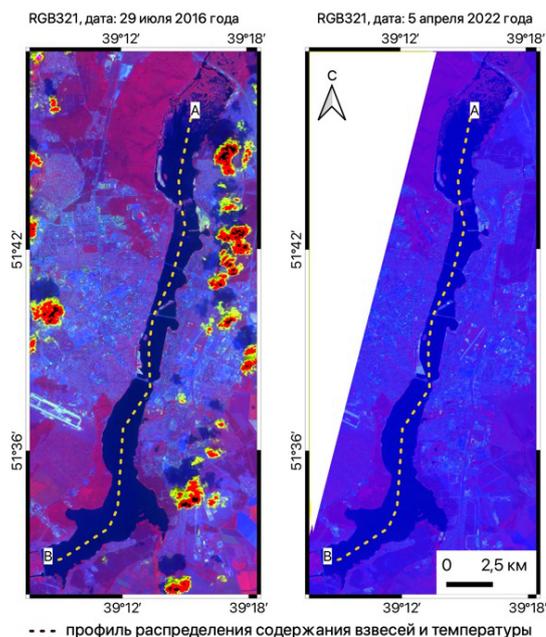


Рис. 2. Композитное изображение ASTER RGB321 для Воронежского водохранилища. Даты съемки 29.07.2016 г. и 05.04.2022 г.: А – начало профиля; В – конец профиля (цвет онлайн)

Анализ композитных изображений спектральных отражений RGB321 для изучаемого водного объекта (см. рис. 2) показывает, что на пространстве, прилегающем к Воронежскому

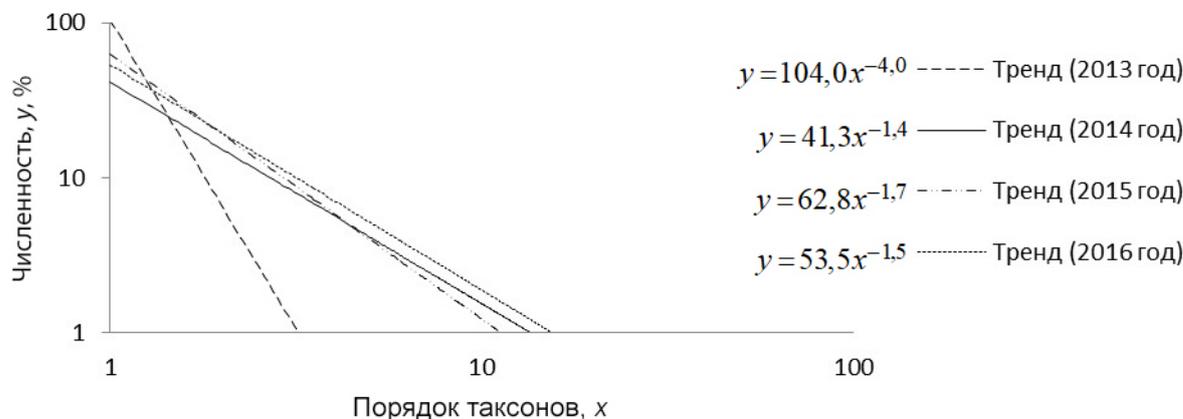


Рис. 1. Трансформация сообществ микроводорослей и цианобактерий Масловского затона (логарифмическая система координат $0,80 < R2 < 0,98$) [12]



водохранилищу, в среднем и нижнем течении доминируют урбанизированные территории, побережья в верховьях водохранилища залесены.

Полученный нами результат носит качественный характер, так, мутность воды вызвана разными причинами, и для получения количественного результата необходимы выполнение многократных наблюдений in-situ и подбор регрессионных коэффициентов [4].

Расчет показателя мутности позволил построить изображения его распределения и профили изменения по течению (рис. 3).

Анализ изображения и профиля распределения мутности на акватории водохранилища показывает, что она распределена неравномерно. В верховьях водохранилища мутность относительно повышена, что в летнее время, вероятно, связано с проявлением плоскостного смыва. По направлению к нижнему участку она постепенно снижается. Возможно, невысокое значение показателя мутности вдоль основной протяженности побережья связано с урбанизированностью территории. Заметная разница в изображениях лета 2016 года и весны 2022 года связана с сезонным «цветением» вод и уменьшением их прозрачности в теплое время года (см. рис. 3).

На основе анализа термальных инфракрасных снимков ASTER акватории установлено распределение температуры на акватории (рис. 4).

Видно, что температура изменяется по акватории незначительно (изображение части водохранилища перед дамбой для снимка 2 июля

2022 года недоступно), резкие пики связаны с наличием мостов и гидротехнических сооружений. Интересно наличие вдоль высокого правого берега полосы более холодных вод (температуры на 1–2°C ниже). Вероятно, это связано с дренированием подземных вод и плоскостным стоком.

Анализ температурных данных 1973–2021 годов [18] показал стабильный рост наибольшей температуры воды на нижнем участке акватории Чернавский мост – плотина. Среднее значение за весь период составляет 27,0°C, наибольшее значение – 30,5°C – отмечалось в 2011 году, а с 2011 по 2021 год температура воды не опускалась ниже 26°C.

Динамика средних за год значений температур по всей акватории водоема показывает их незначительное уменьшение и составляет 14,5°C, что обусловлено морфометрическими характеристиками водоема и переходом через 0,2°C в осенне – зимний период. В июле 2016 года и 2022 года изменение температуры вод наблюдается в диапазоне от 16 до 24°C. Следует отметить, что среднегодовые значения температуры за весь период не опускаются ниже 11,0°C.

Высокие температуры вод в пределах нижнего участка и акватории водоема в целом способствуют началу «цветения» вод в более ранние сроки вегетации и его большей продолжительности. Эти особенности способствуют еще большему ухудшению экологической ситуации в водохранилище.

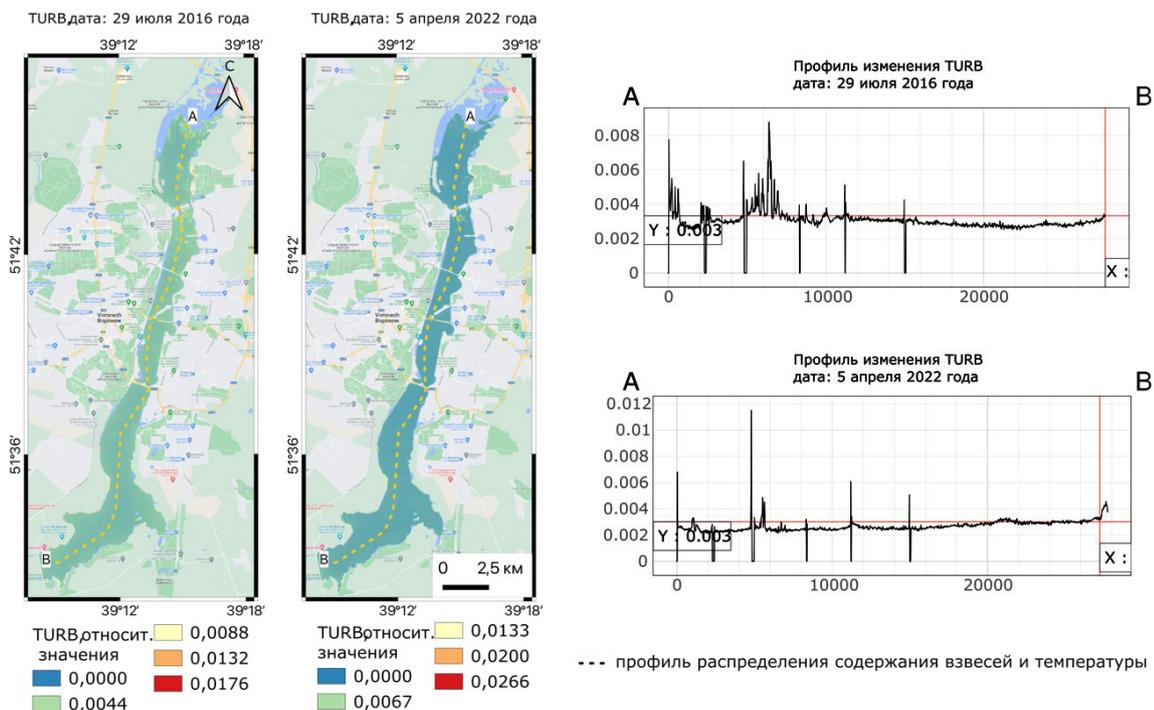


Рис. 3. Распределение показателя мутности на акватории Воронежского водохранилища. Даты съемки 29.07.2016 г. и 05.04.2022 г. (цвет онлайн)

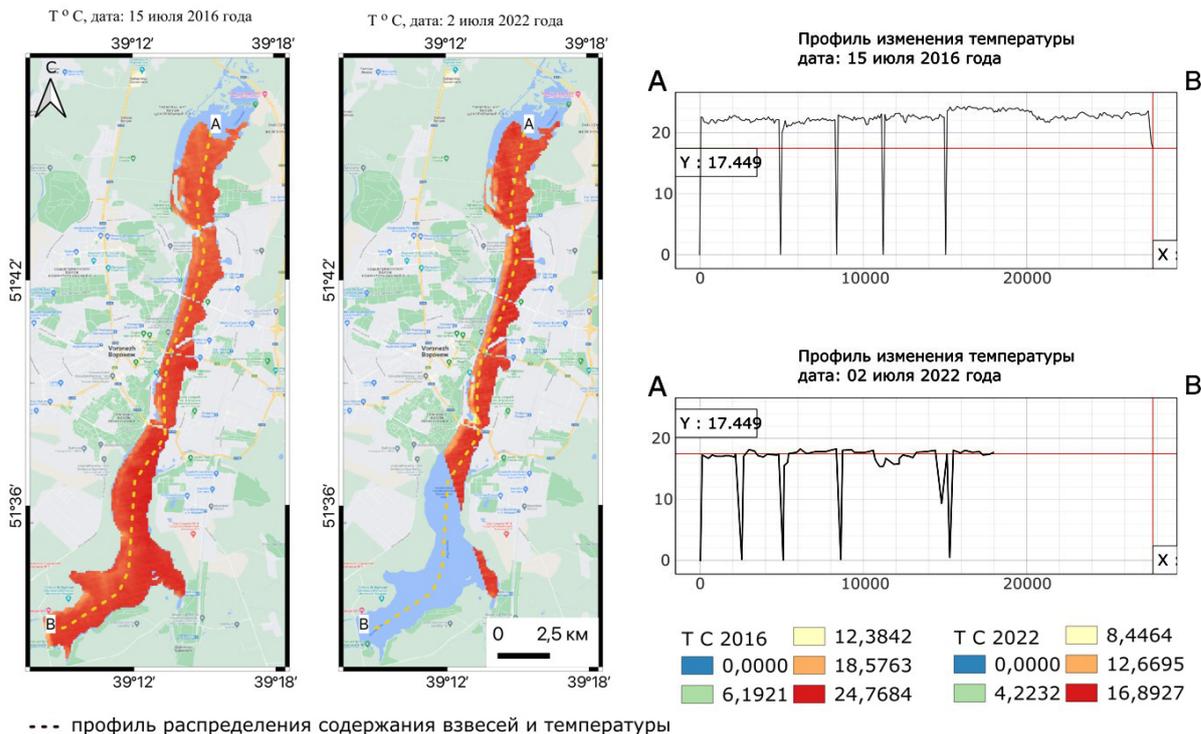


Рис. 4. Распределение температуры, рассчитанной по данным ASTER на акватории Воронежского водохранилища для 15.07.2016 года и 02.07.2022 года (цвет онлайн)

Заключение

В условиях глобальных климатических изменений на фоне высоких летних температур воздуха и воды происходит направленное ухудшение эколого-санитарного качества вод.

В условиях антропогенного (техногенного) воздействия загрязнение Воронежского водохранилища тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими веществами осложнено загрязнением микроцистинами (цианотоксинами) вследствие «цветения» вод цианобактериями. Подобный процесс развития экологической ситуации достоверно прогнозируется на последующие годы. Положительный опыт реабилитации подобных вод методом альголизации может быть рекомендован для Воронежского водохранилища.

Проблема качества вод Воронежского водохранилища, пополняющего неоген-четвертичный водоносный комплекс, который используется для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения населения и предприятий г. Воронежа, стоит чрезвычайно остро. Ее разрешение возможно в первую очередь на основе применения экологически безопасного биотехнологического метода альголизации вод [19–21], а также соблюдения очистки стоков, поступающих в водохранилище.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Библиографический список

1. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодное издание ФГБУ «Гидрохимический институт». Москва. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/ezhegodniki/> (дата обращения: 09.12.2022).
2. Петросян В. С. Химическая безопасность и альголизация водоемов // Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища: материалы Всероссийской конференции. Воронеж : Научная книга, 2012. С. 311–319.
3. Петросян В. С., Анциферова Г. А., Акимов Л. М., Кульнев В. В., Шевырев С. Л., Акимов Е. Л. Оценка и прогноз эколого-санитарного состояния Воронежского водохранилища на 2018–2019 годы // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23, № 7. С. 52–56. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-7-52-56>, EDN: FHVNRR
4. Abdelmalik K. W. Role of statistical remote sensing for Inland water quality parameters prediction // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. 2016. № 21. P. 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.12.002>
5. Шевырев С. Л., Борискина Н. Г., Шевырева М. Ж., Горобейко Е. В. Распаковка и предварительная обработка дистанционной основы формата HDF в PYTHON (на примере данных TERRA ASTER) // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 93–99. <https://doi.org/10.17513/use.37914>, EDN: VTLUDU
6. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Инженерная геология и экологическая экология: теоретико-методологические основы и взаимоотношение. Москва : Издательство Московского университета, 1999. 119 с.



7. Сейдалиев Г. С., Косинова И. И. Геоэкологический мониторинг акватории Воронежского водохранилища // Экология урбанизированных территорий. Москва, 2015. Вып. 3. С. 97–102. EDN: UNXXOV
8. Акимов Л. М., Задорожная Т. Н. Особенности распределения трендов температуры воздуха на европейской территории России и сопредельных государств // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : География. Геоэкология. 2018. № 4. С. 5–14. EDN: YRVSLZ
9. Анциферова Г. А., Кульнев В. В., Шевырев С. Л., Беспалова Е. В., Русова Н. И., Скосарь А. Е. Искусственные водные объекты бассейна реки Воронеж и альгобиотехнология в управлении качеством вод // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 8. С. 50–54. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2018-8-50-54>, EDN: MSUYPK
10. Фрактальный анализ биологической реабилитации водных объектов методом коррекции альгоценоза / А. Н. Насонов, И. В. Цветков, В. В. Кульнев [и др.] // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: материалы международного научного форума: в 3 частях. Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. Ч. 1. С. 165–180. EDN: ZRVKFV
11. Анциферова Г. А. Экологическая ситуация в Масловском затоне летом 2013 года – фрагмент сценария неблагоприятного развития ЭГС Воронежского водохранилища // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: материалы Третьей международной научно-практической конференции. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2013. С. 78–79.
12. Беспалова Е. В. Методика комплексной геоэкологической оценки трансформаций водных экосистем (озер и водохранилищ): автореферат диссертации ... кандидата географических наук. Воронеж, 2018. 28 с.
13. Анциферова Г. А., Русова Н. И., Хотак М. Ю., Кульнев В. В. Альголизация как метод очистки сточных вод металлургического производства (на примере Баландинского технологического пруда г. Челябинск) // Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы VI международной научно-практической конференции: в 3 частях. Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. Ч. 1. С. 436–441. EDN: NDGXBR
14. Анциферова Г. А., Шевырев С. Л., Биломар Е. Е., Галкина Е. С., Кульнев В. В., Хотак М. Ю. Биоиндикация состояния Белгородского и Старооскольского водохранилищ по фитопланктону (Белгородская область, Россия) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 2. С. 89–101. <https://doi.org/10.17308/geo.2022.2/9314>, EDN: IAFYXY
15. Петросян В. С., Шувалова Е. А., Лухтанов В. Т., Кульнев В. В. Предотвращение загрязнения природных водоемов цианотоксинами с помощью микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 // Экология и промышленность России. 2015. № 4. С. 36–41. EDN: ТМІТРВ.
16. Abrams M., Hook S., Ramachandran B. ASTER user handbook. Ver. 2. URL: https://lpdaac.usgs.gov/documents/262/ASTER_User_Handbook_v2.pdf (дата обращения: 20.02.2022).
17. Nematollahi M. J., Alavipanah S. K., Zehtabian Gh. R., Jafari M., Janfaza E., Matinfar H. R. Assessment of ASTER Data for Soils Investigation Using Field // Data and GIS in Damghan Playa. 2012. Vol. 17. P. 241–248. <https://dx.doi.org/10.22059/jdesert.2013.35188>
18. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации. Мировой центр данных. Обнинск. URL: <https://www.meteo.ru/data> (дата обращения: 09.12.2022).
19. Кульнев В. В., Богданов Н. И., Лухтанов В. Т. Биологическая реабилитация водоемов путем структурной перестройки фитопланктонного сообщества // Аквакультура России: вклад молодых: материалы конференции молодых ученых и специалистов. Тюмень : Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства, 2012. С. 51–56. EDN: VXRKTJ
20. Лухтанов В. Т., Кульнев В. В. Биологическая реабилитация водоемов посредством структурной перестройки фитопланктонного сообщества // Труды географического общества Республики Дагестан. 2013. № 41. С. 140–143. EDN: RTLNEF
21. Анциферова Г. А., Кульнев В. В., Шевырев С. Л., Биломар Е. Е., Межова Л. А., Русова Н. И., Хотак М. Ю. Геоэкологическая оценка состояния искусственных водоемов зоны влияния металлургических предприятий // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 4–12. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-4-12>, EDN: IAFYXY

Поступила в редакцию 25.04.2022; одобрена после рецензирования 10.06.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 25.04.2022; approved after reviewing 10.06.2023; accepted for publication 28.07.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 155–160

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 155–160

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-155-160>, EDN: RCNSBM

Научная статья

УДК 502.08



Актуальность декарбонизации деятельности промышленных предприятий на территории Волгоградской области

С. В. Николаенко¹✉, Н. Е. Степанова²

¹ Филиал Уральского района управления сейсмических исследований ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПнефть» в г. Перми, Россия, 400078, г. Волгоград, проспект им. В. И. Ленина, д. 96

² Волгоградский государственный аграрный университет, Россия, 400002, Волгоград, просп. Университетский, д. 26

Николаенко Сергей Викторович, ведущий геофизик отдела интерпретации сейсмических данных, SergeyNikolaenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0004-9609-7624>

Степанова Наталия Егоровна, доцент кафедры землеустройство, кадастры и экология, nat_stepanowa@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0646-4979>

Аннотация. В статье представлен анализ влияния промышленных предприятий Волгоградской области на состояние атмосферного воздуха региона. Показана важность решения проблемы выбросов в атмосферу парниковых газов на международном уровне. Рассмотрен зарубежный опыт в части снижения выброса углекислого газа промышленных предприятий. Предложен способ снижения экологической нагрузки на атмосферный воздух путем декарбонизации, т. е. улавливания и захоронения углекислого газа в глубоких геологических объектах.

Ключевые слова: глобальное потепление, климат, Волгоградская область, углекислый газ, декарбонизация

Для цитирования: Николаенко С. В., Степанова Н. Е. Актуальность декарбонизации деятельности промышленных предприятий на территории Волгоградской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 155–160. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-155-160>, EDN: RCNSBM

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

Article

The importance of decarbonization of industrial enterprises in the Volgograd region

S. V. Nikolaenko¹✉, N. E. Stepanova²

¹ Branch of Ural region of seismic research department LLC LUKOIL-Engineering PermNIPmorneft in the city of Perm, 96 Lenina St., Volgograd 400078, Russia

² Volgograd State Agrarian University, 26 University Ave., Volgograd 400002, Russia

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

Natalia E. Stepanova, nat_stepanowa@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0646-4979>

Abstract. The article presents the influence analysis of industrial enterprises of the Volgograd region on the state of atmospheric air in the region. The importance of solving the problem of greenhouse gas emissions into the atmosphere at the international level has been analyzed. Foreign experience in terms of reducing carbon dioxide emissions of industrial enterprises is considered. A method to reduce the environmental burden on atmospheric air by decarbonization, i.e. carbon capture and storage of CO₂ in deep geological objects is proposed.

Keywords: global warming, climate, Volgograd region, carbon dioxide, decarbonization

For citation: Nikolaenko S. V., Stepanova N. E. The importance of decarbonization of industrial enterprises in the Volgograd region. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 155–160 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-155-160>, EDN: RCNSBM

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

Введение

Глобальные изменения климата во многом связаны с увеличением концентрации углекислого газа в атмосфере и вызываемого им парникового эффекта. По данным Международного энергетического агентства, глобальные выбросы

CO₂ выросли в 2022 году до нового исторического максимума и составили 36,8 Гт CO₂ [1]. Проблема значительного увеличения доли антропогенной эмиссии в атмосферный воздух в настоящее время осознана мировым сообществом. Важность вопроса выброса в атмосферу



парниковых газов обсуждалась на международном уровне в ходе Конференции по климату в Париже в 2015 году, по результатам которой 175 странами – участниками были подписаны Парижские соглашения, регулирующие меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года. Российская Федерация присоединилась к данным договоренностям. В целях реализации соглашения 4 ноября 2020 года был издан указ Президента РФ № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов», а уже в 2021 году был принят Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» (№ 296-ФЗ от 2 июля 2021 года). Кроме того, на уровне Правительства РФ планируется регулирование выбросов крупных предприятий, что закреплено постановлением Председателя Правительства Михаилом Мишустиним (постановление от 14 марта 2022 года № 355). Предполагается, что в будущем максимальный объем выбросов для предприятий будет сокращен до 50 тыс. т углекислого газа в год.

Текущая ситуация с выбросами загрязняющих веществ в Волгоградской области

На территории Волгограда и области расположено значительное количество промышленных предприятий, доля загрязнений от которых составляет 80 % в общем объеме выбросов в атмосферный воздух. Основными эмитентами в регионе являются такие промышленные предприятия, как: АО «Каустик», ООО «Газпром трансгаз Волгоград», АО «РУСАЛ Волгоград», ОАО «Волжский абразивный завод», ООО «ЛУКОЙЛ – Волгограднефтепереработка», ОАО «Серебряковцемент» и др. [2, 3].

Анализ показателей загрязнения окружающей среды Волгоградской области в результате деятельности промышленных предприятий демонстрирует неблагоприятные тенденции (таблица).

Особую настороженность вызывает ситуация с эмиссией оксида углерода, выбросы которого в 2021 году выросли более чем в 4 раза (рис. 1).

Динамика валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (2014–2021 гг.)

Показатель выбросов, тыс. т	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Всего	153,5	159,9	161,4	138	141,5	143,6	174,6	222,5
В том числе: твердые	9,95	10	8,9	8,7	6,6	6,2	7	7,6
газообразные и жидкие	143,6	149,9	152,5	129,3	134,9	137,5	167,5	214,9
диоксид серы	7,2	7,6	12,1	7,4	7,5	8,2	10,3	10,3
оксид углерода	56,7	70,8	54,5	54,3	58,1	17,8	25,7	117,9
оксиды азота	25,4	27,3	26,2	25,4	20,5	54	58,3	26,5
углеводороды (без ЛОС)	28,6	28,1	39	22,7	31,4	39,9	55,4	42,1
ЛОС	22,5	23,1	17,4	17,8	16,3	16,3	16,4	16,4
прочие газообразные вещества	3,1	3,2	3,2	1,6	1,1	1,2	1,5	1,8

Примечание. ЛОС – летучие органические соединения. Сост. по: [1, 2].

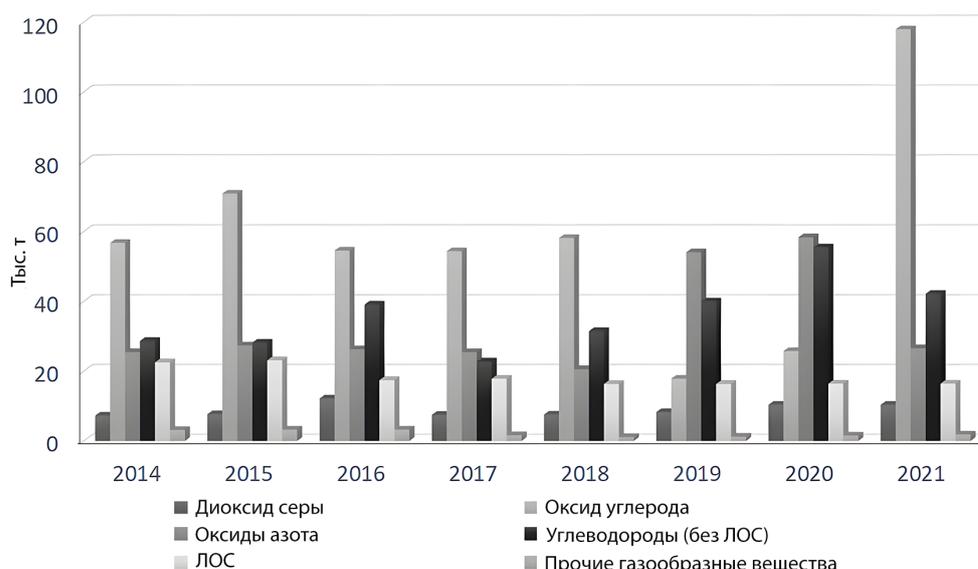


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух



Обобщив данные по валовым выбросам промышленных предприятий Волгоградской области и ежегодно возрастающей динамике поступления оксида углерода в атмосферный воздух, в своей статье мы предлагаем внедрить в производственный процесс промышленных предприятий комплекс мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов, а именно декарбонизацию.

Способы снижения экологической нагрузки

В рамках общей стратегии декарбонизации региона одним из путей снижения экологической нагрузки от деятельности промышленных предприятий в Волгоградской области может стать развиваемая в мире технология улавливания и захоронения/утилизации CO_2 в подземные геологические объекты. По мнению руководителя отдела технологий CCUS (Carbon capture, utilisation and storage – улавливания, использования и хранения углерода) Международного энергетического агентства Саманты МакКаллох, «это фактически единственная группа технологий, которая способствует как прямому сокращению выбросов в важнейших отраслях экономики, так и удалению CO_2 для балансировки выбросов, которых невозможно избежать» [4].

Первоочередной задачей для реализации проектов захоронения CO_2 в подземные резервуары является определение критериев пригодности геологического объекта под закачку. В настоящее время общепризнанных количественных характеристик природных объектов, пригодных под закачку, не существует. Это вызвано как специфичностью условий залегания принимающих пластов (природных резервуаров), так и составом закачиваемого газа (как правило, это смеси CO_2 и сопутствующих газов), а также их взаимодействием. Тем не менее при выборе геологических структур, пригодных для организации подземного захоронения углекислого газа, целесообразно ориентироваться на опыт, полученный при эксплуатации газовых и нефтяных месторождений, а также при создании подземных хранилищ газа [5]. Чаще всего подземные хранилища создаются в пластах с хорошими коллекторскими свойствами. В таких высокопроницаемых пластах закачиваемый газ будет распределяться сравнительно равномерно по всему объему пласта.

Особые требования предъявляются к структуре и размерам ловушки. Для предотвращения вертикальной миграции CO_2 крышка должна быть непроницаемой, а также обеспечивать надежность механизма, который позволяет хранить газ на протяжении длительного времени. Размеры ловушки должны быть достаточно большими для накопления должного объема CO_2 .

Как показывает мировой опыт закачки CO_2 , а также согласно «Методическим рекомендациям по обоснованию выбора участков недр для целей,

не связанных с добычей полезных ископаемых» [6] в качестве потенциальных геологических объектов для закачки газа могут рассматриваться:

- выработанные нефтяные пласты;
- выработанные пласты газовых и газоконденсатных месторождений;
- объекты, связанные с соляными мульдами и кавернами;
- водоносные горизонты.

Геологические объекты в выработанных нефтяных пластах являются потенциальными объектами для закачки CO_2 в том случае, если в процессе эксплуатации будет доказано, что газ может хорошо удерживаться в пластовых условиях. Объем природного резервуара определяется величиной порового пространства, освобожденного нефтью вместе с дополнительным объемом пор, занимаемым подземными водами, подпирающими нефтяную залежь.

На территории Волгоградской области имеется исторический фонд выработанных в XX веке месторождений [7], которые при соответствии определенным условиям могут быть потенциальными объектами для закачки CO_2 (рис. 2).

Геологические объекты в выработанных газовых или газоконденсатных месторождениях аналогично нефтяным обладают изолирующими свойствами (герметичностью) для газа, которые гарантируют его консервацию на долгий период времени. В России работы по поискам объектов, пригодных для закачки газа, и созданию газохранилищ начались с 50-х годов XX века. В соседнем с Волгоградской областью Ставропольском крае в 1979 году были проведены работы по созданию крупнейшего в стране хранилища в истощенном газовом месторождении – Северо-Ставропольском, которое создано на основе одноименного газового месторождения с активным объемом более 43 млрд м^3 .

В качестве природных резервуаров для CO_2 также могут быть использованы соляные каверны (искусственного или природного происхождения) и межсоляные мульды. Эти объекты являются отличными по герметичности резервуарами. Подобный объект на территории Волгоградской области был создан ООО «Газпром ПХГ» и введен в эксплуатацию в 2018 году. В данный момент газохранилище функционирует с максимальной суточной производительностью порядка 10 млн м^3 , оперативный резерв составляет более 135 млн м^3 .

Межсоляные мульды ввиду их ограниченности узкими и высокоамплитудными соляными грядами характеризуются гидрогеологической закрытостью недр. Это обстоятельство и наличие в разрезе пород-коллекторов, а также флюидопоров являются благоприятными факторами для закачки газа.

Геологические объекты, связанные с глубокими водоносными горизонтами, или обводнившиеся в процессе эксплуатации продуктивные

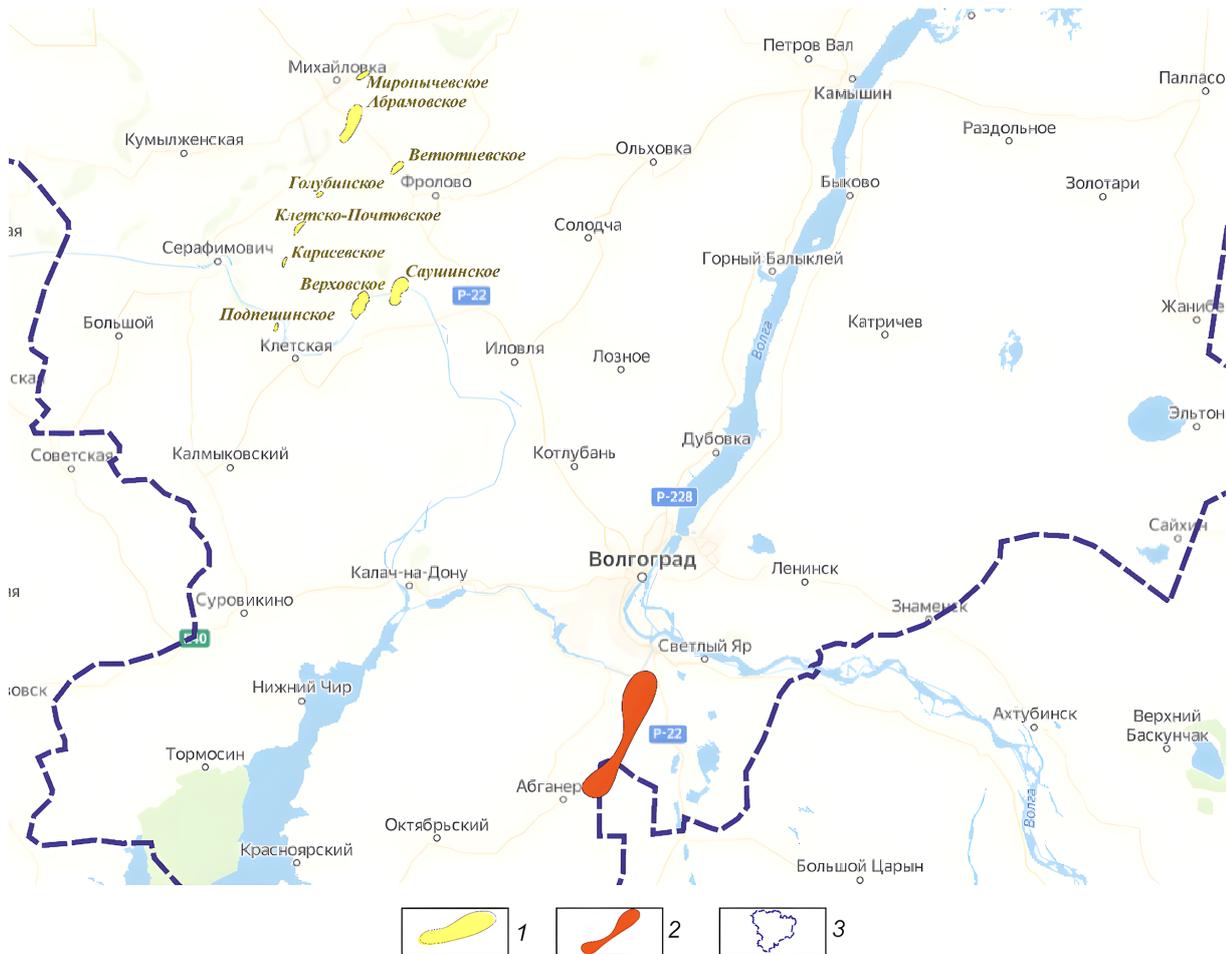


Рис. 2. Схема размещения потенциальных объектов для закачки CO₂: 1 – выработанные месторождения; 2 – межселевая муфта; 3 – административная граница Волгоградской области (цвет онлайн)

пласты (газовые или нефтяные) являются одним из наиболее перспективных вариантов захоронения диоксида углерода, поскольку не используются для нужд населения и народного хозяйства.

