

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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Серия: **Науки о Земле**

2022

Том 22

Выпуск 1



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

ИЗВЕСТИЯ

САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия Науки о Земле, выпуск 1

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



Научный журнал
2022 Том 22

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

Издается с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

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

4

Макаров В. З., Тюков Д. В., Шлапак П. А.

Использование данных дистанционного зондирования Земли при изучении горных ледников (на примере ледника Алибек в Карачаево-Черкессии)

13

Маргарян В. Г., Хачатрян Г. А.

Современное состояние содержания пыли в атмосферном воздухе Еревана

21

Уставщикова С. В.

Демографическое развитие территории Волго-Уральского макрорегиона как детерминант общественного развития

26

Шешнёв А. С., Маджид Д. С., Решетников М. В.

Минеральный состав и содержание загрязняющих веществ в донных наносах водотоков на территории города Вольска

31

Геология

Мустафаев И. М.

Род *Sugpis* из бинагадинских верхнеплейстоценовых асфальтовых отложений Азербайджана

39

Павленко К. В., Титов Ю. В., Галимова Г. М., Ку克林 Е. А.

Литолого-петрофизическая характеристика отложений вулканской толщи в пределах малого Тетеревского вала (Шаимский нефтегазоносный район)

45

Первушов Е. М.

Псевдодеривация *Paracraticularia cylindrica* (Michelin, 1840) (Porifera, Hexactinellida)

51

Савельева Ю. Н.

Результаты палеоэкологического анализа остракод из разреза верхнего берриаса у с. Алексеевка (Белогорский район, Республика Крым)

63

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

Запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-76643 от 26 августа 2019 года

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (специальности: 25.00.01; 25.00.30; 25.00.35; 1.6.2; 1.6.9; 1.6.12; 1.6.13; 1.6.21)

Подписной индекс издания 36010. Подписку на печатные издания можно оформить в Интернет-каталогах «Пресса России» (www.pressa-rf.ru), «Пресса по подписке» (www.akc.ru) и 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
Кочкаева Инна Анатольевна

Верстка
Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор
Каргин Игорь Анатольевич

Корректор
Малютина Елена Анатольевна

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

Подписано в печать 23.03.22.
Подписано в свет 31.03.22.
Формат 60 × 84 1/8.
Усл. печ. л. 8.86 (9.5).
Тираж 70 экз. Заказ 9-Т.

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

© Саратовский университет, 2022



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

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

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

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

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

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

Требования к аннотации и библиографическому списку:

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

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

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

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

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

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

CONTENTS

Scientific Part

Geography

Antsiferova G. A., Kul'nev V. V., Shevyrev S. L., Bilomar E. E., Mezхова L. A., Rusova N. I., Khotak M. Yu.

Geological assessing artificial water bodies of the influence zone of metallurgical plants 4

Makarov V. Z., Tyukov D. V., Shlapak P. A.

The use of Earth remote sensing data in the study of mountain glaciers (on the example of the Alibek glacier in Karachay-Cherkessia) 13

Margaryan V. G., Khachatryan G. A.

The current state of dust content in the atmospheric air of Yerevan 21

Ustavshchikova S. V.

Demographic development of the Volga-Ural macroregion as a determinant of social development 26

Sheshnev A. S., Majeed D. S., Reshetnikov M. V.

Mineral composition and pollutant content in the bed load of watercourses on the territory of the city of Volsk 31

Geology

Mustafayev I. M.

Cygnus from the late pleistocene of Bingadi asphalt deposits of Azerbaijan 39

Pavlenko K. V., Titov Yu. V., Galimova G. M., Kuklin E. A.

Lithological and petrophysical characteristics of the deposits of the Vogulkinskaya strata within the maly teterevsky shaft (Shaimsky oil and gas region) 45

Pervushov E. M.

Pseudoderivations of Paracraticularia cylindrica (Michelin, 1840) (Porifera, Hexactinellida) 51

Savelieva Ju. N.

Conditions for the formation of deposits in the upper part of the Berriasian section near v. Alekseevka, Belogorsk region, Republic of Crimea 63



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

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор, член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

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

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

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

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

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

Members of the Editorial Board:

Valentina P. Gorbatenko (Tomsk, Russia)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksei Yu. Kazanskii (Moscow, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr P. Katrovskii (Smolensk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Artur M. Nosonov (Saransk, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

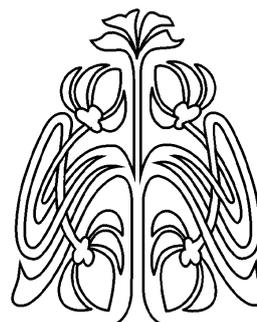
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

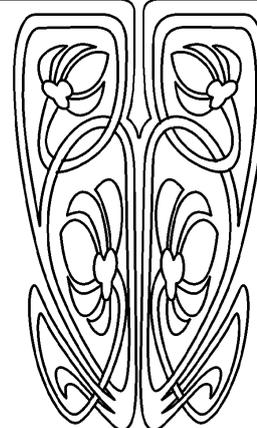
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 4–12

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 4–12

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-4-12>

Научная статья

УДК 504.064.36(470.322):(470:55)

Геоэкологическая оценка состояния искусственных водоемов зоны влияния металлургических предприятий

Г. А. Анциферова¹, В. В. Кульнев²✉, С. Л. Шевырев³, Е. Е. Биломар⁴, Л. А. Межова⁵, Н. И. Русова⁶, М. Ю. Хотак¹

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

²Отдел 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

³ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН, Россия, 690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостоку, д. 159

⁴ООО «Донтрейд», Россия, 394026, г. Воронеж, ул. Электросигнальная, д. 20

⁵Воронежский государственный педагогический университет, Россия, 394043, г. Воронеж, ул. Ленина, д. 86

⁶Военно-морской политехнический институт «Военно-морская академия», Россия, 197045, г. Санкт-Петербург, Ушаковская наб., д. 17/1

Анциферова Галина Аркадьевна¹, доктор географических наук, профессор, g_antsiferova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0040-6564>

Кульнев Вадим Вячеславович², кандидат географических наук, ведущий специалист-эксперт, kulnev@rpn36.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>

Шевырев Сергей Леонидович³, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, shevyrev.sl@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6649-7492>

Биломар Елена Евгеньевна⁴, кандидат биологических наук, технолог, elena.bilomar@agrostrazh.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5663-6874>

Межова Лидия Александровна⁵, кандидат географических наук, доцент, lidia09mezhova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6652-5120>

Русова Надежда Ивановна⁶, кандидат географических наук, доцент, nadezhda_minnikova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9232-8059>

Хотак Мохаммед Юсаф¹, аспирант, mohammadyousafhotaki@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0003-1240-3520>

Аннотация. На основе интерпретации результатов динамики изменения гидрохимических показателей и применения метода биоиндикации по сообществам фитопланктона дана оценка геоэкологического состояния двух искусственных водоемов, находящихся в зонах влияния объектов металлургического производства и испытывавших реабилитацию путем вселения двух штаммов водоросли хлореллы: Матырского водохранилища (*Chlorella vulgaris* ИФР №С-111) и Баландинского пруда (*Chlorella kessleri* ВКПМ А1-11 АRW). Показана положительная роль использования метода коррекции альгоценоза. В водоемах изучены изменения эколого-биологического качества вод.

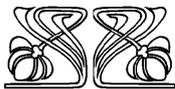
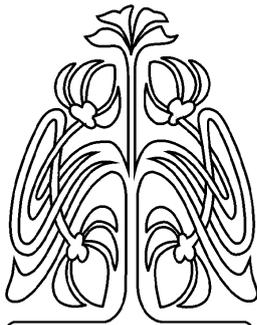
Ключевые слова: альголизация, биоиндикация, водные экосистемы, «цветение» вод, сточные воды металлургического производства, фитопланктон, эколого-биологическое качество

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

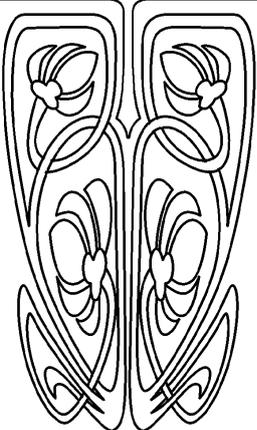
Для цитирования: Анциферова Г. А., Кульнев В. В., Шевырев С. Л., Биломар Е. Е., Межова Л. А., Русова Н. И., Хотак М. Ю. Геоэкологическая оценка состояния искусственных водоемов зоны влияния металлургических предприятий // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 4–12. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-4-12>

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

© Анциферова Г. А., Кульнев В. В., Шевырев С. Л., Биломар Е. Е., Межова Л. А., Русова Н. И., Хотак М. Ю., 2022



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Article

Geological assessing artificial water bodies of the influence zone of metallurgical plants

G. A. Antsiferova¹, V. V. Kul'nev²✉, S. L. Shevyrev³, E. E. Bilomar⁴, L. A. Mezkhova⁵, N. I. Rusova⁶, M. Yu. Khotak¹

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

²Central Black Earth Interregional Administration of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, 105 Lomonosov St., Voronezh 394087, Russia

³FGBUN "Far Eastern Geological Institute" FEB RAS, Prosp. 100th anniversary of Vladivostok, Vladivostok 690922, Russia

⁴LLC "Dontreid", 20 Elektrosignal'naya St., Voronezh 394026, Russia

⁵Voronezh State Pedagogical University, 86 Lenina St., Voronezh 394043, Russia

⁶The Naval Polytechnic Institute "Naval Academy", 17/1 Ushakovskaya nab., Saint-Petersburg 197045, Russia

Galina A. Antsiferova¹, g_antsiferova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0040-6564>

Vadim V. Kul'nev², kulnev@rpn36.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>

Sergey L. Shevyrev³, shevyrev.sl@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6649-7492>

Elena E. Bilomar⁴, elena.bilomar@agrostrazh.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5663-6874>

Lidiya A. Mezkhova⁵, lidiya09mezkhova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6652-5120>

Nadezhda I. Rusova⁶, nadezhda_minnikova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9232-8059>

Mokhammad Yu. Khotak¹, mohammadyousafhotaki@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>

Abstract. On the basis of the results interpretation of hydrochemical indicators change dynamics and the application of bioindication method by phytoplankton communities the geocological state of two artificial reservoirs located in the zones of influence of metallurgical works objects and tested rehabilitation by introducing two strains of algae chlorella: the Matyrsky reservoir (*Chlorella vulgaris* ИФР No. C-111) and Balandinsky pond (*Chlorella kessleri* ВКПМ А1-11 АRW) is given. The positive role of using the method of correction of algocenosis is shown. Changes in the ecologo-biological quality of waters were studied in water bodies.

Keywords: algolisation, bioindication, aquatic ecosystems, water blooms, metallurgical wastewater, phytoplankton, ecological and biological quality

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

For citation: Antsiferova G. A., Kul'nev V. V., Shevyrev S. L., Bilomar E. E., Mezkhova L. A., Rusova N. I., Khotak M. Yu. Geological assessing artificial water bodies of the influence zone of metallurgical plants. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 4–12 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-4-12>

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

Введение

Геоэкологический анализ состояния искусственных водоемов, расположенных на техногенно нагруженных территориях, является задачей, которой занимаются многие исследователи. Примером активного интереса к экологическим аспектам функционирования металлургической промышленности за пределами России могут служить работы, посвященные исследованиям Самаркандского водохранилища (Узбекистан) [1], водохранилища Entrepénas (Испания) [2], водохранилищ на реках Ныса, Салона, Быстшица, Стшегомка (Польша) [3].

Насколько значительным фактором изменения состояния водоемов может служить альголизация, можно судить по работам, посвященным описанию применения указанного метода на крупных водных объектах разного назначения и географического положения [4–11].

Тематике эффективности альголизации сточных вод посвящены следующие работы [12–16]. В работах [17–20] даны теоретические основы описываемого метода улучшения экологического состояния водоемов, находящихся в зоне влияния объектов металлургического производства.

На территории Российской Федерации наиболее исследованными являются искусственные водоемы, расположенные рядом с металлургическими предприятиями Южного Урала и европейской части нашей страны. В частности, некоторые из указанных работ посвящены изучению состояния Магнитогорского [21] и Шершневского водохранилищ (Челябинская область) [22], Матырского водохранилища (Липецкая область) [23–29].

Однако для осуществления анализа геоэкологического состояния водного объекта необходим комплексный подход, который был реализован рядом российских исследователей при создании мультифрактальной концепции обработки результатов гидрохимических и гидробиологических исследований [30–40]. В качестве исходных данных при мультифрактальном моделировании авторами использовались ряды данных химического состава и таксономических характеристик водорослевых сообществ [34–36].

Попытка совместной интерпретации результатов гидрохимических и гидробиологических данных двух водоемов, находящихся в зоне влияния металлургических комбинатов, представлена в настоящей статье.



Материалы и методы

Объектами исследования послужили два искусственных водоема: Матырское водохранилище (Липецкая область) и Баландинский пруд (Челябинская область). Общими характеристиками указанных водных объектов является изменение гидрохимического состава, обусловленное выпадением метеорных осадков и плоскостным стоком с прилегающих территорий, а также альголизация, проводимая в течение одного года. Отличия наблюдаются в степени деградации сточных вод: Матырское водохранилище, расположенное на реке Матыра в бассейне верхнего Дона, находится в зоне влияния Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) [29]. Сточные воды котельной НЛМК после очистки попадают в Матырское водохранилище, в районе левобережья, в 10 м от сброса котельной указанного комбината (рис. 1, точка наблюдения 4). Основной же сброс сточных вод НЛМК

осуществляется в реку Матыра ниже плотины водохранилища (см. рис. 1, ниже точки 6).

Баландинский пруд (рис. 2) является техническим водоемом и принимает в себя сточные воды Челябинского металлургического комбината. Поэтому количество загрязняющих веществ априори выше в Баландинском пруду (площадь водного зеркала 56 га; средняя глубина 2,5 м) по сравнению с Матырским водохранилищем (площадь водного зеркала 4600 га; средняя глубина 2,9 м) (по сведениям государственного водного реестра). Скорость депонирования поллютантов, в частности в илах, значительно выше в Баландинском пруду. Дополнительным фактором, имеющим характерное влияние на все показатели геоэкологического состояния Баландинского пруда, служило проведение дноуглубительных работ в 2019–2020 гг.

Оценка современного эколого-биологического состояния указанных водоемов основана



Рис. 1. Карта-схема Матырского водохранилища. Описание точек наблюдения: 1 – левобережье, примерно в 20 м по течению р. Матыра от автомобильного моста в г. Грязи Грязинского муниципального района Липецкой области; 2 – правобережье, западная окраина с. Ярлуково Грязинского муниципального района Липецкой области; 3 – левобережье, район расположения птицефабрики в с. Казинка Грязинского муниципального района Липецкой области; 4 – левобережье, в 10 м от сброса котельной Новолипецкого металлургического комбината; 5 – левобережье, приплотинная зона водохранилища в северо-восточной части искусственно намытой песчаной косы; 6 – правобережье, приплотинная зона водохранилища в районе детских оздоровительных лагерей; 7 – левобережье, искусственный пруд, который дамбой отделен от водохранилища (контрольный водоем) (цвет online)

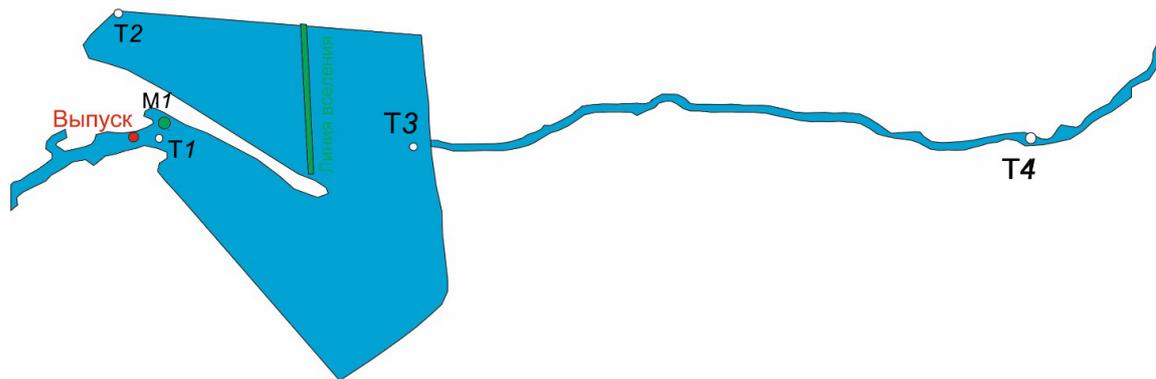


Рис. 2. Карта-схема Баландинского пруда. Описание точек наблюдения: Т1 – поступающая вода в Баландинский пруд; Т2 – водозабор технической воды (насосная станция № 55); Т3 – Баландинский выпуск в р. Черная (перед узлом учета); Т4 – устье р. Черная (при впадении в р. Миасс); М1 – поступающая вода в Баландинский пруд, место вселения 2/3 объема альголизанта; М2 – левая доля Баландинского пруда, линия вселения 1/3 объема альголизанта; выпуск – место сброса сточных вод в Баландинский пруд (цвет online)

на данных, полученных методами биоиндикации по сообществам фитопланктона.

Для определения геоэкологического состояния водоемов использовался ряд показателей:

- сапробиологический анализ Пантле и Букка в модификации Сладечека (S), который использовался для оценки качества вод по показателям фитопланктона;
- показателями, описывающими видовое богатство и устойчивость сообществ фитопланктона.

Гидрохимические и гидробиологические (по фитопланктону) пробы отбирались в Матырском водохранилище (см. рис. 1) с апреля по октябрь 2009–2011 гг. на семи точках наблюдения. Итого за период мониторинга было отобрано 294 пробы. С целью определения экологического состояния Матырского водохранилища нами однократно в июне 2014–2016 гг. и в 2019 г. в точке наблюдения 6 проводился сбор проб фитопланктона.

В Баландинском пруду отбор проб проводился с июля по ноябрь 2020 г. в четырех основных точках (см. рис. 2). Всего было отобрано 22 пробы фитопланктона и 20 проб для анализа гидрохимического состава.

Результаты и их обсуждение

По большинству нормируемых компонентов химического состава воды Матырского водохранилища минимальные значения зафиксированы в 2008–2009 гг. По майским пробам 2010 г. отмечается дальнейшее улучшение эколого-гидрохимической обстановки по ряду показателей (тяжелые металлы, ХПК, БПК₅, аммонийный и нитритный азот), особенно в верховьях водохранилища.

Однако проведение дноуглубительных работ на акватории водохранилища в летний период 2010 г., в течение которого стояла аномально

жаркая погода, привело к повышению концентрации нормируемых компонентов. В 2011 г. ситуация стабилизировалась, а по концентрации металлов (железо, медь, цинк) произошло значительное улучшение. Содержание железа и меди в верховьях составило соответственно 0,03 мг/дм³ и 0,001 мг/дм³, в приплотинной части водохранилища – соответственно 0,06 мг/дм³ и 0,001 мг/дм³, полученные значения являются минимальными за период с 2006 по 2011 г.

Проблемными поллютантами являются аммонийный азот и полифосфаты. На протяжении всего наблюдаемого периода по сентябрьским пробам зафиксировано 5 годовых ухудшений ситуации. Данный процесс сопровождался снижением содержания растворенного в воде кислорода. Следует также отметить неблагоприятную динамику по показателям ХПК. Это свидетельствует о химическом характере загрязнения водохранилища. Однако по анализируемым тяжелым металлам превышений не выявлено.

Положительные сдвиги были отмечены по содержанию нитритного и нитратного азота. Следует отметить, что концентрация нитритного азота в приплотинной части водохранилища на сентябрь 2011 г. составила 0,006 мг/дм³, что является минимумом за период 2006–2011 гг.

В качестве положительного момента необходимо отметить уменьшение в 2010–2011 гг. содержания нефтепродуктов в водоеме. Если в 2006 г. мы имели двукратное превышение ПДК, то в сентябре 2011 г. нефтепродукты в пробах не обнаружены.

Развитие микроводорослей и цианобактерий во многом определяет качество вод. При этом некоторые виды микроводорослей и цианобактерий активно участвуют в переработке органического вещества и ряда загрязняющих веществ. В то же время под влиянием качества вод формируется таксономический состав фитопланктона.



Диатомовые водоросли Матырского водохранилища в исследуемый период представлены 89 видами, разновидностями и формами, принадлежащими 29 родам. Сине-зеленые водоросли насчитывали 4 таксона, принадлежащих 4 родам. Другие низшие микроскопические водоросли представлены 8 таксонами, относящимися к 7 родам.

Гидробиологические исследования Матырского водохранилища в 2014–2016 гг. показали, что в составе фитопланктона продолжают доминировать диатомовые водоросли. Среди цианобактерий оценок обилия «в массе» и «очень часто» достигают виды *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. и *Anabaena spiroides* Kleb. Вид *Microcystis pulverea* (Wood.) Forti emend. Elenk. имеет оценки обилия «часто» и «нередко». Особое внимание привлекает повсеместное распространение полисапробного вида *Ostillatoria lautenbornii* Schmidle, имеющего оценку обилия «часто», а также *Microcystis aeruginosa* Kütz. Emend. Elenk. – «нередко». Эти виды, характерные для загрязненных местообитаний, в процессе метаболизма выделяют цианотоксины [41].

Анализ фитопланктона Матырского водохранилища в июне 2019 г. показал, что средние значения его численности составляют около 0,98 млн кл./л, а биомассы – около 1,09 мг/л. Подобные значения численности и биомассы, наряду с достаточно высокими значениями оценок обилия таких видов цианобактерий, как *Aphanothece clatrata* W. Et G. S. West («часто») и *Rhabdoderma lineare* Schmidle et Laut. Emend. Hollerb. («нередко»), доказывают высокую интенсивность процессов самоочищения.

Вычисленный для Матырского водохранилища индекс сапробности показывает, что водная экосистема по качеству и санитарно-биологическому показателю воды относится к классу III – «умеренно загрязненные»: в 2011 г. индекс сапробности $S = 1,61$, в 2010 г. он был равен 1,79. Данные проб за последующие годы не позволили достоверно вычислить указанный коэффициент (число видов-индикаторов менее 12, сумма баллов их видового обилия менее 30). В целом экосистема по степени кризисности находится на стадии обратимых изменений.