В России первое газохранилище в водоносном пласте было создано в 50-х годах XX века в районе г. Калуга. Позднее, в 70-х годах, – Касимовское ПГХ с проектным объемом активного газа более 12 млрд м³, которое является самым крупным хранилищем природного газа в мире, созданным в водоносном пласте.

Различают два основных типа водоносных структур – открытые и закрытые. Закрытые водоносные горизонты имеют естественные экраны, сформированные геологическими складками или литологическими условиями, которые значительно снижают вероятность латеральной миграции и просачивания CO₂ в смежные водоносные горизонты, используемые для питьевого водоснабжения. Это делает их перспективными для устройства хранилищ, но их объем меньше, чем у горизонтов открытого типа. Последние представляют собой протяженные горизонталь-

ные или пологопадающие толщи водоносных пород. Ввиду их открытости CO₂ может перемещаться в латеральном направлении. Но низкая скорость перемещения и большая протяженность горизонтов дают основание предполагать, что площадь распространения газа будет ограничена в пространстве. Уменьшению подвижности CO₂ в обоих случаях может способствовать растворение углекислого газа в остаточной воде, оставшейся в водоносном горизонте, что снижает эффект плавучести, а также реакция CO₂ с вмещающими минералами и последующее образование твердых продуктов их реакции.

Однако к пластам-коллекторам в водоносных горизонтах предъявляются особые требования [8], среди которых:

- насыщенность солеными водами или рассолами (более 35 г/дм³), не используемыми в настоящее время и не планируемыми к использованию для лечебных целей, технического водоснабжения, извлечения ценных компонентов на расстоянии ближе расчет-



ного радиуса гидродинамического влияния системы подземного газа;

- соответствие фильтрационно-емкостных свойств пластов-коллекторов запланированным объемам хранения газа;
- геохимическая совместимость пластовых вод и пород пласта-коллектора при исключении образования нерастворимых осадков и (или) вновь образуемых токсичных соединений в условиях нарушения природного физико-химического равновесия в пластах;
- обеспечение водоупорными отложениями надежной изоляцией продуктивных горизонтов, в том числе горизонтов с пресными водами, исключающих возможность межпластовых вертикальных перетоков подземных вод в процессе создания подземного хранилища газа.

Следует отметить, что, несмотря на высокую перспективность водоносных структур, на текущий момент их использование в качестве ПХГ имеет определенные сложности, среди которых можно выделить следующие:

- недоскональную изученность геологических характеристик водоносных горизонтов, которые требуют высоких денежных и временных затрат на обнаружение геологических характеристик водоносного горизонта и подтверждение его применимости, а также необходимость проведения сейсмических исследований, определения минералогического состава и пористости пласта, выявления емкости самого резервуара;
- разработку сопутствующей инфраструктуры для преобразования природных водоносных структур в эффективные природные хранилища газа, т. е. должна быть проработана и определена соответствующая инфраструктура, которая включает бурение скважин, добывающее оборудование, трубопроводы, обезвоживание и компрессорное оборудование, а также требует применения мощного оборудования для закачки, поддержания достаточного давления для заполнения пласта природным газом;
- экологические ограничения в использовании водоносных горизонтов в качестве хранилища природного газа. Еще в начале 1980-х годов Агентство по охране окружающей среды (EPA) установило определенные правила использования водоносных горизонтов для хранения природного газа.

Заключение

Таким образом, на основе обобщения практического опыта мировых проектов CCUS можно сформулировать следующие требования к геологическим объектам под закачку CO₂:

- коллекторские горизонты должны иметь над собой пласты-флюидоупоры, сложенные

непроницаемыми пластическими или твердыми породами;

- покрывка над выбранным объектом должна быть выдержанной по площади распространения, ее мощность должна составлять не менее 2–6 м при глубине залегания до 600 м и 4–5 м при глубине залегания более 600 м;
- для обеспечения длительного функционирования хранилищ в разрезе должны быть выявлены дополнительные прослои, обладающие герметизирующей способностью;
- в пределах расчетного контура будущего хранилища CO₂ не должно быть тектонических нарушений, являющихся причиной рисков снижения герметичности покрывки резервуара;
- выбранный объект должен находиться вне зоны возможных сейсмических событий, с силой землетрясения более 9 баллов.

Подводя итог, хочется отметить тот факт, что нефтегазовые компании, являющиеся крупными производителями диоксида углерода, имеют уникальные преимущества в крупномасштабном внедрении данных технологий, поскольку обладают наибольшими знаниями о геологическом строении потенциальных хранилищ CO₂. Однако следует отметить, что решение вопросов захоронения углекислого газа в геологические объекты является нетривиальной задачей и требует индивидуального подхода при всестороннем рассмотрении каждого потенциального объекта для закачки, что сопряжено с затратами временных и материальных ресурсов.

Тем не менее мировой опыт свидетельствует о том, что улавливание и захоронение CO₂ являются одной из немногих технологий с доказанной эффективностью и, пожалуй, единственным на сегодняшний момент вариантом декарбонизации в сфере деятельности промышленных предприятий.

Библиографический список

1. CO₂ emissions in 2022 // International Energy Agency. March 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022> (дата обращения: 22.02.2023).
2. Росприроднадзор // Информация об охране атмосферного воздуха (rpn.gov.ru). URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect> (дата обращения: 20.02.2023).
3. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области / Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. Волгоград, 2021. 54 с.
4. Кладбище для CO₂: как устроены технологии улавливания и хранения углерода // Статьи экологии. 2021. 9 ноября (plus-one.ru). URL: <https://plus-one.ru/ecology/2021/11/09/kladbishche-dlya-co2> (дата обращения: 22.02.2023).
5. Переверзева С. А., Коносовский П. К., Тудвачев А. В., Хархордин И. Л. Захоронение промышленных выбросов



углекислого газа в геологические структуры // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. 2014. Вып. 1. С. 5–21.

6. Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых / Федеральное государственное учреждение «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ФГУ «ГКЗ»). Москва, 2007. URL: <https://e-ecolog.ru/docs/2Jr0SL1x81c3mXT2kd2Ma?ysclid=ll4hkuopl220259404> (дата обращения: 22.02.2023).

7. Нефтяные и газовые месторождения СССР: справочник: в двух книгах / под редакцией С. П. Максимова. Кн. первая. Европейская часть СССР. Москва : Недра, 1987. 303 с.

8. Региональный прогноз перспектив реализации проектов CCUS на территории Российской Федерации / Д. А. Новиков, Ф. Ф. Дульцев, И. И. Юрчик [и др.] ; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН. Новосибирск, 2022. Вып. 1. С. 248–255.

Поступила в редакцию 04.05.2023; одобрена после рецензирования 10.07.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 04.05.2023; approved after reviewing 10.07.2023; accepted for publication 28.07.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 161–167

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 161–167

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-161-167>, EDN: XDIKNL

Научная статья

УДК 332.14

Планирование социально-экономического развития регионов России: проблемы полимасштабного сценарирования



Ю. В. Преображенский

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

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

Аннотация. Введение. В последние полтора года региональное развитие столкнулось с новыми вызовами, связанными с ограничениями внешнеэкономических связей, что ставит задачу пересмотра прогнозов социально-экономической динамики в субъектах РФ. Подобная задача может быть решена только при применении дедуктивного подхода – сопряжения сценариев развития на разных таксономических уровнях. **Теоретический анализ.** Поскольку субъект РФ является промежуточным (между макро- и микроуровнем) звеном, развитие региональной системы определяется экзогенными и эндогенными процессами. Большое значение имеют свойства ее устойчивости и эффективности адаптации к меняющимся условиям. Данные свойства во многом связаны со сложностью и разнообразием промышленности региона, а также его воспроизводственными процессами. Это определяет важность полимасштабного сценарирования, а также учет пространственных особенностей регионального развития. **Выводы.** В целом в сценариях экономического развития страны как некой обобщенной суммы развития российских регионов дифференциация последних по каким-то признакам или совсем не выражена, или выражена слабо. Эффективность социально-экономического развития в региональном разрезе во многом будет определяться применением полимасштабного подхода при проработке альтернативных сценариев с учетом пространственной компоненты.

Ключевые слова: планирование регионального развития, стратегическое планирование, уровни пространственного планирования, сценарии регионального развития, полимасштабное сценарирование, реиндустриализация, региональный воспроизводственный процесс

Для цитирования: Преображенский Ю. В. Планирование социально-экономического развития регионов России: проблемы полимасштабного сценарирования // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 161–167. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-161-167>, EDN: XDIKNL

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

Article

Scheming of socio-economic development of Russian regions: Problems of multi-scale scenario planning

Y. V. Preobrazhenskiy

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

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

Abstract. Introduction. Regional development in the last year and a half has faced new challenges related to the limitations of foreign economic relations, which poses the task of revising forecasts of socio-economic dynamics in the subjects of the Russian Federation. Such a task can be solved only by applying a deductive approach: combining development scenarios at different taxonomic levels. **Theoretical analysis.** Since the subject of the Russian Federation is an intermediate (between macro- and micro-level) link, the development of the regional system is determined by exogenous and endogenous processes. Of great importance are the properties of its stability and the effectiveness of adaptation to changing conditions. These properties are largely related to the complexity and diversity of the region's industry, as well as its reproductive processes. This determines the importance of multi-scale scenario planning, as well as taking into account the spatial features of regional development. **Conclusions.** In general, in the scenarios of the economic development of the country as a kind of generalized sum of the development of the Russian regions, the differentiation of the latter by some signs is either not expressed at all, or is poorly expressed. The effectiveness of socio-economic development in the regional context will largely be determined by the use of a multi-scale approach when working out alternative scenarios taking into account the spatial component.

Keywords: regional development planning, strategic planning, spatial planning levels, regional development scenarios, multi-scale scenario planning, reindustrialization, regional reproduction process



For citation: Preobrazhenskiy Y. V. Scheming of socio-economic development of Russian regions: Problems of multi-scale scenario planning. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 161–167 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-161-167>, EDN: XDIKNL

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

Введение

События последнего года вынудили экономистов пересмотреть варианты макроэкономического развития, поскольку усиливающаяся «автаркизация» экономики страны очевидно противоречит более или менее глобально ориентированным сценариям. В общем виде ясно, что процессы ослабления и в отдельных случаях разрыва экономических связей между Россией и большинством евроатлантических стран-импортеров приведут к структурным сдвигам. Подобные сдвиги имеют, как правило, и отраслевое, и определенное пространственное содержание, т. е. возрастет роль одних промышленных центров и районов и снизится других.

Говоря о процессах поляризации в континентальных масштабах, мы обращаемся к дискурсу скорее политологов. В частности, в 90-е годы получила известность (например, среди географов) метафора В. Л. Цымбурского, сопоставившего Россию (русскую цивилизацию, говоря более широко) с островом, то замыкающимся в своей автаркии, то вновь соединяющимся с прочей суши¹. Сейчас, во время усиливающегося цивилизационного антагонизма, первое состояние (остров) снова становится актуальным сравнением.

Однако принцип дедукции в пространственной экономике заставляет спуститься на более низкий иерархический уровень пространства и задать вопросы: каким образом экономическое, технологическое и финансовое обособление на макроуровне повлияет на процессы мезо- и микроуровня? Каким образом трансформируются территориальные системы расселения и хозяйства? Развернет ли внешняя ситуация многолетний тренд социально-экономической поляризации в регионах или еще больше подстегнет его?

Ответы на эти вопросы так или иначе должны будут найти отражение в прогнозном блоке стратегического планирования России. Однако полимасштабный подход к сценарированию в стране реализуется недостаточно конкретно, есть вопросы к его методологии и реализации. В связи с этим основной целью статьи является анализ сценариев социально-экономического развития на разных таксономических уровнях (преимущественно страны и регионов) и их иерархической сопряженности.

Подходы к полимасштабному сценарированию

Анализ литературы показывает, что рамки исследования вариантов социально-экономического развития в разных работах недостаточно хорошо сочетаются между собой, в них часто не прослеживается логика перехода от макроуровня к микроуровню и наоборот.

Как известно, существует два важнейших подхода при анализе всей целостной иерархии пространственных общественных систем – дедуктивный и индуктивный. Первый подход предполагает движение от целого к частному – от странового уровня к локальному. Здесь внимание привлечено к политике федеральной власти и ее воплощению «на местах» (в широком смысле). Второй, индуктивный подход, противоположен дедуктивному: из частных локальных сценариев динамики точек роста и полюсов развития выстраиваются контуры региональной социально-экономической трансформации, а из них, в свою очередь, проступают очертания будущего страны в целом. Однако подробное исследование с использованием данных подходов затруднено в силу применения разных теорий и моделей для каждого таксономического уровня, часто различен сам язык описания происходящих процессов. Кроме того, явно выражен недоучет пространственной компоненты развития.

Как представляется, более высокий таксономический уровень осмысления глобальных экономических трансформаций относится к сфере исследования экономистов, тогда как вопросы надрегионального и регионального уровня – к сфере изучения скорее экономико-географов. Только сочетание подходов и инструментариев этих двух наук позволит взглянуть на ситуацию комплексно и дать адекватный прогноз, учитывающий как экономическую, так и пространственную компоненту. Как раз при переходе от макроуровня на мезо- и микроуровень наблюдается, на наш взгляд, методологический разрыв, связанный с изменением подходов к анализу территориальных образований – от континуального к дискретному. Другими словами, непрерывные, целостные части страны «расщепляются» на отдельные точечные и линейные элементы (населенные пункты, предприятия и инфраструктура), для анализа которых крайне важно их взаимное положение относительно друг друга.

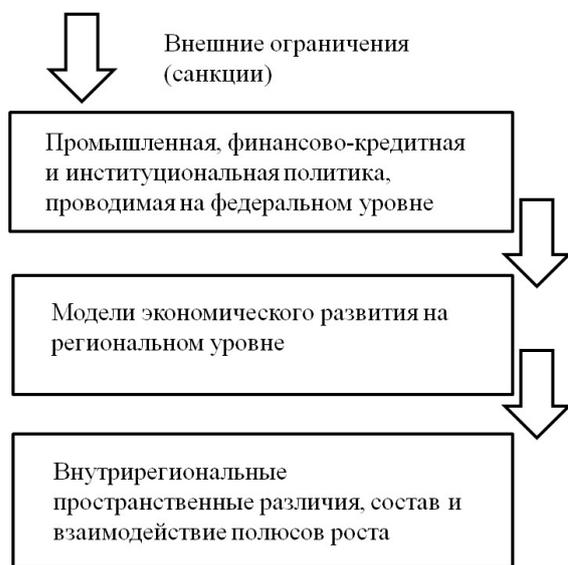
Иными словами, дедуктивное и индуктивное сценарирование оказывается неполным, разрывным

¹«Россия, покидая “территории-проливы”, отходит “к себе”, на “остров”, с предельным восстановлением дистанционности от иных евроазиатских этноцивилизационных платформ» [1, с.22].



и вследствие этого не позволяет в полной мере воспользоваться преимуществами данных подходов.

В настоящих условиях логику дедуктивного подхода в общем виде можно представить следующим образом (рисунок).



Ключевые вопросы социально-экономической динамики на разных уровнях пространственного развития

Вариативность промышленной политики

Разумеется, наиболее существенным экзогенным фактором является ограничение импорта технологий и высокотехнологичной продукции. Его преодоление будет связано с постановкой блока задач на всех уровнях экономического развития. В сценарии важно учесть как дорожную карту (этапы) модернизации, так и конкретные территории, где она будет осуществлена. Необходимо также учесть варианты, при которых страна окажется не в состоянии справиться с данным вызовом, и последствия такой ситуации.

Структурные проблемы, связанные с продолжением инерционных и негативных сценариев развития страны, рассматривают, например, Н. В. Смородинская и Д. Д. Катков, которые отмечают, что «... в экономике запускается механизм структурного упрощения (в отраслевом, технологическом, продуктовом и ином отношении), а затем она переходит к более примитивному

равновесию» [2, с.61]. В региональном измерении данный процесс будет проявляться как снижение (возможно, вплоть до нуля) числа регионов, в которых производится высокотехнологичная (хотя бы по российским меркам) продукция. На наш взгляд, отрасли промышленности в стране можно разделить на четыре группы по их технологической сложности, основанной на отношении к тому или иному технологическому укладу (ТУ) (таблица).

Можно предложить несколько сценариев, в той или иной степени совмещающих представленные отраслевые типы.

В инновационном сценарии производства 6 ТУ становятся основным драйвером «новой индустриализации» на базе модернизации отраслей 3 и 4 ТУ и развития (импортозамещения) производств 5 ТУ (электроники и электротехники). Этот процесс в силу своей сложности, проявления факторов специализации и кооперации затронет большинство регионов страны (хотя производства собственно 6 ТУ будут локализованы в ограниченном числе субъектов РФ (не больше десятка) в силу инфраструктурных ограничений).

Негативный сценарий связан с отказом от отечественного импортозамещения (от догоняющей модернизации по 5 ТУ, развития технологий 6 ТУ, отраслей на их основе), ориентацией на параллельное импортозамещение и деградацией ряда производств 3 и 4 ТУ, существенная часть продукции которых уходила на экспорт. Такая промышленная политика скажется в первую очередь на вторых–третьих городах регионов-субъектов РФ и подстегнет процесс поляризации в отношении крупнейших городов – сервисных центров.

Сценарии (мезо)регионального развития

Отметим, что большинство представленных в корпусе публикаций по этой тематике сценариев во многом не предлагают ничего нового, а являются инвариантами уже пройденного развития. В них также достаточно четко просматривается жесткое разделение на федеральный центр и регионы-субъекты РФ. Определяемые в «Стратегии пространственного развития РФ до 2025 года» [3] макрорегионы и развитие их уникальных (в основном в пределах страны) специализаций и социально-экономического потенциала в целом как возможный ответ на экономические вызовы в оценках не возникают.

Тип отраслей промышленности по степени технологического развития

Тип отрасли	Обобщенное содержание
Передовые	Производства 6 ТУ
Замещающие	Производства 5 ТУ, которые созданы (или создаются) для замены импорта
Несущие	Производства преимущественно 4 ТУ, созданные или прошедшие модернизацию в последние 5–10 лет, в частности, в добывающей промышленности
Базовые	Производства 3 и 4 ТУ, созданные в советский период и не подвергшиеся модернизации



Исследователи осознают ограничения, препятствующие реальному (т. е. выражающемуся в долговременном повышении уровня жизни населения) социально-экономическому региональному развитию, однако во многом по-разному раскрывают их природу. Так, например, Ю. А. Дорошенко с соавторами отмечают, что востребованные в условиях неоиндустриализации креативные компетенции остаются недоступными для ряда регионов [4].

А. В. Котов фиксирует опасность «...продолжающегося размена потенциала сбалансированного пространственного развития на преимущественно инфраструктурное обустройство агломераций и связей между ними, *который...* в долгосрочной перспективе... может привести к ограничениям экономического роста в плане создания условий комплексного пространственного развития страны» [5, с. 142].

Накопленный опыт оценки эффективности реализации принятых в прежние годы стратегий позволяет говорить о крайне недостаточном претворении планов в реальность. Несоответствие между поставленными целями и фактом фиксировалось рядом исследователей. Так, например, А. Н. Клепач с соавторами анализируют результаты реализации принятой в 2008 г. «Концепции долгосрочного социально-экономического развития до 2020 года» [6]. Данный опыт заставляет с большой долей скепсиса относиться к позитивным (в той или иной формулировке) сценариям развития.

Н. Н. Михеева предлагает следующий набор сценариев к оценке перспектив развития российских регионов: консервативный, сценарий развития крупных агломераций и сценарий сбалансированного роста [7]. Все три сценария предполагают поляризацию социально-экономического пространства, вариативны только факторы роста (или сохранения преимуществ) полюсов роста (центров) и, вероятно, их количество. Наиболее оптимистичный сценарий предполагает «... создание центров экономического роста в регионах с различными типами экономики и масштабами производства на основе использования конкурентных преимуществ и факторов развития территорий каждого региона; ... повышение транспортной и информационной связанности территорий, межрегиональную интеграцию» [7, с.86].

Несколько отклоняясь от магистрального курса данного текста, заметим, что экономисты часто достаточно вольно обращаются с демографией и расселением. В целом система собственно расселения (как территориальная общность людей) существенно более инертна, чем территориальная экономическая система, и сложно ожидать, что в пространственном отношении она будет меняться синхронно с последней. Так, сценарий развития крупных агломераций предполагает «изменение системы расселения путем концентрации населения вокруг очагов экономического роста» [7, с.86].

При анализе разнообразных сценарных вариантов очевидным становится практически полное отсутствие пространственного измерения в моделировании, т. е. перебор вариантов развития разных макрорегионов страны. Это же касается и процессов усиления или снижения различий в социально-экономическом развитии регионов (если убрать за скобки дежурные предложения об обязательной конвергенции (сближении уровней) регионально-го развития без уточнения ее движущих сил).

Вместо пространственной группировки (районирования) частей страны экономистами зачастую применяется подход «на основе типизации регионов и выделения среди субъектов Федерации ряда “фокусных” групп, характеризующихся специфической социально-экономической и финансово-бюджетной ситуацией» [8, с. 8].

Примеры использования первого подхода (выделения территориально целостных единиц) существуют, но страдают чрезмерным обобщением. Например, А. В. Котов рассматривает варианты пространственного развития России на уровне макрорегions страны. Он приходит к выводу, что можно сформировать пять основных вариантов перспективной пространственной организации экономического развития (инерционный, конкурентный, локально-диверсифицированный, интенсивное освоение Сибири и Дальнего Востока (сибирская доктрина), активные структурные изменения в экономике старопромышленных федеральных округов (Урал, Сибирь, Поволжье). Из них локально-диверсифицированный сценарий представляется автору наиболее близким к реализации, он «... предусматривает значительное государственное регулирование пространственного развития, направленного на более равномерное распределение экономического роста по территории страны» [7, с. 136]. Сценарии, составленные до 2022 года, ориентированные на опережающее развитие полупериферии и периферии (Урало-Поволжье и Сибирь), по всей видимости, предусматривали дальнейшее экстенсивное и интенсивное развитие природно-ресурсного потенциала в рамках парадигмы наращивания сырьевого экспорта.

Анализ ряда публикаций, посвященных моделированию регионального развития, выдает, на наш взгляд, явное или неявное осознание их авторами ограниченности методологии сценарного прогнозирования, понимание недостаточности «вариативных» факторов развития и в целом жесткие рамки, в которых можно осуществлять прогнозы (см., например, [9]). Такие рамки вытекают из самой практики планирования последних десятилетий, в которой прогнозируемые процессы идут по инертному (в отдельных случаях деструктивному) сценарию, а под оптимальными сценариями не лежит конкретных механизмов их воплощения.



Экзогенные и эндогенные факторы развития региона

Иерархическое территориальное устройство по принципу трех основных уровней административно-территориального деления предопределяет то, что реализация одного из сценариев на более высоком уровне скажется на ключевых трендах развития на более низком уровне. Развитие территориальной социально-экономической системы микроуровня, таким образом, оказывается зависимым от реализуемого сценария федерального и регионального масштаба. При этом одни территориальные социально-экономические системы, имея больше ресурсов для сохранения присущих им воспроизводственных процессов в экономической и социально-демографической сферах, оказываются более устойчивыми, чем те, которые таким преимуществом не обладают.

В рамках управленческого подхода А. Г. Атаева определяет регион как социально-экономическую систему, которая «...занимает промежуточное место в иерархии территориальных социально-экономических систем, что определяет возникновение двухуровневого контура управления. ... В первом случае регион дает “обратную связь” федеральному центру, во втором – получает ее от муниципалитетов, корректируя управленческие решения» [10, с. 94]. Аналогично можно описать регион и с позиции воспроизводственного подхода. С одной стороны, регион является составляющей общественного (как некой совокупности экономического, социально-демографического и культурного) воспроизводственного процесса страны, с другой – сам представляет собой обобщенный результат более частных территориальных социально-экономических систем, сложившихся и функционирующих в его пределах. Вследствие этого и факторы, влияющие на региональный воспроизводственный процесс, имеют как внешнюю, так и внутреннюю направленность.

Большинство описываемых факторов, влияющих на региональный воспроизводственный процесс, имеют экзогенный характер.

Хотя динамика численности населения, как кажется на первый взгляд, определяется внутри региона, все же она во многом связана с экономической и социокультурной ситуацией в стране. Кроме того, механическое движение населения определяется также экономической и политической обстановкой в стране и мире.

Производственный контур по-разному влияет на экономическое развитие регионов. Такое влияние зависит от степени диверсификации региональной экономики, ее положения в цепочке добавленной стоимости. Российские регионы имеют разную степень диверсификации промышленности, что связано как с ресурсной базой, так и общей величиной экономики. Они также в разной степени представлены в цепочках добавленной стоимости. Положение усугубляется внешними ограничениями, существенно или полностью отрезающими промышленность региона

от участия в верхних звеньях производственных цепочек и экспорта готовой продукции (яркий пример Самарская область и те проблемы, которые возникли у одного из ее промышленных гигантов – АвтоВАЗа). Тем не менее внутренний ресурс для развития промышленности в регионах существует и связан с организационными инновациями, повышением эффективности деятельности институциональной инфраструктуры, а также с усилением межрегиональных связей в пределах макрорегиона.

Еще в меньшей (практически никакой) степени регион способен влиять на изменения в финансово-кредитной и фискальной политике. Принципы финансовых отношений Москвы и регионов, складывавшиеся в течение длительного времени, привели, во-первых, к ослаблению местных (региональных) рычагов экономического воздействия, а во-вторых, к отсутствию стимула у региональных властей для модернизации на ответственных направлениях.

Исходя из вышесказанного, закономерен интерес ряда исследователей к изучению комплексной региональной системы и совокупности ее «...адаптивных свойств, самоорганизационных и саморегулятивных механизмов, заложенных в региональной системе и обеспечивающих ее своевременную ... реакцию на любые внешние и внутренние изменения в той мере, которая достаточна для реализации ее целей и интересов, поддержания преемственности и поступательности развития» [11, с. 97].

Интересно отметить при этом, что исследователей привлекает устойчивость именно к внешним флуктуациям. Как правило, в русле прогнозов социально-экономического развития Минэкономразвития сценарии коррелируют с ценой на энергоносители на мировых рынках. Более сложный подход, балансирующий влияние внешних и внутренних факторов, условий и свойств региональной системы, можно увидеть, например, в монографии Е. Н. Салимоненко с соавторами. Они рассматривают четыре варианта регионального развития с позиции приспособления к изменяющимся условиям (устойчивая, деструктивная дезадаптация, консервативная адаптация и реадаптация) на основе следующих свойств региональных систем: связь региональной экономической динамики с национальной, внутрирегиональная производственная связность, отраслевые сдвиги, способность промышленного комплекса отраслей региона приспособиться к изменяющимся условиям [12].

Подобный однонаправленный (дедуктивный) анализ (как внешние изменения влияют на регион) преобладает на макроуровне прогнозов. Безусловно логично, что он должен дополняться и анализом того, как регион влияет на соседние (или связанные в экономическом отношении) регионы и на развитие страны в целом. На этом уровне основным механизмом выступает анализ пространственной



корреляции по выбранному показателю в региональном разрезе. Однако недостатком данного подхода является его малая эвристическая ценность, поскольку он не позволяет выявить источник наблюдаемой связи межрегионального влияния.

На более низком уровне объектом прогноза выступают территориальные общественные системы соответствующего уровня (прежде всего, группы муниципальных образований и города разной людности). Здесь сценарии развития региона зависят от тех территориальных и отраслевых комбинаций, которые потенциально способны сложиться в пределах региона. На данном уровне интерес представляют теории кумулятивного роста, т. е. связанные с переносом положительных эффектов развития на сопредельные территориальные образования (см., например, [13, 14]). Критики могут возразить на это, что экономическая история России последних десятилетий бедна на проявление такого рода эффектов, и выразят сомнения в адекватности обращения к такого рода теориям. На это можно заметить, что в указанный период макроэкономические ограничения не позволяли проявляться процессам системной территориальной самоорганизации.

На необходимость четкой артикуляции полимасштабного подхода в государственной пространственной политике на уровне макрорегионов, регионов и муниципальных образований справедливо указывает О. В. Кузнецова [15]. Аналогичной позиции придерживается и Т. Н. Тополева, которая полагает, что «в обозримом будущем предстоит разработка новой Стратегии пространственного развития России, в которой необходимо усилить макрорегиональную, региональную и муниципальную направленность в части четкого определения полномочий и финансовых возможностей соответствующих уровней управляющей системы» [16, с. 2650].

Выводы

Эффективность регионального развития связана с полимасштабным подходом к реализации мер социально-экономического развития. Особенно здесь важна активация планирования на микрорегиональном и макрорегиональном уровнях. Именно через них возможен переход от дискретного измерения (административные столицы – федеральный центр) к континуальному (сложные пространственные экономические структуры). Увязка планирования развития на разных таксономических уровнях потребует разного инструментария их стимулирования, содержательного наполнения смысловым, инновационным и экономическим дискурсом.

При будущем сценариировании важно рассматривать пространственные альтернативы инновационного (оптимистического) варианта. При этом неоднородность в совокупности факторов развития на разных таксономических уровнях скорее

всего приведет к существенным различиям регионального развития. Как ни парадоксально, именно подобные диспропорции, фиксируемые на разных масштабах, будут являться признаком и источником формирования новых элементов социально-экономического взаимодействия в трансформирующейся стране.

Библиографический список

1. *Цымбурский В. Л.* Остров Россия (Перспективы российской геополитики) // Политические исследования. 1993. № 5. С. 6–53. EDN: EQVQFZ
2. *Сморodinская Н. В., Катуков Д. Д.* Россия в условиях санкций: пределы адаптации // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2022. № 6. С. 52–67. https://doi.org/10.52180/2073-6487_2022_6_52_67, EDN: UJYCYG
3. Стратегия пространственного развития РФ на период до 2025 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAlqUrT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 10.05.2023).
4. *Дорошенко Ю. А., Старикова М. С., Ряпухина В. Н.* Выявление моделей индустриально-инновационного развития региональных экономических систем // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 1. С. 78–91. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-6>, EDN: UMTONS
5. *Котов А. В.* Варианты пространственного развития России в контексте межрегиональных взаимодействий // Проблемы прогнозирования. 2021. № 3. С. 135–144. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-186-135-144>, EDN: ZPUSEW
6. *Клепач А. Н., Водоватов Л. Б., Дмитриева Е. А.* Российская наука и технологии: взлет или прогрессирующее отставание (Ч. I) // Проблемы прогнозирования. 2022. № 6. С. 76–93. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-195-76-93>, EDN: TWXHAS
7. *Михеева Н. Н.* Сценарный подход к оценке перспектив развития российских регионов // Мир новой экономики. 2022. Т. 16, № 1. С. 81–91. <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2022-16-1-81-91>, EDN: HVMSSC
8. *Иванов О. Б., Бухвальд Е. М.* Стратегия пространственного развития: новые подвиги и старые проблемы // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2022. № 5. С. 7–26. <https://doi.org/10.24412/2071-6435-2022-5-7-26>, EDN: QZVYVB
9. *Тисунова В. Н., Грузинова Л. А.* Сценарии социально-экономического развития региона // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2022. № 9. С. 162–167. EDN: BRCANW
10. *Атаева А. Г.* Проблемы разработки методологии стратегического планирования для региональных социально-экономических систем // Управление. 2019. № 4. С. 90–99. <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2019-4-90-99>, EDN: BNEUWC
11. *Горочная В. В., Дружинин А. Г.* Индикация экономической безопасности приграничного региона в условиях геоэкономической турбулентности (на примере Ростовской области) // Государственное и муниципальное управление. 2019. № 1. С. 96–106. <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2019-1-1-96-106>, EDN: PVMМHC



12. Салимоненко Е. Н., Данилова И. В., Карпушкина А. В., Резепин А. В. Развитие экономики открытых моноспециализированных регионов: территориально ориентированный подход. Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2022. 194 с. EDN: XBXUYZ
13. Преображенский Ю. В. Пространственные аспекты в «Стратегии социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года» // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 227–231. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-4-227-231>, EDN: ZWQAAB
14. Казаков М. Ю. Гравитационное взаимодействие центра и периферии аграрно-индустриального региона: диагностика пространственно-экономического дрейфа территорий // Регионология. 2019. Т. 27, № 1. С. 30–57. <https://doi.org/10.15507/2413-1407.106.027.201901.030-057>, EDN: YZUBMT
15. Кузнецова О. В. Развитие муниципальной проблематики в государственной пространственной политике России // Региональные исследования. 2022. № 2. С. 16–24. <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2022-2-2>, EDN: MAFVDK
16. Тополева Т. Н. Приоритеты политики пространственного развития России в условиях новых вызовов: региональный аспект // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12, № 10. С. 2641–2654. <https://doi.org/10.18334/epp.12.10.116413>, EDN: DJUIYH

Поступила в редакцию 10.07.2023; одобрена после рецензирования 25.07.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 10.07.2023; approved after reviewing 25.07.2023; accepted for publication 28.07.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 168–175

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 168–175

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-168-175>, EDN: WSJJGM

Научная статья

УДК 911.9:911.8:911.37

Дифференциация плотности населения в пределах крупного города для выявления уровня антропогенной нагрузки (на примере Белгорода)



П. И. Разенков[✉], А. Г. Корнилов

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85

Разенков Павел Игоревич, аспирант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности, rozenkov.pavel@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7803-1227>

Корнилов Андрей Геннадьевич, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности, kornilov@bsu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9189-8965>

Аннотация. Основная задача данной статьи – показать отличия и неоднородность плотности населения в пределах селитебной зоны города Белгорода. Для выполнения поставленной задачи была разработана методика определения плотности населения в частном секторе и кварталах многоэтажной застройки. Предложен методический подход, позволяющий учитывать разнородность селитебной территории – частный сектор и высотную застройку. Наличие статистической информации о количестве прописанных жильцов многоквартирных домов и средний размер домохозяйства позволило выполнить задание с высоким процентом точности. Результаты данного исследования не учитывают миграцию, временно прописанных жителей, иногородних студентов и т. п. Численность населения города, определенная в ходе исследования, составила 333 692 человека, что меньше результата переписи населения 2020 года (339 978 человек), точность исследования составляет 98,15%. Видимо, данная неточность связана с недостатком (или несвоевременным обновлением) статистической информации по новостройкам. В результате картографирования обработанных данных построены карты плотности населения и его распределения.