Проведенные исследования показали, что в результате длительной эксплуатации Матырского водохранилища химический состав его вод достаточно стабилен. К основным факторам, определяющим изменение химического состава вод водохранилища, можно отнести питающую его р. Матыра и ряд более мелких притоков, климат, а также промышленную и хозяйственно-бытовую деятельность в пределах СЭЗ «Липецк», промзон г. Грязи и с. Казинка, а также альголизацию.

Альголизация, проведенная в 2009–2011 гг., привела к интенсификации процессов самоочищения и реабилитации Матырского водохра-

нилища в гидробиологическом отношении. Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов, которые являются типичными агентами техногенного загрязнения, возникающего в результате эксплуатации объектов металлургического производства, имело тенденцию к снижению, а к окончанию проведения альголизации показатели значения, не превышающие ПДК.

При проведении альголизации вод водоема-приемника сточных вод Челябинского металлургического комбината (ЧМК) осуществлялись контроль их эколого-биологического качества методом биоиндикации по фитопланктону и гидрохимический анализ по ряду компонентов и показателей. Это запах, цветность, взвешенные вещества, сухой остаток, гидросульфаты, химическое и биохимическое потребление кислорода, аммонийный, нитритный и нитратный азот, общее железо, медь, цинк, никель, марганец, фториды, хром, фенолы, сероводород, нефтепродукты, мышьяк и ртуть. Ведущими загрязняющими веществами Баландинского водоема-приемника сточных вод ЧМК являются взвешенные вещества, фториды, медь, цинк и нитриты.

Все определяемые загрязняющие вещества по значению коэффициента концентрации условно разделяются на группы – доминантные, субдоминантные и акцессорные. Это деление весьма условно, поскольку загрязняющие вещества могут совершать переходы из одной группы в другую в зависимости от времени года, залповых сбросов и других факторов.

В 2019 г. доминантными загрязнителями представлялись фториды и фенолы. В субдоминантную группу входили нитриты и цинк.

В 2020 г. по значениям коэффициента концентрации доминантным поллютантом во всех точках опробования и в течение всего периода наблюдений являются взвешенные вещества. Наличие повышенного содержания взвешенных веществ обуславливается проведением дноуглубительных работ.

Субдоминантными поллютантами признаются фториды и цинк. В отличие от доминанты, в эту группу время от времени входят загрязняющие вещества из третьей группы. Источником значимых концентраций фторидов является используемый при доменной выплавке плавиковый шпат. Цинк выступает как сопутствующий компонент в концентратах, получаемых из железных и медно-колчеданных руд.

И наконец, третью группу составляют акцессорные, т. е. сопутствующие, загрязняющие вещества. Наивысшие значения коэффициента концентрации имеют принадлежащие к данной группе медь и нитриты. Медь является сопутствующим компонентом в концентратах, получаемых из железных и медно-колчеданных руд. Нитриты попадают в стоки в результате сброса промышленных вод, источник которых, в свою очередь,



связан с их выбросом из систем выведения доменного газа.

Покомпонентная оценка позволяет сделать ряд выводов. В 2020 г. по причине проведения дноуглубительных работ ведущими поллютантами признаны взвешенные вещества. В результате альголизации вод произошло снижение содержания фенолов, нефтепродуктов, причем в части последних концентрации не достигают фоновых и предельно допустимых значений.

Сравнительно большая концентрация сульфатов в 2020 г. объясняется окислением сульфидов. Об этом свидетельствуют относительно большие значения биохимического потребления кислорода. Соответственно и содержание растворенного в воде кислорода держится на уровне 2019 г. Значение водородного показателя в 2020 г. возросло на 0,6 единиц.

Интегральная оценка качества вод пруда Баландинский в 2020 г. указывает на повышение класса качества вод во всех точках отбора проб в течение всего времени проведения экологического мониторинга с IV–V в 2019 г. до V–VI, иногда VII класса качества. При этом в 2020 г. воды характеризовались от «грязных» до «чрезвычайно грязных». В качестве ведущих загрязняющих веществ Баландинского водоема-приемника сточных вод ЧМК выступают взвешенные вещества, фториды, медь, цинк и нитриты.

Кроме того, альголизация вод способствовала значительному снижению концентрации общего железа, общего хрома, фенолов и нефтепродуктов, что подтвердило вышеизложенные закономерности.

Сравнительно большая концентрация сульфатов в 2020 г. объясняется окислением сульфидов сточных вод ЧМК. Об этом же говорят относительно большие значения биохимического потребления кислорода, поэтому и содержание растворенного в воде кислорода держится на уровне 2019 г.

Обращает на себя внимание также тот факт, что в целом одновременно с сохранением в течение всего вегетационного сезона III класса качества вод в составе сообществ цианобактерий происходит уменьшение оценок обилия видов загрязненных местообитаний по сравнению с их распространением в фитопланктоне июля (до начала альголизации Баландинского пруда). В экосистеме Баландинского пруда положительный эффект альголизации вод четко проявляется как в отношении качества водной среды, так и уровня химического загрязнения вод.

Фитопланктон Баландинского пруда насчитывает 86 видов, разновидностей и форм водорослей из 7 отделов, из которых по значениям количества видов и суммарной биомассы преобладают зеленые водоросли (24,4% от общего числа видов численности и 38,8% от суммарной биомассы) и цианеи (25,6% от общего числа

видов и 54,9% от суммарной биомассы). Диатомовые водоросли при достаточно высокой видовой представленности (31,4% от общего числа видов) не осуществляют обычного для района исследований существенного вклада в общую биомассу (1,2% от суммарной биомассы). Это косвенно свидетельствует о значительном техногенном загрязнении водоема. Большое снижение доли диатомовых водорослей по численности и биомассе может объясняться недостаточным количеством биогенных соединений (нитратов), низким содержанием ионов железа и высоким содержанием сероводорода.

В целом показатели биомассы фитопланктона пруда невысокие (1,36–1,59 мг/л), что обусловлено значительными превышениями ПДК рядом тяжелых металлов (цинком, марганцем, медью), но достаточные для осуществления процессов самоочищения воды и создания кормовой базы для зоопланктона.

Среди фитопланктонных сообществ достаточно благополучным (наибольшее число видов и значение биомассы) следует считать альгоценоз р. Черной (в месте впадения в р. Миасс) (см. рис. 2, Т4), средние показатели биомассы равны 1,88 мг/л, что обусловлено более развитыми процессами самоочищения в условиях меньшего количества взвешенных веществ.

Суммарная биомасса и численность фитопланктона Баландинского пруда испытывала небольшую зависимость от загрязнения только в теплый период года, до октября. Причем при повышении загрязнения обычно отмечалось понижение численности фитопланктона при повышении его биомассы. Начиная с октября более значительным фактором в определении суммарной численности и биомассы микроводорослей являются климатические факторы, в частности понижение температуры поверхностного фотического слоя воды.

Следует отметить, что повышение численности альгофлоры наблюдалось при увеличении в воде содержания мышьяка (коэффициент корреляции $P = 0,61$). Это объясняется небольшим содержанием соединений с данным химическим элементом в воде, значительно ниже ПДК, и возможным его дефицитом для водорослей, которым он необходим для регуляции углеводного обмена.

В периоды наибольших значений биомассы фитопланктона наблюдалось снижение таких веществ, как аммоний ($P = -0,52$) и нитраты ($P = -0,57$).

Лимит варьирования среднего арифметического индекса Пантле – Букка S находится в подавляющем большинстве случаев в пределах III класса качества вод «умеренно (слабо) загрязненные воды», т. е. $S = 1,61–2,245$. Исключением являются показатели качества вод в р. Черной (см. рис. 2, Т4): $S = 1,49$ и соответствует II классу качества вод – «чистые». Следует отметить,



что с конца августа величина индекса стабильно снижается и переходит из подкласса Зб («умеренно загрязненные») в подкласс За («достаточно чистые»), что совпадает с периодом внесения суспензии хлореллы с большей частотой – раз в 10 суток.

Заключение

Таким образом, основными факторами ($P > 0,5$), которые вызывали увеличение уровня сапробности Баландинского пруда, служили сухой остаток ($P = 0,67$), ртуть ($P = 0,57$), марганец ($P = 0,56$) и цинк ($P = 0,55$). Возможно, сходным действием на фитопланктон обладали никель ($P = 0,49$) и медь ($P = 0,47$). Экосистемы Матырского водохранилища, Баландинского пруда и р. Черной г. Челябинска по степени кризисности находятся на стадии обратимых изменений. Поскольку снижение содержания тяжелых металлов в воде требует насыщения воды кислородом, то, возможно, одной из причин отсутствия превышения ПДК по ним в Матырском водохранилище вызвано более длительной (трехлетней) альголизацией, по сравнению с однократным опытом проведения данных работ на Баландинском пруду.

Библиографический список

1. Rakhmetova A. A., Beisenova R. R., Akpambetova K. M. Geocological assessment of the dynamics of pollution of the Nura river and Samarkand reservoir // Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography Series. 2020. Vol. 98, № 2. P. 53–59.
2. Argüelles R., Toledo M., Martín M. A. Study of the Tagus River and Entrepeñas reservoir ecosystem around the Trillo nuclear power plant using chemometric analysis : Influence on water, sediments, algae and fish // Chemosphere. 2021. Vol. 279. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130532>
3. Senze M., Kowalska-Góralaska M., Czyż K. Availability of aluminum in river water supplying dam reservoirs in Lower Silesia considering the hydrochemical conditions // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. 2021. Vol. 16. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100535>
4. Петросян В. С. Альголизация водоемов и проблемы химической безопасности // Чистая вода : проблемы и решения. 2012. № 3–4. С. 85–88.
5. Биломар Е. Е., Кульнев В. В. Биологическая реабилитация Белоярского водохранилища методом коррекции альгоценоза // Самарская Лука : проблемы региональной и глобальной экологии. 2014. Т. 23, № 2. С. 22–32.
6. Мелихов В. В., Московец М. В., Торопов А. Ю. Мониторинг экологического состояния водохранилищ ВДСК при альголизации штаммом хлореллы ИФР №С-111 // Орошаемое земледелие. 2014. № 1. С. 6–7.
7. Кульнев В. В., Почечун В. А. Применение альголизации питьевых водоемов Нижнетагильского промышленного узла // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 1. С. 20–21.
8. Кульнев В. В. О результатах проведения биологической реабилитации Большого Васильевского озера методом коррекции альгоценоза в 2014–2015 году (гидрохимический аспект) // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов : труды IV Международной научно-практической конференции / Свердловское областное отделение общественной организации международной академии наук экологии, безопасности человека и природы ; Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» ; Институт экономики УрО РАН. Екатеринбург : Издательство Уральского государственного горного университета, 2016. С. 159–165.
9. Кульнев В. В., Брычаева И. Е. Оценка сезонной динамики изменения экологического состояния рекреационных водоемов Балашихи вследствие их искусственной альголизации // Современные проблемы географии и геологии. К 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск : Издательство Национального исследовательского Томского государственного университета, 2017. С. 503–507.
10. Орел А. С., Хальметов А. А. Биологический метод очистки водоемов // Инновационные технологии в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении : материалы V Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении». Саратов : Амирит, 2017. С. 158–161.
11. Мелихов В. В., Медведева Л. Н., Фролова М. В. Развитие биомелиорации пресноводных водоемов на основе природосберегающей технологии – альголизации // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 6. С. 13–19.
12. Полубяринов П. А., Андреев С. Ю., Гарькина И. А., Давыдов Г. П. Оценка химического состава биомасс хлореллы, используемой в процессах естественной биологической очистки сточных вод // Региональная архитектура и строительство. 2014. № 3. С. 75–81.
13. Субботина Ю. М. Характеристика санитарно-гидрохимических показателей самоочищения птицеводческих стоков в условиях различного разбавления их биологически очищенными сточными водами и альголизацией водорослями // Пресноводная аквакультура : мобилизация ресурсного потенциала : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Москва : Издательство «Перо», 2017. С. 476–481.
14. Субботина Ю. М., Смирнова И. Р., Павлова Е. В. Микробиологическая очистка и санация сточных вод в биологических оксидационных контактных стабилизационных прудах // Наука и мир. 2016. Т. 2, № 1 (29). С. 106–109.
15. Кульнев В. В., Ступин В. И., Борзенков А. А. Биологическая реабилитация сточных вод сахарных заводов методом коррекции альгоценоза // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21, № 3. С. 16–20.
16. Анциферова Г. А., Когаров В. В. Формирование экологического качества вод очистных сооружений сахарного производства в условиях альголизации // Региональные эколого-географические исследования : сборник научных



- статей. Воронеж : Издательство Воронежского государственного университета, 2020. С. 23–28.
17. 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 : Издательство Государственного научно-производственного центра рыбного хозяйства, 2012. С. 51–56.
18. К вопросу о таксономическом составе фитопланктона и качестве воды Леневого водохранилища и Нижнетагильского городского пруда (Свердловская область) / Е. Е. Марченко, В. В. Кульнев, Г. А. Анциферова [и др.] // Экологическая безопасность промышленных регионов : III Уральский международный экологический конгресс / редакционная коллегия : А. И. Семячков, М. Н. Игнатъева. Екатеринбург ; Пермь : Издательство Института экономики Уральского отделения РАН, 2015. С. 73–82.
19. Кульнев В. В. Эколого-гидрохимический аспект проведения биологической реабилитации Нижнетагильского городского пруда методом коррекции альгоценоза // Экологическая геология : теория, практика и региональные проблемы : V Международная научно-практическая конференция (Посвящается Году экологии в России ; Третьей годовщине присоединения Крыма к России ; Столетию Воронежского Государственного университета ; 10-летию кафедры экологической геологии геологического факультета Воронежского государственного университета). Севастополь ; Воронеж ; Ханой : Издательство «Научная книга», 2017. С. 198–201.
20. Санитарно-биологическое качество поверхностных вод на урбанизированных территориях / Г. А. Анциферова, Л. М. Акимов, Е. С. Галкина [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы географической науки : демографический, социальный, правовой, экономический и экологический аспекты : материалы Международной научно-практической конференции : в 2 томах. Воронеж : Издательство Воронежского государственного педагогического университета, 2019. С. 369–374.
21. Черчинцев В. Д., Волкова Е. А., Серова А. А., Романова Е. Ю. Оценка экологического состояния Магнитогорского водохранилища и динамика изменения основных показателей его загрязнения // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2014. № 3 (47). С. 63–65.
22. Ходоровская Н. И., Дерябина Л. В., Ячменев В. А., Кравцова А. В. Экологическое состояние речного плеса Шершневского водохранилища // Экология XXI века : синтез образования и науки : материалы VI Международной научно-практической конференции / под научной редакцией Н. Н. Назаренко. Челябинск : Издательство Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета, 2020. С. 299–306.
23. Гречушникова М. Г., Киреева М. Б. Гидроэкологическое состояние Матырского водохранилища : современное состояние и перспективы изменения // Степи Северной Евразии : материалы Девятого Международного симпозиума. Оренбург : Издательство Оренбургского государственного университета, 2021. С. 216–222.
24. Беспалова Е. В. Трансформации качества вод Матырского водохранилища в течение вегетационных сезонов 2010–2016 годов // Комплексные проблемы техносферной безопасности : материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж : Издательство Воронежского государственного технического университета, 2017. С. 84–88.
25. Кульнев В. В., Базарский О. В. Механизмы изменения концентрации тяжелых металлов при биологической реабилитации Матырского водохранилища методом коррекции альгоценоза // Чистая вода России : сборник материалов XII Международного научно-практического симпозиума и выставки. Екатеринбург : Издательство ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», 2013. С. 181–184.
26. Здрок А. В. Экологическое состояние Матырского водохранилища и особенности накопления тяжелых металлов в воде, донных отложениях и мышцах рыб // Доклады Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А. С. Попова : материалы Международного симпозиума. / под редакцией Ф. А. Мкртчяна. Москва : Издательство Московского научно-технического объединения радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова, 2019. С. 251–254. Серия «Научные международные симпозиумы. Инженерная экология».
27. Анчикина Н. В. Экологическое состояние Матырского водохранилища и его влияние на вмещающий ландшафт Окско-Донской низменности // Успехи современного естествознания. 2017. № 10. С. 60–64.
28. 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 гг. // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23, № 7. С. 52–56.
29. Валяльщикова А. А., Силкин К. Ю., Кульнев В. В. Анализ экологического состояния Матырского водохранилища по данным эколого-гидрохимического и спутникового мониторинга // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : Геология. 2014. № 1. С. 110–117.
30. 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.
31. Кульнев В. В., Насонов А. Н., Цветков И. В., Мезгова Л. А., Ларионов А. Н. Фрактальный подход к оценке управляемости экологическими рисками // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2019. Т. 13, № 4. С. 101–111.
32. Кульнев В. В., Насонов А. Н., Цветков И. В. Управление качеством поверхностных вод на основе мультифрактального анализа // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов : материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж : Издательство «Истоки», 2020. С. 218–222.
33. Кульнев В. В., Цветков И. В., Насонов А. Н. Об улучшении экологического состояния водоема через управление развитием альгоценоза // Территориальная



организация общества и управление в регионах : материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2021. С. 86–92.

34. Кульнев В. В., Насонов А. Н., Цветков И. В. Применение методов мультифрактальной динамики при проведении экологического мониторинга водоемов // Глобальные экологические проблемы : локальное решение : материалы II Международной научной конференции. Москва : Издательство «Перо», 2019. С. 69–80.

35. Кульнев В. В., Насонов А. Н., Цветков И. В., Мезгова Л. А. Оценка техногенной нагруженности Нижнетагильского городского пруда и управление геоэкологическими рисками на основе мультифрактальной динамики // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 4–11. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-4-11>

36. Кульнев В. В., Насонов А. Н., Цветков И. В. О проведении экологического мониторинга водных объектов с применением методов мультифрактальной динамики // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов : труды VII Международной научно-практической конференции / ответственный редактор А. И. Семячков. Екатеринбург : Издательство Уральского государственного горного университета, 2019. С. 130–136.

37. Фракталы в науках о Земле : учебное пособие / А. Н. Насонов, И. В. Цветков, И. М. Жогин [и др.]. Воронеж : Издательство «Ковчег», 2018. 82 с.

38. Насонов А. Н., Кульнев В. В., Цветков И. В. Фрактальные модели нормирования техногенной нагрузки по показателям устойчивости экосистем // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019 : материалы Двенадцатой Международной конференции / под общей редакцией С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. Москва : Издательство Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2019. С. 1058–1059.

39. Кульнев В. В., Насонов А. Н., Жогин И. М., Цветков И. В., Грабарник В. Е., Карелин Н. В. Об опыте проведения управляемой альгоремедиации рекреационного водоема // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24, № 3. С. 58–64.

40. Кульнев В. В., Анциферова Г. А., Насонов А. Н., Цветков И. В., Суздаева А. Л., Графкина М. В. Моделирование и анализ процесса альголизации технологического водоема Новолипецкого металлургического комбината на основе мультифрактальной динамики // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23, № 10. С. 66–71.

41. Davis T. W., Berry D. L., Boyer G. L., C. Gobler J. The effects of temperature and nutrients on the growth and dynamics of toxic and non-toxic strains of *Microcystis* during cyanobacteria blooms // Harmful Algae. 2009. Vol. 8. P. 715–725.

42. Богданов Н. И. Биологическая реабилитация водоемов. 3-е издание, дополненное и переработанное. Пенза : Издательство РИО ПГСХА, 2008. 126 с.

Поступила в редакцию 04.11.2021; одобрена после рецензирования 10.12.2021; принята к публикации 20.12.2021
The article was submitted 04.11.2021; approved after reviewing 10.12.2021; accepted for publication 20.12.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 13–20
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 13–20
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-13-20>

Научная статья
УДК 528.854.2:551.324.63



Использование данных дистанционного зондирования Земли при изучении горных ледников (на примере ледника Алибек в Карачаево-Черкессии)

В. З. Макаров, Д. В. Тюков[✉], П. А. Шлапак

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

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, профессор, makarovvz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Тюков Денис Владимирович, студент бакалавриата, den1sov.an@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7708-6645>

Шлапак Павел Александрович, старший преподаватель, henryxiv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6418-8749>

Аннотация. В статье приводятся результаты изучения динамики изменений ледника Алибек по данным космоснимков разных лет. Рассматриваются методы обработки данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) Земли для определения структурных элементов ледниковой поверхности. Проводится сопоставление полученных данных с наземными метеорологическими параметрами.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, ледник Алибек, индекс NDSI, глобальное потепление

Для цитирования: Макаров В. З., Тюков Д. В., Шлапак П. А. Использование данных дистанционного зондирования Земли при изучении горных ледников (на примере ледника Алибек в Карачаево-Черкессии) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 13–20. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-13-20>

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

Article

The use of Earth remote sensing data in the study of mountain glaciers (on the example of the Alibek glacier in Karachay-Cherkessia)

V. Z. Makarov, D. V. Tyukov[✉], P. A. Shlapak

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

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

Denis V. Tyukov, den1sov.an@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7708-6645>

Pavel A. Shlapak, henryxiv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6418-8749>

Abstract. The article presents the results of studying the dynamics of changes in the Alibek glacier according to space images of different years. Methods for processing remote sensing data (ERS) of the Earth to determine the structural elements of the glacial surface are considered. The obtained data are compared with ground meteorological parameters.

Keywords: remote sensing data, Alibek glacier, NDSI index, global warming

For citation: Makarov V. Z., Tyukov D. V., Shlapak P. A. The use of Earth remote sensing data in the study of mountain glaciers (on the example of the Alibek glacier in Karachay-Cherkessia). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 13–20 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-13-20>

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

Актуальность исследования. Значимость исследования динамики оледенения на Западном Кавказе довольно высока и обусловлена влиянием нивально-гляциальных структур на прилегающие к ним территории. Горные ледники влияют на речной сток, провоцируют чрезвычайные ситуации в речных бассейнах, которые могут привести к риску возникновения опасных ситуаций для расположенных поблизости населенных пунктов [1]. Динамика размеров ледников является индикатором современного глобального потепления.

Цель исследования – изучение динамики горного оледенения на примере ледника Алибек в Боковом хребте Западного Кавказа с помощью данных дистанционного зондирования Земли.

Авторы решали следующие задачи:

- определить влияние ледника Алибек на речной сток, питающий р. Теберду большую часть года;
- показать уменьшение площади ледника за последние десятилетия как одного из наиболее «чутких» индикаторов изменений климата;



– продемонстрировать возможность замены значительной части выполняемых наблюдений на метеорологических и гляциологических станциях данными дистанционного зондирования, определив основные их преимущества и недостатки при изучении горных районов оледенения.

Современные методы дистанционного зондирования Земли позволяют с достаточной точностью и периодичностью фиксировать морфометрические характеристики ледниковых структур, не прибегая к полевым исследованиям или в значительной мере заменяя их. Это особенно актуально для труднодоступных территорий, не охваченных стационарными наблюдениями, на которые полученные в данном исследовании закономерности можно экстраполировать.

Объектом исследования является ледник Алибек. Он расположен в Западном Кавказе на Боковом хребте Большого Кавказа в Карачаево-Черкесии западнее пос. Домбай (рис. 1).

Это ледник долинного типа с северо-восточной экспозицией в ущелье Алибек, протянувшееся от вершин Джаловчат и Сулахат к Домбайской поляне, нижняя граница которого расположена на высоте 2074 м, а вершина – на высоте 3363 м.

Ущелье в значительной степени выработано водами р. Алибек и многократным оледенением. В долине можно встретить классические ледниковые формы: «бараньи лбы», цирки и полуцирки, моренные валы. Само ущелье имеет форму трога с корытообразным поперечным про-

филом, в ширину оно достигает 0.68 км, а в длину – 1.5 км. Языки ледника Алибек несколько десятилетий назад спускались к верхней части лесной зоны до абсолютной высоты ~2050 м [2].

Длина ледника в настоящее время составляет 3 832 м, его нижняя кромка расположена на уровне 2074 м (рис. 2). Площадь и объем ледяной массы, измеренные с помощью разных методик, соответственно равны 5.5863 км², 0.1790 км³ (модель glabtop), 0.177 км³ (формула Мазо – Глазырина) [2].

Методы исследования. В качестве основного был выбран метод дистанционного зондирования Земли. Его преимуществами перед методами полевых экспедиций и стационарных наблюдений являются автономность и относительная экономичность ресурсов, затрачиваемых для получения искомым данных, а также актуальность и периодичность данных. Особенное значение использование данного метода имеет в современных условиях, когда в открытом доступе находятся снимки высокого разрешения, сделанные с приемлемой периодичностью наблюдений и содержащие информацию в разных диапазонах спектра излучения. Хотя точность определения различных морфометрических характеристик ледника по ДЗЗ, безусловно, проигрывает натурным съемкам, но может быть применена для получения обобщенных данных, которых достаточно для большинства целей.

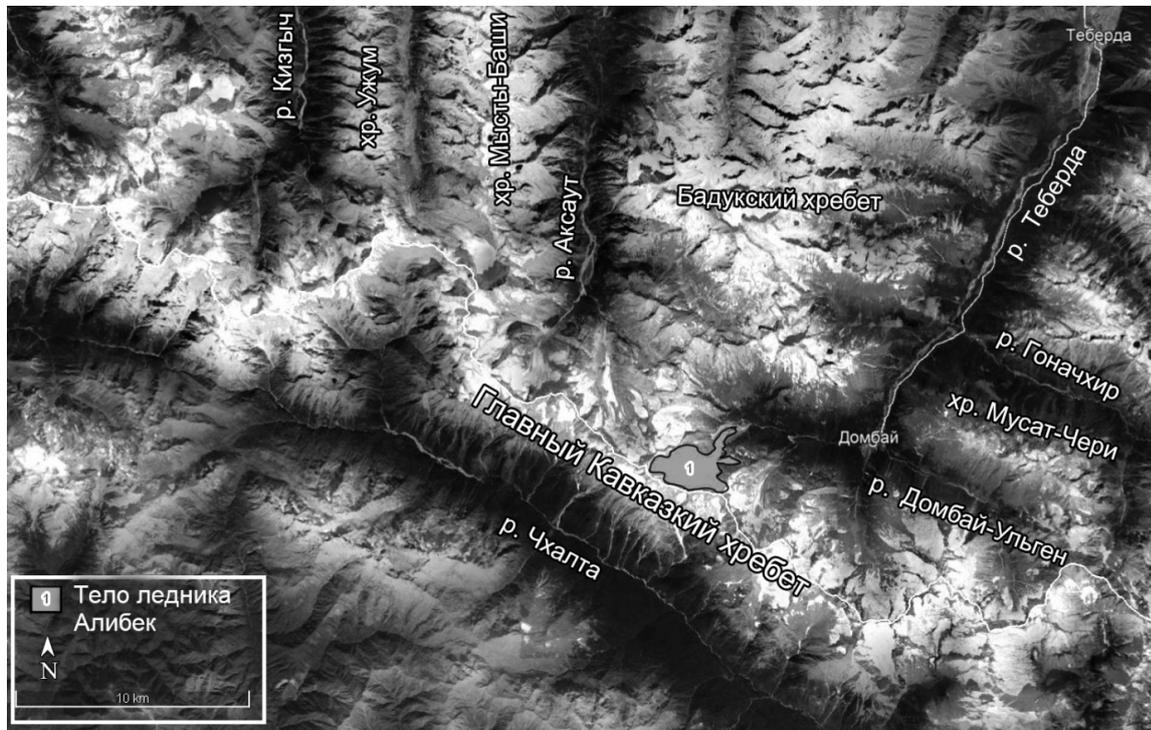


Рис. 1. Положение ледника Алибек в системе хребтов Западного Кавказа (композиция снимков Landsat 8)



Рис. 2. Современное состояние языка ледника Алибек. Июль 2021 г. (фото П. А. Шлапака)

При дешифрировании снимков снежно-ледовых поверхностей с некоторой долей автоматизации используется алгоритм выделения покрытой снегами и льдом площади. Применение указанного алгоритма обусловлено высокой отражательной способностью снежно-ледовых поверхностей в видимом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазонах спектра и резким ее снижением в коротковолновом ИК диапазоне. Данное свойство позволяет четко отделить исследуемые объекты от облачности или других светлых объектов.

На особые отражательные свойства объектов в разных диапазонах опирается теория спектральных индексов, являющихся пространственными моделями, основанными на операциях растровой алгебры с изображением объектов в разных спектральных диапазонах [3]. Обработанные специальным образом данные ДЗЗ применяются для картографирования сельского хозяйства [3], рельефа [4,5], водных объектов [6–9], моделирования зон затопления [10,11], выделения снежных поверхностей [12–14].

Обзор публикаций по теме исследования.

Остановимся на современных исследованиях, использующих ДЗЗ при изучении деградации ледников.

В работах [15,16] рассматривается метод изучения ледников с помощью ДЗЗ в Монгольском Алтае, в бассейне р. Цаган-Сала-Гол. С помощью обработки данных спутников Landsat и Aster в программном обеспечении ENVI и ArcGIS были выявлены тенденции деградации современного оледенения. Несмотря на использование приемов повышения разрешения космоснимков (метод паншарпенинга), авторы констатируют низкую точность исследования по ДЗЗ в применении к малым ледникам (менее 0,5 км²).

Отметим, что выделение контуров ледников авторы проводили лишь по видимому диапазону, без спектральных преобразований, что позволяет получить лишь некоторую часть доступной информации.

В исследованиях [17,18] рассмотрен мониторинг ледников в Гималаях, Кодарском хребте на Кавказе и массиве Мунку-Сардык в Восточном Саяне. Слежение за динамикой ледников выполнялось на основе анализа данных спутниковых систем Landsat, Aster, QuickBird, WorldView-1. Использовалась технология композиции цветного изображения из нескольких диапазонов спектра, в том числе инфракрасного. Согласно изложенным данным наблюдается зависимость между увеличением средних температур и уменьшением площади исследуемых ледников. При этом аналогичная корреляция с количеством осадков отсутствует. Полученные результаты показывают наибольшие темпы таяния ледников в 1980-е гг. и постепенное затухание этого процесса к 2010-м гг. Данная тенденция прослеживается во всех исследуемых горных системах.

В работах [2,19] рассматриваются тенденции современного оледенения в районах Западного Кавказа, в бассейне р.Кубань. Показывается существенная деградация ледников разной интенсивности за последние 100 лет. Выводы сделаны по данным экспедиций разных лет, лихенометрического и дендрохронологического датирования, анализа ДЗЗ. Исследователи использовали методы преобразования плановых характеристик ледника в трехмерные модели. На основе расчетных данных показываются современные темпы деградации площадей и объемов ледников Западного Кавказа. Следует отметить высокую практическую значимость этих исследований и необходимость их актуализации.

В публикациях [12–14] рассматриваются современные способы анализа ДЗЗ для выделения снежно-ледовых поверхностей, а также определения их качественных и количественных характеристик. Одним из наиболее распространенных алгоритмов является построение раstra индекса снега NDSI (Normalized difference snow index), который высчитывается по формулам с использованием яркостных значений диапазонов коротковолнового ИК, а также зеленого канала:

$$NDSI = \frac{GREEN - SWIR1}{GREEN + SWIR1}, \quad (1)$$

где GREEN – спектральный диапазон 0,53 мкм – 0,61 мкм, SWIR1 – спектральный диапазон 1,55 мкм – 1,75 мкм [12, 13].

Использованные материалы и их подготовка. Определив временные рамки исследования, а это последние четыре десятилетия, авторами были использованы снимки спутниковых систем Landsat-5 и Landsat-8. Данные снимки имеют пространственное разрешение в 30 м –



оптимальное разрешение для анализа площади деградации ледника, позволяющее выполнить вычисления на средне- и даже при некоторых преобразованиях крупномасштабном уровне.

Дополнительно из архива метеостанции, расположенной на Клухорском перевале [20], была получена информация по среднемесячным температурам и количеству выпадающих осадков в рассматриваемом горном районе за период с 1984 по 2019 г.

Определение динамики структурных элементов Алибекского ледника производилось с помощью обработки данных ДЗЗ с использованием опубликованных источников, в которых присутствует довольно точное описание изменений домбайской группы ледников за последний век [2, 19]. Кроме того, полученные результаты были сопоставлены с имеющимися у авторов полевыми наблюдениями ледника Алибек в 2019 г. и 2021 г.

Содержание исследования и его обсуждение. Авторами было выполнено моделирование спектральных индексов. Построение раstra спектрального индекса NDSI (Normalized Difference Snow Index) и определение структурных компонентов ледника по нему производилось в среде программного обеспечения Quantum GIS версии 2.18. Изображения, полученные в результате операций растровой алгебры, открыли возможность для выделения зон ледниковой аккумуляции и абляции, т. е. зон накопления снежной

массы и ее таяния. Каждой из зон соответствует определенный диапазон значения индекса, по которому интерпретация снимков производится гораздо оперативнее и точнее [12, 13].

На основе данных, полученных с метеостанции на Клухорском перевале, были составлены графики средних сезонных значений температуры, сумм значений атмосферных осадков по сезонам за период с 1984 по 2019 г. Выпадающие осадки не показывают четко выраженного тренда на увеличение или уменьшение. В то же время сезонные температуры лета указывают на достаточно четкий повышающий тренд (рис. 3).

Была построена модель колебания нижней границы ледника на основе данных, полученных в ходе дешифрирования ДЗЗ, а также исследований [2], которые демонстрируют положение разновременных конечных морен Алибекского ледника (рис. 4). Синтез этих показателей позволил получить представление о характере движения ледника и его темпе за последнее столетие [2].

Расчет морфометрических и гляциоклиматических показателей ледника. Анализ данных, полученных в ходе камеральных работ по обработке космоснимков Landsat 5 и Landsat 8, а также рассчитанных показателей площади и объема массы ледника [2] позволил построить график динамики параметров ледника Алибек, который иллюстрирует общую картину изме-

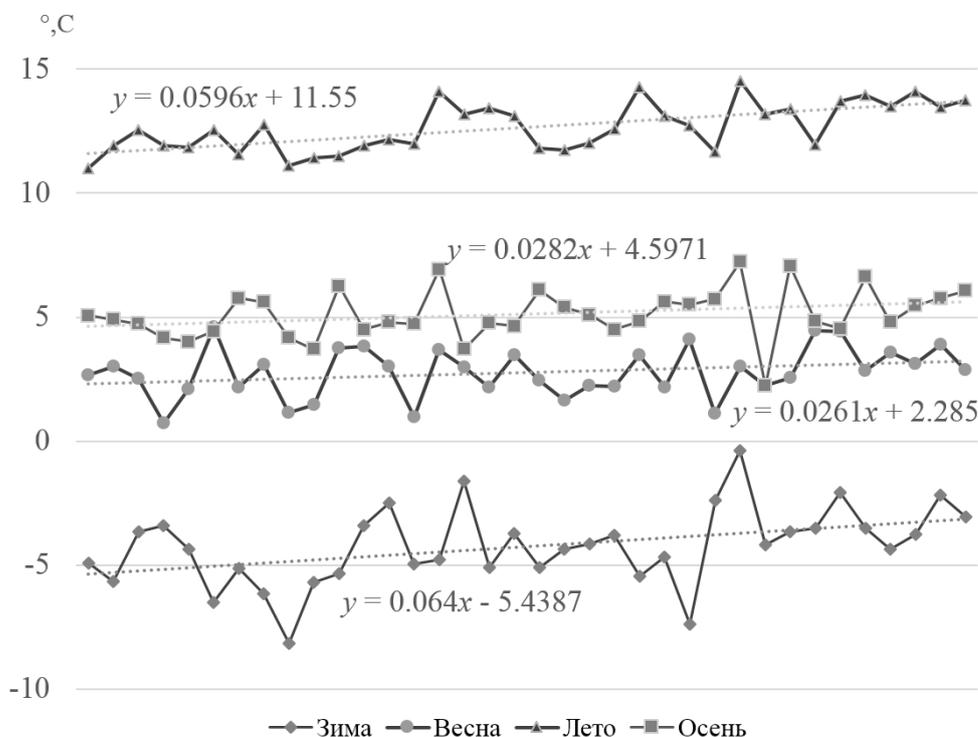


Рис. 3. Графики изменений сезонных температур воздуха (1984–2020 гг.) в районе Клухорского перевала на Западном Кавказе, построенные по данным метеостанции на Клухорском перевале [20]

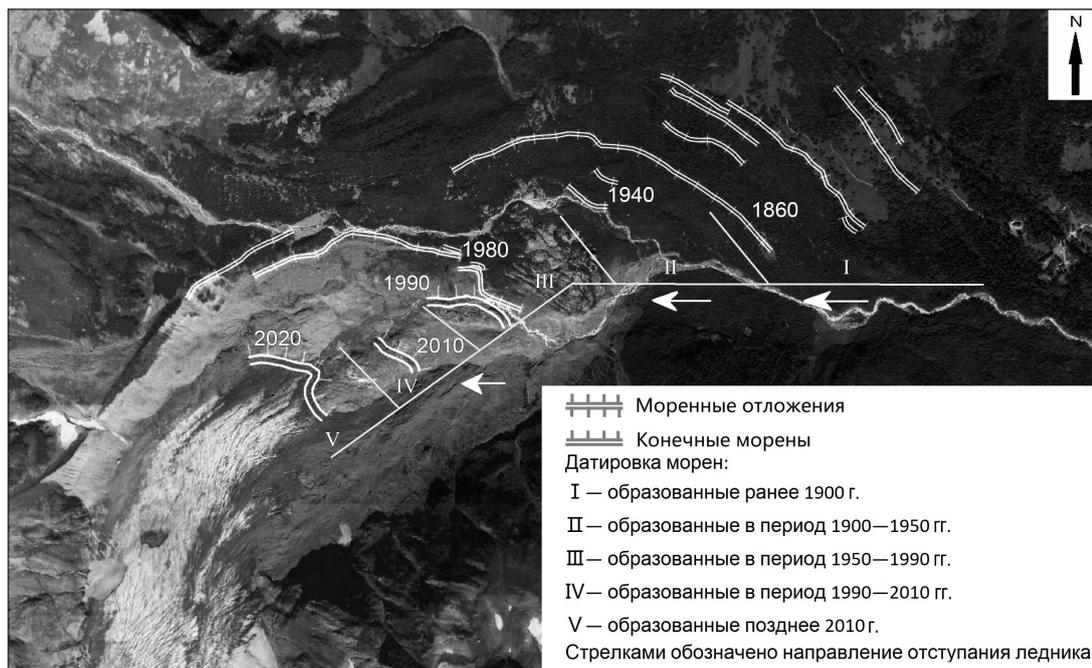


Рис. 4. Динамика поверхности ледника Алибек. Сплошные линии – устойчивое положение границы ледника за соответствующее десятилетие, даты показывают возраст моренных отложений (сост. по: [2] и на основе камеральной обработки космоснимков)

нения его состояния за последние десятилетия (рис. 5). Полученные данные рассчитывались с помощью модели glabtop, формулы Мазо – Глазырина, метода Адхикари [2].

Проанализировав представленные тенденции по данным ДЗЗ за время с 1985 по 2016 г.

с помощью методов, аналогичных [2], можно заметить:

- в целом происходит замедление темпов деградации ледника;
- замедление уменьшения площади не такое сильное, как замедление сокращения объема

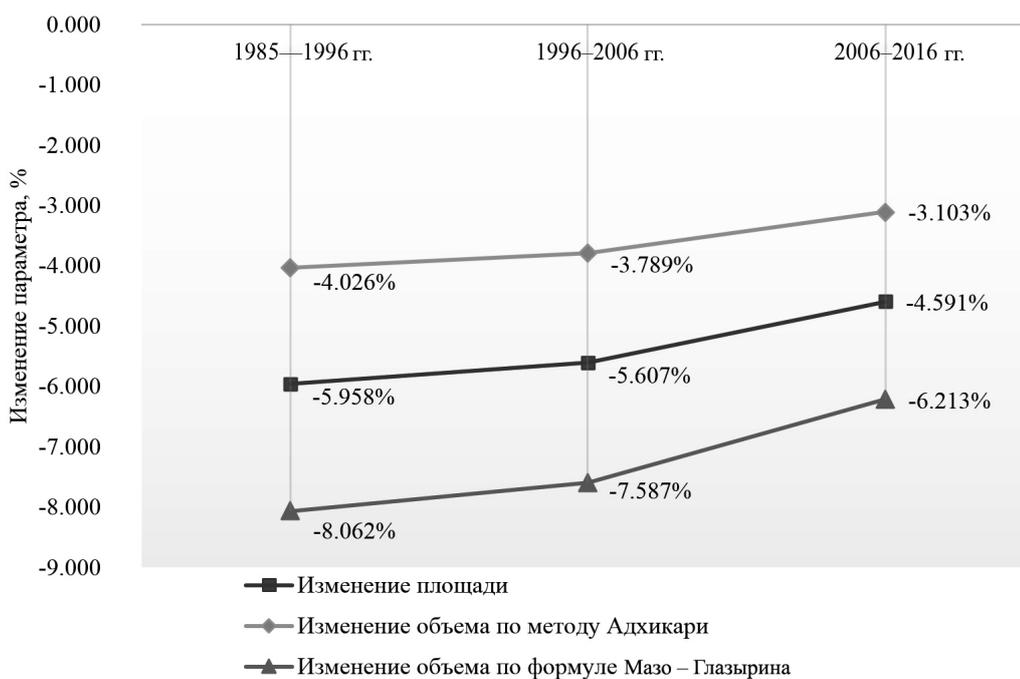


Рис. 5. Изменение площади и восстановленного объема ледника Алибек (сост. по: [2])



ма, что, вероятно, связано с постепенным переходом деградации от части, спускающейся в долину («языков»), к более мощной части ледника, находящейся на большей абсолютной высоте.

Выделение структурных элементов. Другая важная задача – идентификация структурных зон нивально-гляциальных объектов: зоны накопления (аккумуляции) и зоны таяния (абляции). Представленные выше метеорологические данные (см. рис. 3), а также расположение конечных морен за последний век позволяет говорить о постепенном увеличении абсолютной высоты климатической снеговой линии, разделяющей структурные зоны ледника.

Чтобы проверить эту гипотезу, по данным, полученным в результате обработки моделей спектрального индекса *NDSI*, были выделены структурные зоны по сезонам за каждое десятилетие с 1980-х гг. по 2020 г. (рис. 6).

Удалось установить, что наибольшую деградацию претерпевает нижняя абляционная часть, граница которой отступает за последние десятилетия, о чем говорит серия построенных моделей (см. рис. 4). Северо-восточная часть ледника постепенно теряет соединение с основным телом, изолируясь в небольшом пространстве. Кроме того, центральный язык ледника, спускающийся в долину р. Алибек, истончается, уменьшая и объем, и площадь достаточно равномерно в течение рассматриваемого промежутка времени (см. рис. 5).

Абляционная и аккумуляционная зоны ледника были выделены на основе обработки данных съемочной системы Landsat в видимом и коротковолновом инфракрасном диапазонах за последние четыре десятилетия. В июле 2021 г. авторами дополнительно была проведена GPS-съемка нижнего края главного языка ледника Алибек, спускающегося вниз по долине (см. рис. 5). Положение по сравнению с предыдущим годом (2016 г.) натурных обследований изменилось в среднем на 40–70 м вверх по ущелью, что подтверждает обозначенные выше тенденции.

Выводы. Выполненное исследование позволило сформулировать следующие выводы.

1. Разность отражательной способности зоны аккумуляции и зоны стока ледника позволяет провести их идентификацию по данным ДЗЗ и проследить динамику изменения по сезонам. Космоснимки, полученные в августе и сентябре, являются наиболее предпочтительными для рассмотрения из-за наибольшей разности отражаемого излучения между зонами абляции и аккумуляции.

2. Полученные на основе данных с метеостанции на Клухорском перевале (1984–2020 гг.) графики изменения средних сезонных температур демонстрируют тренды к повышению и коррелируют с изменениями площади поверхности ледника Алибек за последние десятилетия.

Устойчивых трендов изменения выпадения осадков за данный период не наблюдается. Не выделяется также значимая корреляция суммарного количества осадков и динамики размеров ледника. Таким образом, наиболее значимым фактором в современной деградации ледника Алибек является повышение температуры в летний сезон.

3. При определении объема снежных масс, составляющих тело ледника, возникает проблема невозможности установления точного объема по дистанционным данным из-за неизвестного значения толщи ледникового покрова. Однако можно вычислить объем ледника как функцию площади, которую занимают снежные массы, учитывая погрешности моделирования. На протяжении 2010-х гг. ледник Алибек демонстрирует общую тенденцию к уменьшению объема массы (см. рис. 5). По выполненным расчетам можно сделать вывод о постепенном замедлении темпов уменьшения массы ледника, что может быть объяснено значительной деградацией нижней, сравнительно тонкой абляционной части.