Ключевые слова: плотность населения, антропогенная нагрузка, селитебная зона, многоэтажная застройка, частный сектор

Для цитирования: Разенков П. И., Корнилов А. Г. Дифференциация плотности населения в пределах крупного города для выявления уровня антропогенной нагрузки (на примере Белгорода) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 168–175. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-168-175>, EDN: WSJJGM

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

Article

Differentiation of population density within a large city to identify the level of anthropogenic load (on the example of Belgorod)

P. I. Razenkov[✉], A. G. Kornilov

Belgorod State University, 85 Pobedy St., Belgorod 308015, Russia

Pavel I. Razenkov, rozenkov.pavel@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7803-1227>

Andrey G. Kornilov, kornilov@bsu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9189-8965>

Abstract. Residential areas occupy a special place in the planning structure of the city. The building density and the number of floors of houses have an impact on the architectural appearance of the city and the concentration of the population. However, the high population density indicates a significant pressure on the natural framework. The main objective of this article is to show the differences and heterogeneity of population density within the residential area of the city of Belgorod. To accomplish this task, a methodology for determining the population density in the private sector and blocks of high-rise buildings was developed. Using statistical data, the population of all apartment buildings is plotted on the map of the city, then, the city is divided into polygons that make up the residential area. The article proposes a methodological approach that allows taking into account the heterogeneity of the residential area – the private sector and high-rise buildings. The availability of statistical information on the number of registered residents of apartment buildings and the average size of a household made it possible to complete the task with a high percentage of accuracy. The results of this study do not take into account the migration of temporarily registered residents, students from other cities, etc. The population of the city, determined during the study, was 333,692 people, which is less than the result of the 2020 census (339,978 people); the accuracy of the study is 98.15%. More likely, this inaccuracy is due to the lack (or untimely updating) of the statistical information on new buildings. As a result, maps of population density and population distribution were constructed. The city is divided into areas that stand out due to the heterogeneity of the urban environment and the dominant mode of settlement. Through the analysis of the cartographic material, the features of the concentration and resettlement of the population were revealed. The approximate number of the population of the private sector and the main areas of settlement has been calculated.

Keywords: population density, anthropogenic load, residential area, high-rise buildings, private sector



For citation: Razenkov P. I., Kornilov A. G. Differentiation of population density within a large city to identify the level of anthropogenic load (on the example of Belgorod). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 168–175 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-168-175>, EDN: WSJGM

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

Введение

Распределение населения на определенной территории можно представить в качестве картографической модели. Однако чем мельче масштаб, тем менее точной получается карта, и чем крупнее масштаб, тем сложнее найти необходимую статистическую информацию для ее составления [1]. Когда мы говорим о плотности населения, сразу представляется классическая формула (численность населения/площадь региона), в итоге получаем цифру (чел./км²). Поскольку уровень урбанизации в России 74,8%, просто делить общую численность населения на площадь будет некорректно [2].

При вычленении городского населения мы получим совершенно другую картину. Распределение населения за вычетом городов можно считать более справедливым. Однако за пределами города люди проживают в населенных пунктах и не расселяются по всей территории сельсовета. Плотность сельского населения отражают в единицах человек на квадратный километр для упрощения восприятия карты и создания примерной картины расселения, иначе карта представляла бы собой пустынные территории, за исключением множества точек, отражающих населенные пункты. В сельских поселениях жилой фонд в основном представлен одноэтажными частными домами, и значительных перепадов плотности населения наблюдать не приходится. В то же время в пределах городского округа можно встретить одноэтажный пригород, многоэтажные спальные районы, плотно застроенный центр и пространства, не заселенные горожанами. Внутригородские различия плотности населения имеют значение при планировании социальной политики, прогнозировании дальнейшего развития городского округа и выявлении потенциальных инфраструктурных проблем [3, 4].

Взаимосвязь плотности населения и экономической устойчивости региона в своих трудах рассматривала В. В. Жукова [5]. В региональном разрезе данная проблема раскрывается в статье «Географическая экспертиза плотности населения Российской Федерации» [6]. Пример расчета плотности населения в пределах городской территории показан в работах [7, 8]. Среди иностранных ученых, развивающих данное направление, стоит отметить М. R. Sandro, P. Suresh, C. Rao, V. U. Satish, которые занимаются изучением пространственных особенностей размещения населения и неравномерности роста городов [9]. Тем не менее в вышеперечисленных работах не исследуется вся селитебная территория города.

В данной статье описывается методика определения плотности населения во всех селитебных зонах города.

Материал и методика исследования

Объектом исследования является город Белгород. Предмет исследования – плотность населения в его селитебных зонах. Цель статьи – дифференциация городского пространства по плотности населения. Задачи исследования: используя статистические данные и ГИС-технологии, составить карту плотности населения в г. Белгороде, описать методику определения плотности населения в определенной части города, определить закономерности распределения населения.

В первую очередь необходимо разделить селитебную территорию на 2 части – многоквартирную застройку и частный сектор. Это необходимо сделать из-за разных методик расчета численности населения. По численности населения в многоквартирных домах мы имеем статистическую информацию. Определяя численность населения в частном секторе, будем исходить из размера среднестатистического домохозяйства, которое составляет в городах Белгородской области 2,7. Относительно частного сектора нужно посчитать количество домов на конкретном участке территории и умножить получившийся показатель на средний размер домохозяйства. Используя статистические данные и данные дистанционного зондирования для уточнения информации, можно определить примерную численность населения на взятой территории.

На основе данных ЖКХ о численности населения в многоквартирных домах мы можем точно нанести на карту каждый многоквартирный жилой дом. После нахождения всех домов используем метод полигонов, чтобы обвести интересующие микрорайоны или селитебные зоны. При подсчете суммы жильцов внутри каждого полигона можно рассчитать плотность населения, разделив его численность на площадь полигона, которую можно высчитать, основываясь на функциональных возможностях программы Q-ГИС.

Полученные результаты и их обсуждение

В г. Белгороде значительная часть селитебной зоны занимает частный сектор. В процессе картографирования города были выявлены некоторые особенности расположения частного сектора и многоэтажной застройки [10].

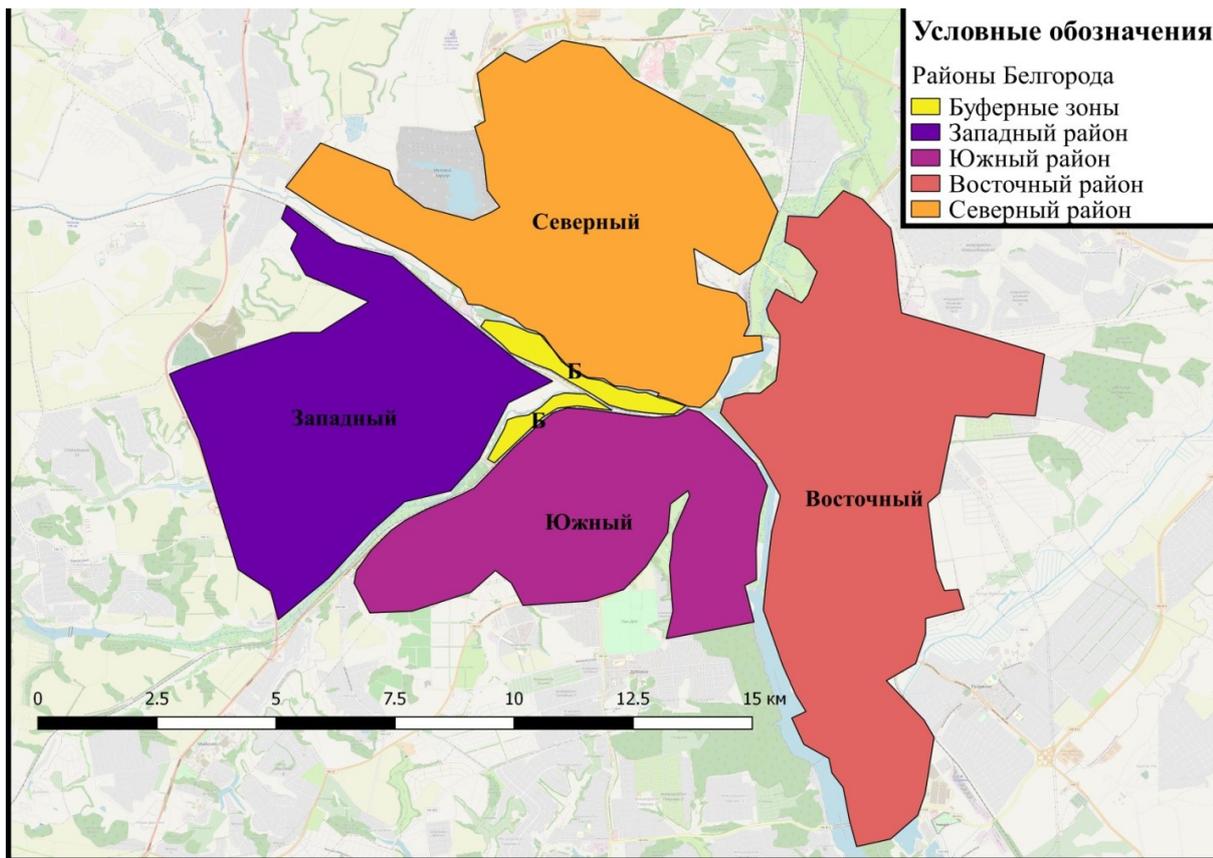


Рис. 1. Районирование г. Белгорода по особенностям расселения населения (цвет онлайн)

При исследовании городского пространства необходимо ориентироваться в составляющих его частях. Классическое деление Белгорода на западную и восточную части не совсем подходит для решения этой задачи, поэтому в статье представлена карта (рис. 1), которая разделяет город на зоны, четко выделяющиеся в силу неоднородности городской среды и доминирующего способа расселения. При этом для удобства обсуждения результатов выделенным ареалам присвоены названия, соответствующие их расположению относительно друг друга по частям света.

В дальнейшем упоминание частей города отсылает к данной карте. Зонирование города учитывает природный разделяющий фактор (реки) и антропогенный (железная дорога). Такое разделение города обращает внимание на неоднородность городской среды и доминирующий способ расселения (частный сектор и многоквартирные микрорайоны) [11].

Селитебная зона в г. Белгороде имеет несколько особенностей, характерных для некоторых его районов:

- 1) в городе встречаются территории частного сектора с вкраплениями многоэтажных домов. Чем больше число подобных вкрап-

лений, тем выше будет плотность населения в данной части города;

- 2) смешанная застройка – частный сектор и многоэтажные дома не просто соседствуют, а чередуются. Внутри некоторых многоэтажных кварталов встречаются частные дома. Данная особенность больше характерна для исторического центра города (Северный район);
- 3) на территории западной и восточной части города реже встречаются вкрапления многоэтажных домов в частный сектор;
- 4) для селитебной территории Восточного района характерна высокая расчлененность. Отсутствует монолитность застройки.

Селитебные территории в Белгороде соседствуют с промышленными зонами, рекреационными территориями и т. д., поэтому карта не охватывает все пространство города, а концентрируется лишь на местах проживания населения. Таким образом, мы не распределяем население равномерно, а концентрируем, чтобы получить более объективный результат.

Население постоянно перемещается внутри города, поэтому невозможно определить точную его плотность в определенном районе города в конкретный момент. В то же время человек всегда привязан к своему жилищу и старает-



ся удовлетворять свои потребности посредством минимальных затрат [12].

Размещение объектов сферы услуг в шаговой доступности – необходимая составляющая конкурентной экономики. Чем ближе место оказания услуг к потенциальному потребителю, тем выше конкурентное преимущество данного объекта. Как следствие, чем выше концентрация населения, тем выше будут уровень инвестиций и плотность объектов оказания услуг [13].

Услуги, предоставляемые предпринимателями, притягиваются высокой концентрацией населения. Однако возможность оказания экосистемных услуг ограничена планировочной структурой города. На плотнозастроенной территории, где каждый метр на счету, возможности осуществления экосистемных услуг сильно ограничены. Одна из задач планирования городского пространства – комфортное проживание граждан. Тем не менее при отсутствии зеленой инфраструктуры данная задача не может быть выполнена [14].

Высокая плотность организаций, оказывающих разного рода услуги, делает данную территорию привлекательной для проживания, что замечают застройщики. Строительные компании желают получить максимальную прибыль, для этого необходимо строить дома в районах,

где жилье будет пользоваться спросом. Данные обстоятельства создают условия, при которых застройщики пытаются расположить как можно больше зданий на ограниченной территории. В подобных ситуациях строительство должны регулировать власти города. Застройщик должен предоставить проект, включающий оказание разного рода услуг будущим жильцам, в том числе экосистемных [15].

Картографический материал составлен на основании данных жилищного фонда Белгорода, использовались несколько интернет-источников [16–20]. Селитебная зона города, которую нельзя назвать единой или монолитной, изображена на рис. 2. В основном она представляет собой разрозненные полигоны, разбросанные по карте. Однако попытки объединить их в единое пространство на карте повлекли бы за собой вовлечение пустот в расчеты, вследствие чего результат плотности населения был бы искажен. Наибольшая расчлененность наблюдается в западной и восточной частях города, поскольку западная часть – слабо освоенная территория. На территории восточной части города располагается крупная промышленная зона, разделяющая заселенные пространства.

Цветовая палитра, отражающая плотность населения (см. рис. 2), также показывает уро-

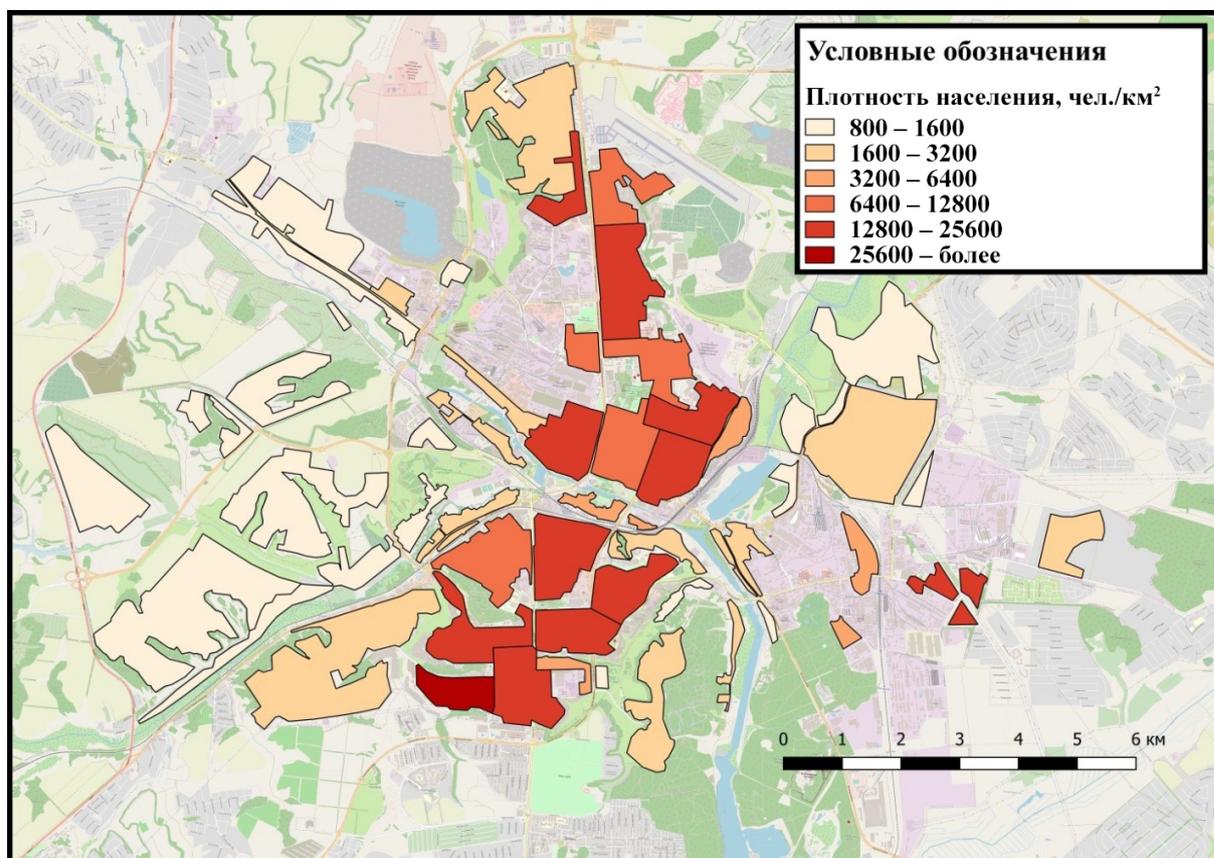


Рис. 2. Плотность населения на территории селитебных зон г. Белгорода (цвет онлайн)



вень антропогенной нагрузки. Чем выше плотность населения, тем больше этажность зданий и плотность застройки. При этом высокая численность населения – повышенный автомобильный трафик и необходимость в обслуживающей автомобильной инфраструктуре.

В западной части города в основном располагаются частные дома с небольшими вкраплениями многоквартирных домов, как следствие, район характеризуется низкой плотностью населения. В то же время на территории района в период 2015–2022 гг. стали появляться новостройки, некоторые еще не заселены. Поэтому можно прогнозировать рост плотности населения в будущем.

Восточная часть города заселена больше западной, поскольку при возведении промышленных предприятий создавали жилье для строителей. Впоследствии заселенные дома оказались в сердцевине промышленной зоны. В 2000–2020 гг. также велось активное строительство многоквартирных домов. Это можно объяснить ростом стоимости земли в центре города. Желание застройщиков сэкономить на стоимости земли, а также свободное пространство окраины города привели к строительству нескольких жилых комплексов, которые в юго-восточной части карты выделяются высокой плотностью населения. Однако главный недостаток новостроек – обособленное расположение [21].

Северная и южная части города разделены природной преградой – рекой Везелка – и антропогенной – железной дорогой. Вследствие наличия этих преград образовалось незаселенное пространство в центре карты. На территории между рекой и железной дорогой расположена небольшая по площади селитебная зона, в основном представленная частными домами с вкраплением многоэтажных домов. Это пространство разделяет самые густонаселенные части города – северную и южную.

Большинство жилых зданий северной части города возводилось в период 1950–1980 гг. Несмотря на то что в период 1980–2020 гг. также велось строительство зданий, львиную долю занимают старые 5-этажные дома. Большая часть зданий муниципального и областного управления расположена в этой части города, а также офисные здания и коммерческая недвижимость. По данной причине снижается плотность населения. Тесное соседство жилых и нежилых зданий не позволяет убрать эти объекты из очерченных полигонов. Но в этом и нет необходимости, поскольку данные объекты оказывают разные услуги, следовательно, активно взаимодействуют с населением. Крупная промышленная зона, с запада соседствующая с селитебной зоной, создает пустое пространство на карте и придает вытянутые очертания заселенной территории [22].

Южная часть города является наиболее густозаселенной относительно других его частей.

Поскольку застройка данной территории началась позднее, чем северной части города, здесь, хотя и велика доля 5-этажных домов, значительное место занимают 9-этажные дома. Основным периодом застройки этой части города – 1980–2010 гг. Часть города на юго-западной окраине с самой высокой плотностью населения (27844 чел./км²) застраивалась в период 2000–2020 гг. Данный район города можно назвать самым молодым как по дате постройки, так и по половозрастной структуре.

Для определения самого многочисленного района города проведен подсчет численности населения на территории полигонов с самой высокой плотностью населения, т. е. 6400–12800, 12800–25600, 25600 чел./км² и более. В результате на территории 9 полигонов севера города (8,6 км²) проживает примерно 116348 человек, на территории 7 полигонов юга города (7,61 км²) – 151453 человека. Таким образом, самым крупным по населению оказался южный район.

Имеющиеся цифры нельзя назвать абсолютными, поскольку статистическая информация о численности жильцов определенного дома обновляется не регулярно, в определенных случаях отсутствует статистика по домам, построенным в 2018 г. Однако имеющиеся данные в значительной степени приближены к реальным. По итогам Всероссийской переписи населения 2020 г., численность населения в Белгороде составляет 339978 человек. Суммируя численность населения всех полигонов, оцифрованных в ходе исследования, получилась, что численность городского населения составляет 333692 человека. Это расчетное значение составляет 98,15% от результата переписи. Сложно с точностью сказать, как должны распределяться недостающие 6286 человек. Однако с высокой долей вероятности можно сказать, что это многоквартирные дома периода постройки 2010–2020 гг., поскольку по новостройкам 2018, 2019 и 2020 гг. не всегда можно найти информацию о числе жителей.

Многоквартирные районы концентрируют население, инвестиции, социальные блага и, достигая определенного уровня развития, начинают проецировать развитие на соседние территории [23]. Частный сектор не привлекает такого объема инвестиций, поэтому его можно назвать менее развитой территорией. Чем выше будет уровень конкуренции в густонаселенной части города, тем быстрее инвесторы обратят внимание на частный сектор. Зная численность населения густонаселенных районов города, мы можем вычислить население частного сектора с низкой плотностью населения [24, 25].

Если из общего числа жителей вычесть население густонаселенной части города, мы получим население периферийного частного сектора



333692 – (151453 + 116348) = 65891 человек. Если из полученной цифры вычесть численность населения многоквартирных районов в западной и восточной частях города, получим 65891 – 15980 = 49911 человек. Эта цифра является лишь результатом исследования и имеет погрешность, однако мы получаем представление о приблизительных размерах численности населения периферии. В итоге суммарная численность населения полигонов с низкой плотностью населения (800–6400 чел./км²), составляет 65891 – 9011 = 56880 человек. Мы вычли 9011, поскольку это население живет в новом многоэтажном восточном районе. Суммарная площадь данных полигонов составляет 30,04 км². Соответственно

средняя плотность населения в периферии города составляет 1893,5 чел./км².

При рассмотрении таблицы сложно не заметить, что подавляющее большинство населения размещено на территории с плотностью 12800–25600 чел./км². Этот ранг не лидирует по показателю суммарной площади, однако по численности населения превосходит сумму населения в полигонах с другой плотностью населения.

Исходную карту «Плотность населения на территории селитебных зон Белгорода», отображенную на рис. 2, в дальнейшем можно трансформировать в карту «Размещение населения в городе Белгороде», представленную на рис. 3. При внешнем сходстве с рис. 2 она

Размер селитебных зон по рангу плотности населения

Плотность населения, чел./км ²	Суммарная площадь, км ²	Численность населения
800–1600	14,96	20106
1600–3200	13,62	29508
3200–6400	1,46	7266
6400–12800	4,73	43862
12800–25600	11,3	213737
25600 и более	0,69	19213
Суммарно	46,76	333692

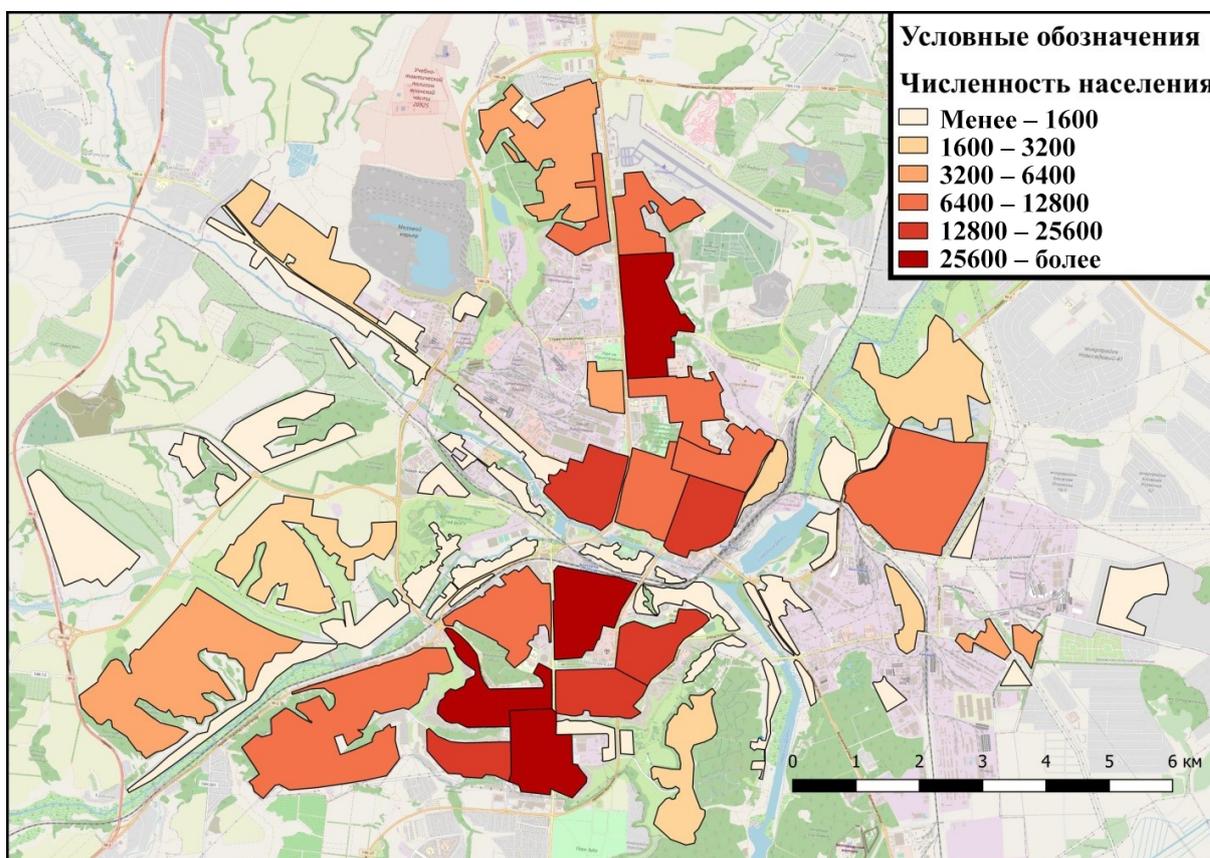


Рис. 3. Размещение населения в г. Белгороде (цвет онлайн)



имеет несколько иную смысловую нагрузку, так как на ней определяются конкретные значения численности населения в пределах конкретных полигонов, что может иметь важное прикладное значение для управления территориями (в частности, для расчетов транспортной инфраструктуры, зеленых зон и т. п.). Для удобства пользования можно ввести нумерацию и/или проставить конкретные значения численности для каждого полигона, что в нашем случае пока не было сделано ввиду мелкомасштабности рисунков.

Для удобства в сравнении условные обозначения на рис. 2 и 3 похожи. Размещение населения понимается как его рассчитанная численность в пределах выделенных полигонов (используя обозначенную выше методику). При изучении селитебной зоны особое значение имеет не только плотность населения, но и фактическая численность. Данные о локализации населения позволяют определить уровень антропогенной нагрузки на природный каркас.

Сравнивая рис. 2 и 3, можно отметить различия между плотностью и размещением населения. Большую роль на рис. 3 играет площадь полигонов, а в совокупности с высокой плотностью населения мы получаем иную картину, чем на рис. 2. Выделяются северная и южная части города, однако уже другие полигоны занимают самый высокий ранг. Окраинные части с преимущественно частным сектором стали занимать более высокий ранг из-за своего размера: чем крупнее полигон, тем большую численность населения он имеет. Всего 4 полигона имеют численность населения выше 25600 человек, однако на их площади (5,28 км²) проживает 107532 человека. В южной части города можно насчитать 3 полигона высшего ранга, а в северной части – лишь один.

Главная ось расселения в городе – север-юг, западная и восточная части – выглядят как периферии, не имеющие крупных жилых массивов, с очаговым присутствием многоэтажных домов и доминированием частного сектора.

Заключение

Селитебная зона города Белгорода включает 2 центра расселения и их периферии. Северная и южная части города концентрируют около 80% населения города, не включая пригородный частный сектор. Между Северным и Южным районами можно заметить часть территории с невысокой плотностью населения, представленную в основном частным сектором с вкраплением многоэтажных домов. Эту часть города можно назвать их периферией. По численности населения Южный район (151453 человека) превосходит Северный (116348 человек).

К периферийным территориям в данной статье относятся полигоны с плотностью населения 800–6400 чел./км², а численность населения

в пригороде 56880 человек. В населении города это 17%. В то же время периферия занимает большую часть площади селитебной зоны – 64,25%. Показательным можно назвать сравнение самой густонаселенной (более 25600 чел./км²) и слабозаселенной (800–1600 чел./км²) частей города. В первом случае на 0,69 км² размещаются 19213 человек, во втором – 20106 человек на территории 14,96 км².

Одним из факторов определения уровня антропогенной нагрузки является плотность населения. Периферия с низкой плотностью населения не оказывает такой сильной нагрузки на природный ландшафт, как густонаселенные Северный и Южный районы. С одной стороны, высокая концентрация населения влечет за собой значительную антропогенную нагрузку, с другой – рассредоточенность населения лишь распространяет влияние человека на области, которые могли бы стать опорой природного каркаса. К примеру, если 20106 человек периферии сконцентрировать до плотности центра (на территории 1 км²), а остальную часть частного сектора превратить в лес или парк, можно получить высокую антропогенную нагрузку на территории 1 км², однако избавиться от нее на площади 13,96 км². Разумеется, этот пример условный, но он дает повод задуматься над проблемой соотношения плотности населения и приемлемыми размерами селитебных территорий.

Разработанная в ходе исследования методика определения и картографирования плотности населения в пределах селитебной зоны города показала свою состоятельность и довольно высокую точность – 98,15%. Однако неучтенные факторы, влияющие на плотность населения, требуют отдельного исследования. В первую очередь к таким факторам можно отнести приезжих студентов, которые не имеют постоянной прописки, но живут в городе большую часть времени. Крупные университеты города, такие как НИУ «БелГУ» и БГТУ им. Шухова, привлекают значительное число студентов из Белгородской области, России и мира. Отследить студентов, снимающих квартиры в городе, – сложная задача, а добавить к карте плотности населения студентов, живущих в общежитиях, задача выполнимая.

Библиографический список

1. Tian C. X., Liu X. C., Yang Y., Zhu G. Q. Evaluation and Analysis of Quantitative Architectural Space Index Based on Analytic Hierarchy Process // Computational Intelligence and Neuroscience. 2022. Vol. 2022. P. 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/4911589>
2. Круглов Ю. В., Стецурина Е. С., Снежкина О. В. Исследование и статистическое моделирование расселения населения // Вестник СибАДИ. 2013. Т. 2, вып. 30. С. 62–67.



3. Петин А. Н., Корнилов А. Г., Назаренко Н. В., Гуляева Т. В., Жеребенко Ю. С., Федорченко Н. П. Функциональное зонирование земель населенных пунктов Белгородской области // Проблемы региональной экологии. 2009. Вып. 5. С. 266–271. EDN: LAKOTP
4. Zheng H. W., Shen G. Q., Song Y., Sun B., Hong J. Neighborhood sustainability in urban renewal: An assessment framework // Environment and Planning and Design. 2016. Vol. 44. P. 903–924. <https://doi.org/10.1177/0265813516655547>
5. Жукова В. В. Уровень освоенности территории как база устойчивого развития экономики региона // Региональная экономика: теория и практика. 2012. Вып. 42. С. 50–55.
6. Фаронова Ю. В., Ахунов А. Р., Тельнова Т. П., Литвинова С. А., Халилова А. Б. Географическая экспертиза плотности населения Российской Федерации // Успехи современного естествознания. 2021. Вып. 4. С. 91–96. <https://doi.org/10.17513/use.37613>, EDN: YZAXQZ
7. Витюгов В. Д., Серватинский В. В., Лукьянов В. Д., Саенко И. А. Оценка плотности населения произвольной территории города посредством использования ГИС-технологий и открытых данных // Глобальный научный потенциал. 2019. Вып. 4. С. 162–165. EDN: LANGDZ
8. Chenxin L., Yu Y., Bingsheng C., Tianyu C., Fan S., Jingfang F., Ruiqi L. Revealing spatiotemporal interaction patterns behind complex cities // Chaos (Woodbury, N. Y.). 2022. Vol. 32. Article number 081105. <https://doi.org/10.1063/5.0098132>
9. Sandro M. R., Suresh P., Rao C., Satish V. U. Modeling the dynamics and spatial heterogeneity of city growth // Urban Sustainability. 2022. Vol. 31. P. 1–10. <https://doi.org/10.1038/s42949-022-00075-9>
10. Чугунова Н. В., Полякова Т. А., Игнатенко С. А., Лихневская Н. В. Пространственно-временное развитие Белгородской агломерации в условиях глобальных процессов урбанизации // Экономика. Информатика. 2015. Вып. 7. С. 23–29. EDN: UMLHYZ
11. Богославец Д. М. Анализ подходов к стратегическому планированию агломераций // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1, Экономика и управление. 2015. Вып. 2. С. 52–58. EDN: UJXFCZ
12. Полякова Т. А. Состояние и оценка функционально-планировочной структуры крупного города (на примере г. Белгорода): автореферат диссертации ... кандидата географических наук. Краснодар, 2011. 23 с.
13. Разенков П. И., Лопина Е. М., Шульгин В. М., Жидких Д. В. Функционально-планировочное зонирование города как инструмент социально-экономического развития и геоэкологической оценки // Московский экономический журнал. 2021. Вып. 10. С. 73–86. EDN: EZUTAN
14. Sarkar S., Wu H., Levinson D. M. Measuring polycentricity via networkflows, spatial interaction and percolation // Urban Studies. 2019. Vol. 57. P. 2402–2422. <https://doi.org/10.1177/0042098019832517>
15. Yanming L., Fangye J. Spatial and temporal distribution of population in urban agglomerations changes in China // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. Article number 8315. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12274-6>
16. База данных показателей муниципальных образований. Белгородская область. URL: <https://gks.ru/dbscripts/munst/munst14/DBInet.cgi>. Загл. с экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 13.12.2022).
17. Всероссийская перепись населения 2020. URL: https://rosstat.gov.ru/vpr_popul. Загл. с экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 13.12.2022).
18. Жилой фонд и многоквартирные дома в Белгороде. URL: <https://gosjkh.ru/houses/belgorodskaya-oblast/belgorod?page=52>. Загл. с экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 13.12.2022).
19. Информация о домах Белгорода. URL: <https://domreestr.ru/belgorodskaya-oblast/belgorod/>. Загл. с экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 13.12.2022).
20. Управляющие компании г. Белгорода – найти по адресу дома. URL: <https://dominfo.org/uk/region/belgorodskaya-oblast/belgorod>. Загл. с экрана. - Яз. рус. (дата обращения: 13.12.2022).
21. Мачерет Д. А. Роль плотности, мобильности населения и перемещения материальных благ в разных концепциях экономического роста // ВТЭ. 2021. Вып. 4. С. 50–78. https://elibrary.ru/doi_resolution.asp?doi=10%2E52342%2F2587-7666VTE_2021_4_50_78, EDN: YGNSKJ
22. Hang R., Wei G., Zhenke Z., Leonard M. K., Priyanko D. Population Density and Spatial Patterns of Informal Settlements in Nairobi, Kenya // Sustainability. 2020. Vol. 12. P. 7717. <https://doi.org/10.3390/su12187717>
23. Казаков С. Г. Вернакулярное районирование города Курска как метод изучения дифференциации городского пространства // Ученые записки: научный журнал Курского государственного университета. 2009. Т. 3, вып. 11. С. 1–4. EDN: KVTRKH
24. Зубаревич Н. В. Города как центры модернизации экономики и человеческого капитала // Общественные науки и современность. 2010. Вып. 5. С. 5–19. EDN: MUQZDX
25. Xiu-Juan Q., Yizhi L., Jing F. Evaluating the Landscape Quality of Residential Communities: A Case Study of the Chinese City Yangling // Land. 2022. Vol. 12. P. 57. <https://doi.org/10.3390/land12010057>

Поступила в редакцию 07.04.2022; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 28.07.2022
 The article was submitted 07.04.2022; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 28.07.2022



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 176–183

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 176–183

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-176-183>, EDN: MKXTQA

Научная статья

УДК 551.4:911.2(571.6)



Пространство и время в развитии геосистем Тихоокеанской России

Г. П. Скрыльник

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Россия, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 7

Скрыльник Геннадий Петрович, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Центра ландшафтно-экологических исследований, skrylnik@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6318-5186>

Аннотация. Введение. Представлен анализ развития геосистем (ГС) в масштабах географического пространства на территории в рамках географического времени. Пространство и Время понимается вместе как “timespace”, т. е. «время-пространство». **Теоретический анализ** позволяет сделать вывод о том, что существуют разные категории Пространства и Времени. Выявлено скрытое присутствие в Пространстве и Времени не только физических, но и нравственных категорий в рамках «Природа – Человек; Человек – Природа». **Заключение.** Пространственно-временные трансформации дневной поверхности и природных рисков в пределах Тихоокеанской России разделены. На севере происходит медленное возникновение нового экзогенного рельефа в ходе изменения интенсивности процессов (в основном из-за пространственно-временных кризисных трансформаций криосферы). На юге – быстрое образование экзо-эндодинамических форм (в ходе пирогенной перестройки ГС внутриконтинентальных районов и из-за воздействия цунами на береговые системы).

Ключевые слова: Тихоокеанская Россия, время, пространство, критерии физические и нравственные

Благодарности. Работа выполнена по тематическому плану НИИ ТИГ ДВО РАН в рамках государственного задания Минобрнауки России на 2018 г. «Природные и антропогенные факторы в эволюции, динамика и устойчивость геосистем разного ранга и их компонентов в зоне перехода: суша – океан»; регистрационный номер темы АААА-А19-119030790003-1.

Для цитирования: Скрыльник Г. П. Пространство и время в развитии геосистем Тихоокеанской России // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 176–183. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-176-183>, EDN: MKXTQA

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

Article

Space and time in the development of geosystems in Pacific Russia

G. P. Skrylnik

Pacific Geographical Institute FEB RAS, 7 Radio St., Vladivostok 690041, Russia

Skrylnik Gennady Petrovich, skrylnik@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6318-5186>

Abstract. Introduction. The analysis of geosystems development on the scale of geographic space on the territory within the framework of geographic time is presented. Space and Time are understood together as “timespace”, that is “time-space”. **Theoretical analysis.** It allows to conclude that there are different categories of Space and Time. A hidden presence in Space and Time was revealed not only in physical, but also in moral categories, within the framework of “Nature – Man; Man is Nature”. **Conclusion.** Spatio-temporal transformations of the day surface and natural risks within Pacific Russia are separated. In the North there is a slow emergence of a new exogenous relief, in the course of changes in the intensity of processes (mainly due to spatio-temporal crisis transformations of the cryosphere). In the South – the rapid formation of exo-endodynamic forms (during the pyrogenic restructuring of the HS in the inland regions and due to the impact of the tsunami on the coastal systems).

Keywords: Pacific Russia, time, space, physical and moral criteria

Acknowledgements: The work was carried out according to the thematic plan of the Research Institute of TIG FEB RAS within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for 2018 “Natural and anthropogenic factors in the evolution, dynamics and stability of geosystems of different ranks and their components in the transition zone: land – ocean”; topic registration number АААА-А19-119030790003-1.

For citation: Skrylnik G. P. Space and time in the development of geosystems in Pacific Russia. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 176–183 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-176-183>, EDN: MKXTQA

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



Введение

Геосистемы (ГС) развиваются в масштабах географического пространства на территории в рамках географического времени. Рассмотрены категории Пространства и Времени. Среди задач особое внимание уделено катастрофическому развитию ГС.

Материал и методика исследований

Использованы данные исследований автора статьи [1, 2], отечественные [3–5] и зарубежные публикации [6–8]. Применены методы: сравнительно-географический, информационный, палеогеографический [9], а также отдельные авторские методические разработки.

Общие термины и понятия приводятся ниже с целью адекватного их понимания в содержании предлагаемой статьи.

Геосистемы – земные пространства всех размерностей (от топогеосистем до комплексной физико-географической оболочки) [10].

Катастрофизм. Катастрофизм принимает автором, вслед за Д. А. Тимофеевым [11], как революционное развитие ГС, что выражается в неравномерности (катастрофичности) проявления эндогенных и экзогенных сил во времени и пространстве. Оно включает в себя не только разрушение сформировавшихся ранее структур и типов функционирования ГС, но и создание адекватно новых динамических образований. Это находится и в соответствии с воззрениями великого ученого и мыслителя М. В. Ломоносова, показавшего, что «ничто не берется из ничего, и ничто не исчезает бесследно». Действительно, согласно закону сохранения энергии – если где-то прибавилось, то где-то убавилось.

Общий фон катастрофизма Дальнего Востока характеризуется повышенной напряженностью, возрастающей в регионе с севера на юг [2, 6].

Географическое пространство – совокупность природных объектов и соотношений между ними [3]. Типы – физический, социальный, социально-психологический и др.

Географическое время (по А. А. Григорьеву, 1970 г.) – неравномерное [4]; абсолютное (по Г. Ф. Уфимцеву, 1991 г.); относительное (по Д. А. Тимофееву, 1992 г.); характерное. Кроме длительности географическое время характеризуется еще и активными (физическими) свойствами [12].

Пространство и Время неразрывны и полностью не познаваемы. Эта парадоксальная реальность – аксиома. При этом Пространство и Время понимается как “timespace”, т. е. «время-пространство» [8].

Рамки авторского анализа оконтурены территориальными границами севера и юга Тихоокеанской России.

Развитие геосистем наиболее ярко отмечается при участии континентальности (К; в основном зимней) и океаничности (О; из-за муссонности). Ему присуща четкая пространственно-временная дифференциация интенсивности: в континентальных областях они имеют минимальные значения; в прибрежных (в полосе переплетения К и О, в пределах островных дуг и мегапобережий) – максимальные [2].

В ходе изменения геосистем выделяются динамические стадии развития:

- 1) спокойного поступательного, стадийно-циклического при типичных процессах;
- 2) возвратно-поступательного при воздействии критических процессов;
- 3) прерывисто-поступательного при ведущем вкладе кризисных процессов;
- 4) динамически взрывного и разрушительного при господстве катастрофизма (рис. 1) [1].

Изменение геосистем происходит по спирали, занимая по ходу все более и более высокое положение в пространстве с более высоким запасом потенциальной энергии. Таким образом, процесс развития геосистем постоянно обновляется.

Результаты и их обсуждение

Развитие геосистем Тихоокеанской России можно проиллюстрировать на примерах.

1. Динамические аспекты развития геосистем Чукотки, где ведущими процессами выступают «взрывы» криогенеза (морозобойного трещинообразования, солифлюкции, сезонной динамики термокарста) и «малого» гляциогенеза (сход лавин, подвижки малых ледничков и т. д.) (рис. 2, 3).

2. Пространственно-временные особенности аномального развития геосистем в Приамурье, контролируемые аномальными наводнениями и «взрывами» обвально-оползневых процессов (рис. 4).

3. Яркие черты динамики геосистем на континентально-прибрежных участках Приморья связаны с обвалами, оползнями и мощными наводнениями, а также частым прохождением катастрофических цунами. Они отражены статически и динамически (рис. 5, 6).

Морфодинамически значимые черты «Пространства-Времени» в развитии ГС

В тематических исследованиях «Пространство-Время» хотя и учитывается, но часто отдельно явно не выделяется такая второстепенная самостоятельная категория, как «Территория».

Пространство – территория. В их сравнении просматривается известная парадоксальность. С одной стороны, они внешне во многом

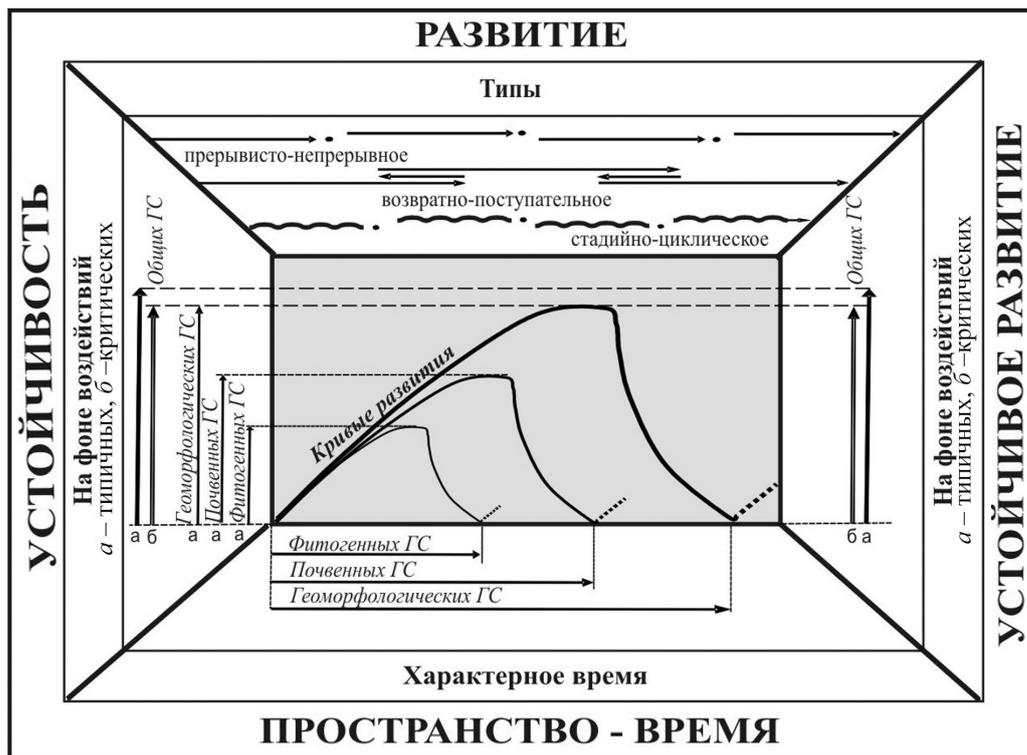


Рис. 1. Схема динамических соотношений пространства, времени и типов развития, устойчивости и устойчивого развития геосистем [1]



Рис. 2. На переднем плане трещинно-жильные полигоны; на заднем – термокарстовые комплексы. Левобережье р. Анадырь (фото Е. Басова, 2018 г.) (цвет онлайн)

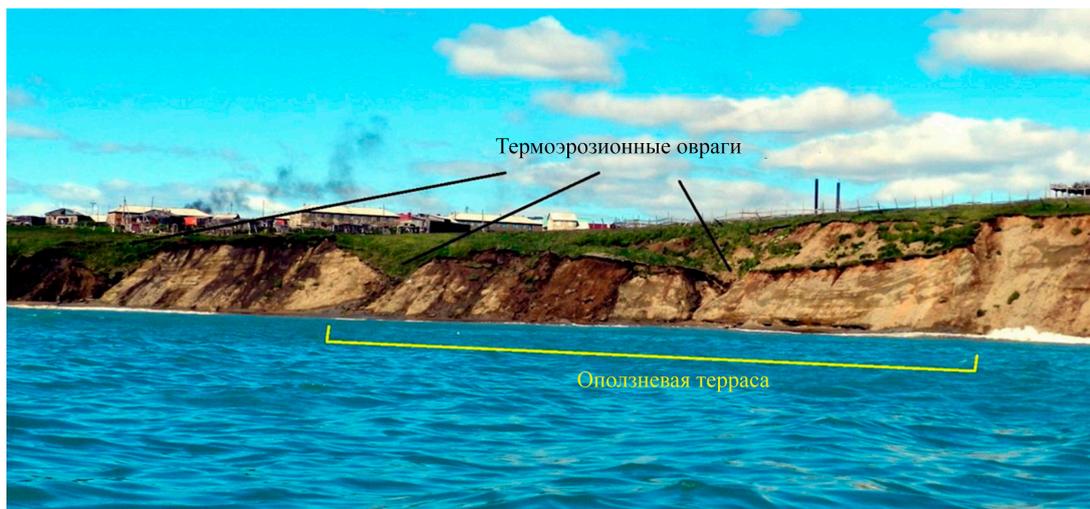


Рис. 3. Оползневая терраса и термоэрозионные овраги, осложняющие береговой уступ (пос. Лорино, Восточная Чукотка) (фото А. А. Маслакова, 2017 г.) (цвет онлайн)



а



б

Рис. 4. Оползень (за последние десятилетия один из крупнейших в России – 11.12.2018 г.). Левый борт долины р. Бурья, водохранилище Бурейской ГЭС: а – общий вид оползня и его стенка срыва; б – тело оползня (фото с вертолета А. Н. Махинова, 2018 г.) (цвет онлайн)

близки, но внутренне разнородны. Это объясняется тем, что основное их отличие состоит в размерности – пространство всегда трехмерно и без границ, а территория двухмерна и с границами.

При этом территория, по мнению автора, – это видимая часть пространства в линейно-плоскостном восприятии. Но это образ не только ее первого, явного адекватного отражения пространственно-временного состояния зримого объекта, но и существующего второго – как внешнего пространственного выражения внутреннего истинного содержания почвенно-грунтового субстрата и коренных пород. Более того, при сравнении пространства и территории ярко прослеживаются два начала – отталкивающее и притягивающее одновременно, так как пространство вокруг них является единым силовым полем.

При этом в эволюционном изменении пространства и времени четко просматривается выраженность принципа конвергенции – в сходных природных условиях в их структуре возникает сближение и (или) приобретение сходных или совпадающих признаков. Так, в ходе тесного взаимодействия территории в пространстве кратковременно происходит некоторый взаимообмен свойствами: пространство на отдельных участках приобретает выраженность границ, а территория – объемно-пространственные очертания. Таким образом, пространство и территория в ходе развития обогащаются, будучи взаимосвязаны в своем сложном единстве. Поэтому хотя и учитываются их различия, но это единство нами принимается как одно общее понятие неразрывного «пространства–территории».

Особенности отражения развития ГС. Автором прослежено, что это развитие протекает во времени и пространстве одновременно и непрерывно (неравномерно и прерывисто) по двум путям – эволюционному и катастрофическому. При этом необходимо учитывать, что среда обитания (как фактор места) и географическое положение пространства относительно

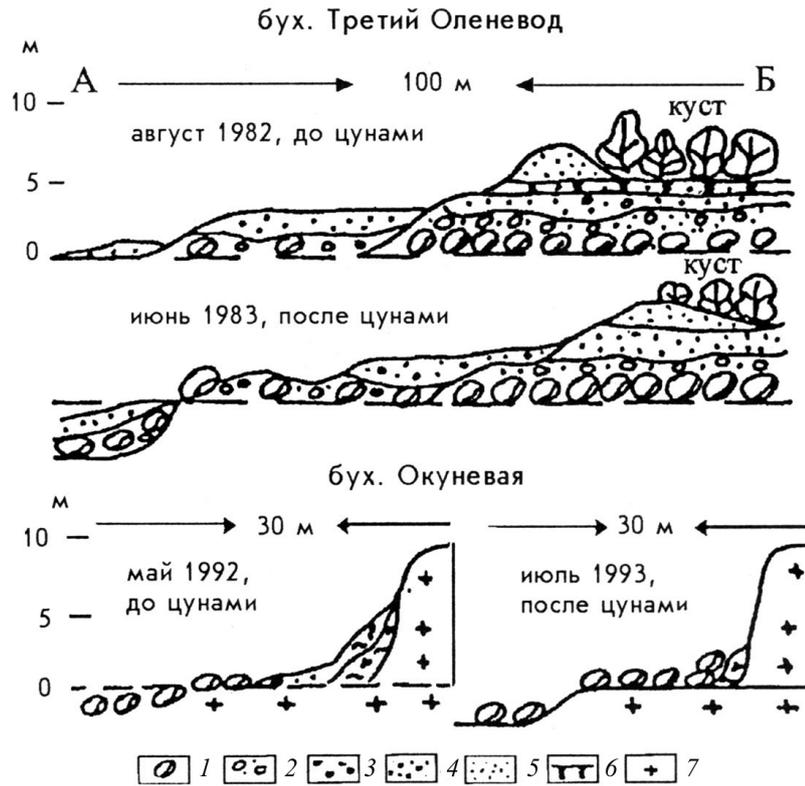


Рис. 5. Общая до- и послеаварийная обстановка в бухтах Третий Оленевод и Окуневая (Приморье): 1 – валуны; 2 – чередование галечника и песка; 3 – гравий; 4 – сочетание песка и гравия; 5 – разнотонный песок; 6 – почвы; 7 – коренные скальные породы [2]



Рис. 6. Бухта Зеркальная, открытая. Общая панорама трансформаций пляжа после прошедшего в 1993 г. цунами (фото А. М. Короткого, 1993 г.)



Солнца и сторон света, являясь разделительными средоформирующими факторами, контролируют и направляют указанное саморазвитие Пространства и взаимосвязанного с ним Времени. В результате и возникает одновременно поступательное и непрерывное (неравномерное и прерывистое) развитие Пространства и Времени. Разделение Пространства и Времени по способу функционирования и средоощущения формирует их неповторимую специфику как двуединства. Эти пространственно-временные состояния в конечном счете отличаются космической предопределенностью, одновременно и приверженностью метахронности [4], цикличности и ритмичности. В отношении развития природных объектов (в том числе и рельефа как наиболее для этого показательного), наиболее полно прослеживаемого только при учете неравномерности и прерывистости (как катастрофичности) проявления эндогенных и экзогенных сил, можно объяснить природу их специфики. Последняя объясняется тем, что создание все более сложных и совершенных форм есть имманентное свойство живой природы [13], и не только живой.

ГС, развиваясь в рамках «от Прошлого через Настоящее к Будущему» (в соответствии с аксиомой векторности развития – Стрелой времени Эддингтона–Пригожина), подчиняется общему Закону Усложнения – самому фундаментальному закону развития Вселенной (по Р. П. Шпаковскому, 2014 г.). При этом развитие ГС все время усложняется, а уровень усложнения постоянно направленно повышается.

«Пространство и Время» в научной картине мира. Их тематическое отражение начинается с древних философов (Платон, Аристотель), затем продолжается более поздними естествоиспытателями (И. Кант, И. Ньютон, А. Эйнштейн, Г. Минковский, М. Аксенов, П. П. Семенов-Тянь-шанский, В. А. Обручев, В. И. Вернадский), далее отмечается в художественном и реальном времени (Л. Н. Толстой, И. С. Тургенев, М. А. Булгаков, Ж. Б. Мольер) и, наконец, дополнительно раскрывается ближе к настоящему времени (Д. Массер, П. П. Гайденок, М. Д. Ахундов и т. д.).

Рассматривая вышеотмеченное тематическое отражение в последовательности изложения со смещением акцентов, автор прослеживает скрытое присутствие в Пространстве и Времени не только физических, но и нравственных категорий. Учет этих аспектов в нашем исследовании крайне важен в продуктивном плане.

Динамические тенденции, уровни организации и устойчивость ГС

Динамические тенденции развития геосистем на севере и юге Дальнего Востока проявляются в том, что активность природных процессов здесь высокая, возрастающая в условиях антропогенного пресса [2], но сохраняющаяся еще

в пределах фоновой нормы типичных и реже критических уровней.

1. *Категории пространства и времени в философии*, содержание которых выражают всеобщие атрибутивные формы материи: а) имеющие протяжённость (длину, ширину, высоту); б) длительность их существования; последовательность этапов развития, их ритма и темпа [14].

2. *Категории пространства и времени в психологии* отражаются не столько в отсутствии, сколько в присутствии понятий «познание пространства» и «познание времени».

3. *Категории пространства и времени в поэзии* проявляются в раскрытии примет времени в пространстве и осмысливании пространства временем. Функция времени воплощается в пространстве художественной категорией памяти [14, 15].

4. *Категории пространства и времени физические* отождествляются с неразрывностью. Совместное их понимание принимается под термином “timespace”, т. е. «пространство-время» [8]. Так, в ходе развития формы рельефа постоянно меняются – старые разрушаются, но их следы сохраняются в новых.

5. *Категории пространства и времени нравственные* вскрываются в оптимальности, проявляющейся в проведении рационального природопользования. Последнее принимается как целесообразное использование всех природных ресурсов, обеспечивающее комплексное предотвращение обострения экологических ситуаций и, тем самым, сохранение всех жизненных потребностей человека. В этой категории выделяется добродетель.

В вышеуказанном положении для нас важен нравственный аспект, справедливый в рамках «Природа – Человек; Человек – Природа».

Пространство и Время в типах природопользования

В разных типах природопользования пространство и время участвуют по-разному.

Рациональное природопользование отличается тем, что для него характерно целесообразное использование всех природных ресурсов при соблюдении присутствия физических и нравственных категорий. Выполнение этих требований обеспечивается при оптимальном выборе динамических пространственно-временных систем.

При нерациональном природопользовании воздействие человека на природу вызывает прямое или косвенное разрушение ландшафтной структуры и исключает возможность ее восстановления. При нерациональном природопользовании «рациональное» как составляющая нравственности исчезает, а само природопользование превращается в антинравственное.



Приведем конкретные примеры результатов нерационального природопользования в природно-климатических районах Дальнего Востока.

Чукотка. В пределах второй надпойменной террасы р. Канчалан в 1972 г. было осуществлено строительство жилых и бытовых объектов с нарушением экологических норм. При планировании территории произошло уничтожение под строениями почвенно-растительного покрова и в результате возникли существенные общие термокарстовые трансформации почвогрунтов. Таким образом, возникшие здесь отрицательные экологические последствия свидетельствуют о нерациональном природопользовании. Этих катастроф можно было избежать, если бы применили свайное строительство с наличием проветриваемых подполий, что способствовало бы сохранению вечной мерзлоты и самой дневной поверхности.

Верхнее Приколымье. Максимальные геоэкологические риски в ходе нерационального природопользования возникают на участках добычи золота дражным способом. При этом устойчивость ГС снижается до кризисных уровней и большинство компонентных геосистем (биогенная составляющая, почвы и грунтовые воды) в конечном счете полностью разрушаются. В итоге естественные ГС подвергаются полному уничтожению, когда на большой площади исчезает растительность, удаляется почвенный покров, перерабатывается литосубстрат, промышленные воды из промприборов направляются в соседние реки и ручьи. В результате активизации вышеперечисленных процессов территория превращается в «безжизненную» пустыню, фактически до уровня «лунного» ландшафта. Восстановление территории происходит только после прекращения золотодобычи, протекая крайне медленно. Первые его признаки (возникновение отдельных пятен травяного покрова и единичных экземпляров подроста березы и лиственницы) появляются в течение последующих 5–10 лет.

Приморье. Возникшие геоэкологические риски и отрицательные последствия в результате прокладки нефте- и газопроводов совпали с такими же от нерационального природопользования. Для «возврата» здесь природопользования к рациональному следует «убрать» до приемлемого уровня все «строительные» негативные результаты, т. е. прежде всего провести рекультивацию земель.

Остров Сахалин. Максимальные геоэкологические риски на этой территории связаны с прохождением цунами и лавин, а также с «циклональной» активизацией эоловых процессов. Риски обостряются в ходе нерационального природопользования.

При оценке вышеприведенных примеров о роли пространства и времени в развитии геосистем и природопользования вскрываются разные их категории. В ходе рационального и нерационального природопользования кроме физических

выявляются соответственно нравственные и безнравственные аспекты. Обоснованный их выбор помогает осуществить в полном объеме варианты выбранного природопользования.

Заключение

Пространственно-временные трансформации дневной поверхности и природных рисков в пределах Тихоокеанской России разделены. На севере происходит медленное возникновение нового экзогенного рельефа в ходе изменения интенсивности процессов (в основном из-за пространственно-временных кризисных трансформаций криосферы). На юге – быстрое образование экзо-энтодинамических форм (в ходе пирогенной перестройки ГС внутриконтинентальных районов и из-за воздействия цунами на береговые системы).

Тенденции развития ГС на естественном и антропогенном фоне территориально везде не совпадают.

В целом в развитии геосистем характерно двуединство общего и частного, когда:

- а) просматривается чаще и более зримо общее;
- б) прослеживаются конкретные определенности и неопределенности; для типичных обстановок более присущи определенности, а для аномальных чаще обозначаются неопределенности; и чем выше энергетические уровни этих обстановок (от типичных к аномальным), тем четче проявляются эти закономерности [16, 17].

Показатели континентальности и океаничности указывают на вероятность появления в пределах Тихоокеанской России соответствующих аномалий (во внутриконтинентальных районах, где возрастает зимняя континентальность, появляются новые и восстанавливаются древние курумы; области распространения черной березы расширяются до главного водораздела Сихотэ-Алинь [18]). Одновременно в береговой зоне усиливаются шторма и штормовые нагоны, а также размывы морских побережий и т. п. [4].

Следует подчеркнуть, что уровни устойчивости общих ГС не возрастают, так как их обеспеченность от геоморфологических систем (из-за их консервативности) и фитосистем (из-за их пластичности) ограничена. В этих условиях проходит увеличение природных, а при антропогенном «прессе» и техногенных катастроф [19].

Одновременно в функционировании геосистем выявлены разные категории Пространства и Времени. Данные категории не только физические, но и нравственные, что проявляется при рациональном природопользовании.

Библиографический список

1. Скрыльник Г. П. Пространство-время в развитии геосистем и природные риски // Арктика и Антарктика. 2019. № 1. С. 1–14. <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2019.1.29301>



2. Короткий А. М., Коробов В. В., Скрьльник Г. П. Аномальные природные процессы и их влияние на состояние геосистем юга российского Дальнего Востока / под общей редакцией академика РАН П. Я. Бакланова. Владивосток : Дальнаука, 2011. 265 с.
3. Марков К. К. Пространство и время в географии // Природа. 1965. № 5. С. 56–61.
4. Никольская В. В. О естественных тенденциях развития физико-географических провинций юга Дальнего Востока. Новосибирск : Наука, 1974. 127 с.
5. Лебедева Е. В., Шварев С. В., Готванский В. И. Природно-обусловленная напряженность геоморфологических процессов территории Дальнего Востока России // Геоморфология. 2014. № 4. С. 48–59.
6. Бич А. М. Природа времени: Гипотеза о происхождении и физической сущности времени. Москва : Астрель, 2002. 288 с.
7. Харвей Д. Научное объяснение в географии (перевод с английского). Москва : Прогресс, 1974. 502 с.
8. Wallerstein I. The time space of world-systems analysis: A philosophical essay // Historical Geography. 1993. № 1/2. P. 5–22.
9. Марков К. К., Добродеев О. П., Симонов Ю. Г., Суева И. А. Введение в физическую географию. Москва : Высшая школа, 1973. 184 с.
10. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1978. 319 с.
11. Тимофеев Д. А. Неравномерность рельефообразования во времени и пространстве // Проблемы регионального геоморфологического анализа. Санкт-Петербург : Издательство Географического общества СССР, 1974. С. 16–19.
12. Козырев Н. А. Человек и Природа // Н. А. Козырев. Избранные труды. Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1991. С. 401–409.
13. Берг Л. С. Номогенез, или Эволюция на основе закономерностей. Петербург : Государственное издательство, 1922. 306 с.
14. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. Издание 4-е, дополненное. Москва : Издательство ИТИ Технологии, 2006. 2314 с.
15. Тейлор Э., Уилер Дж. Физика пространства времени / перевод с английского Н. В. Мицкевича. Москва : Мир, 1969. 256 с.
16. Бак П., Чен К. Самоорганизованная критичность // В мире науки. 1991. № 3. С. 16–24.
17. Горелик Г. Е. Почему пространство трехмерно? Москва : Наука, 1982. 168 с.
18. Куренцова Г. Э. Естественные и антропогенные смены растительности Приморья и Южного Приамурья. Новосибирск : Наука, 1973. 231 с.
19. Осипов В. И. Управление природными рисками // Вестник РАН. 2002. Т. 72, № 8. С. 678–686.