4. Сравнивая изменения контуров ледника за последний век (по анализу абсолютной высоты конечных морен) и за последние четыре десятилетия, на основе полученных данных в ходе обработки ДЗЗ можно отметить следующее: изменения положения нижней границы ледника значительно выражены и имеют неоднородный характер, последние четыре десятилетия ледник имеет наибольшие темпы изменения основных структурных компонентов, т. е. наблюдается ускорение темпов его деградации. В то же время в последние два десятилетия эти темпы незначительно замедляются (см. рис. 4).

5. Структурно наибольшим изменениям подверглись основной язык ледника, значительно истончившийся и уменьшившийся по площади, а также боковой северо-восточный язык, который изолировался от основного тела в последнее десятилетие. Кроме того, значительно увеличилась высота климатической снеговой линии, сократилась площадь аккумуляции, хотя эти изменения и не столь значительны, как в нижней, сравнительно тонкой части ледника.

Подводя итоги можно сказать о значимости используемой модели *NDSI*, применение которой в работах, посвященных исследованию ледников, позволит с высокой степенью точности проводить процедуру интерпретации космоснимков, выделения структурных элементов ледника, мониторинга процессов в нивально-гляциальной зоне. Для уточнения данных могут быть использованы общедоступные модели снежного покрова, обладающие невысоким пространственным разрешением, но поддерживающие необходимую актуальность [21–23].

Стоит отметить, что хотя взаимосвязь, наблюдаемая между климатическими характеристиками и динамикой размеров ледника, выявляется довольно четко, для наиболее полного

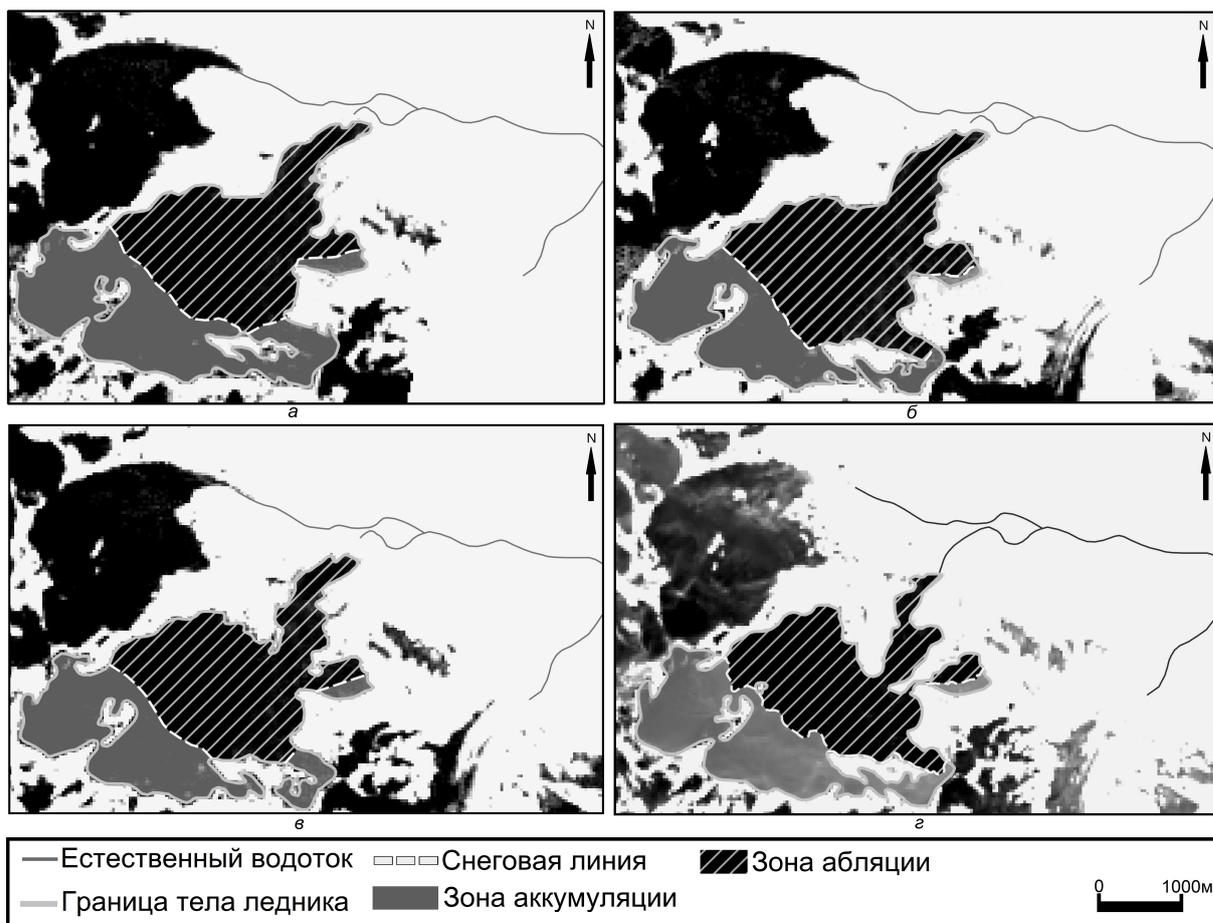


Рис. 6. Динамика зон абляции и аккумуляции ледника Алибек по моделям NDSI за летний период по четырем десятилетиям с 1980-х гг. по 2020 г. (по данным Landsat 5 и Landsat 8): а – летний сезон 1980–1990е гг.; б – летний сезон 1990–2000е гг.; в – летний сезон 2000–2010е гг.; з – летний сезон 2010–2020е гг.

рассмотрения генезиса деградации объекта необходимо производить анализ и других факторов, оказывающих влияние на динамику ледника.

Наблюдаемый тренд изменения ледника Алибек характеризуется значительной деградацией основных структурных компонентов с достаточно высоким темпом, что отмечается за последние четыре десятилетия. Прогнозирование состояния ледника указывает на затухание темпов его деградации, что может быть обусловлено стаиванием его нижней тонкой уязвимой части.

Библиографический список

1. Геоэкологический риск-анализ нефтяных месторождений Саратовской области с применением ГИС технологий / А. Н. Чумаченко, А. В. Молочко, В. З. Макаров [и др.] ; под ред. А. Н. Чумаченко. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2017. 104 с.
2. Бушуева И. С., Соломина О. Н., Жомелли В. История ледника Алибек по данным дистанционного зондирования, биоиндикации, ¹⁴C и ¹⁰Be датирования // Лёд и Снег. 2015. № 55 (3). С. 97–106.

3. Антонова О. С., Неврюев А. М., Шлапак П. А. Использование данных ДДЗ для анализа влагообеспеченности сельскохозяйственных угодий (на примере саратовского заволжья) // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2020. С. 22–27.

4. Федоров А. В., Шлапак П. А., Муженский Д. А. Исследование линейной эрозии путем создания уточненной цифровой модели рельефа на основе SRTM (на примере территории Хвалынского района Саратовской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып 1. С. 36–40. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-36-40>

5. Хворостухин Д. П., Муженский Д. А., Власенко А. А. Обработка общедоступных данных дистанционного зондирования для создания крупномасштабной цифровой модели рельефа // Сборник материалов участников XVI Большого географического фестиваля, посвященного 200-летию со дня открытия Антарктиды русской экспедицией под руководством Фаддея Беллинсгаузена и Михаила Лазарева. Санкт-Петербург : Свое издательство, 2020. С. 607–611.



6. Using water indices (ndwi, mndwi, ndmi, wri and awei) to detect physical and chemical parameters by apply remote sensing and gis techniques // Researchgate. URL: https://www.researchgate.net/publication/320869780_using_water_indices_ndwi_mndwi_ndmi_wri_and_awei_to_detect_physical_and_chemical_parameters_by_apply_remote_sensing_and_gis_techniques (дата обращения: 18.04.2021).
7. Target detection method for water mapping using landsat 8 OLI/TIRS Imager // Researchgate. URL: https://www.researchgate.net/publication/274837119_Target_detection_method_for_water_mapping_using_landsat_8_OLITIRS_Imagery/ (дата обращения: 16.04.2021).
8. Морозова В. А. Расчет индексов для выявления и анализа характеристик водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования // Современные проблемы территориального развития. 2019. № 2. С. 1–12.
9. Проказов М. Ю., Шлапак П. А. Использование ГИС-технологий в картографировании геосистемных и геоэкологических характеристик Волжской островной поймы в районе г. Саратова // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы X Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж : Научная книга, 2018. С. 137–141.
10. Шлапак П. А., Морозова В. А., Морозова Е. А. Разработка алгоритма математико-картографического моделирования зон затопления застроенных территорий (на примере участка реки Медведица у города Петровска (Саратовской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 3. С. 176–183. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-3-176-183>
11. Морозова В. А. Применение ГИС-технологий совместно с данными дистанционного зондирования (ДДЗ) для мониторинга и картографирования зон затопления на примере рек Саратовской области // Теория и практика гармонизации взаимодействия природных, социальных и производственных систем региона : материалы Международной научно-практической конференции : в 2 томах / редколлегия : С. М. Вдовин (отв. ред.) [и др.]. Саранск : Издательство Мордовского университета, 2017. С. 359–364.
12. Дмитриев А. В., Дмитриев В. В. Аппроксимационный алгоритм картирования снежного покрова по спутниковым данным // Актуальные вопросы современной науки. 2014. № 36. С. 40–51.
13. Кучмент Л. С., Романов П. Ю., Гельфан А. Н., Демидов В. Н. Оценка характеристик снежного покрова путем совместного использования моделей и спутниковой информации // Исследование Земли из космоса. 2009. № 4. С. 47–56.
14. Чурюлин Е. В., Копейкин В. В., Розинкина И. А., Фролова Н. Л., Чурюлина А. Г. Анализ характеристик снежного покрова по спутниковым и модельным данным для различных водосборов на Европейской территории Российской Федерации // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 2. С. 120–143.
15. Лапина К. В., Останин О. В., Дьякова Г. С. Динамика оледенения хребта монгольский Алтай (на примере бассейна реки Цаган-Сала-Гол) // Вестник АГАУ. 2017. № 9 (155). С. 72–76.
16. Kamp U., Krumwiede B., McManigal K., Pan C., Walther M., Dashtseren A. The Glaciers of Mongolia / Institute for Arctic, Antarctic and Alpine Research (INSTAAR). Missoula, 2013. 43 p.
17. Китов А. Д., Плюснин В. М. Сравнение динамики ледников в Гималаях и горах юга Восточной Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 29. С. 68–83.
18. Shea J. M., Immerzeel W. W., Wagnon P., Vincent C., Bajracharya S. Modelling glacier change in the Everest region, Nepal Himalaya // The Cryosphere. 2015. Vol. 9. P. 1105–1128.
19. Лурье П. М., Панов В. Д., Ильичев Ю. Г., Салпагаров А. Д. Снежный покров и ледники бассейна реки Кубани // Труды Тебердинского государственного биосферного заповедника. 2006. Вып. 41. 243 с.
20. Специализированные массивы для климатических исследований. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori> (дата обращения: 18.04.2021).
21. Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения / Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2020. 191 с.
22. Pyankov S. V., Shikhov A. N., Mikhaylyukova P. G. Simulation of snow accumulation and melting in the Kama river basin using data from global prognostic models // Led i Sneg. Ice and Snow. 2019. Vol. 59 (4). P. 494–508.
23. Шихов А. Н., Связов Е. М. Прогнозирование динамики процесса снеготаяния на западном Урале с применением мезомасштабной модели WRF/ARW // Современные проблемы науки и образования. URL: <https://science-education.ru/pdf/2013/4/363.pdf> (дата обращения: 19.01.2020).

Поступила в редакцию 10.12.2021; одобрена после рецензирования 15.20.2021; принята к публикации 20.12.2021
The article was submitted 10.12.2021; approved after reviewing 15.20.2021; accepted for publication 20.12.2021

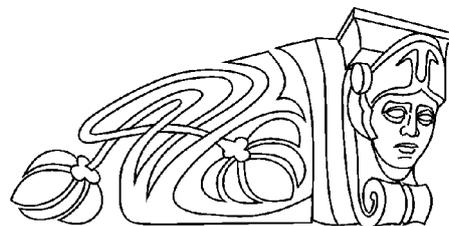


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 21–25
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 21–25
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-21-25>

Научная статья
УДК 504.3.054

Современное состояние содержания пыли в атмосферном воздухе Еревана



В. Г. Маргарян[✉], Г. А. Хачатрян

Ереванский государственный университет, Армения, 0025, г. Ереван, ул. Алека Манукяна, д. 1

Маргарян Вардуи Гургеновна, кандидат географических наук, доцент, vmargaryan@ysu.am, <https://orcid.org/0000-0003-3498-0564>
Хачатрян Гор Арменович, студент, gor.khachatryan2@ysumail.am

Аннотация. В данной статье рассматривается состояние атмосферного воздуха. На основании результатов его анализа проведена оценка уровней загрязнения в г. Ереван. Показано, что концентрация пыли в атмосферном воздухе имеет хорошо выраженный годовой ход. Максимальные значения концентрации пыли характерны для теплого периода года. Наибольший удельный вес загрязнения воздуха наблюдается в административном районе Кентрон – превышено содержание пыли в отношении ПДК.

Ключевые слова: мониторинг, качество воздуха, пыль, предельно допустимые концентрации, аэрозоли, атмосферный воздух, загрязняющие вещества

Для цитирования: Маргарян В. Г., Хачатрян Г. А. Современное состояние содержания пыли в атмосферном воздухе Еревана // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 21–25. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-21-25>

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

Article

The current state of dust content in the atmospheric air of Yerevan

V. G. Margaryan[✉], G. A. Khachatryan

Yerevan State University, 1 Alek Manoukian St., Yerevan 0025, Armenia

Vardui G. Margaryan, vmargaryan@ysu.am, orcid.org/0000-0003-3498-0564
Gor A. Khachatryan, gor.khachatryan2@ysumail.am

Abstract. This article discusses the state of atmospheric air. Based on the results of the analysis, an assessment of its pollution levels in the city of Yerevan was carried out. It is shown that the concentration of dust in the atmospheric air has a well-defined annual course. The maximum values of dust concentration are typical for the warm period of the year. The greatest proportion of air pollution is observed in the administrative district of Kentron, the excess of dust content in relation to MPC.

Keywords: monitoring, air quality, dust, maximum permissible concentrations, aerosols, atmospheric air, pollutants

For citation: Margaryan V. G., Khachatryan G. A. The current state of dust content in the atmospheric air of Yerevan. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 21–25 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-21-25>

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

Введение

Современные урбанизированные участки характеризуются растущим числом офисных зданий, объектов промышленности, а также высокой плотностью автомобильного транспорта. Качество атмосферного воздуха городов по всему миру является одной из острых экологических проблем. Загрязнение воздуха в городах растет из-за наличия пыли, которая представляет собой твердые частицы, которые находятся в воздухе под воздействием воздушных потоков и силы гравитации или вместе с осадками оседают на разных поверхностях. Образование пыли свя-

зано как с природными процессами, такими как выветривание, разрушение горных пород, вулканическая активность, космическая пыль, так и с антропогенными – промышленность, сельское и жилищно-коммунальное хозяйство, транспортная активность [1].

Загрязнение окружающей среды физическими, химическими и биологическими факторами и энергией является одним из крупнейших экологических рисков, что обуславливает рост заболеваний дыхательной, сердечно-сосудистой, центральной нервной и репродуктивной систем, аллергии, астмы, рака [2–5].



Важнейшая качественная характеристика общества – это здоровье населения, которое рассматривается как интегральный показатель сложного взаимодействия социально-экономических, экологических, медико-биологических и демографических факторов. Именно пыль из присутствовавших в воздухе смесей оказывает выраженное кумулятивное воздействие на организм человека. Легочные заболевания, связанные с пылью, распространенная форма патологии, занимающая значительное место в общей структуре заболеваний, что приводит к большим социально-экономическим потерям [6].

Цель статьи – изучение содержания и сезонного-годового распределения пыли в атмосферном воздухе г. Ереван.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных данных в статье использованы материалы многолетних наблюдений за период с 2010 до 2018 г. (данные ГНКО «Центра гидрометеорологии и мониторинга» Министерства окружающей среды Республики Армения по температуре воздуха). В настоящее время действуют всего 5 метеорологических станций (рис. 1), фактические данные которых были использованы для проведения исследований.



Рис. 1. Административная карта г. Ереван

В Ереване (см. рис. 1) мониторинг качества воздуха осуществлялся в пяти стационарных наблюдательных пунктах мониторинга загрязненности атмосферного воздуха ГНКО «Центр гидрометеорологии и мониторинга» Министерства окружающей среды. Эти пункты расположены в разных местах города – от центра до окраин. В них определялось содержание диоксидов серы

и азота, пыли и околосреднего озона. В статье основное внимание уделяется концентрации пыли в атмосферном воздухе.

Результаты и их обсуждение

Наибольшая доля загрязнения воздуха приходится на следующие отрасли: лесное хозяйство, производство стали, цветная металлургия, добыча песка, транспорт. Согласно исследованию, проведенному российскими и зарубежными учеными, около 60% пыли, выделяемой автомобильными шинами при движении по асфальтобетонному покрытию, имеет размер до 10 микрон. На основе исследований Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) увеличение максимально допустимой концентрации пыли в атмосферном воздухе городов, включая меньшие частицы PM10 и PM 2.5, способствует возникновению заболеваний дыхательной и сердечно-сосудистой систем [7]. Основными причинами загрязнения воздуха являются использование промышленными предприятиями некачественного сырья в производстве, значительный износ оборудования по технологической очистке пыли и газов или его отсутствие, нарушение технологических процессов – высокие темпы увеличения количества автотранспорта, недостаточное качество городских дорог, отсутствие объездных дорог для грузового автотранспорта, применение низкокачественных видов топлива [8]. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов являются рассеянные частицы пыли, оксиды азота, формальдегид, фенол, хлористоводород, фторид, сероводород [9]. Большое количество указанных веществ влияет на органы дыхания. Нахождение этих веществ в воздушной среде приводит к снижению иммунитета и раздражению органов дыхания.

Важным источником загрязнения атмосферного воздуха является автотранспорт. Выхлопные вещества при эксплуатации транспортных средств являются смесью продукции полного и неполного сгорания топлива [10]. Они содержат несколько газовых веществ, которые приводят к отравлению.

Выбросы большей части продукции неполного сгорания топлива возникают тогда, когда транспортные средства останавливаются у светофора, когда при ожидании соответствующего знака двигатель работает, а также при движении и ускорении работы двигателя [11, 12]. Очевидно, что для снижения выбросов необходимо устранить препятствия, мешающие свободному передвижению транспортных средств. Всему этому способствует строительство магистралей, которые не будут связаны с другими дорогами, автомобилями или пешеходами, находящимся на том же уровне. Строительство подземных и наземных переходов для пешеходов в местах



скопления транспорта, а также эстакад или тоннелей для разгрузки больших потоков транспорта поможет ограничить влияние вредных веществ на население [12]. Таким образом, исследования, направленные на повышение экологической безопасности городской среды путем изучения свойств пыли, в частности ее рассеянного (фракционного) состава, являются актуальными.

Средние данные о концентрации пыли в атмосферном воздухе Еревана (за период 2015–2020 гг.) для всех пяти наблюдательных пунктов приведены в таблице. Концентрация пыли в атмосферном воздухе имеет хорошо выраженный годовой ход (рис. 2, 3). Среднемесячные высокие концентрации пыли, за исключением наблюдательного пункта № 18, главным образом отмечаются в августе. Среднемесячные минимальные концентрации пыли отмечаются в октябре.

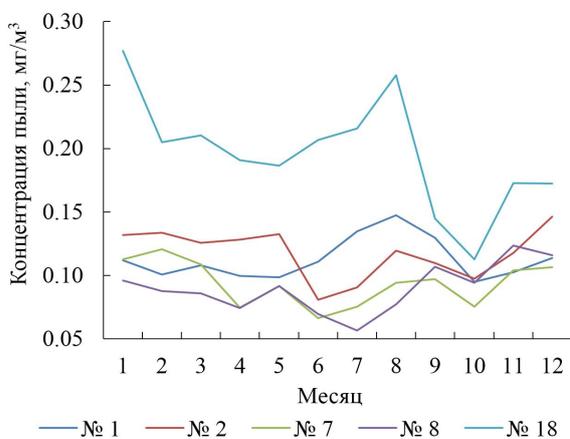


Рис. 2. Годовой ход средних значений концентрации пыли в г. Ереван (цвет online)

Среднесуточная предельно допустимая концентрация пыли в атмосферном воздухе составляет $0,15 \text{ мг/м}^3$. Превышение содержания пыли в отношении ПДК в течение всех месяцев и в годовом разрезе отмечается только в наблюдательном пункте № 18 (перекресток Кентрон, Лусаворич – Агатангегос).

В среднем содержание пыли в атмосфере в Ереване составляет $0,12 \text{ мг/м}^3$, что не превышает безопасный уровень ПДК.

Средняя годовая максимальная концентрация пыли в Ереване отличается в наблюдательном пункте № 18 (см. рис. 2) и составляет $0,19 \text{ мг/м}^3$, что превышает ПДК: в пунктах № 1, № 2, № 7, № 8 среднегодовая концентрация пыли в наблюдательных точках не превышает безопасное количество ПДК ($0,15 \text{ мг/м}^3$).

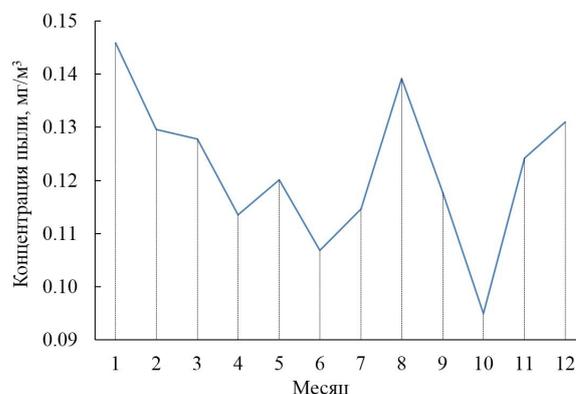


Рис. 3. Годовой ход концентраций пыли в целом в г. Ереван (2015–2020 гг.)

Максимальное содержание пыли в атмосфере зафиксировано на наблюдательном пункте № 1 в 2016 г. и 2017 г., на № 2 – в 2016 г. и 2019 г., на № 7 – в 2016 г. и 2018 г., на № 8 – в 2016 г. и 2020 г., на № 18 – в 2015 г. и 2017 г. Наиболее загрязненная часть Еревана – центр города (№ 18), где наибольшая доля загрязнения атмосферного воздуха обусловлена автотранспортом.

Максимальные значения концентрации пыли характерны для теплого периода года. Наиболее вероятной причиной этого является повышение скорости ветра в переходные времена года. Летом скорость ветра снижается, происходит рост числа дней безветренности, большой процент составляет доля слабых ветров. Число дней с осадками и количество осадков в летний сезон также уменьшаются, что является причиной больших значений концентрации пыли в течение лета. Промывание водой улиц играет дополнительную роль в снижении концентрации пыли в атмосфере летом.

Средняя концентрация пыли, мг/м^3 , на пунктах ПНЗ в г. Ереван за период 2015–2020 гг.

Пункт	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
№ 1	0,1119	0,1009	0,1081	0,0996	0,0985	0,1108	0,1347	0,1474	0,1298	0,0949	0,1027	0,1137	0,1127
№ 2	0,1317	0,1338	0,1258	0,1283	0,1326	0,0808	0,0905	0,1196	0,1098	0,0973	0,1179	0,1465	0,1178
№ 7	0,1126	0,1207	0,1088	0,0745	0,0916	0,0665	0,0755	0,0942	0,0971	0,0755	0,1041	0,1065	0,0940
№ 8	0,0960	0,0876	0,0858	0,0744	0,0915	0,0696	0,0565	0,0771	0,1068	0,0943	0,1237	0,1158	0,0899
№ 18	0,2770	0,2050	0,2103	0,1910	0,1864	0,2066	0,2159	0,2577	0,1449	0,1126	0,1726	0,1725	0,1960
Среднее	0,15	0,13	0,13	0,11	0,12	0,11	0,11	0,14	0,12	0,09	0,12	0,13	0,12



Известно, что в городе всегда действовало большое количество промышленных предприятий. В увеличении выбросов основную долю имеют металлургическое, химическое и текстильное производство, строительство, бытовая деятельность, транспорт. В настоящее время в Ереване зарегистрировано около 420 компаний, оказывающих вредное воздействие на атмосферный воздух, из них особо выделяются «Чистое железо», «Армения молибден продакшн», «Гаджегорц», «Гадж», «Ереван ТЭЦ» и «Наирит». Город Ереван неоднократно характеризовался как один из самых загрязненных в Армении.

Динамика концентрации пыли для всей территории Еревана (2015–2020 гг.) приведена на рис. 4. За все обсуждаемые годы средняя годовая

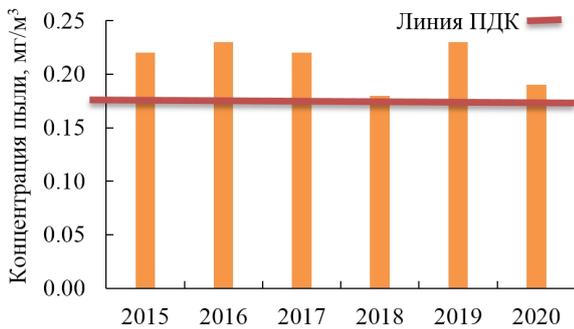


Рис. 4. Динамика среднегодовых концентраций пыли в г. Ереван (цвет online)

концентрация пыли превышала ПДК примерно в 1,2–1,5 раза. Самая низкая концентрация пыли была зарегистрирована в 2018 г.

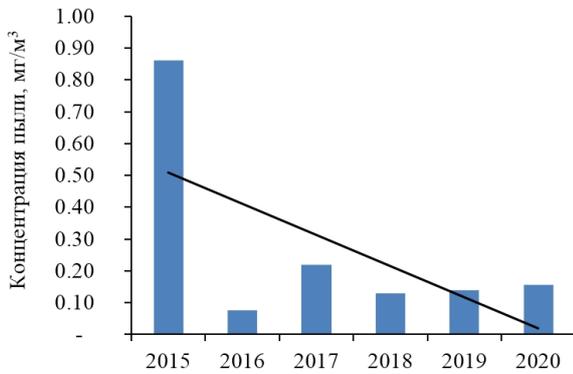
Тенденции изменения концентрации пыли в воздухе по сезонам центральных месяцев приведены на рис. 5. Не во все сезоны года в Ереване наблюдается стабильная тенденция снижения плотности пыли.

В апреле и октябре наблюдается тенденция к росту концентрации пыли, а в январе и июле – к снижению.

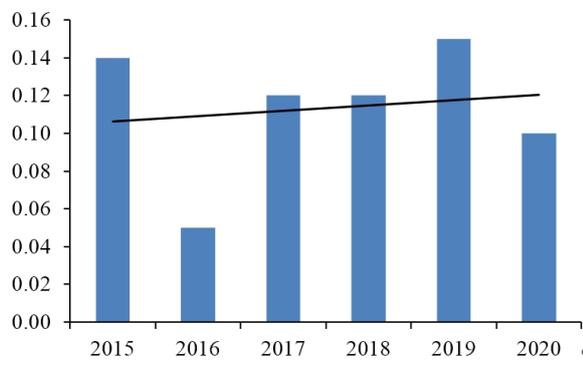
Наибольший удельный вес загрязнения воздуха наблюдается в административном районе Кентрон (№ 18) (рис. 6). В нем находятся основные образовательные, культурные, финансово-банковские, офисные, правительственные учреждения, поэтому здесь большое количество автомобилей, выбросы которых негативно влияют на качество атмосферного воздуха.

В статье был проведен также анализ концентрации загрязнения пылью атмосферы по наблюдательным пунктам (рис. 6).

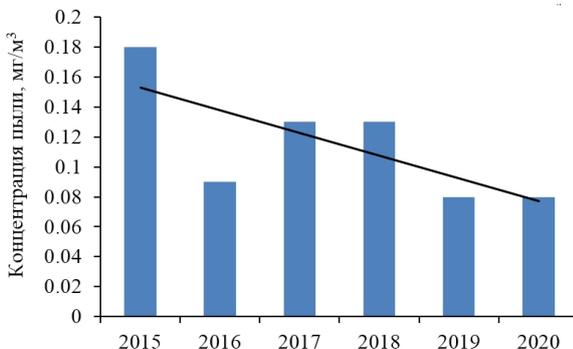
Анализировался также ряд наблюдений за качеством атмосферного воздуха в урбанизированном районе (административный район Кентрон) и неурбанизированном (административный район Нор Норк) (рис. 7). В административном районе Кентрон все месячные концентрации пыли превышают ее значения административного района Нор Норк: в июле и августе в 3,3–3,8 раза, с января



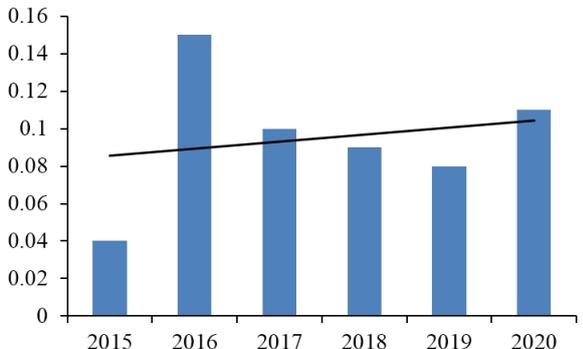
а



б



в



г

Рис. 5. Динамика загрязнения атмосферы пылью (2015–2020 гг., г. Ереван): а – январь; б – апрель; в – июль; г – октябрь



по июнь в 2,0–2,9 раза, а с сентября по декабрь в 1,2–1,5 раза.

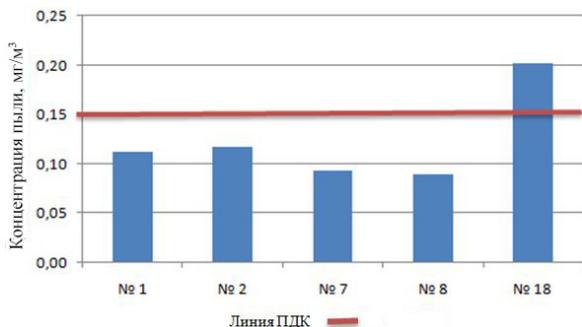


Рис. 6. Концентрация загрязнения пылью атмосферы по наблюдательным пунктам в г. Ереван (цвет online)

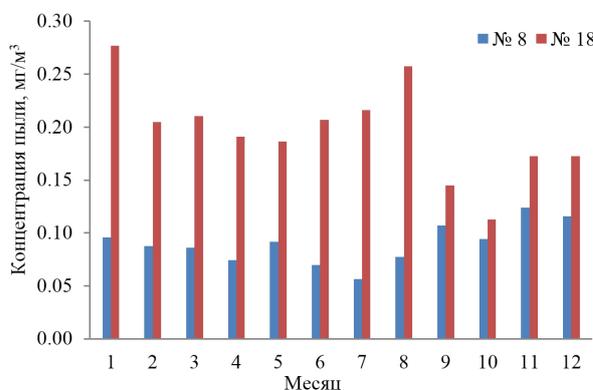


Рис. 7. Концентрация атмосферной пыли в административных районах Нор Норк и Кентрон, 2015–2020 гг. (цвет online)

Заключение

Концентрация пыли в атмосферном воздухе имеет хорошо выраженный годовой ход: среднемесячные высокие концентрации пыли главным образом наблюдаются в августе, минимальные – в октябре.

В среднем содержание пыли в атмосфере Еревана составляет $0,12 \text{ мг/м}^3$, что не превышает безопасное количество ПДК. В Ереване средняя годовая максимальная концентрация пыли ($0,19 \text{ мг/м}^3$) отмечается в наблюдательном пункте № 18 (перекресток Кентрон, Лусаворич – Агатагегос), что превышает уровень ПДК.

Для всей территории Еревана за 2015–2020 гг. в апреле и октябре наблюдается тенденция к росту концентрации пыли, а в январе и июле – к снижению. За 2015–2020 гг. средняя годовая концентрация пыли в среднем превышала ПДК примерно в 1,2–1,5 раза. Самая низкая концентрация пыли была зарегистрирована в 2018 г.

Библиографический список

1. Kuzmichev A. A., Loboiko V. F. Impact of the Polluted Air on the Appearance of Buildings and Architectural Monuments in the Area of Town Planning // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. P. 2095–2101.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году : государственный доклад // Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: <https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/411/dokl2015.pdf> (дата обращения: 15.05.2021).
3. Книжников В. А., Шандала Н. К., Комлева В. А., Швецов А. И. Сравнительная оценка канцерогенного риска при воздействии радиации и загрязнении атмосферного воздуха угольной золой и бенз(а)пиреном // Гигиена и санитария. 1993. № 6. С.4–6.
4. Нестеровская И. И., Алексеева Р. С. Экологические аспекты заболеваний органов дыхания в производственной сфере // Пульмонология. 1994. № 2. С.14–17.
5. Основы экологии и природопользования : учебное пособие / В. Л. Диксон, А. Г. Дейнека, Л. А. Позднякова [и др.]. Харьков : ООО «Завод», 2002. 384 с.
6. Kuzmichev A. A., Azarov V. N., Kuzmichev A. V. The research of contamination regularities of historical buildings and architectural monuments by methods of computer modeling // MATEC Web of Conference. 2017. Vol. 129. P. 05002.
7. О состоянии загрязнения атмосферного воздуха на территории Республики Армения : отчеты ГНКО «Центр гидрометеорологии и мониторинга» Министерства окружающей среды Республики Армения. URL: <http://www.armmonitoring.am/page/69> (дата обращения: 15.05.2021).
8. Россинская М. В., Россинский Н. П. Элементы экологического мониторинга, их краткая характеристика и влияние на качество окружающей среды и здоровье населения региона // Инженерный вестник Дона. 2012. № 1. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/668> (дата обращения: 15.05.2021).
9. Голубев И. Р., Новиков Ю. В. Окружающая среда и транспорт. Москва : Транспорт, 1987. 96 с.
10. Revich B. A., Sidorenko V. N. Human Health Damage from Environmental Pollution. Bulletin // Towards a Sustainable Russia. 2006. № 35. URL: http://ecologyandculture.ru/upload/File/Bull_35en.pdf (дата обращения: 15.05.2021).
11. Беспалов В. И. Физико-энергетическая концепция описания процессов и системный подход к выбору высокоэффективных и экономичных инженерных комплексов для защиты воздушной среды от выбросов загрязняющих веществ // Известия СКНЦ НИУ ВШЭ. Естественные науки. 1995. № 3. С. 43–48.
12. Бульбашев А. П., Шувалов Ю. В. Борьба с пылью на карьерах по добыче строительных материалов. Санкт-Петербург : МАНЭБ, 2006. 208 с.

Поступила в редакцию 26.10.2021; одобрена после рецензирования 20.11.2021; принята к публикации 20.12.2021
The article was submitted 26.10.2021; approved after reviewing 20.11.2021; accepted for publication 20.12.2021

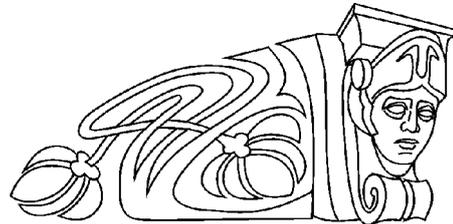


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 26–30
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 26–30
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-26-30>

Научная статья
УДК 911.3

Демографическое развитие территории Волго-Уральского макрорегиона как детерминант общественного развития



С. В. Уставщикова

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

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

Аннотация. Формирование и развитие агломерационных зон в Волго-Уральском макрорегионе должны способствовать сохранению и развитию демографического ресурса. Экономические и общественные изменения в ходе развития агломераций, по всей вероятности, помогут формированию миграционной привлекательности территории.

Ключевые слова: демографический ресурс, агломерация, сельское население, поляризация

Для цитирования: Уставщикова С. В. Демографическое развитие территории Волго-Уральского макрорегиона как детерминант общественного развития // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 26–30. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-26-30>

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

Article

Demographic development of the Volga-Ural macroregion as a determinant of social development

S. V. Ustavshchikova

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

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

Abstract. The formation and development of agglomeration zones in the Volga-Ural macroregion should contribute to the preservation and development of the demographic resource. Economic and social changes during the development of the agglomeration are likely to help the formation of the migration attractiveness of the territory.

Keywords: demographic resource, agglomeration, rural population, polarization

For citation: Ustavshchikova S. V. Demographic development of the Volga-Ural macroregion as a determinant of social development. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 26–30 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-26-30>

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

Введение

В настоящее время в России демографический фактор является детерминантом экономического и общественного развития. При естественной убыли населения в большинстве регионов России, сокращении численности международных мигрантов, устремлении внутренних мигрантов в агломерации-миллионеры (в первую очередь, в Московскую, Санкт-Петербургскую), регионы конкурируют именно за демографические ресурсы. «Два огромных “пылесоса” – Москва и С.-Петербург – стягивают человеческие

и финансовые ресурсы всей страны»[1, с. 65]. Остальные крупнейшие города менее конкурентоспособны, им приходится довольствоваться в основном ресурсами своих регионов. Перспективы развития агломераций крупнейших городов зависят от достигнутой концентрации населения и экономики своего региона. Но необходимо учитывать также конкуренцию между крупнейшими агломерациями, и в первую очередь по миграционному приросту. Он концентрируется в крупнейших центрах с более высокими доходами, в городах, имеющих выгодное географическое



положение и комфортных для проживания. Это верно как для межрегиональной миграции, так и миграции населения внутри региона. Внутривнутрирегиональная миграция населения направлена в агломерацию столицы региона.

Материалы и методы

При исследовании демографического развития Волго-Уральского макрорегиона (В-У макрорегиона) использовались методы теоретического анализа, метод сравнения, выборочный метод, анализ рядов динамики, анализ структурных изменений, табличные и графические методы представления данных.

Результаты и их обсуждение

Волго-Уральский макрорегион – это один из 12 макрорегионов России, в состав которого входят 6 субъектов Федерации: Республика Башкортостан, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская области [2]. Макрорегион по величине территории – 502 тыс. кв. км – составляет 2,9% площади страны. На 2021 г. в макрорегионе проживали 9,6% населения страны, или 14,0 млн человек. На долю макрорегиона приходится 8,6% всех городских и 13% сельских поселений, в них проживают 9,3% всех горожан и 11,4% сельских жителей (2020 г.). В субъектах В-У макрорегиона проживают 8,8% всего государствообразующего этноса, т. е. русского населения, и 74% всех башкир, являющихся титульным народом Башкортостана [3]. Население В-У макрорегиона за 2010–2021 гг. сократилось на 522 тыс. человек [4, 5].

Демографические процессы в большинстве регионов РФ схожи:

- сокращение численности населения (таблица);
- отрицательный естественный прирост (сокращается рождаемость, растет смертность,

коэффициент суммарной рождаемости снижается), происходит дальнейшее старение населения;

- все субъекты макрорегиона имеют значительный межрегиональный миграционный отток. В одних случаях он суммируется с отрицательными показателями международной миграции (Республика Башкирия, Пензенская, Саратовская области), в трех областях он перекрывает положительное миграционное сальдо международной миграции (Оренбургская, Самарская, Ульяновская области).

Каждый регион стремится улучшить демографические показатели, используя возможности национального проекта «Демография» (2019–2024 гг.). Руководство региона старается снизить миграционный отток населения в другие субъекты России, создать привлекательный миграционный имидж территории. Сокращения миграционного оттока региональные власти пытаются добиться созданием лучших экономических и социальных условий для населения хотя бы на определенных территориях своего региона. Так, в документе «Стратегия социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года» [6] была приведена комплексная (многомерная) оценка муниципальных районов и городских округов области по социально-экономическому развитию. Были выделены 9 муниципальных районов с высоким уровнем развития, 19 – со средним уровнем и 10 депрессивных районов. Типология районов проводилась, в частности, с использованием демографических показателей. Был отмечен перетек населения в муниципальные районы с высоким уровнем развития. Эта же тенденция просматривается и в связи с мероприятиями, проводимыми в регионе, согласно положениям «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» (далее – «Стратегия»).

В ней определена стратегия развития страны, в приоритете развитие В-У макрорегиона.

Показатели демографического развития регионов В-У макрорегиона

Регионы	Население 2021 г. к 2010 г., %	Изменение суммарного коэффициента рождаемости за 2019–2010 гг.	Коэффициенты миграционного прироста на 10 000 чел. населения, 2010/2019 гг.	Доля городского населения, 2021 г., %
Республика Башкортостан	98,6	0,85	2/–14	62,5
Оренбургская область	95,5	0,88	–47/–1	60,8
Пензенская область	92,7	0,92	–3/–34	69,1
Самарская область	98,1	0,97	19/28	79,7
Саратовская область	95,0	0,82	–15/–23	75,7
Ульяновская область	93,6	1,00	–35/–19	76,1

Сост. по: [4, 5].



Основными направлениями пространственного развития Российской Федерации являются:

- обеспечение расширения географии и ускорения экономического роста за счет социально-экономического развития перспективных крупных и крупнейших городских агломераций, которые обеспечат вклад в экономический рост Российской Федерации более чем на 1% ежегодно, – это города Самара, Тольятти, Уфа; городские агломерации, которые обеспечат вклад в экономический рост Российской Федерации от 0,2 до 1% ежегодно, – города Оренбург, Пенза, Саратов, Ульяновск;
- развитие перспективных центров экономического роста субъектов Российской Федерации – агропромышленных центров, которые обеспечат вклад в экономический рост Российской Федерации более 0,2% ежегодно – муниципальные образования Пензенской области, Республики Башкортостан, специализирующиеся на сельском хозяйстве;
- развитие перспективных центров экономического роста, в которых сложились условия для формирования научно-образовательных центров мирового уровня, – Самара, Уфа, Саратов;
- обеспечение национальной безопасности Российской Федерации за счет социально-экономического развития ее геостратегических территорий – приграничных – Оренбургской, Самарской, Саратовской областей.

В связи с реализацией «Стратегии» во всех субъектах В-У макрорегиона были пересмотрены границы городских агломераций – центров региона. Число муниципальных районов, населенных пунктов, входящих в агломерации, выросло. Численность населения, охваченного агломерационными процессами, повысилась, причем не только в результате территориального роста, но и увеличения численности населения муниципальных районов, включенных в агломерации. Процесс стягивания населения в крупные города и пригородные районы давно имел место и теперь только ускорился. В перспективных границах Оренбургской агломерации проживает около 33,4% населения области, в Уфимской – 36%, в Пензенской – 50,7%, Саратовской – 50,8% в Ульяновской – около 74%, в Самарско-Тольяттинской – более 80%, (1.01.2021)[6–11]. Каждый регион имеет еще одну-две формирующиеся агломерации (например, Орско-Новотроицкая в Оренбургской области, Балаковская и Балашовская в Саратовской области, Кузнецкая в Пензенской области и т. д.). Численность населения этих агломераций сокращается, но не такими темпами, как население межагломерационных территорий. Происходит поляризация расселения и населения. Демографический ресурс сельского населения сохраняется только в непосредственной близости

к крупным и большим городам. Зачастую население только проживает в сельской местности, работая в городе, участвуя в маятниковой миграции.

В ходе выполнения положений «Стратегии» происходят позитивные процессы в развитии высшего образования в определенных в документах регионах. В вузах Самары, Саратова, Уфы растет число иностранных обучающихся. Ставится задача адаптации выпускников к российскому рынку труда.

Правительством РФ была принята «Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года» [12]. Сельская местность В-У макрорегиона пустеет, несмотря на то что в Башкирии сельское население составляет 37,5%, в Оренбургской области – 39,2% населения региона. Ситуация в регионах неоднозначная. В Самарской области растет численность сельского населения, в результате строительства в сельской местности (в основном в поселениях агломерации) многоэтажных домов, развития сельской ипотеки [13]. В Оренбургской области постановлением губернатора в перечень сельских агломераций включили 6 городов: Абдулино, Кувандык, Медногорск, Соль-Илецк, Сорочинск и Ясный. Теперь их жители будут формально считаться сельчанами и смогут рассчитывать на соответствующие льготы. Согласно сайту регионального правительства, это позволит городам с населением не более 30 тыс. человек участвовать в федеральных программах, рассчитанных на развитие села, например в госпрограмме «Комплексное развитие сельских территорий». Кроме того, жители этих городов смогут оформить льготную ипотеку, получить гранты на развитие фермерского хозяйства и т. д. [14].

Однако в сельской местности макрорегиона существуют общие проблемы: низкие доходы населения, высокая безработица, отток молодежи, высокие риски для предпринимательства, слабо развитая производственная и социальная инфраструктура, промышленность в большей степени добывающая. Складывается устойчивая тенденция к сокращению численности населения, трансформации сельской поселенческой сети (измельчание и исчезновение сельских поселений). Выезд из сельских населенных пунктов в города – тенденция давно известная, устойчивая, ее не остановить. Происходит потеря социального контроля над территорией, запустение исторически освоенных ландшафтов. Например, анализ динамики численности населения и расселения в сельской местности Саратовской области демонстрирует увеличивающуюся разреженность в направлении от пригородов к периферии (рисунок) [15].