Поступила в редакцию 24.03.2023; одобрена после рецензирования 24.07.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 24.03.2023; approved after reviewing 24.07.2023; accepted for publication 28.07.2023



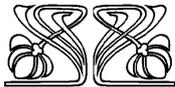
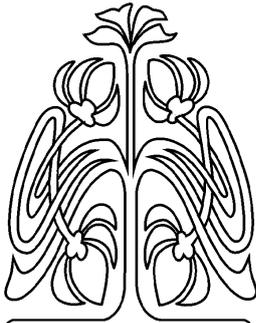
ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 184–192

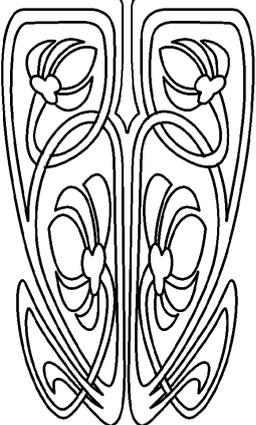
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 184–192

<https://geo.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-184-192>, EDN: BQJDCM

Научная статья
УДК 550.34:550.38



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Сравнительная характеристика региональных сейсмогенерирующих структур Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса

В. А. Огаджанов

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

Огаджанов Виктор Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геофизики, ozhva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2645-4110>

Аннотация. На основе новых данных о сейсмичности и материалов обследований активных разломов была получена информация о региональных сейсмогенных структурах Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса. Даны кинематические характеристики разломов, составляющих сквозной тектонический пояс, и землетрясений, произошедших в пределах этих структур. Анализ гравитационных аномалий на основе спутниковых данных позволяет предположить, что сейсмогенерирующие структуры Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса имеют сверхглубокое проникновение в мантию, чем и определяется их высокий сейсмический потенциал. Этот потенциал проявился сильными землетрясениями в Средиземноморско-Каспийском регионе 6 февраля 2023 г. После землетрясений 6 февраля 2023 г. отмечена миграция сейсмической активности в северо-восточном направлении, в области складчатого сооружения Кавказа и Восточно-Европейской платформы.

Ключевые слова: тектонический пояс, сейсмогенерирующие структуры, землетрясения, гравитационные аномалии

Для цитирования: Огаджанов В. А. Сравнительная характеристика региональных сейсмогенерирующих структур Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 184–192. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-184-192>, EDN: BQJDCM

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

Article

Comparative characteristic of regional seismo-generating structures of the European-African through tectonic belt

V. A. Ogadzhanov

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

Viktor A. Ogadzhanov ozhva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2645-4110>

Abstract. Based on new data on seismicity and materials from surveys of active faults, information was obtained on regional seismogenic structures of the European-African through tectonic belt. The kinematic characteristics of the faults that make up the through tectonic belt and earthquakes that occurred within these structures are given. An analysis of gravity anomalies based on satellite data suggests that the seismogenic structures of the European -African through tectonic belt have an ultra-deep penetration into the mantle, which determines their high seismic potential. This potential was manifested by catastrophic earthquakes in the Mediterranean-Caspian region on



February 6, 2023. After the earthquakes on February 6, 2023, the migration of seismic activity in the northeast direction, in the area of the Caucasus fold structure and the East European platform, was noted.

Keywords: tectonic belt, seismogenic structures, earthquakes, gravity anomalies

For citation: Ogadzhanov V. A. Comparative characteristic of regional seismo-generating structures of the European-African through tectonic belt. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 184–192 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-184-192>, EDN: BQJDCM

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

Введение

Сквозные тектонические пояса – это протяженные зоны дислокаций, пересекающие как геосинклинали, так и платформы. «Впервые гипотеза о единых тектонических поясах, охватывающих области самого раннего геологического строения, была высказана Н. С. Шатским (1948 г.) и доказана на примере зоны субмеридионального направления, прослеживающейся от р. Камы в Саратовское Поволжье, Кавказ и далее в пределы аравийской части Африканской платформы. Подобные пояса имеют сверхглубокое заложение...» [1, с. 176].

Согласно формулировке автора настоящей статьи, под сквозным тектоническим Европейско-Африканским поясом следует понимать систему разных по своей ориентировке и кинематическим характеристикам дизъюнктивных дислокаций, группирующихся вдоль северо-восточного и субмеридионального направлений [2]. Дислокации выражены в отложениях кайнозоя – рифея осадочной толщи, зачастую унаследованы от поверхности кристаллической коры и, согласно определению Н. С. Шатского (см. выше), должны проникать в более глубокие слои литосферы.

Тектоническими дислокациями сквозных поясов обусловлены зоны наиболее интенсивных геодинамических проявлений; с ними связаны очаги землетрясений, поэтому изучение геодинамических характеристик сквозных тектонических поясов представляется весьма актуальным.

Зачастую деформации, соответствующие этим поясам, формируются в зонах плотностных неоднородностей Земли. Пояса сейсмичности, обусловленные линейными планетарными неоднородностями, могут быть выражены активными разломами, которые являются лишь одним из признаков потенциально сейсмогенных зон. В то же время при выделении таких зон следует принимать во внимание не возможность отсутствия прямых геологических признаков разрывного нарушения, а наличие лишь косвенных геофизических методов, например гравиметрических, сейсмологических и др.

Гравитационные аномалии отражают контакты земной коры, отличающиеся по плотности. Чем больше разница плотностей блоков земной коры, тем интенсивнее происходит деформация и вероятнее возникновение очагов землетрясений на их контактах. Чем протяженнее зона

контакта плотностных неоднородностей, тем выше может быть ее сейсмический потенциал. Поэтому при решении задач выявления сейсмогенных зон на сквозных неоднородностях литосферы актуальным представляется изучение их связи с планетарными аномалиями гравитационного поля.

Методика исследований

Руководствуясь актуальностью настоящих исследований, поставлена задача изучения тектонической позиции сейсмогенерирующих структур вдоль зон глобальных плотностных неоднородностей. Для анализа нами были использованы данные спутниковой гравиметрии [3], а также карты аномалий геоида по гармоникам 3-й, 10-й и 30-й степеней.

Контакты плотностных неоднородностей выделялись на основе критериев разрывных нарушений по гравиметрическим данным. К таким критериям относятся зоны высоких горизонтальных градиентов, смена знака и сочленение различно ориентированных аномалий; такие зоны прогнозируются, как правило, в диапазоне высот геоида от +10 до –10 м (иногда в более широком диапазоне). Выделение плотностных неоднородностей на основе указанных выше критериев имеет свои ограничения. Эти ограничения обусловлены тем, что используемые карты гравитационных аномалий представлены в прямоугольной проекции, по причине чего изолинии значений геоида в высоких широтах искусственно разрежены и зоны сочленения аномалий визуально не прослеживаются. По данной причине надежное выделение контактов плотностных неоднородностей за пределами диапазона широт более 60° не всегда возможно.

Сведения о сейсмичности регионов взяты по данным Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (ФИЦ ЕГС РАН), Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра (EMSC), Геофизической службы США (NEIC). К анализу были привлечены результаты инструментальных наблюдений за сейсмичностью до 2023 г. включительно.

Факты активных разломов в геосинклинальных областях очевидны и сомнений не вызывают. На территории платформ сведения об активных разломах получены по результатам исследований, выполненных рядом авторов [4–6] для Азиатско-Африканского региона. Эти сведения



позже были дополнены новыми материалами наблюдений по территории Урало-Поволжья, частично отраженными в [7]. На территории Урало-Поволжья сведения о позднекайнозойских дислокациях получены в основном по материалам структурно-картировочных и геофизических работ, в результате которых построены геологические карты и профили, подтверждающие наличие здесь активных разломов (рис. 1).

Дополнительно в области Волго-Уральской сейсмогенной структуры активные разломы также были установлены на основе исследования эпицентральных зон сильных землетрясений, в частности Шалкарского (26 апреля 2008 г.), при котором произошла подвижка по протяженному Шалкар-Аксайскому трансформному разлому северо-восточного простирания [7].

На Африкано-Аравийской платформе помимо опубликованных данных [8,9] в качестве доказанных фактов активных разломов служат задокументированные материалы исследователей, установивших наличие таких разломов при экспертном обследовании естественных геологических обнажений (рис. 2).

Результаты исследований

В пределах Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса выделяются региональные сейсмогенерирующие структуры: Волго-Уральская, Средиземноморско-Каспийская, Иорданская, Красноморская, Восточно-Африканская, Центрально-Африканская (рис. 3).

Волго-Уральская линия деформаций (см. рис. 3) левостороннего сдвига относится к зоне с умеренным уровнем сейсмичности. Эта зона определяется северо-восточным простиранием

поля сейсмичности, характеризующимся возникновением сильных землетрясений – 26 апреля 2008 г. ($M = 5,3$) от очаговой зоны древней Восточно-Европейской платформы и землетрясением 4 сентября 2018 г. ($M = 5,4$) от очаговой зоны в пределах герцинской складчатости Урала.

Волго-Каспийская линия деформаций (см. рис. 3) состоит из двух меридиональных структур правостороннего и левостороннего сдвига. Данная линия имеет субмеридиональное направление. В пределах этой линии деформаций известны сильные землетрясения – 25 ноября 2000 г. с магнитудой 6,2 и 6 декабря 2000 г. с магнитудой 7,3. Оба землетрясения находятся в пределах шовной зоны альпийской складчатости Кавказ-Копетдага и эпигерцинской Скифско-Туранской платформы.

Согласно данным ФИЦ ЕГС РАН, решения механизма очага для землетрясения 25 ноября 2000 г. указывает на сброс и сбросо-сдвиг. Нодальные плоскости по разным решениям имеют ориентацию юго-восточное и субмеридиональное направления.

Решение механизма очага для землетрясения 6 декабря 2000 г. указывает на сбросо-сдвиг, но преобладает взбросовая компонента, движение в очаге происходит под действием сжимающих напряжений, оси сжатия субгоризонтальны и ориентированы субмеридионально, что по направлению совпадает с сейсмогенерирующими разломами.

Средиземноморско-Каспийская линия деформаций (см. рис. 3) левостороннего сдвига находится в области альпийской Кавказ-Анатолийской складчатости, которая сформировалась под воздействием давления Аравийской плиты, а ее северо-восточное продолжение проходит

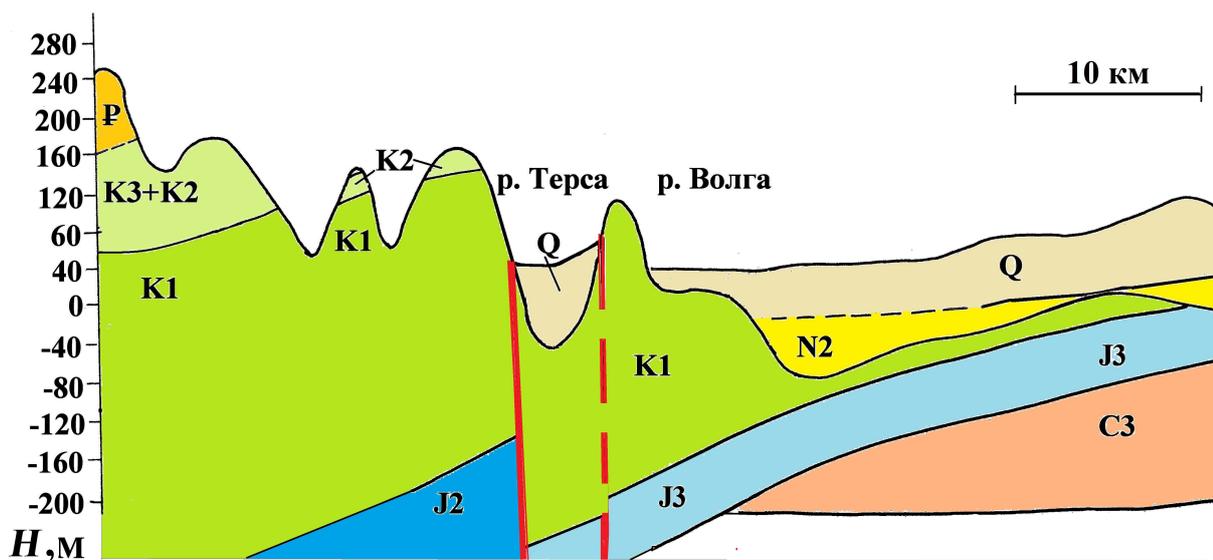


Рис. 1. Активный разлом на территории Восточно-Европейской платформы (приволжская часть Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса) (цвет онлайн)



Рис. 2. Активный разлом в обнажениях неогена аравийской части Африкано-Аравийской платформы. Справа крупным планом показано вертикальное смещение пластов по разлому (фото автора) (цвет онлайн)

по Скифско-Туранской и частично по Восточно-Европейской платформам. Эта линия деформаций является зоной с высоким уровнем сейсмичности и определяется простиранием поля сейсмичности в северо-восточном направлении. Указанная сейсмогенная структура характеризуется сильными землетрясениями, одно из которых произошло 6 февраля 2023 г. в 1 ч. 17 мин (по Гринвичу) и имело магнитуду по разным определениям от 7,8 до 8. Решение для механизма очага этого землетрясения показывает, что nodальная плоскость NP2 ориентирована на юго-запад согласно ФИЦ ЕГС РАН и NEIC и на северо-восток согласно Ломонт-Дохертской земной обсерватории (США). Тип движения по плоскости NP2 левосторонний сдвиг, что в целом совпадает с направлением и кинематикой Средиземноморско-Каспийской линии деформаций (рис. 4).

Другое землетрясение с магнитудой 7,8 произошло 6 февраля 2023 г. в 10 ч. 24 мин (по Гринвичу). Землетрясения 6 февраля 2023 г. можно считать одними из наиболее сильных из всех землетрясений, генерируемых структурами Европско-Африканского сквозного тектонического пояса. После землетрясений с магнитудами 7,8 и 8,0, произошедших 6 февраля 2023 г., в течение дня продолжались землетрясения с магнитудой до 6. Эпицентры землетрясений 6 февраля 2023 г. приурочены к разломам, которые имеют северо-восточное направление и находятся в системе Средиземноморско-Каспийской линии деформаций (см. рис. 4).

В последующее время вдоль Средиземноморско-Каспийской линии деформаций продолжились землетрясения с $M \geq 4$ с одновременной явно выраженной миграцией сейсмической активности на северо-восток. В последующем отмечено возникновение землетрясений в районе



складчатого сооружения Кавказа и далее в восточной приморской части Северного Каспия Восточно-Европейской платформы. Уже в пределах древней платформы, по данным EMSC, 13 февраля 2023 г. возникло землетрясение с $M = 4,9$; информация о нем по данным этого центра приведена на рис. 5¹.

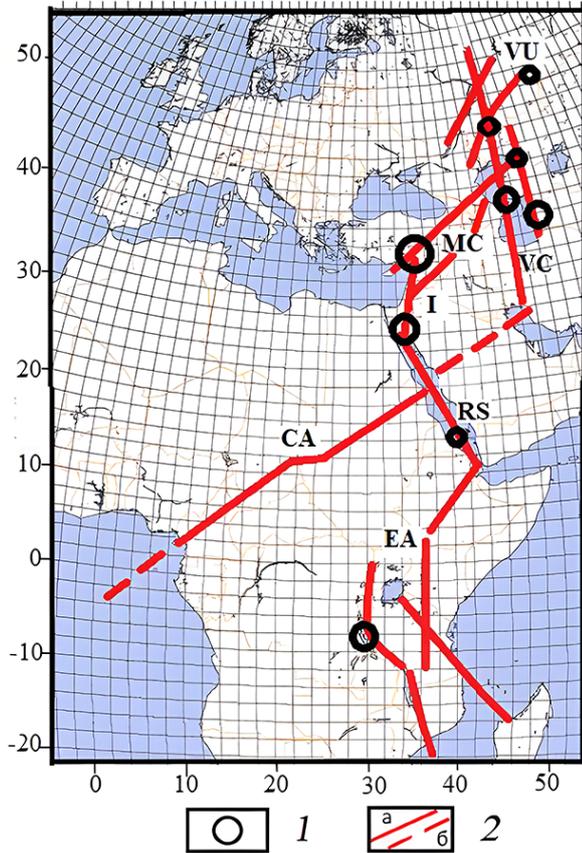


Рис. 3. Основные линии деформаций, соответствующие сейсмогенерирующим структурам Европско-Африканского сквозного тектонического пояса: 1 – эпицентры наиболее сильных землетрясений, произошедших в пределах каждой линии деформаций (большой радиус окружности соответствует большим значениям магнитуд – пояснения в тексте); 2 – линии деформаций: а – установленные, б – предполагаемые; VU – Волго-Уральская, VC – Волго-Каспийская, MC – Средиземноморско-Каспийская, I – Иорданская, RS – Красноморская, EA – Восточно-Африканская, CA – Центрально-Африканская (цвет онлайн)

Землетрясение 13 февраля 2023 г. произошло в очаговой зоне, которая находится в зоне сочленения линий деформаций – Средиземноморско-Каспийской и Волго-Каспийской (см. рис. 3). В этой зоне в период с 2005 по 2020 г. по данным EMSC, произошло 25 землетрясений с магнитудой до 4,4, что свидетельствует

о достаточно высоком сейсмическом потенциале указанной очаговой зоны².

Иорданская линия деформаций (см. рис. 3) левостороннего сдвига относится к зоне с высоким уровнем сейсмичности; она находится в аравийской части древней Африкано-Аравийской платформы, характеризуется полем сейсмичности меридионального направления. Наиболее сильное землетрясение, известное в пределах этой зоны, произошло 22 ноября 1995 г. с $M = 7,2$.

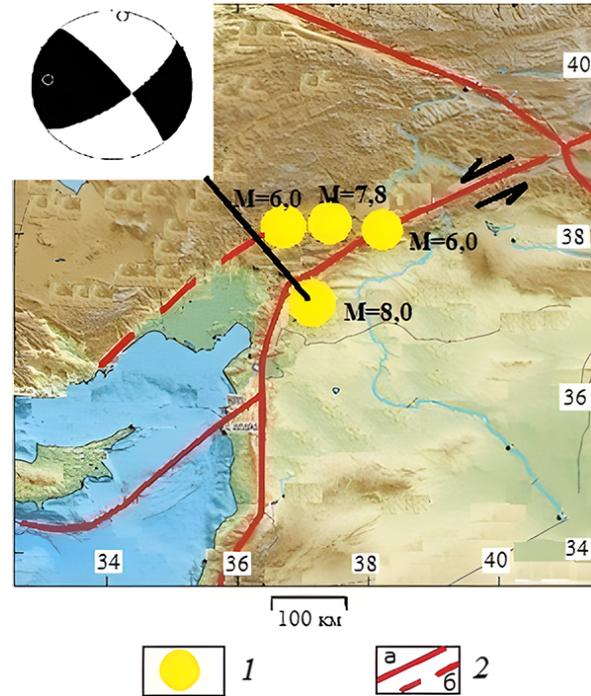


Рис. 4. Положение эпицентров наиболее сильных землетрясений, произошедших 6 февраля 2023 г. относительно разломов левостороннего сдвига Средиземноморско-Каспийской линии деформаций: 1 – эпицентры землетрясений с указанием магнитуды; 2 – тектонические разломы: а – установленные, б – предполагаемые (на врезке показана сферограмма очага землетрясения 6 февраля 2023 г. с $M = 8,0$) (цвет онлайн)

Красноморская линия деформаций (см. рис. 3) растяжения в пределах древней Африкано-Аравийской платформы относится к зонам с высоким уровнем сейсмичности, характеризуется полем сейсмичности юго-восточного направления, сосредоточенным вдоль грабена Красного моря. Однако большинство землетрясений этой сейсмогенной структуры характеризуется магнитудным уровнем до 5, исключение составляет землетрясение 8 июля 2013 г. с $M = 5,5$.

Восточно-Африканская линия деформаций (см. рис. 3) растяжения связана с рифтовыми

¹Информация о землетрясении была удалена с сайта EMSC 14 февраля 2023 г. Первичная информация о землетрясении содержится на сайте мониторинга землетрясений: <https://www.volcanodiscovery.com>.

²По данным EMSC и ФИЦ ЕГС РАН, в данной очаговой зоне 25 апреля 2023 г. произошло еще одно землетрясение с $M = 4,5$.

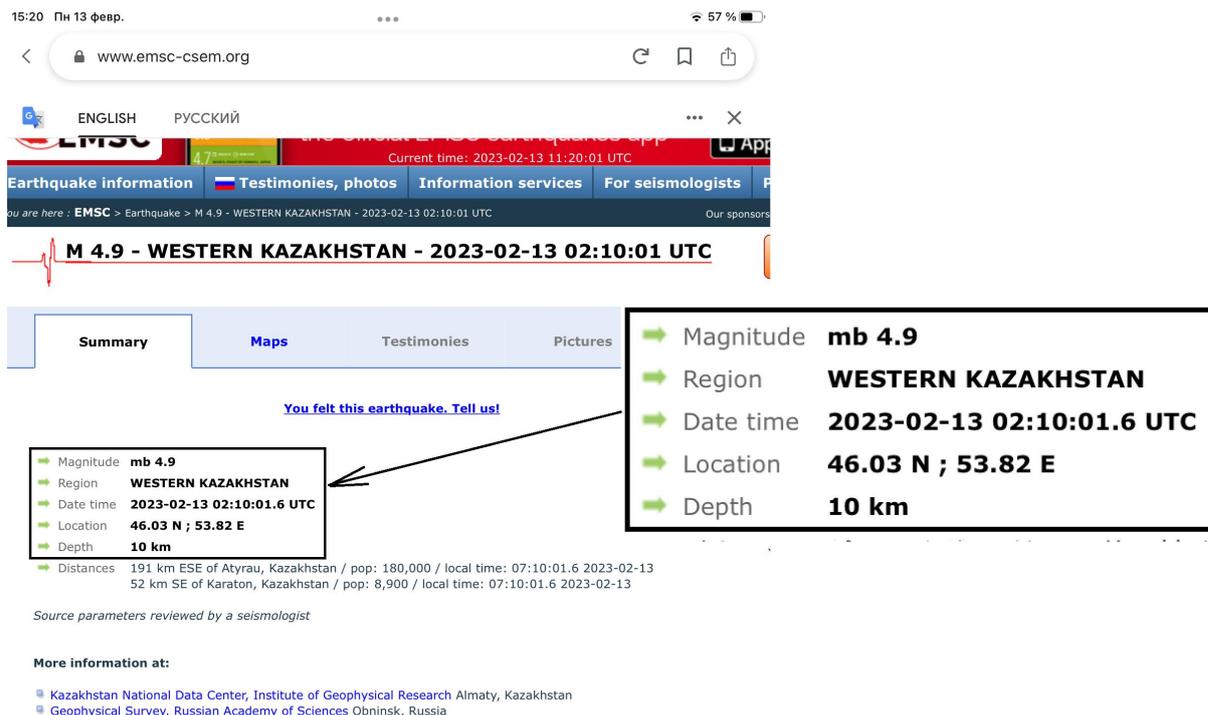


Рис. 5. Скриншот страницы с сайта EMSC с информацией о землетрясении 13 февраля 2023 г.

структурами африканской части древней Африкано-Аравийской платформы. Совокупность структур этой сейсмогенной зоны вытянута в субмеридиональном и юго-восточном направлениях. Она относится к зонам с высоким уровнем сейсмичности и характеризуется частым возникновением землетрясений с магнитудой более 5. Самое сильное землетрясение, зарегистрированное в пределах указанных рифтовых структур, произошло 5 декабря 2005 г. ($M = 6,9$). По данным ФИЦ ЕГС РАН, движение в очаге землетрясения 5 декабря 2005 г. произошло под действием растягивающих напряжений, ориентированных в субширотном направлении. Обе нодальные плоскости имеют близкие простирания (субмеридиональные), что соответствует направлению разлома (см. рис. 3). Тип движения – сброс.

Центрально-Африканская линия деформаций (см. рис. 3) правостороннего сдвига пересекает всю африканскую часть Аравийско-Африканской платформы с юго-запада на северо-восток. Имея достаточно большую протяженность, эта линия деформаций характеризуется, тем не менее, низким уровнем сейсмической активности с возникновением относительно слабых и редких землетрясений с магнитудами, не превышающими 4,5.

Центрально-Африканский сдвиг находит отражение в аномалиях геоида по гармоникам 30-й степени. Вместе с тем граница между положительными и отрицательными аномалиями геоида по гармоникам 30-й степени не выглядит в достаточной степени контрастной, связь обла-

сти смены знака аномалий с линией деформаций Центрально-Африканского сдвига, однако, прослеживается (рис. 6). Конфигурация контакта аномалий позволяет предположить, что Центрально-Африканская линия деформаций на северо-востоке не ограничивается Красноморской структурой, а продолжается далее на северо-восток в область аравийской части Африкано-Аравийской платформы и далее, по всей вероятности, в область альпийской складчатости (см. рис. 3, 6).

Связь контакта аномалий геоида с Центрально-Африканским сдвигом в области африканской части платформы более очевидной представляется по гармоникам 10-й степени (см. рис. 6).

По аномалиям геоида гармоник 30-й и 10-й степеней также уверенно отображаются субмеридиональные линии деформаций Восточно-Европейской и Скифско-Туранской платформ.

Наибольшее соответствие линий сейсмогенных деформаций зонам сочленения аномалий геоида определяется при анализе таковых по гармоникам 3-й степени (см. рис. 6). Такие соответствия линиям деформаций северо-восточного направления отмечены в области Восточно-Европейской платформы, складчатых областей Урала, Кавказа и Восточной Анатолии, субмеридионального направления – в области аравийской части Африкано-Аравийской платформы и юго-восточного простирания – в области африканской части Африкано-Аравийской платформы.

Учитывая глубинные характеристики аномалий геоида для гармоник разных степеней можно

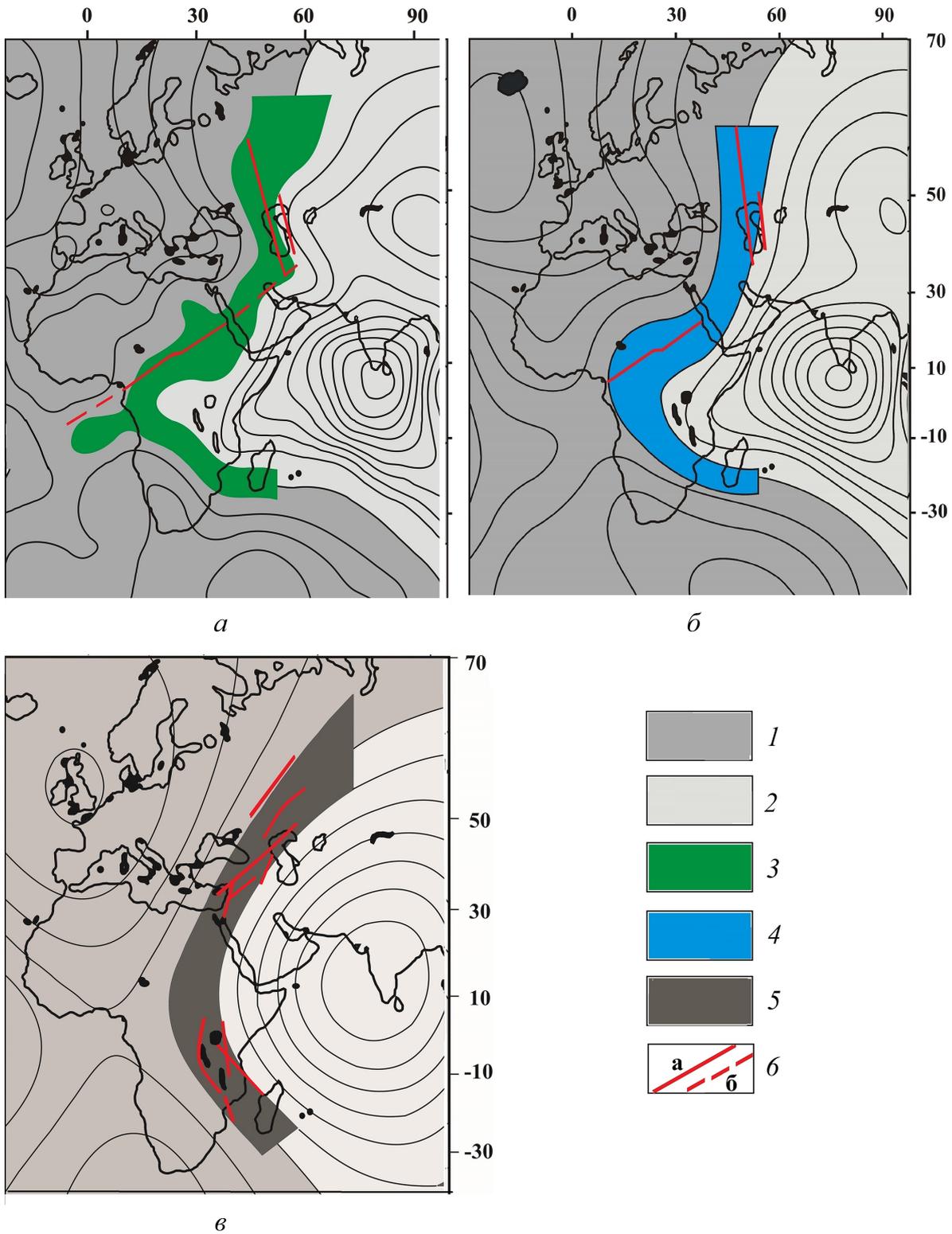


Рис. 6. Положение линий сейсмогенерирующих деформаций по результатам анализа аномалий поверхности геоида по гармоникам 30-й(*а*), 10-й (*б*) и 3-й (*в*) степени: 1 – максимумы аномалий геоида, 2 – минимумы аномалий геоида; области смены знака аномалий геоида гармоник: 3 – 30-й степени, 4 – 10-й степени, 5 – 3-й степени; 6 – линии сейсмогенерирующих разломов: *а* – установленные, *б* – предполагаемые (цвет онлайн)



предположить, что чем ниже степень гармоник, соответствующих тем или иным аномалиям, тем более глубокие слои Земли в этих аномалиях находят отображение. Иными словами, можно считать, что наиболее глубокое заложение имеют линии деформаций, отображающиеся в аномалиях геоида 3-й степени.

Основываясь на сопоставлении аномалий геоида с данными других геофизических исследований: спутниковой магниторазведки, глубинных сейсмических методов, сведений о затухании сейсмических волн землетрясений и глубине гипоцентров землетрясений, – можно косвенно определить глубину неоднородностей, отображающихся в этих аномалиях.

В аномалиях геоида по гармоникам 30-й степени отображаются неоднородности верхней части земной коры.

Присутствие в литосфере зон с наименьшим затуханием сейсмических волн от землетрясений с глубинами очагов, превышающих 20 км, их соответствие в плане зонам сочленения аномалий геоида, а также материалы глубинной сейсморазведки [2, 10, 11, 12] дают основание считать, что аномалии геоида по гармоникам 10-й степени отображают неоднородности, расположенные на глубинах до 60 км.

Сейсмогенерирующие структуры, соответствующие зонам сочленения аномалий геоида по гармоникам 3-й степени, видимо, имеют заложение, значительно превышающее глубину структур, отражающихся по аномалиям геоида 10-й степени. Согласно данным о глубине очагов землетрясений, можно сделать вывод о том, что линии деформаций, отражающиеся в аномалиях геоида гармоник 3-й степени, находятся в интервале глубин до 150 км.

Заключение

Факт существования Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса находит свое подтверждение в материалах спутниковой гравиметрической съемки. По результатам изучения распределения аномалий геоида по гармоникам разных степеней выявилась особенность, заключающаяся в изменении направлений контактов аномалий при переходе через Центрально-Африканскую линию деформаций.

Южнее Центрально-Африканской линии деформаций контакты аномалий всех гармоник имеют направление с северо-запада на юго-восток.

К северу от Центрально-Африканской линии деформаций контакты аномалий разных гармоник меняют свою ориентировку, а именно северо-восточное направление отмечается для гармоник 3-й степени, меридиональное – для гармоник 10-й степени и северо-западное – для гармоник 30-й степени. Данное обстоятельство, очевидно, свидетельствует о перестройке структурных планов глубинных линий деформаций при переходе

от более ранней фазы тектогенеза к более поздней; все указанные линии деформаций испытали активизацию в позднекайнозойское время.

В пределах Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса сейсмичность установлена для региональных структур всех направлений. Как следует из анализа магнитуд землетрясений, сейсмогенерирующие структуры альпийской складчатости, находящиеся в пределах контактов аномалий геоида, имеют сейсмический потенциал, достаточный для возникновения землетрясений с магнитудой до 8. В свете имеющихся данных наибольшим сейсмическим потенциалом обладают структуры Волго-Каспийской и Срезиземноморско-Каспийской линий деформаций.

Независимые исследования, основанные на построении графиков повторяемости землетрясений, проведенные авторами работы [13], позволили сделать вывод о возможности возникновения в пределах Срезиземноморско-Каспийской линии деформаций землетрясений, магнитуды которых могут превышать наблюдаемые за инструментальный период. При этом очевидна миграция сейсмической активности вдоль Срезиземноморско-Каспийской линии деформаций в северо-восточном направлении с понижением магнитуд вероятных землетрясений до 7 – в районе складчатого сооружения Кавказа. Миграция сейсмической активности далее в северо-восточном направлении от Скифо-Туранской платформы через Восточно-Европейскую платформу до складчатого сооружения Урала также может сопровождаться возникновением местных очагов землетрясений с магнитудой до 5,5. Наряду с возникновением местных очагов следует принимать во внимание и возможность усиления интенсивности сотрясений ввиду незначительного затухания сейсмических волн вдоль меридиональных структур сквозного тектонического пояса при землетрясениях от удаленных очагов области альпийской складчатости.