В итоге происходит притяжение сельскохозяйственного производства к городам (и чем



Численность сельского населения Саратовской области, 2020 г., тыс. человек

крупнее город, тем мощнее его притягательные черты).

Поляризация пространства в регионах В-У макрорегиона во многом объясняется поляризацией социально-экономической среды (отсутствием в распоряжении многих населенных пунктов каких-то значимых внутренних ресурсов, которые бы «притягивали» обывателей и предпринимателей) и усилением ее влияния на развитие сельских территорий. Долговременный взгляд на сельскую местность страны лишь как сельскохозяйственную лишил ее разнообразия приложения труда сельскими жителями.

Выводы

Концентрация экономических ресурсов в отдельных полюсах региона – агломерациях, включающих значительные сельские территории, – возможно, поможет сохранить демографический потенциал. Привлечение инвестиций, развитие социальной, производственной инфраструктуры, создание высокотехнологичных производств, благоустроенной среды проживания в агломерациях должны привести к сокращению миграционной убыли населения в Центральный и Северо-Западный макрорегионы. Этот же фактор поможет создать миграционную привлекательность Волго-Уральского макрорегиона.

Библиографический список

1. Зубаревич Н. В. Неравенство регионов и крупных городов России : что изменилось в 2010-е годы? // *Общественные науки и современность*. 2019. № 4. С. 57–70.
2. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVA1qUtT08o60RktoOX122JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 21.11.2021).
3. Итоги Всероссийской переписи населения 2010 года в отношении демографических и социально-экономических характеристик отдельных национальностей. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/results2.htm (дата обращения: 12.10.2021).
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 12.11.2021).
5. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2020 г. URL: <https://gks.ru/bgd/regl/b2014p/Main.htm> (дата обращения: 12.11.2021).
6. Стратегия социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года. URL: <http://investinsaratov.ru/upload/iblock/033/033577579163df20a8dad3aea696d4f2.pdf> (дата обращения: 14.11.2021).
7. Стратегия развития Оренбургской области до 2020 года и на период до 2030 года. URL: <https://pandia.ru/text/78/414/41529-7.php> (дата обращения: 22.11.2021).
8. Сафиуллин М. Р. Территориальные особенности социально-демографического развития Уфимской агломерации // *Успехи современного естествознания*. 2020. № 9. С. 88–93. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37476> (дата обращения: 22.11.2021).



9. О Стратегии социально-экономического развития Пензенской области на период до 2035 года (с изменениями на 16 сентября 2021 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/553289282/titles/2QB66NK> (дата обращения: 22.11.2021).
10. Реализация программы комплексного развития транспортной инфраструктуры Ульяновской городской агломерации в рамках приоритетного проекта. URL: <http://www.dorogi73.ru/assets/files/custom/links/bkd2018.pdf> (дата обращения: 14.11.2021).
11. Самарско-Тольяттинская агломерация. URL: https://economy.samregion.ru/activity/mun_razv/samtolagl/samarsko-tolyattinskaya-aglomeratsiya/ (дата обращения: 14.11.2021).
12. Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 13 января 2017 года) : распоряжение Правительства РФ от 02.02.2015 № 151-р. URL: <http://government.ru/docs/16757/> (дата обращения: 22.11.2021).
13. Об утверждении государственной программы Самарской области «Комплексное развитие сельских территорий Самарской области на 2020–2025 годы». URL: <https://docs.cntd.ru/document/561653630> (дата обращения: 22.11.2021).
14. Шесть городов Оренбуржья внесли в перечень сельских агломераций. URL: <https://ria56.ru/posts/shest-gorodov-orenburzhya-vnesli-v-perechen-selskix-aglomeracij.htm> (дата обращения: 22.11.2021).
15. Уставщикова С. В. Геодемографические процессы в сельской местности Саратовской области // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2021. Т. 7, № 3. С. 338–346.

Поступила в редакцию 29.11.2021; одобрена после рецензирования 10.12.2021; принята к публикации 20.12.2021
The article was submitted 29.11.2021; approved after reviewing 10.12.2021; accepted for publication 20.12.2021

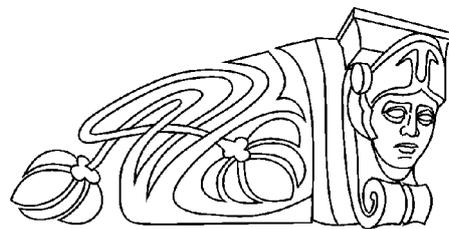


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 31–38
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 31–38
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-31-38>

Научная статья
УДК 627.157:549.08(470.44-25)

Минеральный состав и содержание загрязняющих веществ в донных наносах водотоков на территории города Вольска



А. С. Шешнёв¹✉, Д. С. Маджид¹, М. В. Решетников²

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

²Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИНефть» в г. Тюмени, Россия, 628481, г. Тюмень, ул. Центральная, д. 19/18

Шешнёв Александр Сергеевич¹, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоэкологии, доцент, sheshnev@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>

Маджид Длер Салам¹, инженер, dilersalam1989@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5323-1222>

Решетников Михаил Владимирович², кандидат географических наук, начальник Управления комплексных исследований, rmv85@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-829-029X>

Аннотация. Исследованы донные наносы водотоков на территории города Вольска (Саратовская область). Повсеместно наиболее распространенным породообразующим минералом является кварц. С уменьшением доли кварца возрастает содержание кальцита. Эколого-геохимическое состояние наносов весной по сравнению с летом ухудшается в связи с поступлением поллютантов с городского водосбора со снеготальными водами. Донные наносы с высоким содержанием загрязняющих веществ следует рассматривать в качестве объекта накопленного вреда окружающей среде. Требуется рекультивация русел водотоков на всем их протяжении с целью создания комфортной городской среды и уменьшения негативного воздействия на Волгоградское водохранилище.

Ключевые слова: минеральный состав, донные наносы, городской водоток, урбанизированные территории, город Вольск

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

Для цитирования: Шешнёв А. С., Маджид Д. С., Решетников М. В. Минеральный состав и содержание загрязняющих веществ в донных наносах водотоков на территории города Вольска // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 31–38. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-31-38>

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

Article

Mineral composition and pollutant content in the bed load of watercourses on the territory of the city of Volsk

A. S. Sheshnev¹✉, D. S. Majeed¹, M. V. Reshetnikov²

¹Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

²Branch of LLC "LUKOIL-Engineering" "KogalymNIPIneft" in Tyumen, 19/18 Tsentral'naya St., Tyumen 628481, Russia

Aleksandr S. Sheshnev¹, sheshnev@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>

Dler S. Majeed¹, dilersalam1989@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5323-1222>

Mikhail V. Reshetnikov², rmv85@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>

Abstract. The article deals with the studies of the bed load of watercourses on the territory of the city of Volsk (Saratov region). The research shows that quartz to be the most widespread rock-forming mineral. As the proportion of quartz decreases, the calcite content increases. Ecological-geochemical state of the bed load in spring worsens as compared to summer due to the arrival of pollutants with melting snow from the urban watershed. The bed load with a high content of pollutants should be considered as an object of accumulated environmental damage. It can be concluded that recultivation of the streamways along the whole length is required in order to create a comfortable urban environment and reduce the negative impact on the Volgograd reservoir.

Keywords: mineral composition, bed load, urban watercourse, urbanized areas, city Volsk

Acknowledgments. This work is supported by the grant from the President of the Russian Federation (project MK-33.2020.5).



For citation: Sheshnev A. S., Majeed D. S., Reshetnikov M. V. Mineral composition and pollutant content in the bed load of watercourses on the territory of the city of Volsk. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 31–38 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-31-38>

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

Введение

Водотоки на территории города Вольска испытывают в течение многих десятилетий сильное техногенное воздействие. До последнего времени в городе отсутствовали очистные канализационные сооружения, и два городских водотока фактически функционировали в режиме коллекторов бытовых канализационных стоков. Несмотря на введение в строй в 2019 г. первой очереди очистных сооружений, на конец 2021 г. они не работают на полную мощность. Строительство второй очереди не начато.

Большая часть территории Вольска расположена в пределах водосборных бассейнов водотоков Верхняя Малыковка (длина 3,28 км) и Нижняя Малыковка (2,74 км). Нижняя Малыковка внесена в государственный водный реестр в статусе реки как типа водного объекта. Ранее водотоки обследовались в разные сезоны года в гидрохимическом отношении по устьевым створам [1]. В результате установлено повышенное содержание нитритов, общего железа, меди, цинка, сульфатов, азота аммония и нефтепродуктов относительно рыбохозяйственных нормативов, а также то, что хозяйственно-питьевые нормативы были превышены в весенний период по общему железу и нефтепродуктам.

В приповерхностном слое донных отложений происходит сезонная аккумуляция материала в виде наносов, сменяющаяся эрозионным размывом во время снеготаяния и при выпадении ливневых атмосферных осадков, а также перемещением к базису эрозии – Волгоградскому водохранилищу. Исследование наносов позволяет оценить специфику миграции вещества и его химического состава, при этом наносы рассматриваются как русловые литопотоки, характеризующие особенности склоновых литопотоков водосборного бассейна.

Трансформация минерального состава донных отложений по длине водотоков в настоящее время исследована недостаточно полно [2]. Сведения о минеральном составе донных наносов водотоков дают представление об условиях и источниках формирования осадков. Минеральный состав влияет на аккумуляцию загрязняющих веществ, что позволяет использовать эти данные при эколого-геохимических исследованиях.

Цель статьи – исследование минерального состава и содержания загрязняющих веществ в донных наносах водотоков на территории города Вольска.

Объекты и методы исследования

На территории города Вольска в августе 2020 г. и в апреле 2021 г. по длине двух водотоков – Верхней и Нижней Малыровок – выполнен отбор проб донных наносов с глубин 0–1 см пластмассовым совком, которые хранятся в герметичных пластиковых пакетах (рис. 1, табл. 1). Объединенная проба состояла из 3–5 частных, отобранных по поперечному профилю водотока. Образцы осадка просушивались, доводились до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре в лабораторных условиях и измельчались пестиком с резиновым наконечником в фарфоровой ступке. Средняя проба отбиралась методом квартования.

Исследование минерального состава проб, отобранных летом 2020 г., выполнено на рентгеновском дифрактометре D8 ENDEAVOR фирмы «Bruker AXS» (Германия). Определены основные пороодообразующие минералы: кварц, калиевый полевой шпат, плагиоклаз, кальцит, доломит, каолинит, хлорит, гидрослюда.

Для химического анализа подготовлены образцы с размерами частиц менее 1 мм. В качестве экстрагента использованы вытяжки 1 моль/дм³ раствором HNO₃, характеризующие содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов (ТМ). Определение ТМ (Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr) в полученном растворе проведено методом атомно-абсорбционной спектрометрии в режиме пламенной атомизации на спектрофотометре «Квант-2А». Анализ содержания органического вещества (C_{орг}) выполнен методом И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО при использовании фотоколориметра КФК-3. Содержание нефтепродуктов (НП) определено расчетом их массовой доли гравиметрическим методом. Аналитические работы выполнены в лаборатории геоэкологии Саратовского университета.

В России на федеральном уровне отсутствуют экологические и гигиенические нормативы качества донных отложений, поэтому специально отметим применяемые методические подходы.

Оценка загрязнения донных наносов ТМ выполнена с использованием индивидуального коэффициента загрязнения (K_з), степени загрязнения (C_з) и суммарного показателя загрязнения (Z_с).

Поэлементное техногенное загрязнение установлено по коэффициенту загрязнения $K_z = C_i / C_{ф}$, где C_i – фактическая концентрация элемента, $C_{ф}$ – фоновая концентрация. Оценка загрязнения выполнена по схеме: $K_z < 1$ – загрязнение отсутствует; $1 \leq K_z < 3$ – умеренное;

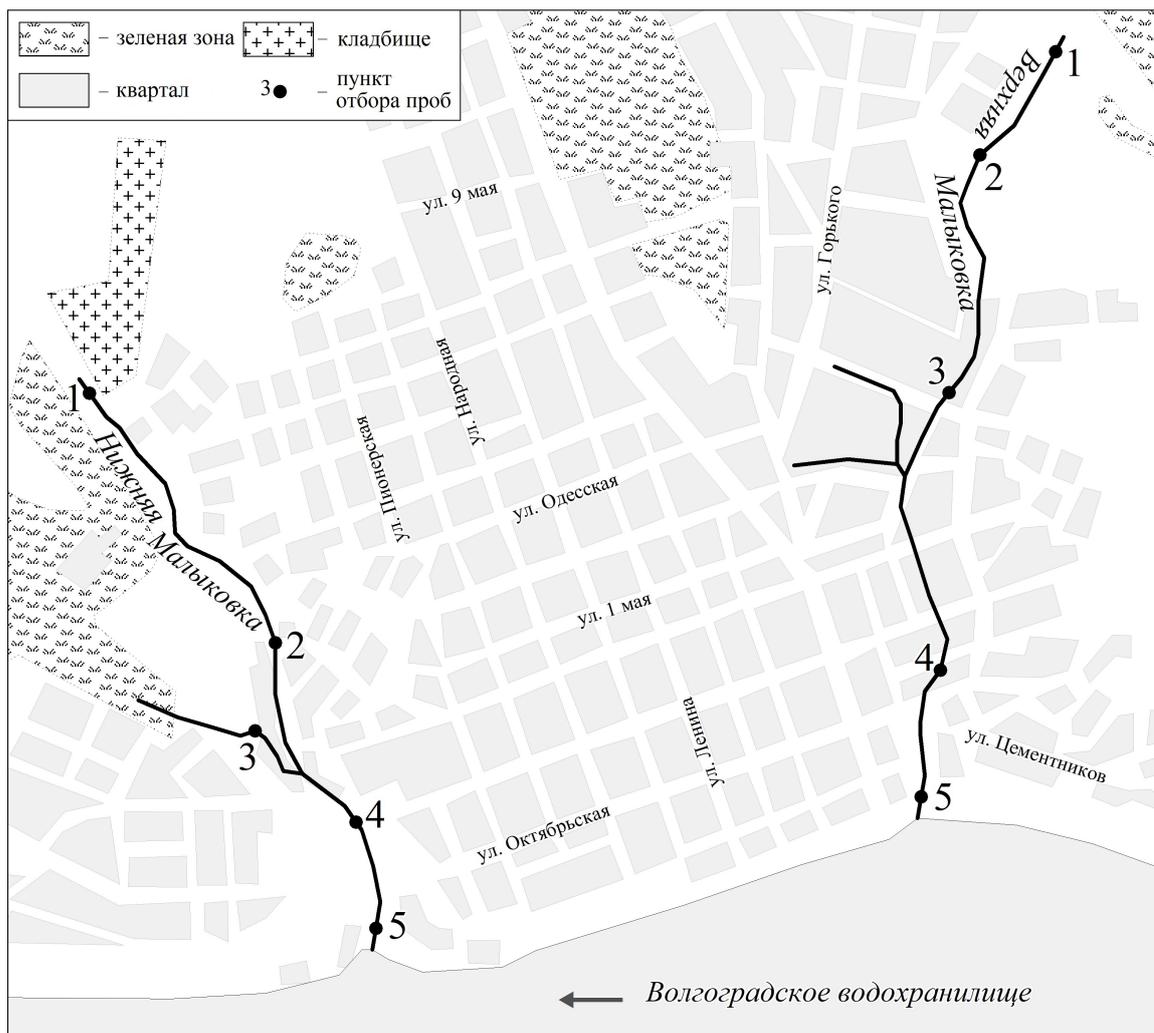


Рис. 1. Схема отбора проб донных наносов

Таблица 1

Общая характеристика объектов исследования

Место отбора проб	<i>L</i> , м	<i>H</i> , м	Положение
Верхняя Мальковка			
1	25	64	Исток, урочище «Головушка», район горнолыжной базы
2	580	54	Гаражный массив, 60 м к северо-западу от дома 318 по ул. Львова
3	1640	38	Район Горпарка, около дома 139 а по ул. Львова
4	2780	24	Пересечение водотока мостом по ул. Пугачева
5	3220	16	Устье, затопляемое в половодье водохранилищем
Нижняя Мальковка			
1	55	58	Исток, район городского кладбища
2	1240	39	Около дома 45 по ул. Комбайнеров
3	—	34	Правосторонний приток, район дома 5, пер. Комбайнеров
4	2220	28	Район автодорожного моста, 50 м к северу от здания очистных сооружений
5	2690	16	Устье, затопляемое в половодье водохранилищем

Примечание. *L* – расстояние от истока, *H* – абсолютная высота.



$3 \leq K_3 < 6$ – значительное; $K_3 \geq 6$ – высокая степень загрязнения.

Совокупное воздействие нескольких загрязнителей оценено по степени загрязнения: $C_3 = \sum K_3$ [3]. Оценка степени загрязнения по C_3 проведена с учетом количества определяемых элементов [4]: $C_3 < 6$ – загрязнение отсутствует; $6 \leq C_3 < 12$ – умеренная; $12 \leq C_3 < 24$ – значительная; $C_3 \geq 24$ – высокая степень загрязнения.

Подсчитана величина суммарного показателя загрязнения $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$, где K_c – коэффициент концентрации компонента загрязнения; n – число суммируемых элементов, K_c которых превышает 1,0. По величине Z_c выделяются уровни техногенного загрязнения: < 10 – слабый, $10-30$ – средний, $30-100$ – высокий, $100-300$ – очень высокий, > 300 – чрезвычайно высокий [5].

Степень загрязнения НП определялась по методике [6, с упрощениями] по коэффициенту загрязнения $K_3 = C_i / C_{ф}$. Классификация коэффициентов загрязнения: $K_3 < 3$ – умеренный, $3 \leq K_3 < 6$ – значительный, $K_3 \geq 6$ – высокий.

Использована методика оценки загрязнения донных отложений НП Приволжского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС): чистые – до 100; слабозагрязненные – от 100 до 200; среднезагрязненные – от 200 до 600; грязные – от 600 до 1000; очень грязные – более 1000 мг/кг [7].

Для оценки степени трансформации химического состава донных наносов в качестве условного фона принято содержание загрязняющих веществ в верховье малой реки Нижней Малыковки, находящимся в условиях пониженной техногенной нагрузки. Исследуемые водотоки сходны по гидрологическому режиму, а их

водосборы – по геолого-геоморфологическому строению и ландшафтными условиям.

Результаты

Минеральный состав

Результаты рентгеноструктурного анализа содержания порообразующих минералов в донных наносах представлены в табл. 2. Важно отметить, что проводимые исследования показали высокое содержание органического вещества в донных наносах, что является причиной определения минерального состава лишь до групп, а не минеральных видов.

Повсеместно наиболее распространенным порообразующим минералом является кварц, обладающий высокой миграционной способностью. Его доля среди всех порообразующих минералов в девяти из десяти проб составляет от 52% и выше. Максимальная доля кварца отмечается в устьевых участках водотоков, затопливаемых в половодье водами Волгоградского водохранилища.

Характерно изменение относительной доли кварца и кальцита по длине водотоков (рис. 2). Связь обратная: при уменьшении доли кварца растет относительное содержание кальцита. Максимальные значения кальцита (и минимальные кварца) приурочены к участкам поступления загрязняющих веществ и накопления техногенных илов, где отмечены резкий неприятных запах вод и наносов.

Эколого-геохимическое состояние наносов

Результаты количественного химического анализа проб наносов приведены в табл. 3.

Таблица 2

Результаты рентгеноструктурного анализа донных наносов

Проба	Содержание, %							
	Кварц	Калиевый полевой шпат	Плагиоклаз	Кальцит	Доломит	Каолинит	Хлорит	Гидрослюда
Верхняя Малыковка								
1	63	5	7	15	1	2	1	6
2	77	7	7	5	1	1	–	3
3	45	7	10	20	6	2	1	9
4	84	5	4	2	3	1	–	1
5	84	5	5	2	3	–	–	1
Нижняя Малыковка								
1	70	6	7	10	–	1	1	5
2	52	3	5	28	2	2	1	7
3	59	5	8	16	–	3	1	9
4	72	7	7	6	3	1	1	3
5	85	4	4	3	1	1	–	3

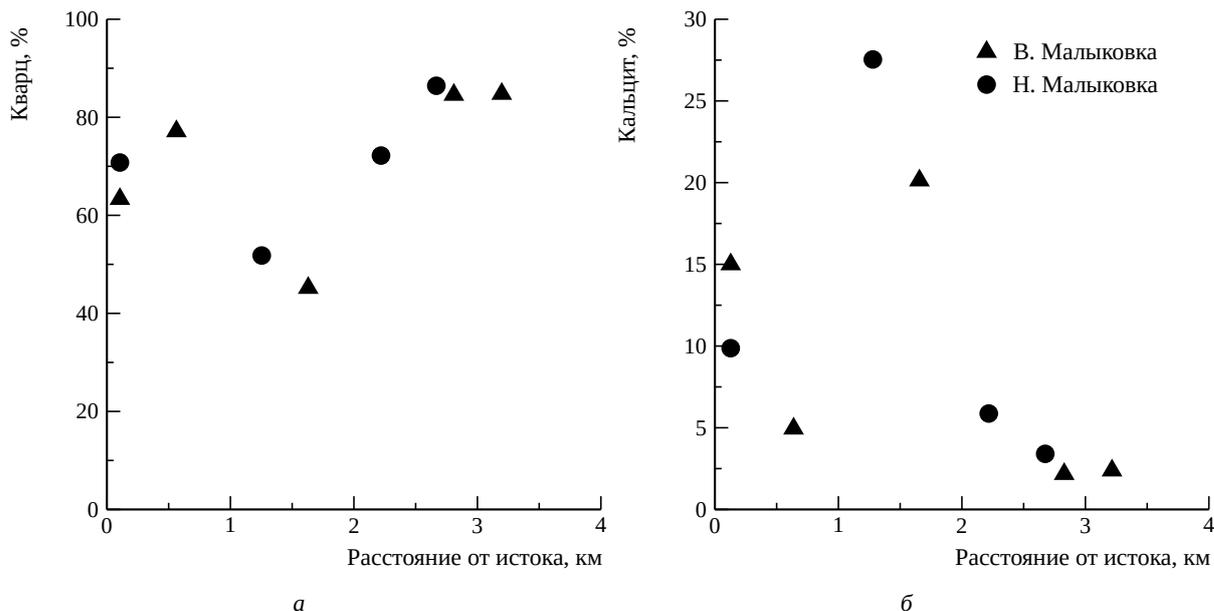


Рис. 2. Изменение доли кварца (а) и кальцита (б) в донных наносах водотоков

Верхняя Малыковка

Содержание загрязняющих веществ на участке от истока до середины длины русла более высокое, чем в нижнем течении. Это связано

с поступлением сточных вод промышленного предприятия уже в истоке, в связи с чем донные наносы обогащены ТМ. Особенно выделяется высокое содержание Cd и Zn, широко использу-

Таблица 3

Содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов и нефтепродуктов, мг/кг, органического вещества, %, в донных наносах

Проба	Ni	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn	НП	C _{орг}
Верхняя Малыковка								
1	6,56	23,43	15,22	0,68	11,21	379,23	1300	1,34
	15,07	63,07	21,96	1,44	14,48	223,83	2600	1,74
2	6,43	22,31	10,7	0,84	75,94	574,96	1040	1,17
	19,19	73,81	22,45	1,37	20,71	260,55	2720	2,88
3	6,4	30,64	6,89	0,71	22,07	418,45	6740	1,34
	14,51	34,67	7,42	0,65	25,7	177,66	10320	1,36
4	1,86	6,61	0,33	0,14	7,54	24,04	260	1,06
	5,44	18,28	0,65	0,29	12,76	74,7	5980	1,37
5	2,49	11,82	0,31	0,2	10,34	55,3	2620	1,22
	-	-	-	-	-	-	-	-
Нижняя Малыковка								
1	5,26	2,63	0,07	0,14	4,52	9,08	2200	0,93
	9,62	5,66	0,14	0,23	7,93	35,34	120	1,55
2	5,7	13,51	0,1	0,27	7,57	54,43	7500	1,21
	8,84	20,26	0,17	0,35	10,27	72,29	2620	1,89
3	11,53	20,26	0,23	0,28	16,17	50,13	640	1,30
	24,42	13,36	0,29	0,26	16,29	68,92	260	1,78
4	6,08	17,51	0,15	0,36	12,82	54,91	3800	0,96
	7,46	16,93	0,15	0,47	14,1	56,29	4540	2,66
5	3,35	12,95	0,09	3,15	9,55	44,31	1420	1,18
	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. В числителе – в летний период (август 2020 г.), в знаменателе – в весенний период (апрель 2021 г.); прочерк означает отсутствие данных.