Данное обстоятельство следует учитывать при оценке сейсмической опасности регионов.

Библиографический список

1. Глубинные разломы сквозные // Геологический словарь: в 2 томах. Москва: Недра, 1978. Т. 1. С. 176.
2. Огаджанов В. А., Огаджанов А. В. Физико-геологические характеристики платформенной части Европейско-Африканского сквозного тектонического пояса // Геофизика. 2014. № 4. С. 33–39.
3. Bowin C. Global gravity maps and the structure of the Earth // The utility of Regional gravity and Magnetic Anomaly Maps / ed. W. J. Hinze; Soc. of Exploration. Geophysicists. Oklahoma, 1985. P. 88–101.
4. Trifonov V. G. The Map of active Faults in Eurasia: Principles. Methods and Results // Journal of Earthquake Prediction Research. 1996. Vol. 5, № 6. P. 326–347.



5. Трифонов В. Г. Живые разломы земной коры // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7, № 7. С. 66–44.
6. Леонов Ю. Г., Гуценко О. И., Копп М. Л., Расцветев Л. М. Взаимосвязь позднекайнозойских напряжений и деформаций в Кавказском секторе Альпийского пояса и в его северном платформенном обрамлении // Геотектоника. 2001. № 1. С. 36–59.
7. Взрывы и землетрясения на территории европейской части России / редакторы В. В. Адушкина, А. А. Маловичко. Москва : ГЕОС, 2013. 360 с.
8. Хаин В. Е. Общая геотектоника. Москва : Недра, 1973. 512 с.
9. Dorbath C., Dorbath L., Fairhead J. D., Stuart G. W. A teleseismic delay time study across the Central African Shear Zone in the Adamawa region of Cameroon, West Africa // Geophysics. 1986. № 86. P. 751–756.
10. Огаджанов В. А. Глубинные меридиональные структуры Восточно-Европейской платформы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 185–190. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-3-185-190>
11. Огаджанов В. А. О проявлениях сейсмичности в Поволжье после сильных землетрясений в бассейне Каспийского моря // Физика Земли. 2002. № 4. С. 48–54.
12. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / под редакцией Н. В. Шарова, А. А. Маловичко, Ю. К. Щукина : в 2 книгах. Петрозаводск : Кар НЦ РАН, 2007. Кн. 1. 381 с.
13. Уломов В. И., Данилова Т. И., Медведева Н. С., Полякова Т. П., Шумилина Л. С. К оценке сейсмической опасности на Северном Кавказе // Физика Земли. 2007. № 7. С. 31–45.

Поступила в редакцию 02.05.2023; одобрена после рецензирования 10.07.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 02.05.2023; approved after reviewing 10.07.2023; accepted for publication 28.07.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 193–204
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 193–204
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-193-204>, EDN: FHTVAH

Научная статья
УДК 563.45(116.3:470.4)

Представители рода *Botryosella* Schrammen, 1912 (Porifera, Hexactinellida) из верхнего мела Поволжья



Е. М. Первушов

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

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

Аннотация. Среди многочисленных и разнообразных позднеCRETACEOUS кремниевых губок, собранных на территории Поволжья, установлены ранее неизвестные здесь представители рода *Botryosella*. Анализ морфологии скелета с массивными поперечными выростами подтверждает проявление изоморфизма среди гексактинеллид и мнение о неразработанности описательной терминологии по морфологии скелетов этой группы порифер.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, *Botryosella*, поздний мел, Поволжье

Для цитирования: Первушов Е. М. Представители рода *Botryosella* Schrammen, 1912 (Porifera, Hexactinellida) из верхнего мела Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 193–204. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-193-204>, EDN: FHTVAH

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

Article

Representatives of the genus *Botryosella* Schrammen, 1912 (Porifera, Hexactinellida) from the Upper Cretaceous of the Volga region

Е. М. Pervushov

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

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

Abstract. Among the numerous and diversiform Late Cretaceous siliceous sponges collected throughout the Volga region, several representatives of the genus *Botryosella* have been encountered, previously unknown for the area. Analysis of the skeleton morphology, peculiar for massive transverse outgrowths, confirms manifestations of isomorphism in Hexactinellids and the opinion of inaccuracies available in the descriptive terminology applied to the skeletal morphology of this Porifera group.

Keywords: sponges, Hexactinellida, *Botryosella*, Late Cretaceous, the Volga region

For citation: Pervushov E. M. Representatives of the genus *Botryosella* Schrammen, 1912 (Porifera, Hexactinellida) from the Upper Cretaceous of the Volga region. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 193–204 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-193-204>, EDN: FHTVAH

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

Предисловие

При анализе собранного материала по ископаемым губкам Русской плиты изначально предполагался «системный» подход – подбор и изучение близкородственных групп в составе предполагаемого семейства. В качестве исходной модели исследований были выбраны представители *Ventriculitidae* [1, 2], в последующем – *Coeloptychiidae* и *Leptophragmidae* [3]. «Системность» выполняемых работ основывается на значительном количестве фоссилий хорошей сохранности, собранных из пород всех

ярусов верхнего мела многих местонахождений на территории юго-востока европейской части России. Допущенные неточности в определении фрагментов скелетов (*Aphrocallistes* [*Homobrachaticyathus*]) [2, с. 105] убедили автора данной статьи в обязательном рассмотрении скелетов гексактинеллид полной сохранности на микро- (спикульная решетка), мезо- (скульптура, ирригационная система) и макроуровне (габитус скелета, морфотип и уровень организации).

Трудности ревизии, рассмотрения голотипов, описания которых изданы во второй по-



ловине XIX и в первой половине XX века, и разнообразии строения скелетов многообразных представителей семейств Camerospongiidae, Euretidae, Zittelispongia, Craticulariidae обусловили подготовку локальных «системных» работ по отдельным родам (*Guettardiscyphia*, *Balantionella*) [4, 5]. В описаниях губок предшествующих исследователей, публикации которых расширили представления о видовом разнообразии, истории развития и пространственном распространении меловых форм, не обращено внимание на черты морфологии фоссилий, без анализа которых в настоящее время трудно однозначно интерпретировать содержание того или иного вида или рода.

Первые описания некоторых представителей родов и типовых видов (*Balantionella*, *Microblastium* и т. д.) [6] основывались на фрагментах стенки или на экземплярах с прижизненными искажениями. В ряде случаев неполное описание фоссилий компенсировалось удачным иллюстративным материалом, демонстрирующим узнаваемые элементы строения губок (*Tremabolites*, *Guettardiscyphia*). Характеристика рода порой основывалась на рассмотрении представителя группы лишь из одного геохронологического интервала (сеноманского или кампанского) [6, 7]. Материалы изучения морфогенеза представителей *Ventriculitidae*, *Coeloptychiidae* и *Leptophragmidae* и других гексактинеллид показывают, что на протяжении позднемелового времени происходили существенные изменения в строении скелетов губок, обусловленные, в частности, формированием модульных форм.

Отсутствие разработанного и общепринятого терминологического аппарата для описания разнообразных скелетов гексактинеллид привело к появлению «авторских» определений широкого понимания и, соответственно, к использованию неоднозначных критериев при выделении новых таксонов. В частности, при описании вида рассматриваются и приводятся изображения спикульной решетки, без указания ее структурной дифференциации (ризоидная, дермальная и т. д.). Это излишняя информация при характеристике вида, поскольку у представителей одного отряда (*Lychniscosa* или *Hexactinosa*) интерканальная решетка идентична. При характеристике рода, семейства обращается внимание на наличие и положение в структуре скелета специализированных разновидностей спикульной решетки – стенок поперечных каналов (*Microblastium*, *Sphenaulax*), дермальных (*Coeloptychium*, *Camerospongia*) и оскулярных мембран (*Coeloptychium*, *Guettardiscyphia*), дермального кортекса (*Cephalites*), ризоид и стержня (*Rhizopoterion*, *Sororistirps*). При изучении ископаемых гексактинеллид следует различать понятия «спикульная решетка», которая представлена несколькими морфофункциональными разновид-

ностями, и собственно «скелет» губки, ее габитус полной сохранности.

Материал и методика

Среди многочисленных скелетов представителей *Plocoscyphiinae* и *Euretidae* установлено 47 экземпляров фоссилий разной степени сохранности, характеризующихся родственными признаками и при этом выделяющихся среди рассматриваемых губок иными по строению элементами скелета и спикульной решетки. Выделенные в отдельную группу скелеты губок *Botryosella* найдены в отложениях верхнего сеномана, нижнего и верхнего сантона Волгоградского и Саратовского Правобережья, Тамбовской области. Скелеты препарированы с использованием растворов уксусной и органических кислот. Для финишной обработки дермального покрова применялась ультразвуковая ванна. Спикульная решетка изучалась под микроскопом Микромед MC2 Zoom 1A, на дермальной поверхности стенки и на сколах. Кремниевые спикулы обычно растворены и замещены тонковолокнистым кальцитом, гипсом и реже глауконитом. Перед фотографированием фоссилии пропитывались глицерином с целью выравнивания фототона и повышения контрастности изображения.

Губки, которые в данной публикации представлены как *Botryosella*, известны по материалам двух публикаций [7, 8], а в последующих справочных изданиях [9, 10] и в электронных базах данных эти ограниченные сведения повторяются. Материалы, изложенные ниже, основываются на большом фоссильном материале, сравнительном рассмотрении скелетов *Plocoscyphia* s.l. (*Lychniscosa*), *Balantionella*, *Eurete* s.l. и *Labyrintholites* (*Hexactinosa*).

Описательная часть

Lychniscosa Schrammen, 1902

А. Шраммен (Schrammen) [6, 7] обратил внимание на особенности строения спикульной решетки ископаемых гексактинеллид, которые оказались значимыми и наиболее достоверными для систематики представителей этой группы порифер. Среди губок с диктиональным построением спикульной решетки (*Duccionina*) им были выделены формы с фонарными (прободенными, перфорированными) спикулами с лихнисками (отряд *Lychniscosa*) и монолитными спикулами (отряд *Hexactinosa*). Подобное структурирование группы *Duccionina* изначально воспринимали не все палеонтологи [11] и рассматривали в ее составе только семейства. Изучение строения спикульной решетки, соотношения ее разновидностей в структуре скелета – это первоначальный шаг при изучении ископаемых гексактинеллид, позволяющий определить таксономическое положение фоссилии на уровне отряда. Изучение



Lychniscosa и *Hexactinosa* позволило установить проявления изоморфизма и проследить параллелизмы в развитии позднемеловых представителей этих двух обособленных групп.

А. Шраммен опубликовал описание большого количества ископаемых губок, в частности, из верхнемеловых отложений Германии [6, 7, 12]. Характеристика многих форм основывалась на единичных экземплярах и фрагментах скелетов из пород сеномана и кампана. На примере родов *Balantionella* (*Hexactinosa*) и *Microblastium* (*Lychniscosa*), представители которых установлены в отложениях всех ярусов верхнего мела на территории Поволжья, автор данной публикации показал, что первоначальная характеристика этих родов является неполной [1, 2, 5].

Поволжские *Botryosella*, в отличие от одноименных губок, представленных в справочных изданиях [9, 10], рассматриваются в составе отряда *Lychniscosa*. Это доказывается строением спикульной решетки, наличием лихнисков (табл. 2, фиг. 5; табл. 4, фиг. 2; табл. 5, фиг. 1 д-ж). На работе А. Шраммена [7], с описанием одного экземпляра единственного вида *Botryosella labyrinthica* Schrammen, 1912, основывается одно последующее упоминание этой формы [8]. Возможно, то, что *Botryosella* рассматривались в составе отряда *Hexactinosa* как представители рода *Eurete* [= *Polyscyphia*], отчасти объясняется проявлением изоморфизма этих губок.

Семейство *Botryosellidae* Schrammen, 1912

Botryosellidae – Schrammen, 1912, с. 259; Основы ..., 1962, с. 48.

Диагноз. Скелеты первично и вторично геммиформного строения. Система поперечных каналов не установлена, скульптура и субоскулюмы отсутствуют.

Состав. Типовой род.

Замечания. Внешний облик *Botryosellidae*, образованный пористой и шершавой скелетообразующей стенкой, внешне напоминает представителей семейства *Euretidae* (*Hexactinosa*): *Eurete* [= *Polyscyphia* Sinzov, 1878].

Филогенез. Наиболее ранние известные *Botryosellidae* – это одиночные формы с одним центральным оскулюмом и короткими поперечными выростами (*B. tuberculosa*). Сантонские представители рода – это колонии, скелет которых образован несколькими ветвями с оскулюмами разных очертаний.

Род *Botryosella* Schrammen, 1912

Botryosella: Schrammen, 1912, с. 259.

поп Хмилевский, 1969, с. 30.

Типовой вид – *Botryosella labyrinthica* Schrammen, 1912; верхний мел, Германия.

Диагноз. Губки унитарной и колониальной организации. Толщина стенки 3–4,5 мм. На поверхности слагающих скелет ветвей находятся

выросты в виде кнопок, диаметр которых возрастает к их маргинальной поверхности. Выросты в основании скелета незаметны, а по направлению вверх, к оскулюмам, их длина (5–16 мм) и диаметр (8–18/8–21 мм) увеличиваются. Размеры и очертания маргинальной поверхности очень изменчивы. Очертания маргинальной поверхности искажают четыре-шесть периферийных шипов. Форма, размеры и плотность расположения выростов различны на противоположных поверхностях скелета, что обусловлено прижизненной ориентацией губки к направлению течения и особенностями захоронения фоссилии в осадке. Периферические шипы соседних выростов иногда срастаются, образуя сетчатый покров, который камуфлирует зияния. В центре плоской или пологовыпуклой маргинальной поверхности выростов, которые расположены в нижней части скелета, развит ризоидный шип – основание пучков ризоидных спикул.

Состав. Два подрода: *Botryosella* (*Botryosella*) Schrammen, 1912; *Botryosella* (*Columna*), subgen. nov.

Замечания. В *Treatise ...* [10, с. 463] род *Botryosella* указан в качестве одного из младших синонимов *Eurete* Semper, 1868 в составе подсемейства *Euretinae* Zittel, 1877. Автор первого описания губок [7] не указал характерных морфологических признаков рода, которые представлены в настоящей статье.

Распространение. Сеноман – маастрихт Европы.

Подрод *Botryosella* (*Botryosella*) Schrammen, 1912

Botryosella: Schrammen, 1912, с. 259.

Типовой вид – *Botryosella labyrinthica* Schrammen, 1912; верхний мел, Германия.

Диагноз. Губки колониальной организации. Кустистый скелет образуют ветви с перемычками, между которыми расположены округлые зияния, стенки оскулюмов составляют общую пологовнутую верхнюю поверхность. На ветвях находятся многочисленные поперечные выросты. Редко, в верхней части ветвей, у верхнего края скелета и близ оскулюма, выделяется один субоскулюм, который морфологически отличается от оскулюмов округлой формой меньшего диаметра (3/5 мм) и вертикальным расположением.

Видовой состав. Пять видов: *Botryosella labyrinthica* Schrammen, 1912, *B. procera*, sp. nov., *B. conoidea*, sp. nov., *B. fasa*, sp. nov., *B. pastille*, sp. nov.

Распространение. Сантон – кампан Европы.

Botryosella labyrinthica Schrammen, 1912

Botryosella labyrinthica – Schrammen, 1912, с. 259, фиг. 3, табл. 9, фиг. 11;

поп – Хмилевский, 1969, с. 30, табл. 5, фиг. 2.



Описание. Скелет субсферических очертаний с многочисленными выростами.

Сравнение. Среди *Botryosella* выделяется габитусом скелета.

Замечания. Экземпляр губки, изображенный З. И. Хмилевским [8], обладает морфологическими признаками Euretidae (*Hexactinosa*).

Распространение. Нижний кампан Германи.

Botryosella procera, sp. nov.

Табл. 1, фиг. 1; табл. 2, фиг. 1–4.

Название вида от *procerus* (лат.) – высокорослый.

Голотип. Экз. СГУ № 122/6230–1; Саратовская область, Озерки; верхний мел, нижний сантон.

Описание. Скелет узкоконический и субцилиндрический, состоящий из семи-восьми субвертикальных ветвей высотой до 70–110 мм. Диаметр скелета (53–70/50–75 мм) максимален в верхней части или в его верхней трети. Сегменты парагастральной полости этих ветвей раскрываются в виде оскулюмов разных очертаний на пологой вогнутой поверхности или внутри вторичной полости, которая морфологически выражена в виде вторичного оскулюма диаметром 15/40 мм. Количество выростов варьирует от 50 до 60.

Сравнение. Среди родственных форм выделяется наибольшей высотой и почти вертикальным положением боковых поверхностей скелета.

Распространение. Нижний Сантон Поволжья. Александровка, Багаевка, Березина Речка, Вольск, Заплатиновка, Озерки (Саратовская область); Никольское (Тамбовская область).

Материал. 16 экземпляров.

Botryosella conoidea, sp. nov.

Табл. 2, фиг. 5; табл. 3, фиг. 1–3.

Название вида от *conoideus* (лат.) – конусообразный.

Голотип. Экз. СГУ № 122/8847; Саратовская область, Озерки-Петровские; верхний мел, нижний сантон.

Описание. Скелет конический невысокий, до 55–68 мм, реже до 70 мм. Максимальный диаметр в апикальной части до 44–55/53–60 мм. Четыре-пять оскулюмов разных очертаний и размеров (4–9/5–12 мм) приурочены к пологой вогнутой верхней поверхности скелета. Количество выростов до 18–23. Прижизненные искажения скелета выразились в изменении положения выростов (табл. 3, фиг. 3) и в развитии ризоидных шипов в его основании.

Сравнение. От *B. procera* отличается меньшими значениями высоты скелета и меньшим количеством ветвей, от *B. fasa* – и меньшим диаметром.

Распространение. Нижний сантон Поволжья. Мезино-Лапшиновка, Озерки-Петровские, Озерки, Пудовкино, г. Саратов (Лысая гора, Заплатиновка), Синенькие (Саратовская область), Алешники, Мирошники (Волгоградская область). Верхний сантон: г. Вольск (Коммунар).

Материал. 18 экземпляров.

Объяснения к таблицам. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулюм, P – сегмент парагастральной полости, Z – зияние межскелетного пространства, p – скелетообразующая стенка, pr – перемычка, sh – шип, vt – вырост, vt (subo) – вырост с субоскулюмом, vt – ветвь. Длина масштабной линейки 10 мм, кроме изображений спикульной решетки.

Таблица 1. Фиг. 1. *Botryosella procera*, sp. nov., голотип. Экз. СГУ, № 122/6230–1: 1a, 1б, 1в – вид сбоку, со смежных сторон, 1г – сверху, 1д – снизу; Саратовская обл., Озерки-1, нижний сантон.

Таблица 2. Фиг. 1. *Botryosella procera*, sp. nov. Экз. СГУ, № 122/8726: вид сбоку. Саратовская обл., Александровка, нижний сантон. Фиг. 2. *Botryosella procera*, sp. nov., паратип. Экз. СГУ, № 122/147: вид сбоку; г. Саратов, нижний сантон. Фиг. 3. *Botryosella procera*, sp. nov. Экз. СГУ, № 122/8817: апикальная часть скелета, 3a – вид сбоку, 3б – снизу; Саратовская обл., Александровка, нижний сантон. Фиг. 4. *Botryosella procera*, sp. nov. Экз. СГУ, № 122/4613: вид сбоку; Саратовская обл., Александровка, нижний сантон. Фиг. 5. *Botryosella conoidea*, sp. nov. Экз. СГУ, № 122/7817: сегмент спикульной решетки; Саратовская обл., Озерки, нижний сантон. Масштабная линейка 1 мм.

Таблица 3. Фиг. 1. *Botryosella conoidea*, sp. nov., голотип. Экз. СГУ, № 122/8847: 1a, 1б – вид сбоку, со смежных сторон, 1в – сверху; Саратовская обл., Озерки-Петровские, нижний сантон. Фиг. 2. *Botryosella conoidea*, sp. nov., паратип. Экз. СГУ, № 122/8353: 2a, 2б – вид сбоку, со смежных сторон; Волгоградская обл., Алешники, нижний сантон. Фиг. 3. *Botryosella conoidea*, sp. nov. Экз. СГУ, № 122/8808: смещенное расположение элементов скелета, вид сбоку; Саратовская обл., г. Вольск, Коммунар, верхний сантон. Стрелка отображает направление течения и смещения элементов скелета.

Таблица 4. Фиг. 1. *Botryosella fasa*, sp. nov., голотип. Экз. СГУ, № 122/8675: 1a – вид сверху, 1б – снизу, 1в – сбоку; Саратовская обл., Александровка, нижний сантон. Фиг. 2. *Botryosella fasa*, sp. nov. Экз. СГУ, № 122/7411: сегмент спикульной решетки; Саратовская обл., Озерки, нижний сантон. Масштабная линейка 1 мм.

Таблица 5. Фиг. 1. *Botryosella fasa*, sp. nov., паратип. Экз. СГУ, № 122/7818: 1a – вид снизу, 1б – сбоку, широкая сторона, 1в – сверху, 1г – сбоку, узкая сторона, 1д, 1е, 1ж – сегменты спикульной решетки; Саратовская обл., Озерки, нижний сантон. Масштабная линейка 1 мм.

Таблица 6. Фиг. 1. *Botryosella tuberculosa*, sp. nov., голотип. Экз. СГУ, № 122/5037: 1a, 1б – вид сбоку, со смежных сторон, 1в – сверху; Волгоградская обл., Меловатка, верхний сеноман. Фиг. 2. *Botryosella tuberculosa*, sp. nov., паратип. Экз. СГУ, № 122/315: 2a, 2б – вид сбоку, со смежных сторон, 2в – сверху; Волгоградская обл., Меловатка, верхний сеноман. Фиг. 3. *Botryosella pastilli*, sp. nov., голотип. Экз. СГУ, № 121/172: 3a – вид сверху, 3б – снизу, 3в – сбоку; Саратовская обл., г. Саратов, нижний сантон. Фиг. 4. *Botryosella pastilli*, sp. nov., паратип. Экз. СГУ, № 122/5793: 1a – вид сверху, 1б – сбоку; Саратовская обл., Озерки, нижний сантон.