емых на машиностроительном предприятии для защиты поверхности изделий от коррозии.

В летний период в истоке фиксируется наибольшее содержание Ni и Cd. Максимальные концентрации Cr, Zn и Pb отмечены в гаражном массиве, Cu и НП – в районе расположения частного жилого сектора и обширной территории военной академии материально-технического обеспечения. Наиболее низкое содержание загрязняющих веществ обнаружено на участке в районе ул. Пугачева, перед которым водоток образует излучину с развитием правосторонней поймы. В устьевой части водотока в районе автостанции и транспортной развязки русло замусорено и в него направляется загрязненный поверхностный сток, повышая содержание поллютантов.

В весенний период общий характер загрязнения наносов водотока остается прежним, при этом участки максимального содержания некоторых загрязняющих веществ смещаются от истока ближе к средней части длины водотока в связи с транспортом наносов потоком, обладающим большей энергией. В истоке зафиксирована максимальная концентрация Cr, в гаражном массиве – Ni, Cu, Cd, Zn, в районе военной академии – Pb и НП (см. табл. 3).

В сезонной динамике ярко проявляется ухудшение качества наносов в весенний период, что связано с поступлением токсикантов с водосбо-

ра при снеготаянии и активизацией эрозионных процессов в русле, что приводит к взмучиванию осадков. Из 32 сравнительных пар анализируемых показателей в 27 случаях (84,4%) их содержание выше весной, чем летом. Весной повсеместно по сравнению с летом в более высоких концентрациях обнаруживаются Ni (в 2,27–2,3 раза), Cd (1,08–2,1 раза), Cu (1,13–3,31 раза), НП (1,53–23 раза), C_{орг} (1,01–2,46 раза). Содержание Cr в трех случаях выше весной (в 1,63–2,12 раза), в одном – летом (1,09 раза). Концентрация Pb весной выше в трех пробах (1,16–1,69 раза), летом – в одной (3,67 раза). Zn – единственный компонент, по которому в 3 из 4 пар проб содержание выше летом (1,69–2,36 раза), в одной пробе превышение весной в 3,11 раза.

Летом величина C_з убывает от истока к устью с минимумом по створу отбора проб № 4. По створам 1–3 отмечается высокая степень загрязнения наносов с превышением нижнего порога данной категории загрязнения в 7–11,5 раза. В пробах № 4 и № 5 обнаружена значительная степень загрязнения (табл. 4).

Весной наибольшая C_з зафиксирована по створу 2 при дальнейшем снижении вниз по течению. В створах 1–3 наносы характеризуются высокой степенью загрязнения, в створе 4 – значительной.

Таблица 4

Расчетные величины загрязнения донных наносов

Проба	ТМ								НП
	K _з						C _з	Z _с	K _з
	Ni	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn			
Верхняя Малыковка									
1	1,24	8,91	217,43	4,86	2,48	41,77	276,69	271,69	0,59
	1,57	11,14	156,86	6,26	1,83	6,33	183,99	178,99	21,67
2	1,22	8,48	152,86	6	16,8	63,32	248,68	243,68	0,47
	1,99	13,04	160,36	5,96	2,61	7,37	191,33	186,33	22,67
3	1,22	11,65	98,43	5,07	4,88	46,08	167,33	162,33	3,06
	1,51	6,13	53	2,83	3,24	5,03	71,74	66,74	86
4	0,35	2,51	4,71	1	1,67	2,65	12,89	6,54	0,12
	0,57	3,23	4,64	1,26	1,61	2,11	13,42	7,85	49,83
5	0,47	4,49	4,43	1,43	2,29	6,09	19,2	13,73	1,19
	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Нижняя Малыковка									
2	1,08	5,14	1,43	1,93	1,67	5,99	17,24	12,24	3,41
	0,92	3,58	1,21	1,52	1,3	2,05	10,58	4,66	21,83
3	2,19	7,7	3,29	2	3,58	5,52	24,28	19,28	0,29
	2,54	2,36	2,07	1,13	2,05	1,95	12,1	7,1	2,17
4	1,16	6,66	2,14	2,57	2,84	6,04	21,41	16,41	1,73
	0,78	2,99	1,07	2,04	1,78	1,59	10,25	4,47	37,83
5	0,63	4,92	1,29	22,5	2,11	4,88	36,33	30,7	0,65
	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. Условные обозначения см. табл. 3.



Загрязнение проб ТМ характеризуется по Z_c абсолютными величинами, сходными со C_3 , при этом отличается градация уровней загрязнения. По Z_c ни в одной пробе ни весной, ни летом не обнаружено чрезвычайно высокого уровня техногенного загрязнения. В летний период по пробам в створах 1–3 фиксируется очень высокий уровень загрязнения, в створе 4 – слабый, в устьевом створе 5 – средний. Весной по первым двум створам выявлен очень высокий уровень загрязнения, в створе 3 – высокий, в створе 4 – слабый (см. табл. 4).

Уровень загрязнения НП по K_3 летом оказывается заниженным по причине высокого уровня содержания НП в условно-фоновой пробе. Значительная степень загрязнения обнаружена лишь в пробе в районе Горпарка. В весенний период по всем пробам зафиксирована высокая степень загрязнения НП, превышающая нижний порог категории в 3,6–14,3 раза (см. табл. 4).

Согласно критериям Приволжского УГМС, по содержанию НП в летний период четыре пробы характеризуют донные наносы как очень грязные и лишь проба по створу 4 среднезагрязненная. Весной все пробы относятся к очень грязным.

Содержание $C_{орг}$ в летний период превышает фоновое значение повсеместно в 1,14–1,44 раза. Весной выше фона в 1,12–1,86 раза пробы по двум створам в верховье. Повышенное по сравнению с фоном содержание $C_{орг}$ связано с многолетним поступлением в водоток бытовых канализационных стоков. В восьми из девяти проб содержание $C_{орг}$ в наносах меньше, чем в среднем в городских почвах на территории Вольска (1,88%, по [8]). Повсеместное увеличение $C_{орг}$ содержания весной связано с поступлением гумуса в долинный комплекс при плоскостной эрозии на водосборе.

Нижняя Малыковка

Исток представляется собой разгружающийся родниками водоносный горизонт верхнемеловых отложений и расположен в асимметричной речной долине с широким, относительно пологим правым склоном и крутым левым склоном, к подножию которого прижато верхнее течение реки. Вдоль долинного комплекса на большей части протяжения ранее функционировала линия железной дороги. На водосборе до истока расположены плодовые сады, предприятие ООО «Вольский мел», карьер по добыче мела и городское кладбище. В верхнем течении размещены: пищевое предприятие по переработке фруктов и овощей и изготовлению соков ООО «Плодовое-2009»; загон для скота; нефункционирующие объекты – бывшие склады соды; дорожно-ремонтное предприятие и автозаправочная станция. В среднем и нижнем течении максимальная нагрузка наблюдается со стороны частного жилого сектора, не оснащенного

централизованной канализацией. Ранее в нижней трети течения в реку открытым потоком впадали канализационные стоки крупного городского микрорайона и существовал кожевенный завод. В 2019 г. в приустьевой части водотока введены в эксплуатацию городские канализационные очистные сооружения.

В летний период по длине водотока растет концентрация в наносах Ni, Cu, Cd, Cr, Pb и Zn. При этом в наносах правостороннего притока обнаружено максимальное содержание Ni, Cu, Cd, Pb и $C_{орг}$ и минимальное НП. В устьевом створе, затопляемом волжской водой во время половодья, содержание НП и большинства ТМ падает, за исключением Cr, содержание которого многократно возрастает; увеличивается и доля $C_{орг}$.

Весной по длине водотока от истока к устью растет содержание Cr, Pb, НП, $C_{орг}$ и убывает содержание Ni. Ко второму створу смещается от приустьевого участка зона максимальной концентрации Cu, Cd, Zn. В наносах правостороннего притока выше, чем в основном русле, содержание Ni, Cd, Pb (см. табл. 3).

В сезонной динамике анализируемых показателей из 32 сравнительных пар повышение содержания весной обнаружено в 25 случаях (78,1%), более высокие значения летом – в 6 случаях (18,8%) и отсутствие изменений – 1 случай (3,1%). Повсеместный рост концентрации весной отмечен для Ni, Pb, Zn, $C_{орг}$. Из четырех проб в трех весной содержание выше у Cr, в двух – у Cu. В динамике содержания Cd: максимум весной – 2 пробы, летом – 1 проба, динамика отсутствует – 1 проба. Единственный показатель, по которому фиксируется более высокое содержание летом, – НП (три из четырех проб).

Как отмечалось, в летний период в пробе наносов в истоке Верхней Малыковки, принятой за условный фон, отмечено высокое содержание НП, поэтому лишь по створу 2 зафиксирована значительная степень загрязнения по величине K_3 . Весной по двум пробам в основном русле отмечается высокая степень загрязнения, в правостороннем притоке – умеренная (см. табл. 4).

По критериям Приволжского УГМС в летний период все пробы донных наносов из основного русла характеризуются как очень грязные, и лишь проба правостороннего притока относится к грязным. Весной в истоке донные наносы слабо загрязнены, в правостороннем притоке обнаружено среднее загрязнение, а по техногенно-нагруженным створам 2 и 4 – очень грязные грунты.

Содержание $C_{орг}$ превышает фоновое повсеместно летом в 1,03–1,4 раза, весной – в 1,15–1,72 раза, что связано с поступлением в водоток бытовых канализационных стоков. В семи из девяти проб наносов Нижней Малыковки содержание $C_{орг}$ меньше, чем в среднем в городских почвах на территории Вольска. Повышенное содержание углерода весной по сравнению с летом



связано с активизацией эрозионных процессов на водосборе.

Выводы

В составе породообразующих минералов повсеместно преобладает устойчивый кварц. Его пониженное содержание обнаружено на участках поступления загрязненных сточных вод и накопления техногенных илов. С уменьшением доли кварца растет содержание кальцита.

Качество донных наносов весной по сравнению с летом ухудшается в связи с поступлением загрязняющих веществ с водосбора со снеготальными водами. Увеличение содержания анализируемых параметров весной происходит для Верхней Мальковки в 84,4% случаев, для Нижней Мальковки в 78,1%.

Высокая степень загрязнения наносов водотоков веществами разных классов опасности и пониженное по сравнению с фоном городских почв содержание органического углерода (83,3% проб) позволяют рассматривать грунты в качестве объекта накопленного экологического вреда, требующего рекультивации. Они не только ухудшают качество городских водотоков и среды обитания населения, но и оказывают негативное воздействие на Волгоградское водохранилище, особенно в прибрежной полосе.

Библиографический список

1. Шешнёв А. С. Качество поверхностного стока с территории города Вольска // Известия Саратовского универ-

ситета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 51–55. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-51-55>

2. Савичев О. Г., Домаренко В. А., Перегудина Е. В., Лепокурова О. Е. Трансформация минерального состава донных отложений от истоков к устьям рек // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 7. С. 43–56.

3. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // Water Research. 1980. Vol. 14, iss. 8. P. 975–1001.

4. Фоновое содержание тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан. Региональные нормативы. Казань : Минприроды РТ, 2019. URL: http://pravo.tatarstan.ru/rus/oiv/min/eco/?npa_id=352971 (дата обращения: 30.08.2021).

5. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин [и др.]. Москва : Недра, 1990. 335 с.

6. Фоновое содержание нефтепродуктов в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан. Региональные нормативы. Казань : Минприроды РТ, 2020. URL: https://pravo.tatarstan.ru/oiv/min/eco/?npa_id=535231 (дата обращения: 23.08.2021).

7. Экологический бюллетень. Самарская область. 2019 год. Самара : Приволжское УГМС, 2020. 48 с.

8. Решетников М. В., Маджид Д. С. М., Шкодин С. Д., Юдин Н. Б. Органическое вещество в почвах города Вольска (Саратовская область) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 63–67. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-63-67>

Поступила в редакцию 05.12.2021; одобрена после рецензирования 10.12.2021; принята к публикации 20.12.2021

The article was submitted 05.12.2021; approved after reviewing 10.12.2021; accepted for publication 20.12.2021



ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 39–44

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 39–44

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-39-44>

Научная статья

УДК 551.793.9:568.24:591.471.36/37

Род *Cygnus* из бинагадинских верхнеплейстоценовых асфальтовых отложений Азербайджана

И. М. Мустафаев

Естественно-исторический музей Национальной академии наук Азербайджана, AZ 1006, г. Баку, ул. Лермонтова, д. 17

Мустафаев Ильгар Мирзаага, заведующий отделом эволюционной биологии, ilgar_mm@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6162-1714>

Аннотация. В работе описаны два вида *Cygnus* из верхнеплейстоценовых отложений Бинагадинского асфальтового озера, что является первой находкой этих видов в данном местонахождении. *Cygnus cygnus* представлен левым дистальным фрагментом лучевой кости, правый фрагмент проксимального отдела плечевой и локтевой кости принадлежит *Cygnus olor*. Сравнительно-морфологический анализ с современными и ископаемыми видами рода *Cygnus* позволил установить таксономические различия между видами на основании точных диагностических признаков, которые могут служить основными при определении видов.

Ключевые слова: *Cygnus cygnus*, *Cygnus olor*, Бинагадинское асфальтовое озеро, верхний плейстоцен, лучевая кость, плечевая кость, локтевая кость

Для цитирования: Мустафаев И. М. Род *Cygnus* из бинагадинских верхнеплейстоценовых асфальтовых отложений Азербайджана // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 39–44. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-39-44>

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

Article

Cygnus from the late pleistocene of Bingadi asphalt deposits of Azerbaijan

I. M. Mustafayev

Museum of Natural History, Azerbaijan National Academy of Sciences, 17 Lermontov St., Baku AZ 1006, Azerbaijan

Ilgar M. Mustafayev, ilgar_mm@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6162-1714>

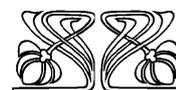
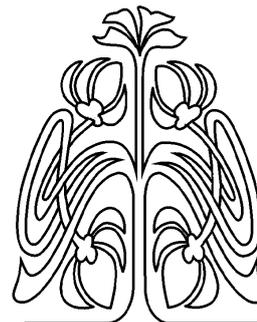
Abstract. Two species of *Cygnus* from the Late Pleistocene deposits of Binagadi asphalt lake are described in this paper, which have not been previously known from this locality. *Cygnus cygnus* is represented by the left distal fragment of the radius; the right fragment of the proximal humerus and ulna belongs to *Cygnus olor*. Morphological analysis with recent and fossil species of the genus *Cygnus* makes it possible to establish taxonomic differences between species, based on certain diagnostic features that can serve as criteria for identifying species.

Keywords: Late Pleistocene, Binagadi asphalt lake, radius, humerus, ulna

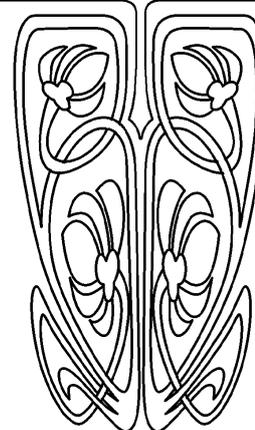
For citation: Mustafayev I. M. *Cygnus* from the late pleistocene of Bingadi asphalt deposits of Azerbaijan. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 39–44 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-39-44>

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

© Мустафаев И. М., 2022



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**





Введение

Отряд гусеобразных – довольно многочисленная группа водных птиц, широко распространенная на всех континентах земного шара. Одним из характерных представителей этого отряда является триба *Cygnini*, представленная в современной фауне 7 видами, входящая в род *Cygnus*. Становление настоящего рода лебедей – *Cygnus*, по-видимому, имело место на рубеже миоцено-плиоценового периода, что подтверждается палеонтологической летописью: *Cygnus atavus* Graas, из среднего миоцена Германии [1, 2]; *Cygnus herrenthalsi* van Beneden, 1871, из среднего миоцена Бельгии [2]; *Cygnus csakvarensis* [3] из верхнего миоцена Венгрии [2]; *Cygnus pristinus Kurochki*, 1971 [4], из верхнего миоцена и нижнего плиоцена Монголии; из верхнего плиоцена Болгарии описана *Cygnus verae* Воев, 2000 [5]. Из верхнего миоцена в Северной Америке известна *Cygnus mariae* Bickart, 1990 [6]. Четвертичные останки *Cygnini* также не многочисленны, одними из ранних ископаемых видов являются *Cygnus falconeri* Parker, 1985, *Cygnus equitum* Bate, 1916 [7], из среднего плейстоцена Мальты, и, наконец, *Cygnus paloregonus* Sore, 1878, из плейстоцена Северной Америки [8].

Подробное географическое описание и история изучения Бинагадинского местонахождения верхнечетвертичной фауны и флоры дается в работах Н. И. Бурчака-Абрамовича и Р. Джафарова [9], а также Н. К. Верещагина [10]. Поэтому в данной статье нет необходимости останавливаться на подробном описании местонахождения (рис. 1).

Геологический возраст бинагадинских костеносных отложений датируется верхним плейстоценом. Костеносный слой заключен в закированные песчано-глинистые отложения, являющиеся образованием нижнего хвалына, лежащие на поверхности верхнехазарской террасы с руководящей фауной *Didacna surachanica*

Andrus. [11]. С мая 2012 г. начался третий этап исследований и раскопок на территории Бинагадинского местонахождения. В ходе этих работ были исследованы старые костеносные пласты, а также выявлены новые, богатые образцами ископаемой фауны и флоры. В результате этих исследований был составлен геологический разрез нового костеносного пласта по восточной и южной стенке. Разрез представлен (сверху вниз) (рис. 2):

- 1) покровная толща мощностью 0,2–1 м, представленная делювием-суглинками;
- 2) пропитанный нефтью черно-бурый мелкозернистый песок, содержащий крупные обломки морских раковин, мощность которого достигает 0,7–1,5 м. В слоях изредка встречаются кости животных и растительные остатки;
- 3) слой жирного асфальта с легким буроватым оттенком, слоистой структурой. На месте перехода в четвертый слой присутствуют большое скопление птичьих костей, остатки беспозвоночных и растений. Мощность слоя 0,0–0,6 м;
- 4) основной костеносный слой, состоящий из среднезернистого кварцевого песка с редким содержанием глинистого песка, местами присутствует мелкобитная ракушка (основной костеносный слой). На границе с третьим слоем, а также в самом четвертом слое содержится богатое скопление ископаемых животных, растений и моллюсков. Мощность слоя составляет 0,35–0,9 м;
- 5) пески верхнехазарской террасы с содержанием *Didacna surachanica* Andrus.

В общих чертах характеристика костеносной толщи, приведенная нами, совпадает с описанием разрезов, приводимым разными авторами [10, 12, 13].

В 1939 г. сотруднику Ленинградского зоологического института АН СССР П. В. Сереб-



Рис. 1. Бинагадинское асфальтовое озеро (цвет online)



Рис. 2. Поперечный разрез восточной и южной стенки в Бинагадинском асфальтовом озере: 1 – покровная толща; 2 – черно-бурый мелкозернистый песок; 3 – слой жирного асфальта; 4 – костеносный слой; 5 – пески верхнехазарской террасы (цвет online)

ровскому были переданы кости ископаемых птиц из Бинагадинского местонахождения. Из этого числа костей П. В. Серебровский описал и определил 62 вида птиц [14–17]. Последующие исследования по определению ископаемых птиц проводились Н. И. Бурчак-Абрамовичем [18, 19]. Первоначально им были отобраны тарзометатарзальные кости бинагадинских птиц, собранные в 1939–1942 гг. На основе их изучения автор увеличил список видов, обнаруженных в бинагадинском захоронении, с 62 до 100 [9]. В результате последующей ревизии 1965–2000 гг. список видов птиц достиг 109 [20–22]. За период очередных раскопок, проводимых с 2012 по 2015 г., были обнаружены и описаны два вида птиц, ранее не включенные в список [23, 24].