Таблица 1

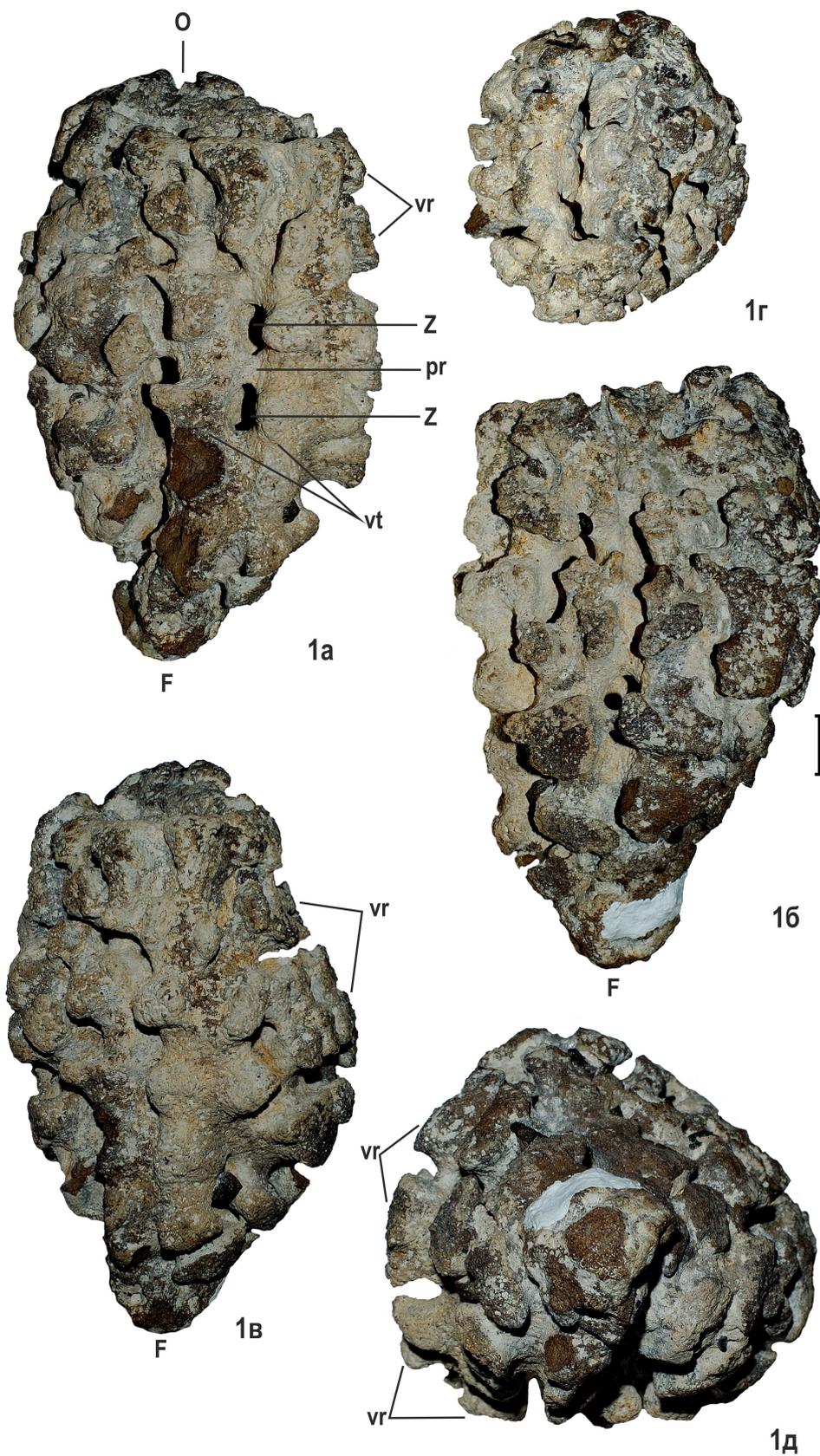




Таблица 2

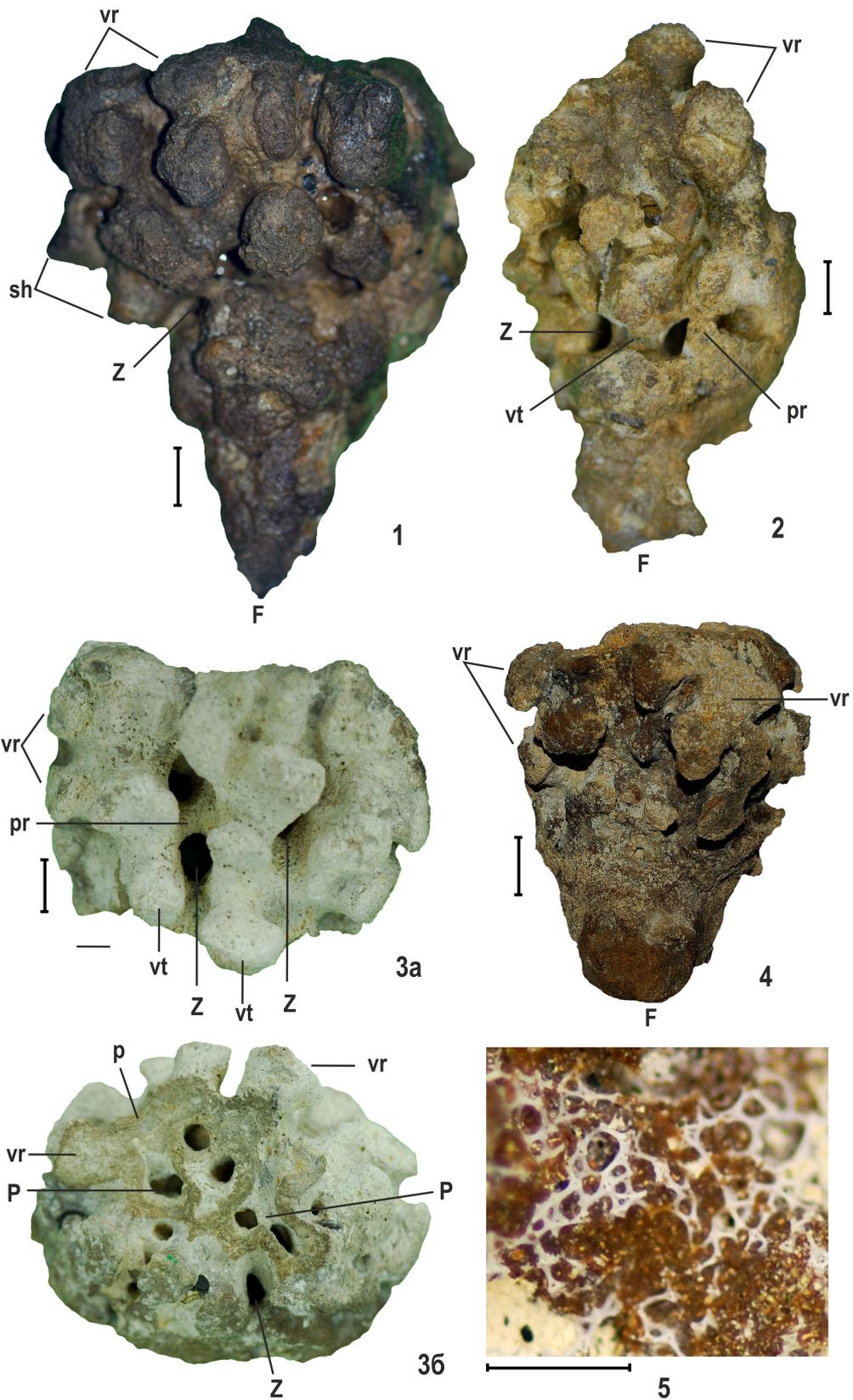




Таблица 3

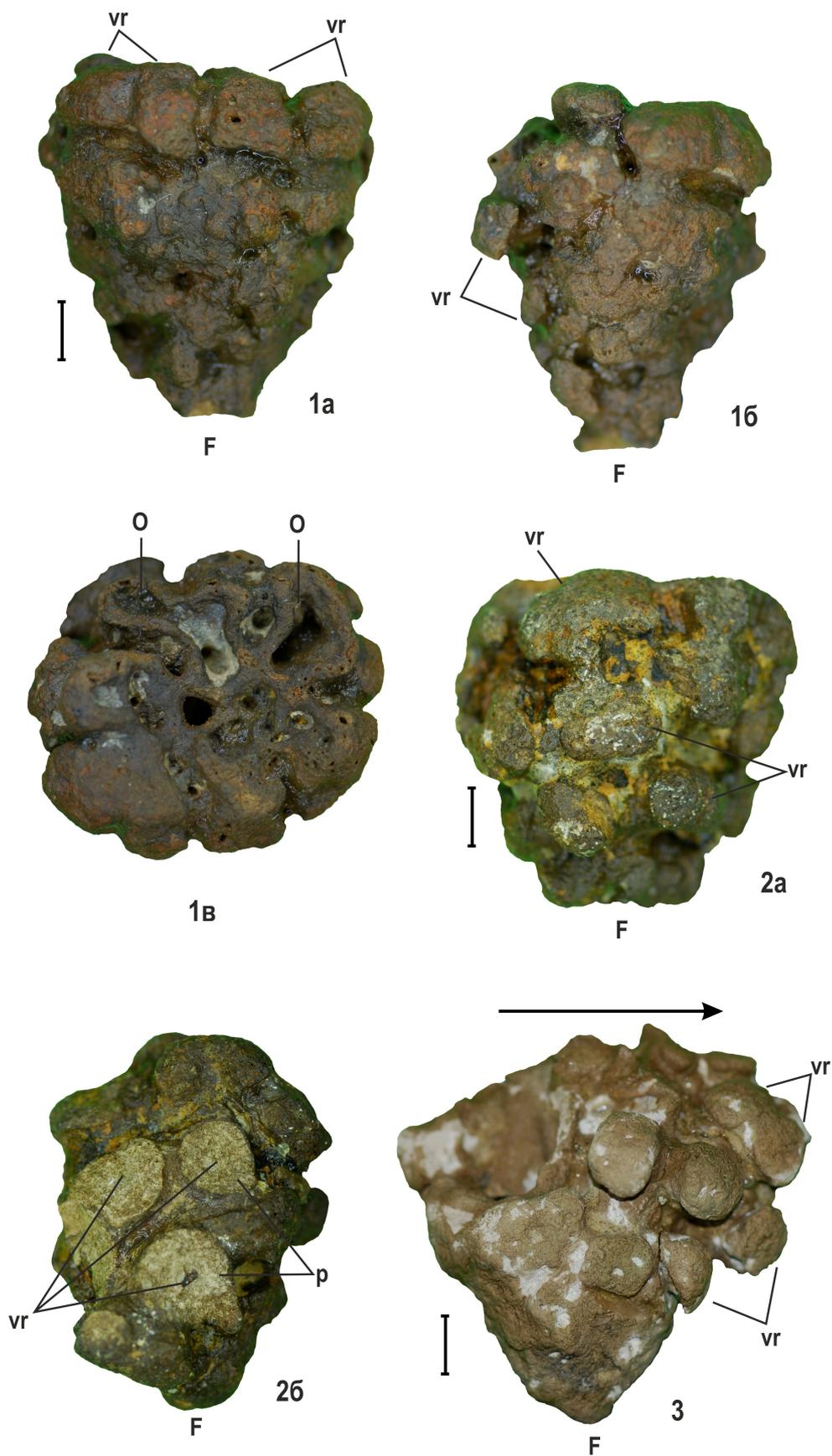




Таблица 4

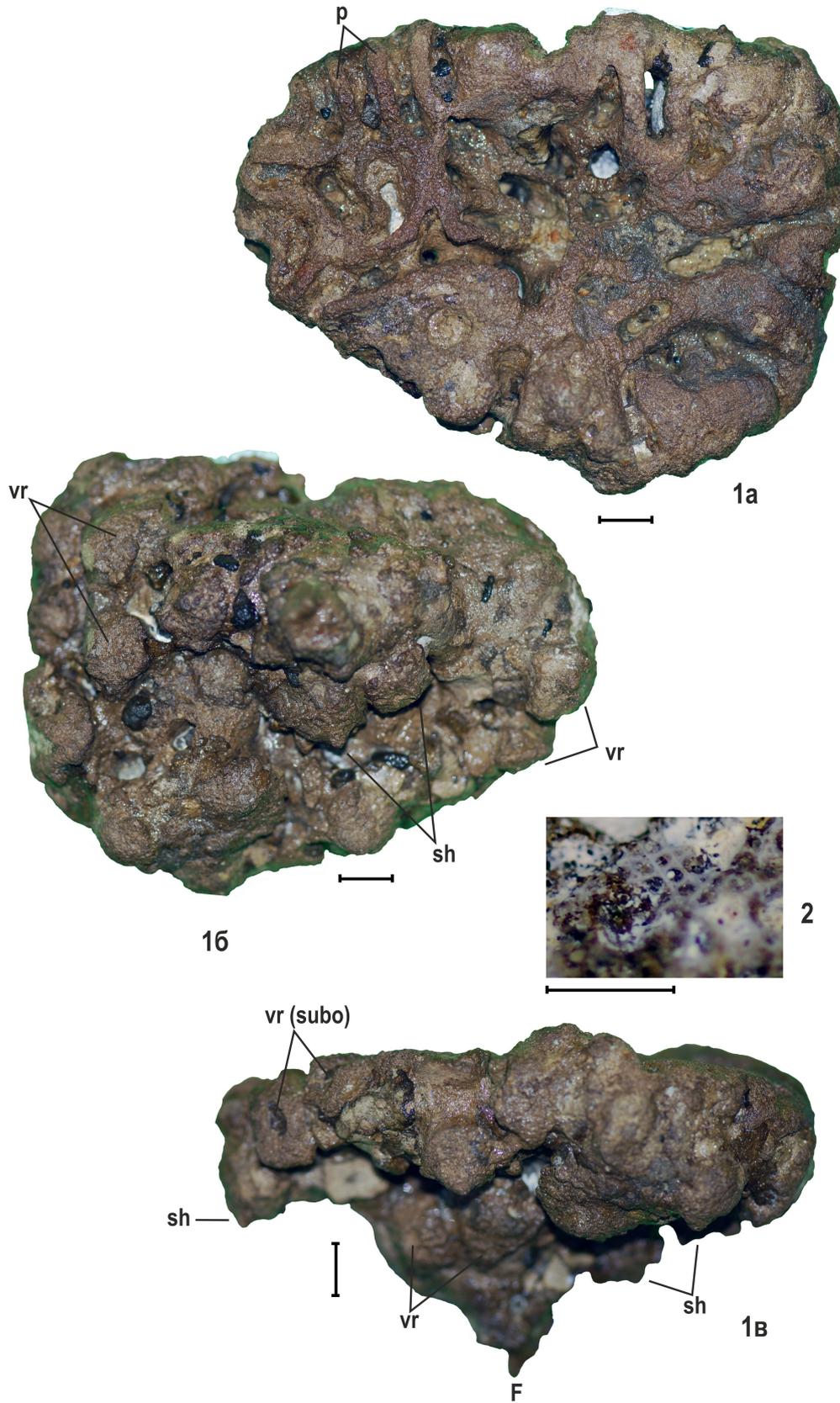




Таблица 5

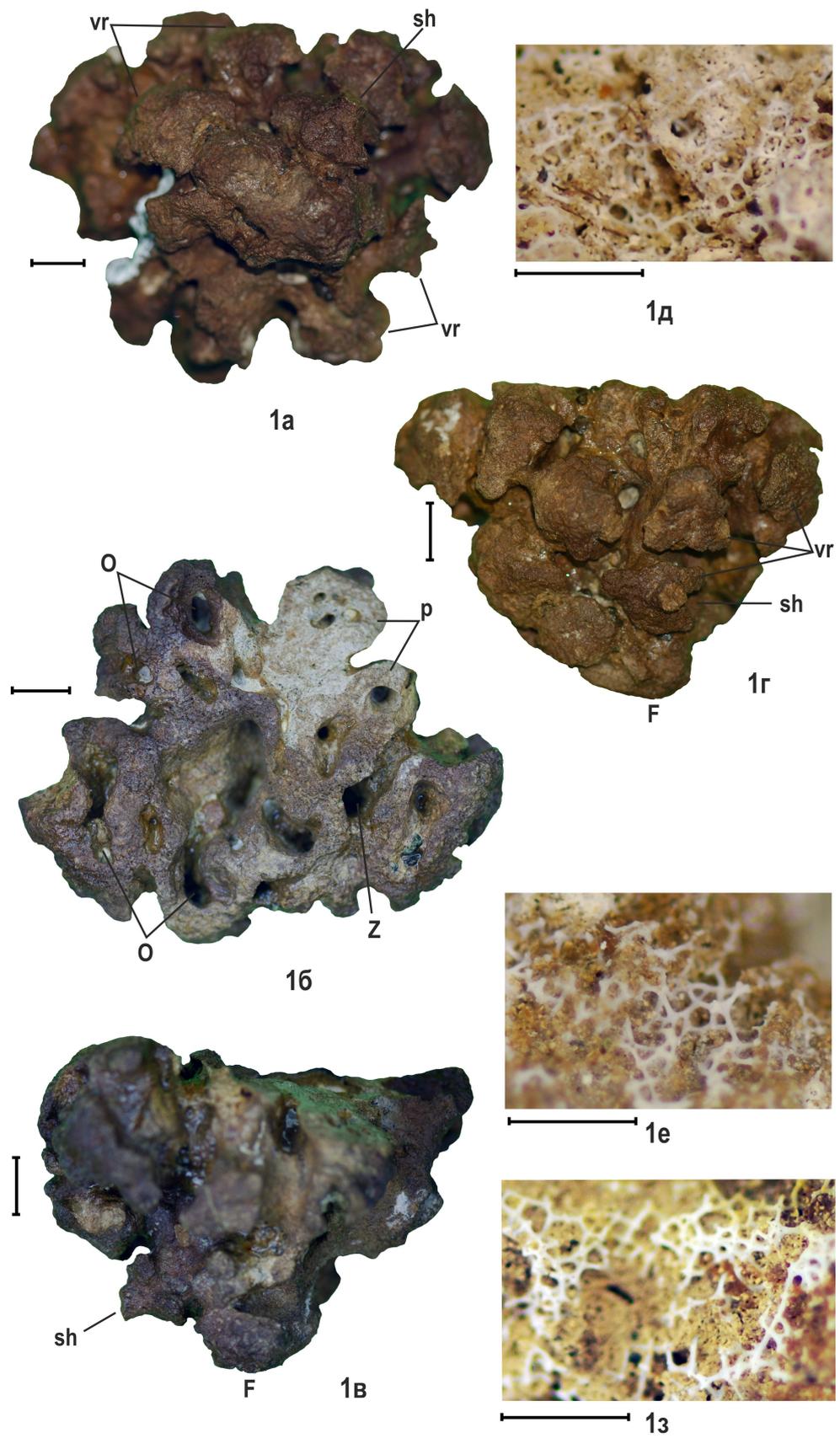
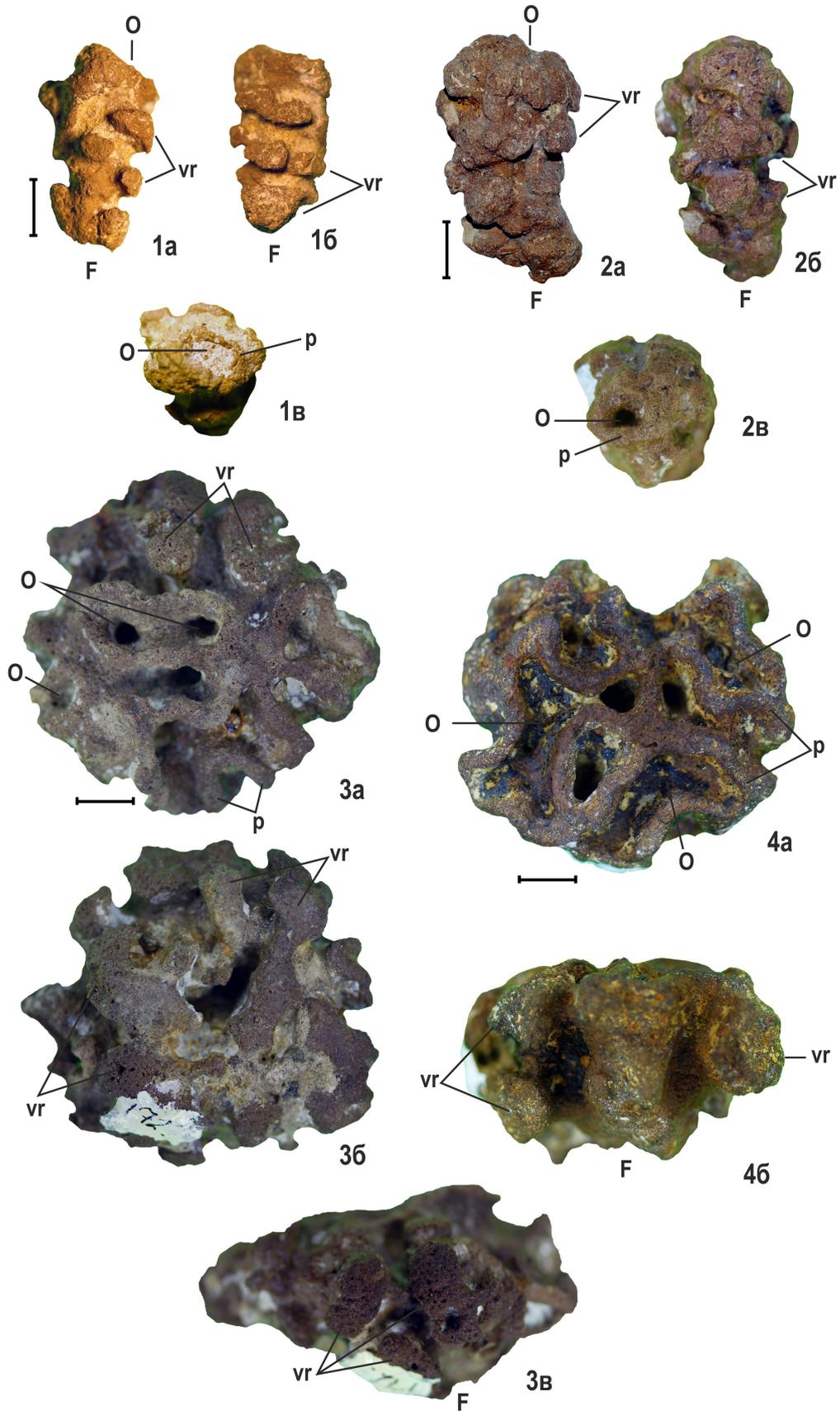




Таблица 6





Botryosella fasa, sp. nov.

Табл. 4, фиг. 1–2, табл. 5, фиг. 1.

Название вида от *fasus* (лат.) – широкий, обширный.

Голотип. Экз. СГУ № 122/8675; Саратовская область, Александровка, верхний мел, нижний сантон.

Описание. Скелет ширококонический высотой 50–65 мм и диаметром в апикальной части до 69–88/85–113 мм. Количество выростов до 20–23. Очертания семи-десяти оскулюмов округлые и щелевидные, размером 4–7/7–11 мм. Основание некоторых скелетов в виде сосцевидного выроста.

Сравнение. Среди *Botryosella* выделяется широким коническим скелетом.

Распространение. Нижний сантон Саратовского Поволжья: Александровка, Озерки, Пудовкино, Репная Вершина.

Материал. 6 экземпляров.

Botryosella pastilli, sp. nov.

Табл. 6, фиг. 3–4.

Название вида от *pastille* (лат.) – лепешка, лепешечка.

Голотип. Экз. СГУ № 121/172; г. Саратов; верхний мел, нижний сантон.

Описание. Скелет дисковидный высотой до 28–30 мм и диаметром 46–53/52–60 мм. Очертания трех-пяти оскулюмов, как и их размеры (5–8/6–10 мм), разнообразны, верхние участки стенки иногда очерчивают два оскулюма. Выросты в количестве от 12 до 20 расположены на узкой боковой поверхности скелета и слагают его основание, где два-три выроста сливаются воедино. Единичные мелкие выросты заметны на верхней поверхности скелета.

Замечания. Небольшая высота скелета и плотное расположение стенок не позволяют проследить взаиморасположение ветвей (модулей).

Сравнение. От родственных форм отличается габитусом скелета, небольшой его высотой при больших значениях диаметра.

Распространение. Нижний сантон Саратовского Правобережья: Александровка, Озерки, г. Саратов.

Материал. 4 экземпляра.

Подрод *Botryosella* (*Columna*), subgen. nov.

Типовой вид – *Botryosella* (*Columna*) *tuberculosa*, sp. nov.; верхний мел, Поволжье.

Диагноз. Губки унитарной организации и геммиформного строения. В центре апикальной части скелета верхний край стенки очерчивает оскулюм.

Видовой состав. Типовой вид.

Распространение. Сенман Поволжья.

Botryosella (*Columna*) *tuberculosa*, sp. nov.

Табл. 6, фиг. 1–2.

Название вида от *tuberculosis* (лат.) – узловатый.

Голотип. Экз. СГУ № 122/5037; Волгоградская область, Меловатка; верхний мел, верхний сенман.

Описание. Скелет губки высотой 35–45 мм, от центрального узкого конического бокала по всей его высоте хаотично и в виде сегментов спиралей расположены поперечные короткие выросты в количестве до 16–18. Длина выростов 5–6 мм, диаметр 5–9/6–9 мм. Диаметр скелета максимален в верхней его части – 17–25/20–26 мм. Диаметр округлого оскулюма 6–8/8–10 мм.

Замечания. Губки известны в составе пиннерских поселений совместно с низкорослыми *Balantionella* и многочисленными *Placoscyphia*.

Сравнение. Среди родственных форм выделяется унитарным уровнем организации, небольшими размерами скелета и выростов.

Распространение. Верхний сенман Поволжья: Меловатка (Волгоградская область), г. Саратов.

Материал. 3 экземпляра.

Библиографический список

1. Первушов Е. М. Позднемеловые вентрикулитидные губки Поволжья // Труды НИИ геологии Саратовского университета. 1998. Т. 2. 168 с.
2. Первушов Е. М. Состав и структура семейства *Ventriculitidae* (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 49–62. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-49-62>, EDN: ZADHTV
3. Первушов Е. М. Позднемеловые скелетные гексактинеллиды России. Морфология и уровни организации. Семейство *Ventriculitidae* (Phillips, 1875), partim; семейство *Coeloptychiidae* Goldfuss, 1833 – (*Lychniscosa*); семейство *Leptophragmidae* (Goldfuss, 1833) – (*Hexactinosa*). Саратов: Научная книга, 2002. 274 с. EDN: OZXTXZ
4. Первушов Е. М. Морфогенезы позднемеловых *Guettardiscyphia* (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 109–116. 10.18500/1819-7663-2016-16-2-109-116, EDN: WDCVZV
5. Первушов Е. М. Род *Balantionella* Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 122–134. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-2-122-134>, EDN: XPILZB
6. Schrammen A. Neue Hexactinelliden aus der oberen Kreide // Mitt. Roemer-Muss. Hindelsheim, 1902. № 15. 26 S.
7. Schrammen A. Die Kieselspongien der Oberen Kreide von Nordwestdeutschland. Teil 2 // Paleontographica. Stuttgart, 1912. Bd. 5. 385 S.
8. Хмилевский З. И. Некоторые виды триаксонид из сенманских отложений в окрестностях г. Городенка // Палеонтологический сборник. 1969. № 6, вып. 2. С. 19–31.
9. Основы палеонтологии. Губки. Археоциаты. Москва; Ленинград: Издательство АН СССР, 1962. 485 с.



10. Treathis on Invertebrate Paleontology. Part E (Revised), Porifera. Vol. 3. The Geological Society of America & The University of Kansas. Boulder & Lawrence, 2004. 872 p.

11. Цуммель К. Основы палеонтологии (Палеозоология). Ч. 1. Беспозвоночные. Ленинград ; Москва ; Грозный ; Но-

восибирск : Государственное научно-техническое горно-геолого-нефтяное издательство, 1934. 1056 с.

12. Schrammen A. Die Kieselspongien der Oberen Krede von Nordwestdeutschland. Teil 3–4 // Monogr. Geol. und Paleontol. Ser. 1. 1924. Heft 2. 159 S.

Поступила в редакцию 23.01.2023; одобрена после рецензирования 17.04.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 23.01.2023; approved after reviewing 17.04.2023; accepted for publication 28.07.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 205–212

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 205–212

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-205-212>, EDN: FLPPUD

Научная статья
УДК 563.45(116.3:470.4)

Первые представители рода *Cameroptychium* Leonhard, 1897 (Porifera, Hexactinellida) из верхнего мела Поволжья



Е. М. Первушов

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

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

Аннотация. Описаны первые представители *Cameroptychium* на территории России, которые установлены в породах верхнего мела Поволжья. Рассматривается лабиринтовое строение скелета и модульный, колониальный уровень организации этих губок, что свойственно многим поздне меловым гексактинеллидам. Распространенное проявление изоморфизма свидетельствует о конечности формообразования представителей Hexactinellida. Происхождение *Cameroptychium* соотнесено с сантонскими *Plocoscyphia*.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, *Cameroptychium*, филогения, поздний мел, Поволжье

Для цитирования: Первушов Е. М. Первые представители рода *Cameroptychium* Leonhard, 1897 (Porifera, Hexactinellida) из верхнего мела Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 205–212. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-205-212>, EDN: FLPPUD

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

Article

The first representatives of the genus *Cameroptychium* Leonhard, 1897 (Porifera, Hexactinellida) from the Upper Cretaceous of the Volga region

Е. М. Pervushov

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

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

Abstract. The first representatives of *Cameroptychium* on the territory of Russia, which are established in the rocks of the Upper Cretaceous of the Volga region, are described. The labyrinthine structure of the skeleton and the modular, colonial level of organization of these sponges are considered, which is typical for many Late Cretaceous Hexactinellids. The widespread manifestation of isomorphism indicates the finiteness of the formation of representatives of Hexactinellida. The origin of *Cameroptychium* is correlated with Santonian *Plocoscyphia*.

Keywords: sponges, Hexactinellida, *Cameroptychium*, Phylogeny, Late Cretaceous, Volga region

For citation: Pervushov E. M. The first representatives of the genus *Cameroptychium* Leonhard, 1897 (Porifera, Hexactinellida) from the Upper Cretaceous of the Volga region. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 205–212 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-205-212>, EDN: FLPPUD

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

Предыстория

Одним из направлений при подготовке каталога поздне меловых губок Поволжья являются анализ и предварительное определение ранее неопisanного фоссильного материала. При рассмотрении разнообразных и многочисленных гексактинеллид, *Plocoscyphia* и *Etheridgia* (*Lychniscosa*), *Eurete* и *Labyrintholites* (*Hexactinosa*), выделено несколько скелетов, отличающихся строением стенки вокруг субоску-

люмов. Анализ публикаций по поздне меловым губкам Западноевропейской палеобиогеографической провинции показал, что это представители рода *Cameroptychium* [1], ранее неизвестные на территории бывшего СССР [2]. При отсутствии общепринятого терминологического описательного аппарата текстовая характеристика фоссилии не столь информативна, как ее качественные фотографии. Изображения скелета (табл. 1) с разной детальностью демонстрируют характерные особенности строения



скелета этих губок – большую площадь стенок вокруг оскулюмов и перемычки между ними. К сожалению, как и во многих случаях при рассмотрении ископаемых гексактинеллид, история изучения *Cameroptychium* отражает разночтения в понимании морфологии скелета и, соответственно, в систематическом положении этих губок [1–5].

Материал и методика

Скелеты *Cameroptychium* извлечены из карбонатно-терригенных пород нижнего сантона Саратовской области. Фоссилии препарированы, в частности, с использованием растворов уксусной и органических кислот. Для финишной обработки дермального покрова применялась ультразвуковая ванна. Спикульная решетка изучалась под микроскопом Микромед MC2 Zoom 1A, на дермальной поверхности стенки и на сколах. Перед фотографированием фоссилии пропитывались глицерином.

Описательная часть

Lychniscosa Schrammen, 1902
Семейство *Camerospongiidae* Orbigny, 1849

Диагноз. Губки транзитного и колониального уровня организации. Скелеты первично и вторично геммиформных и лабиринтовых губок, в строении которых многочисленны модули с субоскулюмами и разделяющие их зияния. Система поперечных каналов и скульптура отсутствуют. В структуре скелета некоторых представителей характерно развитие терминальной линии, ниже которой прослеживаются субоскулюмы, а выше – кортикальная мембрана, перекрывающая верхнюю половину скелета (*Camerospongia*, *Tremabolites*). Субплоское основание скелетов образуют несколько горизонтально расположенных модулей, на нижней поверхности которых находятся короткие косые шиповидные ризоиды.

Состав. *Camerospongiinae* Orbigny, 1849, *Becksiinae* Schluter, 1868, *Plocoscyphiinae* Reuss, 1846, ?*Tremabolitinae* Zittel, 1878.

Замечания. Общепринятой системы семейства и ее таксономического состава нет.

Подсемейство *Plocoscyphiinae* Reuss, 1846

Диагноз. Губки транзитного уровня организации, в скелетах первичного и вторичного геммиформного строения доминируют неоднократно дихотомизирующие модули с субоскулюмами. Габитус преимущественно тонкостенных скелетов сферический и полусферический, веретенообразный и булавовидный. Сегменты модулей открываются в центральную парагастральную полость, которая раскрывается во вторичный оскулюм, расположенный в верхней и центральной частях скелета.

Состав. *Plocosyphia* Reuss, 1846 [= *Exanthesis* Regnard, 1926], *Paraplocia* Pomel, 1872, *Cameroptychium* Krupp, 2010.

Род *Cameroptychium* Krupp, 2010

Cameroptychium: Krupp, 2010, с. 46–58.

Типовой вид – *Cameroptychium scharnhorsti* Krupp, 2010; верхний мел, нижний кампан, зона *Galeola senonensis*, Германия.

Диагноз. Трубковидные модули диаметром до 5–7 мм образуют шаровидный и полусферический скелет с центральной парагастральной полостью и вторичным оскулюмом. Толщина стенки 2,5–4 мм. Основание слагают нижние поверхности модулей (ветвей), плотно расположенных и радиально ориентированных от центра скелета. Модули поднимаются вверх и дихотомизируют в вертикальной плоскости, а на их внешней поверхности диагонально и поперечно расположены сателлиты (выросты) с субоскулюмами. Сателлиты короткие воронкообразные за счет увеличения толщины стенки к их апикальной части, вокруг субоскулюмов. Очертания субоскулюмов, их размеры и ориентация варьируют в значительных пределах. Субоскулюмы с расширенной поверхностью стенки формируют оригинальный облик скелета. Характерным элементом скелета являются и перемычки, соединяющие соседние субоскулюмы. Широкие перемычки составляют участки ровной дермальной поверхности скелета. В основании скелета, на нижней поверхности модулей, расположены ризоиды. Зияния прослеживаются между модулями в основании скелета и по всей его высоте.

Видовой состав. Три вида. *Cameroptychium scharnhorsti* Krupp, 2010; *C. sphaericus*, sp. nov., *C. hemisphaerium*, sp. nov.

Замечания. 1. Исходный типовой вид *Cameroptychium* (*Camerospongia*) *patella* Leonard, 1897 рассматривается нами как представитель рода *Coeloptychium* [6]. Первое описание губки сопровождается литография [3; табл. 1, фиг. 2a, b, c] скелета с отчетливо выраженной кортикальной мембраной терминаторной (маргинальной) поверхности плициформного скелета и с субоскулюмами на нижней поверхности лопастей. Это характерные признаки губок *Coeloptychium* Goldfuss, 1833. Автор [3] предполагал, что описанный им единственный экземпляр является переходной формой между *Coeloptychium* и *Camerospongia*, это и нашло отражение в названии нового рода – *Cameroptychium*. Нижняя поверхность отворота лопастей с субоскулюмами отображена на рис. 2, с [3], что позволяет данный экземпляр рассматривать как *Coeloptychium patellus* [6]. Эта же форма указана в *Treatise ...* [5, с. 527, фиг. 2a, b, c] в качестве типового вида *Cameroptychium*.

2. Анализ изображения [1, с. 52–53, рис. 2, a–b] губки *Cameroptychium serotinum* Schrammen,



1924 [1, 4], позволяет рассматривать данную фоссилию в составе рода *Camerosporgia* по присутствию характерной кортикальной мембраны в верхней половине скелета и по отсутствию свойственных *Camerortyichium* выростов с субоскулюмами.

3. В Treatise ... [5, с. 463] род *Camerortyichium*, вместе с *Etheridgia* Tate, указан в составе нового подсемейства *Camerortychinae* (семейство *Coelortychiidae* Roemer, 1864). Изучение доступных сборов скелетов гексактинеллид позволяет считать подобные систематические построения необоснованными. Скелеты *Coelortyichium* характеризуются **вторично плициформным** построением с субоскулюмами на поверхности лопасти и наличием терминаторной (маргинальной) поверхности [6]. Скелет *Camerortyichium* представляет собой **кустистое** взаиморасположение **трубчатых** модулей с наружными сателлитами и с субоскулюмами.

4. В «Основах палеонтологии» [2] *Camerortyichium* упоминается в составе семейства *Camerospongiidae* Schrammen, 1912.

Филогения. Мнение о происхождении *Camerortyichium* от *Plocoscyphia* основывается на морфологическом сходстве ранних *Camerortyichium* (*C. hemisphaerium*) с раннесантонскими представителями *Plocoscyphia*. Скелеты сравниваемых *Plocoscyphia* и *Camerortyichium* полусферические с широким основанием. В историческом развитии *Camerortyichium* отмечаются увеличение количества сателлитов с субоскулюмами и возрастание площади наружной поверхности, сложенной перемычками и стенками субоскулюмов. В скелете кампанских представителей рода более развита система ризоидов, длинных и опущенных вниз, что может быть объяснено адаптацией губок к более рыхлому субстрату и высокой зоной взмучивания.

Изоморфизм. Раннесантонские представители рода морфологически очень близки с полусферическими *Plocoscyphia*, что и позволяет рассматривать версию их филогенетической связи. У *Camerortyichium* и *Botryosella* сходно строение сателлитов и их расположение в структуре скелета, но в строении *Botryosella* субоскулюмы не установлены. Скелеты *Camerortyichium* с большим количеством сателлитов большого диаметра, которые перекрывают зияния, напоминают внешний облик *Etheridgia* (*Lychniscosa*), а иногда и *Labyrintholites* (*Hexactinosa*).

Палеоэкология. На юго-востоке Восточноевропейской провинции сантонские *Camerortyichium* характеризуются небольшой высотой изометричного скелета с широким основанием. Это может свидетельствовать об обитании губок на подвижном субстрате в интервале средней сублиторали, при воздействии стонно-нагонных течений. Кампанские формы Западноевропейской провинции обитали в батиметрически более низких интервалах,

под влиянием умеренных ламинарных течений, что обусловило развитие у губок удлиненных субвертикальных ризоидов для существования на субстрате с высоким этажом зоны взмучивания.

Тафономия. Скелеты западно-европейских форм выполнены кремнеземом, отличаются полной сохранностью в автохтонных захоронениях. Скелеты поволжских форм известны из субавтохтонных захоронений, селективно фосфатизированы и фрагментированы.

Сравнение. От *Plocoscyphia* отличается большей толщиной стенки, что особенно заметно близ субоскулюмов, и наличием широких перемычек, из-за которых скелет поздних *Camerortyichium* принимает массивный облик.

Распространение. Нижний сантон – нижний кампан Европы.

Camerortyichium scharnhorsti Krupp, 2010

Табл. 1, фиг. 1–6.

Camerortyichium scharnhorsti – Krupp, 2010, с. 46–58, текст-фиг. 1, табл. 1–3.

Описание. Скелет высотой 28–70 мм, сферического и конусовидного габитуса с выпуклой поверхностью. Наибольшие значения диаметра скелета, до 20–120 мм, характерны для нижней или средней части, для большинства форм это значение составляет 40–65 мм. Вторичный оскулюм занимает верхнюю субплоскую часть скелета округлых и полилопастных очертаний, диаметром от 14 до 40 мм, у большинства форм – 20–25 мм. В строении некоторых форм субоскулюмы расположены вертикальными рядами, подчеркивая ориентацию несущих модулей, которые разделены сливающимися воедино зияниями. В этом случае вертикальные перемычки соединяют лишь два соседних субоскулюма (см. табл. 1, фиг. 1). При иррегулярном расположении субоскулюмов перемычки соединяют стенки трех-четырёх выростов, а иногда стенки вокруг субоскулюмов очень широкие и сливаются воедино с перемычками (см. табл. 1, фиг. 3). Основание скелета субплоское, с мелкими ризоидами диаметром 2–3 мм и округлыми зияниями. У некоторых форм ризоиды тонкие дихотомирующие, длиной до 15–20 мм, вертикально и диагонально опущенные.

Замечания. При описании вида на трех таблицах [1] приведены изображения нескольких экземпляров. Возможно, некоторые из них (см. табл. 1, фиг. 1, 3) представляют собой разные виды, так как отличаются габитусом скелета и взаиморасположением субоскулюмов.

Сравнение. От сантонских представителей рода отличается габитусом скелета и большой площадью его наружной поверхности, которую слагают стенки сателлитов и перемычки.

Распространение. Нижний кампан, зона *Galeola senonensis*, Германия.



Материал. 11 экз. Характеристика вида основана на описании [1] с учетом используемых представлений и терминологии по модульной организации позднемеловых гексактинеллид [7].

Cameroptychium sphaericus, sp. nov.
Табл. 2, фиг. 1.

Название вида от *sphaericus* (лат.) – сферический.

Голотип. Экз. СГУ № 122/5253; Саратовская область, Озерки; верхний мел, нижний сантон.

Описание. Скелет сферический, высотой 50–53 мм, верхняя и нижняя поверхности субплоские. Диаметр скелета максимален в средней по высоте части и составляет 70/73 мм. Вторичный оскулюм полилопастных очертаний, размером 20–23/30–33 мм, между лопастями расположены сателлиты с субоскулюмами. Скелет составляют пять-семь модулей, которые поднимаются от центра основания скелета и неоднократно дихотомизируют по направлению вверх. От модулей к наружной поверхности скелета распространены многочисленные сателлиты с субоскулюмами. Длина сателлитов до 10–12 мм, диаметр апикальной части 10–14/13–18 мм, при этом толщина стенки возле субоскулюмов достигает 3,5–10 мм. Субоскулюмы, находящиеся близ оскулюма, округлые и расположены на вертикальных выростах. В средней части скелета сателлиты расположены горизонтально, и очертания субоскулюмов в этом случае разнообразны. Значения диаметра субоскулюмов изменяются в пределах 2,2–5/3–9 мм. Зияния протяженные и извилистые, шириной до 5 мм, их контуры перекрываются перемычками от двух-трех соседних выростов. Основание скелета пологовыпуклое бугристое, с многими мелкими ризоидами, расположенными в виде концентрических и радиальных рядов. Зияния здесь редкие и мелкие ввиду сращения выростов соседних модулей.

Замечания. В основании скелета присутствует желваковый фосфорит размером 15×20 мм, к которому изначально прикреплена губка. Дисимметрия скелета прослеживается по разной плотности расположения выростов на противоположных его сторонах.

Сравнение. От *C. scharnhorsti* отличается сферическим габитусом, почти незаметными ризоидами и меньшей площадью перемычек и стенок субоскулюмов.

Распространение. Как у голотипа.
Материал. Голотип.

Cameroptychium hemisphaerium, sp. nov.
Табл. 3, фиг. 1–2.

Название вида от *hemisphaerium* (лат.) – полушарие, полусфера.

Голотип. Экз. СГУ № 121/251; г. Саратов, карьер завода силикатного кирпича; верхний мел, нижний сантон.

Описание. Скелет полусферический высотой 32–41 мм. Верхняя часть скелета пологовыпуклая, основание субплоское и округлое диаметром 60/70 мм. Скелетообразующая стенка очерчивает оскулюм в виде четырех-пяти лопастей разной протяженности, из которых одна или две опускаются до терминаторной линии. Между лопастями оскулюма располагаются семь-девять сателлитов с субоскулюмами. Длина выростов до 7–10 мм, диаметр их апикальной части 3–14/15–19 мм. Диаметр субоскулюмов 6–7/6–13 мм, а толщина стенки вокруг них возрастает до 4,5–6 мм. Нижняя поверхность пяти-семи модулей, слагающих основание скелета, уплощенная, на всем протяжении ее боковых участков расположены куцые шиповидные ризоиды. Два-три более заметных ризоида приурочены к центру нижней поверхности модулей, а один составляет центр основания скелета. Крупные зияния заметны на нижней и верхней поверхностях скелета, подчеркивая обособленность выростов с субоскулюмами.

Сравнение. От *C. sphaericus* отличается низким полусферическим габитусом скелета и меньшим количеством субоскулюмов. От *C. scharnhorsti* отличается и меньшей площадью поверхности скелета, которую слагают перемычки и стенки субоскулюмов: у *C. hemisphaerium* стенки на всех соседних субоскулюмах соединяются перемычками, которые известны только между двумя соседними выростами (табл. 3, фиг. 1а).

Распространение. Нижний сантон Поволжья (Пудовкино, Саратов).

Материал. 4 экземпляра.

Объяснения к таблицам. Условные обозначения: O – оскулюм, DO – вторичный оскулюм, R – ризоид, CR – центральный ризоид, Z – зияние межскелетного пространства, Fs – фосфоритовый желвак, p – скелетообразующая стенка, контур оскулюма и субоскулюмов, pg – перемычка, subo – субоскулюм, vt – ветвь. Длина масштабной линейки: табл. 1 – 20 мм, табл. 2, 3 – 10 мм.

Таблица 1. *Cameroptychium scharnhorsti* Krupp, 2010 (по: [1]; табл. 1, 2). Германия (Ховер, Нижняя Саксония), нижний кампан. Фиг. 1. Голотип. Экз. № SRT-1, вид сбоку. Фиг. 2. Паратип. Экз. № KRP-3, 2а – вид сбоку, 2б – снизу. Фиг. 3. Экз. № KRP-1, вид сбоку; фиг. 4. Паратип. Экз. № KSE-1, 4а – вид сбоку, 4б – детальное строение апикальной части выростов и субоскулюмов. Фиг. 5. Экз. № KRP-2, вид снизу. Фиг. 6. Паратип. Экз. № KRP-3, детальное строение апикальной части выроста и субоскулюма.

Таблица 2. *Cameroptychium sphaericus*, sp. nov. Голотип. Экз. СГУ, № 122/5253. Фиг. 1а, 1б – вид сбоку, 1в – сверху, вид на оскулюм, 1г – вид снизу, 1д, 1е – детальное строение апикальной части выростов и субоскулюмов; г. Саратов, нижний сантон.

Таблица 3. *Cameroptychium hemisphaerium*, sp. nov. Фиг. 1. Голотип. Экз. СГУ, № 121/251: 1а – вид сбоку, 1б – сверху, 1в – снизу, основание скелета разрушено, 1г – детальное строение апикальной части выростов и субоскулюмов; г. Саратов, нижний сантон. Фиг. 2. Паратип. Экз. СГУ, № 122/789, вид сбоку; Саратовская обл., Пудовкино, нижний сантон.



Таблица 1

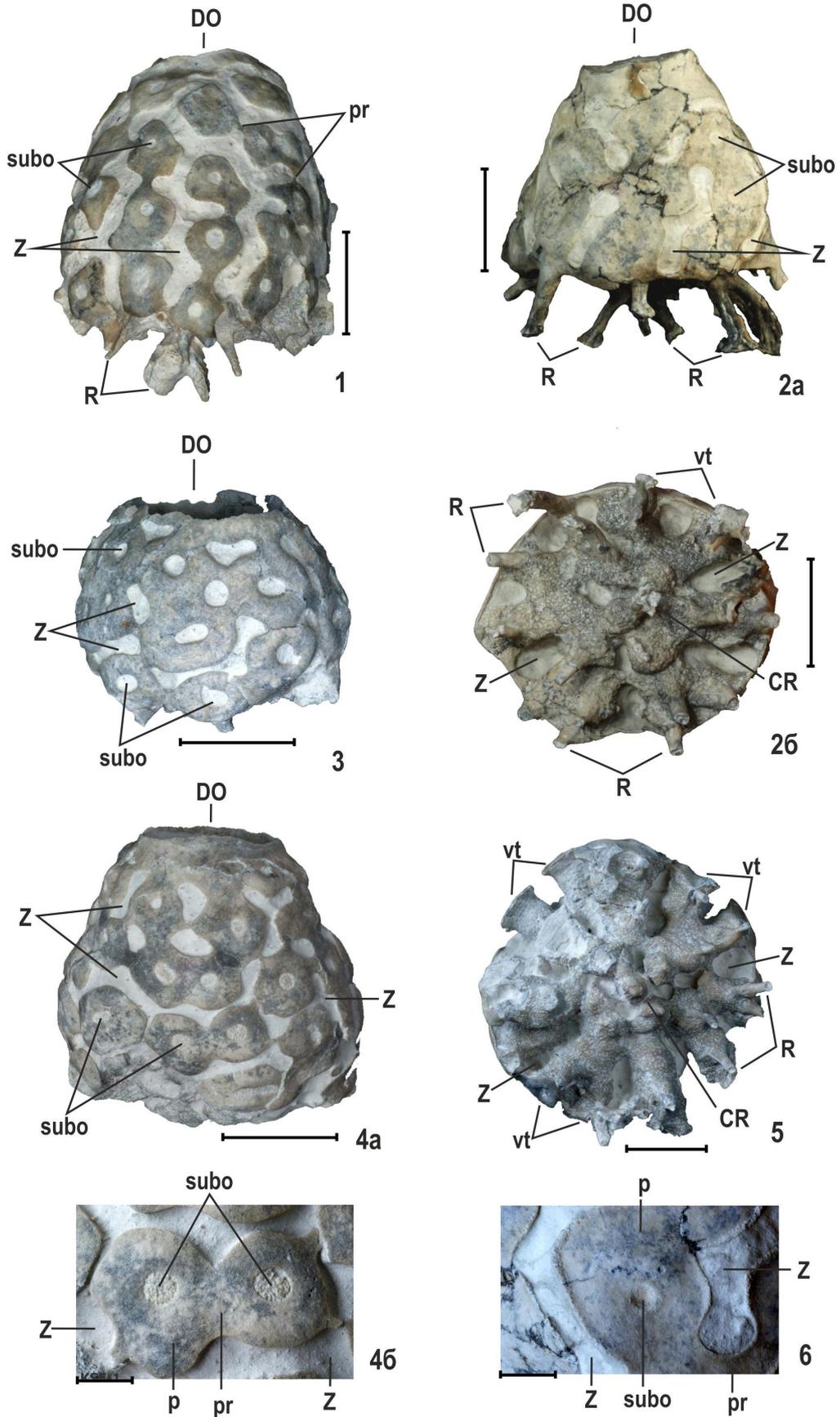




Таблица 2

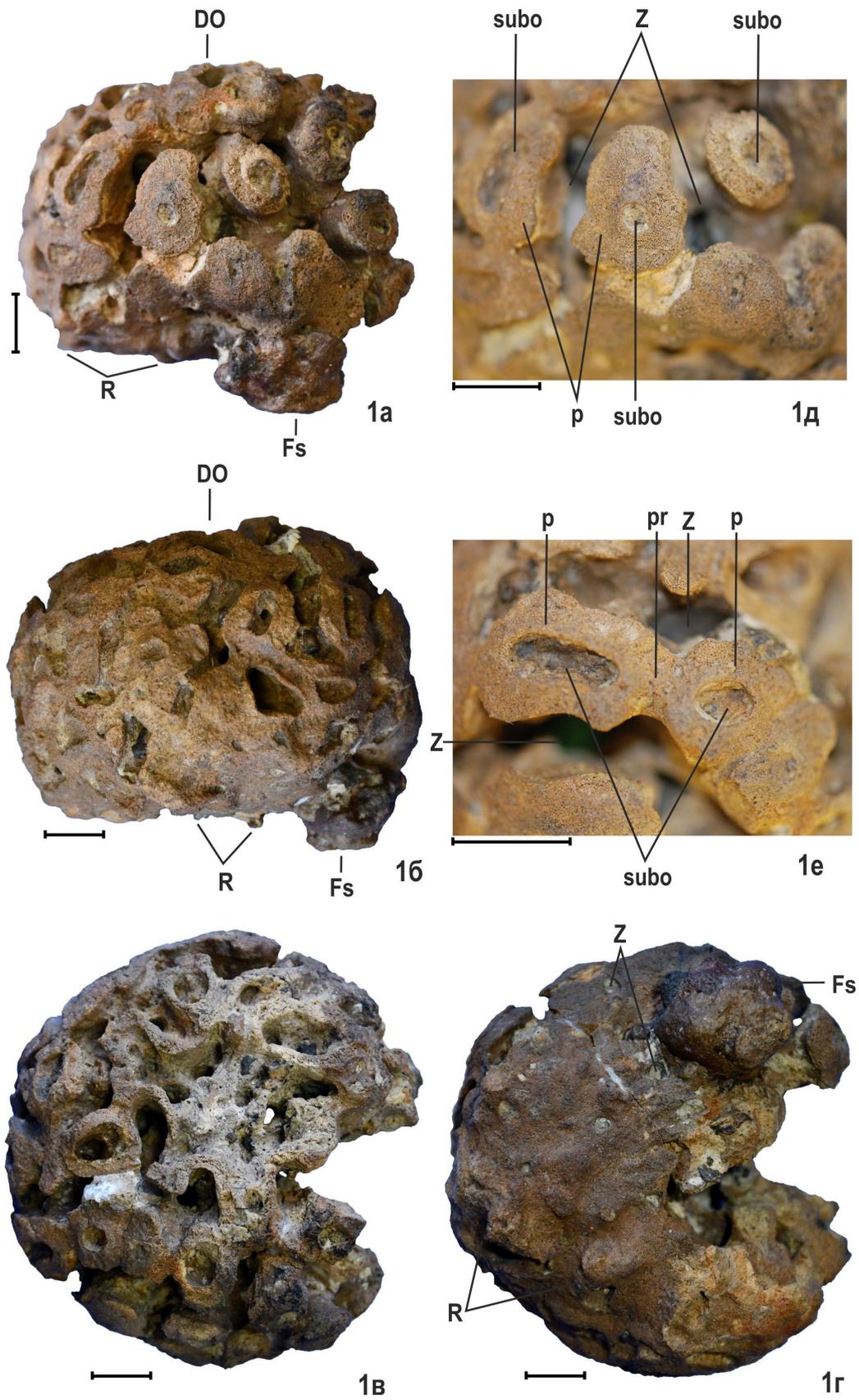
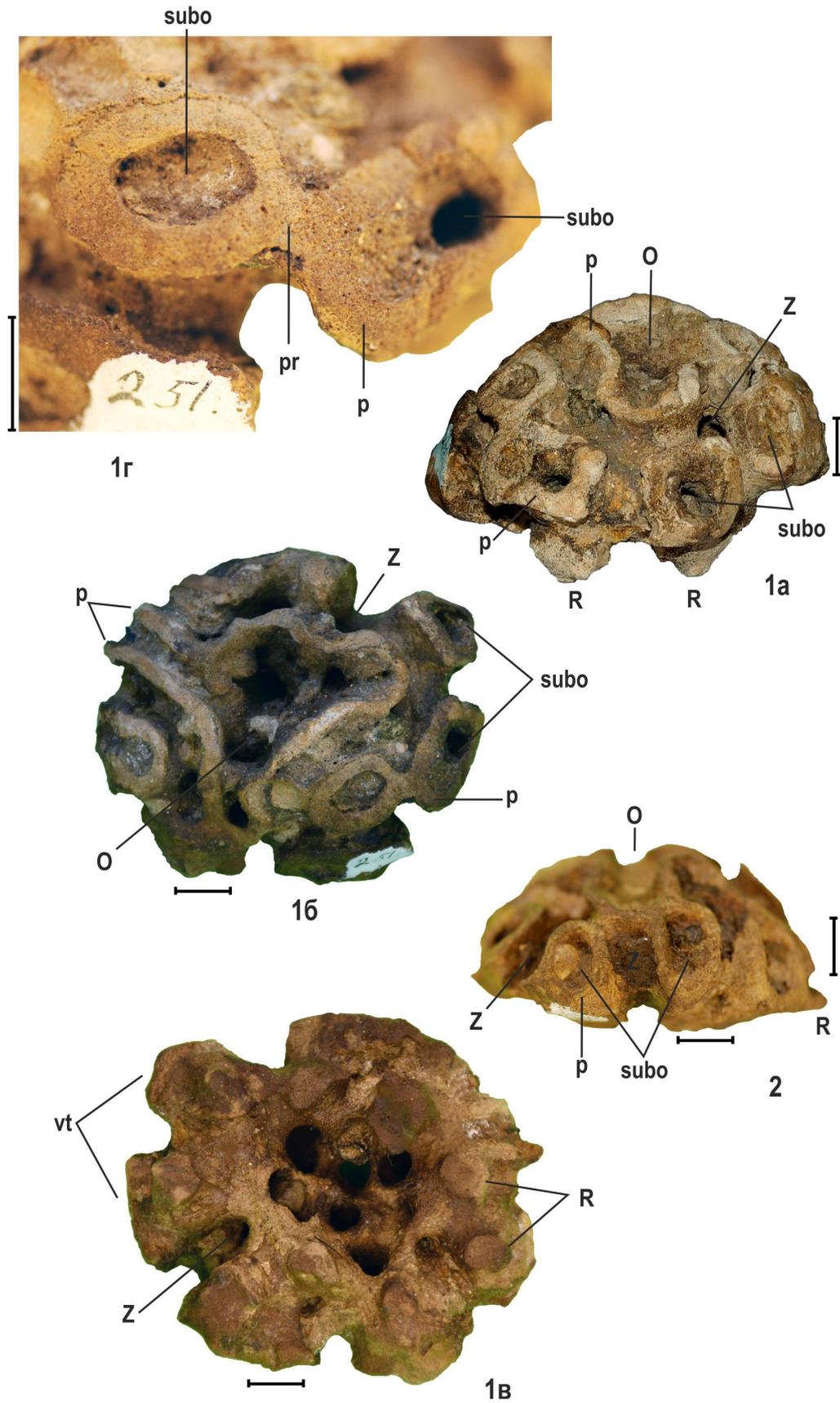




Таблица 3





Заключение

Строение скелета *Cameroptychium* подтверждает проявление изоморфизма среди модульных поздне меловых гексактинеллид. Это свидетельствует о конечности формообразования и конвергенции представителей этой группы губок, которые проявлялись в сантонское – маастрихтское время. Во избежание некорректных определенных фоссилий прослеженные проявления полного и частичного изоморфизма (гомеоморфизма) обуславливают необходимость изучения скелетов этих губок на микро-, медиа- и макроуровнях. Микроуровень предполагает рассмотрение строения спикул и спикульной решетки, соотношения разновидностей решетки в структуре скелета. На медиауровне отмечается отсутствие или наличие скульптуры, анализируется строение дермальной и парагастральной скульптур и их соотношение, наличие кортикальной мембраны. Макроуровень – это описание габитуса скелета, исходного морфотипа, первичного и/или вторичного оскулюма, субоскулюмов и закономерностей их расположения, модульной организации губки.

Полученная информация о сантонских и кампанских *Cameroptychium* дополняет имеющиеся данные о широком формообразовании гексактинеллид в сантоне Восточноевропейской провинции и о расширении ареалов гексактинеллид в пределах Европейской области в кампане [6, 8].

Библиографический список

1. Krupp R. *Cameroptychium scharnhorsti* nsp., ein Hexactinellider Schwamm aus dem Unteren Campan von Höver, Niedersachsen. *Mitteilungen // Arbeitskreis Paläontologie Hannover*. Hannover, 2010. Bd. 38, Heft 4. S. 46–60.
2. Основы палеонтологии. Губки. Археоциаты. Москва ; Ленинград : Издательство АН СССР, 1962. 485 с.
3. Leonhard R. Die Fauna der Kreideformation in Oberschlesien // *Palaeontographica*. Stuttgart, 1897. Bd. 44. S. 11–70.
4. Schrammen A. Die Kieselspongien der oberen Kreide von Nordwestdeutschland. III. und letzter Teil: Mit Beiträgen zur Stammesgeschichte // *Monographien zur Geologie und Paläontologie*. Serie I. Heft 2. Berlin, 1924. 159. S.
5. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part E (Revised), Porifera. Vol. 3. The Geological Society of America & The University of Kansas. Boulder & Lawrence, 2004. 872 p.
6. Первушов Е. М. Поздне меловые скелетные гексактинеллиды России. Морфология и уровни организации. Семейство *Ventriculitidae* (Phillips, 1875), partim; семейство *Coeloptychiidae* Goldfuss, 1833 – (*Lychniscosa*); семейство *Leptophragmidae* (Goldfuss, 1833) – (*Hexactinosa*). Саратов : Научная книга, 2002. 274 с.
7. Первушов Е. М. Морфотипы и модульная организация поздне меловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida). Саратов : Издательство Саратовского университета, 2018. 208 с.
8. Первушов Е. М. Поздне меловые вентрикулитидные губки Поволжья // *Труды НИИ геологии Саратовского университета*. 1998. Т. 2. 168 с.

Поступила в редакцию 24.04.2023; одобрена после рецензирования 12.06.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 24.04.2023; approved after reviewing 12.06.2023; accepted for publication 28.07.2023

PERSONALIA

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 213–216

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 213–216

<https://geo.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-213-216>, EDN: KCVADB

Научная статья

УДК 911.3:378[470.44.25]1960/1982+929

Посвящается памяти Эрнеста Львовича Файбусовича (к 90-летию со дня рождения)

Л. В. Макарецва

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

Макарецва Людмила Валентиновна, кандидат географических наук, доцент кафедры экономической и социальной географии, milamak05@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8231-0608>

Аннотация. Представлено воспоминание о Файбусовиче Эрнесте Львовиче, доценте кафедры экономической географии, работавшего в Саратовском государственном университете с 1960 по 1982 год.

Ключевые слова: Эрнест Львович Файбусович, биография, воспоминания, печатные работы

Для цитирования: Макарецва Л. В. Посвящается памяти Эрнеста Львовича Файбусовича (к 90-летию со дня рождения) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 213–216. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-213-216>, EDN: KCVADB

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

Article

Dedicated to the memory of Ernest Lvovich Faibusovich (to the 90th birthday)

L. V. Makartseva

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

Ludmila V. Makartseva, milamak05@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8231-0608>

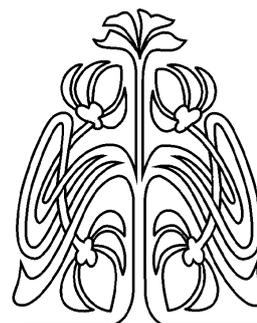
Abstract. A memoir about Faibusovich Ernest Lvovich, associate professor of the Department of Economic Geography, who worked from 1960 to 1982 at Saratov State University, is presented.

Keywords: Ernest Lvovich Faibusovich, biography, memoirs, printed works

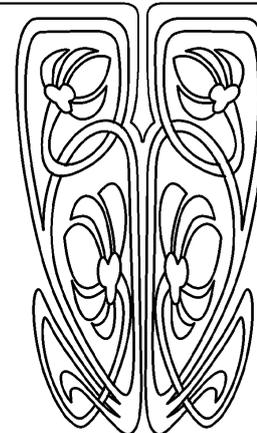
For citation: Makartseva L. V. Dedicated to the memory of Ernest Lvovich Faibusovich (to the 90th birthday). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 213–216 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-213-216>, EDN: KCVADB

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

Мое знакомство с Эрнестом Львовичем произошло на третьем курсе обучения в Саратовском государственном университете им. Н. Г. Чернышевского, когда в аудиторию неожиданно вошел скромный преподаватель (возраст которого было трудно определить по нашим тогда взглядам). Он должен был читать курс «Экономическая география СССР». Тогда я не могла предположить, что судьба сведет меня с этим интеллигентным, чутким человеком. Позже я узнала из биографии Эрнеста Львовича, что он родился 22 апреля 1933 года в Ленинграде в семье молодых юристов, советских интеллигентов. В детстве вместе с семьей он много путешествовал по просторам нашей страны, что, безусловно, повлияло на выбор им профессии. Так, в библиографическом указателе трудов Эрнест Львович писал: «Первое дальнее путешествие с родителями я совершил в 1937 году, когда наша семья побывала в Черниговской области...



ПРИЛОЖЕНИЯ





а в 1939 году отец свозил меня в Москву. Именно эти поездки привили мне сохранившуюся на всю жизнь любовь к путешествиям, столь важную для географа» [1, с. 3].



Эрнест Львович Файбусович
(1933–2020)

Из его воспоминаний известно, что в начале войны семья Эрнеста Львовича была эвакуирована в Ярославскую область, затем в Челябинскую, а позже в Пермский край. Вспоминая о тех годах, он отмечал высокий уровень преподавания педагогов, наличие хороших библиотек, в которых хранились научно-популярные книги, центральные журналы и газеты, помогавшие ему расширить кругозор.

После окончания войны его отца как кадрового военного перевели в Симферополь, где Эрнест Львович проучился с 6-го по 10-й класс, закончив школу с серебряной медалью. Выбор географического факультета Ленинградского государственного педагогического института им. М. Н. Покровского (ныне им. А. И. Герцена) был не случаен, так как с дошкольных лет он проявлял интерес к географии. Его дядя по линии отца, Абрам Яковлевич Файбусович, тоже учился в Саратовском университете и посоветовал подать туда документы. Вспоминая студенческие годы, Эрнест Львович отмечал высокий уровень географической и педагогической подготовки студентов. Большое влияние на его становление как педагога оказали Анатолий Викторович Даринский, Григорий Соломонович Невельштейн, Андрей Львович Биркенгоф [1].

Окончив институт, он получает распределение в Якутию, где проработал три года учителем географии и истории в 9-й средней школе г. Якутска. После окончания аспирантуры

в 1960 году он был зачислен старшим преподавателем на кафедру экономической географии Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского, где проработал до 1982 года. В «саратовский период» Эрнест Львович защищает кандидатскую диссертацию.

Эрнест Львович детально следил за профессиональной литературой, помнил массу фактов из всех областей географии, прекрасно знал номенклатуру и ревностно ее спрашивал на экзамене. Один случай запомнился мне на всю жизнь: во время экзамена Эрнест Львович спрашивал каждого студента по часу, а то и более, стоя вместе с обучающимся возле карты, уточняя географические знания будущих специалистов. Мы и не заметили, что университетский корпус уже закрыли, а он не принял еще и половины группы. Но наш преподаватель не расстроился. А каково было студентам, которые решили, что уж «удовлетворительно» он точно поставит в зачетку и не будет назначать экзамен еще раз. Но Эрнест Львович перенес экзамен на следующий день и с неподдельным интересом продолжил тщательно опрашивать студентов и оценивать их знания.

Отдельно стоит отметить, что Эрнест Львович обладал авторитетом среди студентов – его уважали и любили. С большим энтузиазмом он проводил дальние студенческие практики. Вместе со студентами преподаватель проехал от Калининграда до Алтая, от Мурманска до Душанбе. Принимал участие и в полевых исследованиях в Поволжье от Ульяновска до Астрахани. Совершал многочисленные поездки по городам страны от общества «Знание», выступая с лекциями перед корпусом учителей и студентов разных регионов России и союзных республик.

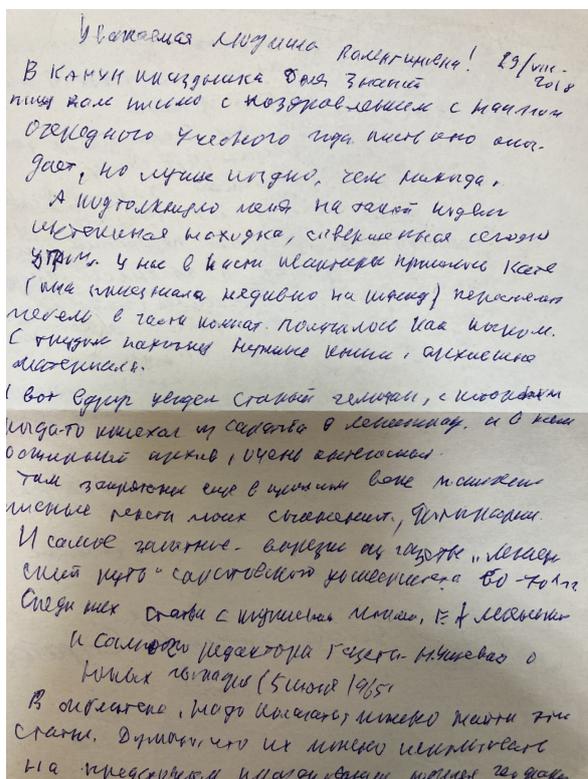
Эрнест Львович принимал участие в научных конференциях и был знаком с десятками ученых в области географии и смежных наук. Со многими географами он познакомился в Русском географическом обществе, а выступая на съездах РГО, он встречался с известными учеными из других стран.

Поражала его память на имена, фамилии и места работы студентов, давно закончивших университет. Со многими из них он переписывался, что доставляло ему большое удовольствие. Он любил эпистолярный жанр. Все письма он хранил, нумеровал до последнего дня и очень переживал, что в век информационных технологий многие перестали писать и предпочитали звонить. Я лично объясняла ему, что лучше услышать живой голос, чем писать письмо. У меня сохранились некоторые его письма.

Почерк у него мягко говоря был не идеален, и в последнее время все труднее становилось читать его письма, а писал он на нескольких страницах. Эрнест Львович сам признавал, что очень трудно «читать его каракули». Он хранил не только письма, но и вырезки из газеты



«Ленинский путь», которая издавалась в Саратовском университете, а также все выходящие научные публикации коллег «саратовского периода».



Письмо Э. Л. Файбусовича от 29 августа 2018 года

В память о работе в Саратовском университете он присылал свои учебные пособия, методические материалы и научные статьи с дарственной подписью, которые просил передать библиотеке нашего университета.

Эрнест Львович всегда интересовался и новым преподавательским составом университета, не забывая о старейших преподавателях. Но в последнее время чаще стали наши телефонные разговоры о житейских проблемах...

В период защиты моей диссертации он прислал отзыв, и в самом начале он не разбирал мою кандидатскую диссертацию, а вспоминал о географическом факультете Саратовского государственного университета, что было несколько неожиданно. Через годы я поняла, насколько период пребывания в Саратове прочно вошел в его жизнь, ведь именно здесь он состоялся как преподаватель.

Его последний приезд был в 2018 году по случаю юбилея географического факультета Саратовского университета. Он горел желанием выступить перед студенческой аудиторией, и эта мечта осуществилась. Я присутствовала на его последней лекции в Саратовском университете, и мысль была одна: а ведь прошло столько лет! Все тот же тихий, размеренный голос и стремление донести до каждого студента то, что знаешь и умеешь.

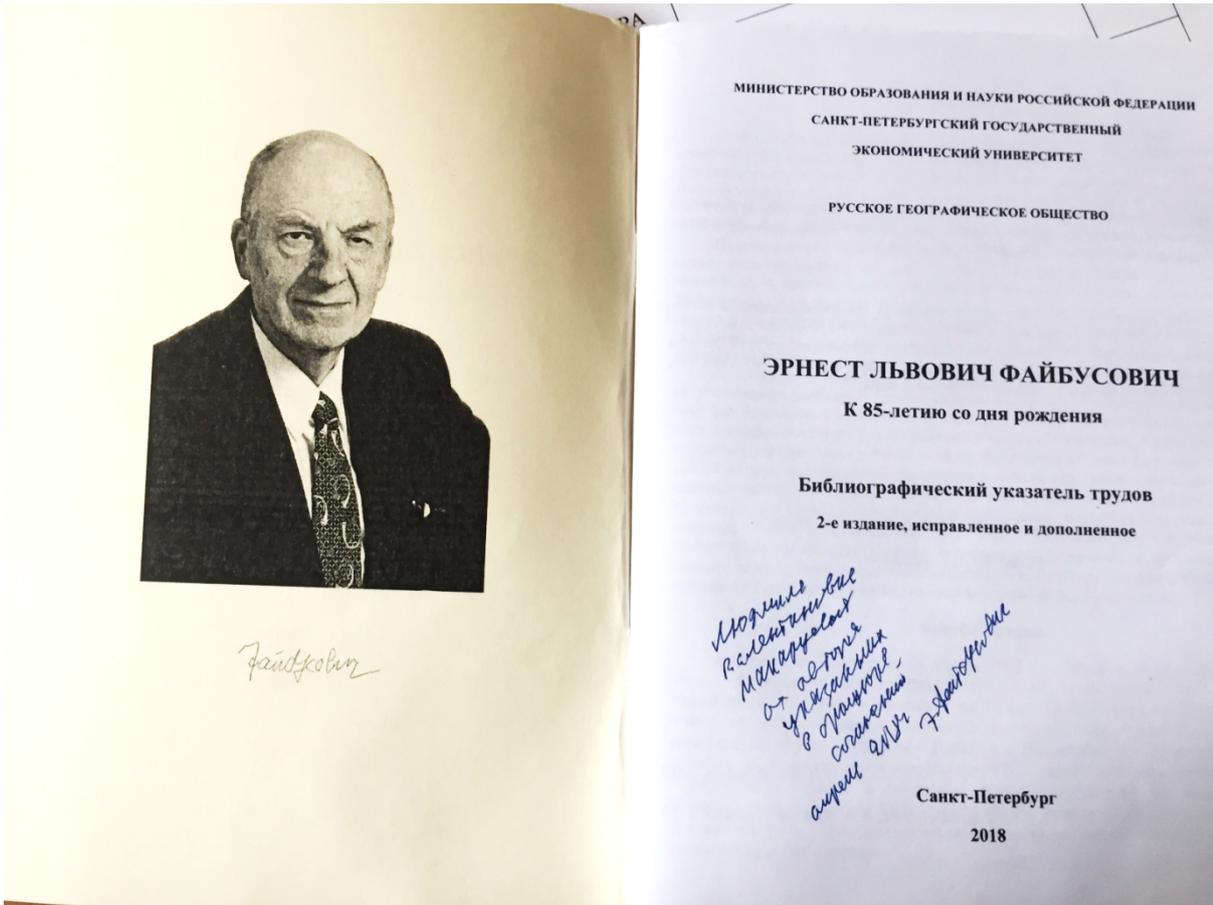


Последняя встреча с саратовскими студентами (2018 год)

Эрнест Львович очень любил свой родной город Санкт-Петербург. Вспоминается его необычная, многочасовая экскурсия по Васильевскому острову, где он жил. Когда мы с дочкой приехали навестить его, то Эрнест Львович с упоением рассказал нам всю историю тех мест. Он знал досконально каждую улицу, каждый дом, находил интересные сравнения, подводил к памятникам и подолгу мог говорить с упоением о каком-нибудь выдающемся архитекторе или художнике, первопроходце или поэте, вживаясь в соответствующую эпоху и не замечая времени, которое он тратил на рассказ.

Проводил он и 3-часовую экскурсию для студентов Саратовского университета, когда те совершали дальнюю практику. Уставшие студенты ждали завершения экскурсии, а сам экскурсовод и не думал заканчивать свой рассказ, удивляясь усталости юного поколения.

После наших встреч в Санкт-Петербурге Эрнест Львович приглашал в свой любимый



Библиографический указатель трудов Э. Л. Файбусовича, изданный к его 85-летию



Э. Л. Файбусович с сотрудниками кафедры экономической и социальной географии (слева направо): С. В. Уставщиковой, Ю. В. Преображенским, С. С. Самониной (2018 год)

кафетерий и угощал петербургскими буше, которые он сам очень любил. И это доставляло

ему огромное удовольствие. Человек духовной чистоты и с неистощимой энергией, вежливый и гостеприимный. Общение с ним вызывало желание учиться у профессора общечеловеческим ценностям и культуре.

12 июля 2020 года Эрнест Львович Файбусович ушел из жизни. Произносишь его имя, и перед глазами предстает интеллигентный мужчина с понимающим взглядом и тихим, вкрадчивым голосом.

Им было опубликовано около 500 научных и учебно-методических работ. Первая вышла в свет в 1957 году, а последняя – в 2018 году.

Уходят наши Учителя, но остается вечная память...

Библиографический список

1. Эрнест Львович Файбусович. К 85-летию со дня рождения: библиографический указатель трудов / составители О. А. Балабейкина, А. Л. Дмитриев. Издание 2-е, исправленное и дополненное. Санкт-Петербург, 2018. 64 с.

Поступила в редакцию 28.06.2023; одобрена после рецензирования 02.07.2023; принята к публикации 28.07.2023
The article was submitted 28.06.2023; approved after reviewing 02.07.2023; accepted for publication 28.07.2023



ISSN 1819-7663 (Print). ISSN 2542-1921 (Online)
Известия Саратовского университета. Новая серия.
Серия: Науки о Земле. 2023. Том 23, выпуск 3

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