В настоящей статье приводится описание двух видов лебедей, ранее не обнаруженных из верхнеплейстоценовых асфальтовых отложений Бинагады. Палеорнитологический материал был собран с 2012 по 2015 г. на территории Бинагадинского местонахождения, где были вскрыты новые костеносные слои. В результате было получено два стратиграфических профиля по восточной и южной стенке раскопа. Для сравнения ископаемого костного материала были использованы три рецентных вида: *Cygnus olor* (4 экз.), *Cygnus Cygnus* (4 экз.), *Cygnus bewickii* (3 экз.) – из коллекции Естественно-исторического музея НАНА. Анатомическое описание ископаемых костей приведено в соответствии с *Nomina Anatomica Avium* – терминология, принятая международной комиссией по анатомической номенклатуре [25]. Кости измерялись при

помощи штангенциркуля с точностью 0.05 мм. по методике Е. Н. Курочкина [26].

Описание и обсуждение

Отряд ANSERIFORMES
Семейство ANATIDA Vigors, 1825
Род *CYGNUS* Bechstein, 1803
Cygnus cygnus Linnaeus, 1758

Материал. № В-110, ЕИМ НАН Азербайджана, левый дистальный фрагмент лучевой кости, бинагадинские асфальтовые отложения, с. Бинагады, кв. 9С, гл. 1.5 м., верхний плейстоцен (рис. 3).

Размеры указаны в миллиметрах: ширина дистального эпифиза 17.2, толщина дорсальной *facies artc. radiocarp.* 8.9, толщина диафиза 7.6. Биометрические показатели дорсовентральной ширины дистального эпифиза лучевой кости у ископаемого вида находятся в пределах нормы, размеры колеблются от минимального (14,2 мм) до максимального (17,6 мм) [27].

Сравнение и замечания. Считается, что для определения вида диагностические признаки на лучевой кости недостаточно хорошо выражены [4], однако ряд значимых морфологических признаков в морфологии лучевой кости рода *Cygnus* указывает на ее родовую обособленность. Наиболее ярко выраженным диагностическим признаком для *Cygnus* является присутствие уплощения стержня кости в каудальном и краниальном направлении в дистальной части лучевой кости, причем каудальное уплощение края достигает максимального утончения.



Расширение стержня части лучевой кости по направлению к дистальному эпифизу протекает без резкого перехвата.



Рис. 3. Лучевая кость *Cygnus cygnus*: а – с дорсальной стороны; б – с вентральной стороны. Плечевая кость *Cygnus olor*: в – с краниальной стороны; г – с каудальной стороны. Локтевая кость *Cygnus olor*: д – с краниальной стороны; е – с каудальной стороны

В строении ископаемой лучевой кости присутствуют морфологические черты, не вызывающие сомнения в принадлежности ее к *Cygnus cygnus* (см. рис. 3, а, б). От *Cygnus olor* отличается тем, что в лучевой кости отсутствует краниальное уплощение, присутствует лишь каудальное уплощение края стержня кости, причем максимальное утончение приходится непосредственно под *tuberculum aroneurosis ventralis*. При виде дорсальной стороны на поверхности уплощения присутствует заметное углубление в форме полумесяца – *fovea ligamentalis*. Наблюдается быстрый расширяющийся переход тела кости к дистальному эпифизу без резкого перехвата. Площадка крепления *lig. radio-radiocarpale craniale* широкая и короткая, *sulcus tendinosa* слегка выпуклая в основании *facies articularis radiocarpalis*. *Tuberculum aroneurosis ventralis* треугольной формы и заметно выступает в каудальном направлении. Поверхность вентрального края сильно шероховатая, присутствует углубление, дорсальный край лучевой кости без шероховатостей. Приведенные морфологические признаки ближе к таковым у *Cygnus bewickii*, лишь с небольшими отличиями. У *C. bewickii* каудальное расширение стержня кости сопровождается небольшим перехватом непосредственно

перед утончением каудального ребра, край выпуклый.

Сравнивая верхнеплейстоценового *Cygnus cygnus* с ископаемыми видами рода *Cygnus*, стоит отметить, что лишь у нескольких из них были обнаружены и описаны лучевые кости. *Cygnus mariae* был обнаружен в верхнемиоценовых отложениях Аризоны, в коллекции обнаруженных костей были описаны проксимальные и дистальные фрагменты лучевой кости [6]. По утверждению автора [6], лучевые кости неотличимы от современного вида *Cygnus olor* и *Cygnus cygnus*; размер наибольшей дорсовентральной ширины дистального эпифиза у *Cygnus mariae* составляет 16.0 мм. Из верхнемиоценовых отложений Монголии описан новый вид *Cygnus pristinus* Kurochkin. по фрагменту левого дистального эпифиза лучевой кости с основными морфологическими признаками: 1) дорсальный край сильно сдвинут дистально, довольно узок и заострен; 2) *fovea ligamentosa* глубже, чем у других представителей *Cygnus*; 3) *sulcus legamentosus* хорошо выражен [4].

Cygnus cygnus известна из верхнего плейстоцена Германии, Франции, Италии, Мальты и России [28].

Cygnus olor Gmel. – лебедь-шипун

Материал. Фрагмент проксимальной части правой плечевой кости и правый проксимальный фрагмент локтевой кости, смешанный материал № 111 из фонда ЕИМ, НАН Азербайджана.

Размеры указаны в миллиметрах: плечевая кость: ширина проксимального эпифиза 46; толщина *caput articulare* 16. Локтевая кость: наибольшая ширина проксимального эпифиза 25.4; наибольшая ширина диафиза 11; наименьшая ширина диафиза 9.7.

Сравнение и замечания. *Humerus* (см. рис. 3, в, г): проксимальная часть правой плечевой кости *C. olor* отличается от *C. cygnus* следующими морфологическими признаками: отсутствием *incisura lig. propatagiale* на *crista deltopectoralis*, тогда как у *C. cygnus* особо характерно присутствие *incisura lig. propatagiale* на дорсальном крае *crista deltopectoralis*; место крепления сухожилия комплекса мышц *mm. subcoracoscapulares* [29] не глубокое почти плоское с удлиненной выемкой на вентральной поверхности *tuberculum ventrale*, у *C. cygnus* выемка менее выражена и не выходит на вентральную поверхность *tuberculum ventral*; *tuberculum scapulotriceps* [30] у *C. olor* отличается покатой формой, в то время как у *C. cygnus* и *C. bewickii* *tuberculum scapulotriceps* заметно выступает.

Ulna (см. рис. 3): проксимальный эпифиз локтевой кости в хорошей сохранности, *olecranon* массивный и нависает над *cotyula*



dorsales, processus cotylalis dorsalis имеет довольно вытянутую овальную форму, cotyla ventralis имеет субтреугольную форму. В каудальном профиле наличие ярко выраженного угла (45°) между cotyla dorsales и crista intercotylaris (см. рис. 3, д, е) является основным родовым признаком *Cygnus*. Проксимальный эпифиз локтевой кости у *C. cygnus* отличается от *C. olor* укороченным строением olecranon, processus cotylalis dorsalis трапецевидной формы, cotyla ventralis овальной формы. Учитывая вышеперечисленные признаки, ископаемая локтевая кость была отнесена к *Cygnus olor* Gmel.

Ископаемые останки *Cygnus olor* известны из среднего плейстоцена Италии, Чехии и верхнего плейстоцена России и Франции [28].

Заключение

Находки новых видов гусеобразных в составе бинагадинской асфальтовой фауны в верхнем плейстоцене Азербайджана весьма важны для реконструкции авифауны четвертичного периода Евразии и истории формирования современной авифауны Апшерона. В Азербайджане ископаемые представители трибы *Cygnini* на сегодняшний день представлены одним вымершим подвидом *Cygnus olor bergmanni* Serebrovsky [14,15] из верхнеплейстоценовых асфальтовых отложений Бинагады, описанным по единственному найденному фрагменту таза. Ископаемые останки *C. cygnus* и *C. olor* из Бинагадинского асфальтового озера не отличаются от современных видов ни остеометрическими показателями, ни морфологическими деталями. Для всего рода *Cygnus* характерно более выраженное морфологическое однообразие в строении передних и задних конечностей, однако присутствие вышеописанных морфологических признаков позволяет нам определить остеологический материал до вида. По многим морфологическим деталям *C. cygnus* напоминает *C. bewickii*, что лишний раз подтверждает их родственную связь. Морфологическая обособленность *C. cygnus* от *C. olor*, отмеченная многими авторами [31–33], несомненно, свидетельствует о давней дивергенции этой группы.

Присутствие лебедей в позднплейстоценовых отложениях Бинагады, а также находки останков лебедей в среднем и позднем плейстоцене Палеарктики [28] показывает, что уже в начале плейстоцена лебедь-кликун (*Cygnus cygnus*) и лебедь-шипун (*Cygnus olor*), по-видимому, были широко распространены в Евразии. Редкие находки останков двух видов лебедей *Cygnus cygnus* и *Cygnus olor* в составе бинагадинской авифауны указывают на то, что ископаемое асфальтовое озеро не использовалось как основное место зимовки. В настоящее время в Азербайджане встречаются три вида лебедей: *C. cygnus*, *C. olor* и *C. bewickii* – все они считаются зимующими и пролетными. Следует отметить,

что лебедь-шипун является гнездящимся видом на озере Фламинго в Ширванском национальном парке [34].

В настоящее время бинагадинская палеоавифауна насчитывает 111 ископаемых видов, хотя существование некоторых ископаемых видов носит предварительный характер и требует дальнейшего исследования для установления точного видового статуса. Из общего числа ископаемых птиц отряда Anseriformes было определено 25 видов.

Библиографический список

1. Heizmann E. P. J., Hesse A. Die mittelmiozänen Vogel- und Säugetierfaunen des Nördlinger Ries (MN6) und des Steinheimer Beckens (MN7) – ein Vergleich // Courier Forschungsinstitut Senckenberg. 1995. № 81. P. 171–185.
2. Mlíkovský J. Cenozoic birds of the world. Part 1 : Europe. Praha : Ninox Press, 2002. 406 p.
3. Lambrecht K. Handbuch der Palaeornithologie. Berlin : Gebrüder : Borntraeger, 1933. 1024 S.
4. Woolfenden G. E. Postcranial osteology of the waterfowl // Bulletin of the Florida State Museum. (Biol. Sci.) 1961. Vol. 6, № 1. P. 1–129.
5. Boev Z. N. *Cygnus verae* sp. n. (Anseriformes : Anatidae) from the Early Pliocene of Sofia (Bulgaria) // Acta Zool. Cracoviensia. 2000. № 43 (12). P. 185–192.
6. Bickart K. J. The birds of the Late Miocene-Early Pliocene Big Sandy Formation // Ornithological Monographs. Mohave County. 1990. Vol. 44. P. 1–72.
7. Pavia M. The middle Pleistocene fossil avifauna from the 'Elephas mnaidriensis Faunal Complex' of Sicily (Italy) : preliminary results // The World of Elephants : Proceedings of the 1st International Congress. Rome, 2001 P. 497–501.
8. Brodkorb P. Catalogue of fossil birds. Part 2 (Anseriformes through Galliformes) // Bulletin of the Florida State Museum. Biological Sciences. 1964. № 8. P. 195–335.
9. Бурчак-Абрамович Н. И., Джафаров Р. Д. Бинагадинское местонахождение верхнечетвертичной фауны и флоры на Апшеронском полуострове. (Географическое положение. История изучения. Список животных и растений. Библиография) // Труды Естественно-исторического музея АН АзССР. 1955. Т. 4. С. 89–146.
10. Верещагин Н. К. Млекопитающие Кавказа (История формирования фауны). Москва ; Ленинград : Издательство АН СССР, 1959. 703 с.
11. Геология Азербайджана. Том I. Стратиграфия, часть вторая / главный редактор Ак. А. Ализаде. Баку : Издательство «Nafta-Press», 1997. 636 с.
12. Ализаде К. А. Геологическое строение бинагадинского местонахождения ископаемых костей // Труды Естественно-исторического музея АН АзССР. 1955. Т. 4. С. 5–9.
13. Султанов Р. Г. Геологические условия залегания костеносного слоя в бинагадинском и кирмакинском кладбищах // Известия АН Аз. ССР. 1947. № 6. С. 60–67.
14. Сребровский П. В. О птицах бинагадинских кировых пластов // Известия АН Аз. ССР. 1940. № 3. С. 71–75.



15. Серебровский П. В. Новые виды из бинагадинских отложений // Доклады АН СССР. 1940. Т. 27, № 7. С. 766–768.
16. Серебровский П. В. Остатки плейстоценовых птиц из бинагадинских отложений // Доклады АН СССР. 1941. Т. 33, № 7. С. 473–475.
17. Серебровский П. В. Птицы бинагадинских Кировых отложений // Труды Естественно-исторического музея АН Аз. ССР. 1948. Т. 1–2. С. 21–75.
18. Бурчак-Абрамович Н. И. Ночные хищные птицы (совы) бинагадинских битумов // Доклады АН Аз. ССР. 1952. Т. 8, № 1. С. 25–29.
19. Бурчак-Абрамович Н. О. Материалы к изучению крупных дневных хищных птиц из бинагадинских битумов (определение тарзометарзальных костей) // Труды Естественно-исторического музея АН Аз. ССР. 1953. Т. 4. С. 324–334.
20. Бурчак-Абрамович Н. И. Ископаемый филин из бинагадинских отложений // Орнитология. Москва : Издательство Московского университета, 1965. Вып. 7. С. 452–454.
21. Пантелеев А. В., Бурчак-Абрамович Н. И. Воробьиные птицы из бинагадинских плейстоценовых асфальтов. I. Вводная часть // Русский орнитологический журнал. 2000. Экспресс-выпуск. № 112. С. 3–8.
22. Пантелеев А. В., Бурчак-Абрамович Н. И. Воробьиные птицы из бинагадинских плейстоценовых асфальтов : в 2 частях. II. Мелкие врановые // Русский орнитологический журнал. 2000. Экспресс-выпуск. № 115. С. 3–17.
23. Мустафаев И. М. Бинагадинский удод (*Uropus L.*). Из плейстоценовых отложений Азербайджана // Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле. 2016. № 1–2. С. 85–87.
24. Эйбатов Т. М., Зейниев О. А., Мустафаев И. М., Сулейманов Т. М., Сулейманова М. Б. Новые находки *Anser erythrorus L.* в плейстоценовых бинагадинских кировых отложениях Азербайджана // Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле. 2015. № 1–2. С. 43–47.
25. Baumel J. J., King A. S., Breazile J. E., Evans H. E., Vanden Berge J. C. Handbook of avian anatomy : Nomina Anatomica Avium // Publications of the Nuttall Ornithological Club. 1993. Vol. 23. 779 p.
26. Курочкин Е. Н. Методы изучения ископаемых птиц // Частные методы изучения истории современных экосистем / редакторы В. Е. Соколов, Л. Г. Динесман. Москва : Наука, 1979. С. 152–163.
27. Bacher A. Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen des postcranialen Skeletts in Mitteleuropa vorkommender Schwäne und Gänse. Universität München [in German], 1967. 109 S.
28. Tyrberg T. Pleistocene Birds of the Palearctic : A Catalogue // Nuttall Ornithological Club. 1998. № 27. P. 1–720.
29. Watanabe J., Field D. J., Matsuoka H. Wing musculature reconstruction in extinct flightless auks (*Pinguinus* and *Mancalla*) reveals incomplete convergence with penguins (*Spheniscidae*) due to differing ancestral states // Integrative Organismal Biology. 2021. Vol. 3, iss. 1. Article number obaa040. <https://doi.org/10.1093/iob/obaa040>
30. Matsuoka H., Hasegawa Y. Myology and osteology of the Whooper Swan *Cygnus Cygnus* (Aves : Anatidae). Part I. Muscles attached to the sternum, coracoid, clavicle, scapula and humerus // Bulletin of the Gunma Museum of Natural History. 2007. № 11. P. 7–14.
31. Johnsgard P. A. The taxonomy of the Anatidae – A behavioural analysis // Ibis. 1961. № 103. P. 71–85.
32. Johnsgard P. A. Ducks, geese, and swans of the world. Univ. Nebraska Press : Lincoln, 1978. 498 p.
33. Livezey B. C. A phylogenetic analysis of the geese and swans (Anseriformes : Anserinae), including selected fossil species // Systematic Biology. 1996. № 45. P. 415–450.
34. Sultanov E. H., Kerimov T. A., Aliyev S., Humbatova S., Agayeva N. Potential Ramsar sites in Azerbaijan. Baku : Wetlands International & AEME Publication, 2000. 152 p.

Поступила в редакцию 23.05.2021; одобрена после рецензирования 15.08.2021; принята к публикации 20.12.2021
The article was submitted 23.05.2021; approved after reviewing 15.08.2021; accepted for publication 20.12.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 45–50
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 45–50
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-45-50>

Научная статья
УДК 553.98

Литолого-петрофизическая характеристика отложений вогулкинской толщи в пределах малого Тетеревского вала (Шаимский нефтегазоносный район)



К. В. Павленко¹, Ю. В. Титов^{1,2✉}, Г. М. Галимова¹, Е. А. Ку克林¹

¹ Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефт» в г. Тюмени, Россия, 628483, г. Когалым, ул. Центральная, д. 19/18

² Институт геологии и геохимии им. академика А. Н. Заварицкого, Россия, 620016, г. Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, д. 15

Павленко Кирилл Викторович¹, геофизик, PavlenkoKV@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0003-4537-8296>

Титов Юрий Владимирович^{1,2}, начальник отдела, младший научный сотрудник, TitovYV@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-4205-9620>

Галимова Гульназ Маратовна¹, научный сотрудник, GalimovaGM@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0001-9185-4877>

Ку克林 Евгений Алексеевич¹, старший научный сотрудник, KuklinEA@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-8900-0749>

Аннотация. Изложены результаты исследований вещественного состава и условий формирования пласта П вогулкинской толщи Толумского месторождения. Установлено, что формирование отложений происходило в прибрежно-морских условиях, в трансгрессивную стадию развития бассейна седиментации. По составу аллотигенной части изученные песчаники и алевролиты отвечают кварцевой, граувакковой и аркозовой группам. Изучение вторичных преобразований показало, что породы вогулкинской толщи изменены до уровня среднего катагенеза, характеризующегося интенсивной регенерацией кварца, внутрислойным растворением неустойчивых слюд и полевых шпатов, гидрослюдизацией, каолинизацией и кальцитизацией. Установлено, что ухудшение фильтрационно-емкостных свойств пород связано с развитием вторичной карбонатизации.

Ключевые слова: обстановки осадконакопления, фильтрационно-емкостные свойства, постседиментационные преобразования, вогулкинская толща, карбонатизация

Для цитирования: Павленко К. В., Титов Ю. В., Галимова Г. М., Ку克林 Е. А. Литолого-петрофизическая характеристика отложений вогулкинской толщи в пределах малого Тетеревского вала (Шаимский нефтегазоносный район) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 45–50. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-45-50>

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

Article

Lithological and petrophysical characteristics of the deposits of the Vogulinskaya strata within the maly Teterevsky shaft (Shaimsky oil and gas region)

К. В. Павленко¹, Ю. В. Титов^{1,2✉}, Г. М. Галимова¹, Е. А. Ку克林¹

¹ Branch of LLC “LUKOIL-Engineering” “KogalymNIPIneft” in Tyumen, 19/18 Tsentralnaya St., Kogalym 628483, Russia

² Institute of Geology and Geochemistry named after academician A. N. Zavaritsky, 15 Academician Vonsovsky St., Yekaterinburg 620016, Russia

Kirill V. Pavlenko¹, PavlenkoKV@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0003-4537-8296>

Yuri V. Titov^{1,2}, TitovYV@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-4205-9620>

Gulnaz M. Galimova¹, GalimovaGM@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0001-9185-4877>

Evgeny A. Kuklin¹, KuklinEA@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-8900-0749>

Abstract. Study results of the material composition and conditions of forming P Vogulinskaya strata of the Tolumskoye field are presented. It is established that the formation of sediments occurred in coastal-marine conditions, in the transgressive stage of the sedimentation basin development. According to the composition of the allotigenic part, the studied sandstones and siltstones correspond to the quartz, grauwaack and arkose groups. The study of secondary transformations showed that the rocks of the Vogulinskaya strata were changed to the level of average catagenesis, characterized by intensive regeneration of quartz, intra-layer dissolution of unstable micas and feldspars, hydrosлюдization, kaolinization and calcitization. It is established that the deterioration of filtration-capacitance properties is associated with the development of secondary carbonatization.

Keywords: sedimentation conditions, filtration-capacitance properties, post-sedimentation transformations, Vogulinskaya strata, carbonatization

For citation: Pavlenko K. V., Titov Yu. V., Galimova G. M., Kuklin E. A. Lithological and petrophysical characteristics of the deposits of the Vogulinskaya strata within the maly Teterevsky shaft (Shaimsky oil and gas region). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 45–50 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-45-50>

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



Введение

В настоящее время Шаимский нефтегазоносный район (НГР) относится к хорошо изученным и высокоперспективным объектам Западной Сибири для поиска нефти и газа. В то же время охарактеризованность керновым материалом и геолого-геофизическая изученность неравномерны, а иногда недостаточны. В связи с этим возрастает роль седиментационных исследований, которые в значительной степени могут детализировать геологическое строение и повысить эффективность геологоразведочных работ.

Объектом исследования является пласт П вогулкинской толщи Толумского месторождения, особенностями которого являются неповсеместное распространение и сложное строение. Отложения пласта залегают на протерозой-нижнепалеозойском фундаменте. В геотектоническом отношении исследуемая территория приурочена к положительной структуре II порядка малому Тетеревскому валу (рис. 1), входящему в состав положительной структуры I порядка – Шаимского мегавала. В свою очередь, малый Тетеревский вал осложнен элементами III порядка: в центральной части – Южно-Толумское поднятие, в западной – Северо-Тетеревское поднятие, в северной – Толумское поднятие.

Методика исследования

Реконструкция обстановок осадконакопления вогулкинской толщи проведена на основе детального послылоного описания разреза по керновому материалу девяти скважин. По результатам исследования установлено, что осадконакопление происходило большей частью в прибрежно-морской обстановке, в зоне затопляемого пляжа, на фоне крупной региональной позднеюрской трансгрессии моря (рис. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Предфронтальная зона пляжа, располагающаяся между базисом спокойных волн и средним уровнем низкой воды, вскрыта скважинами 1741, 10516Р, 10811Р, 10800П и 3950 Толумского месторождения. Отложения представлены песчаниками мелкозернистыми до мелко- и среднезернистыми, алевритовыми, алевритистыми, неравномерно глинистыми, с гравием, с вкрапленностью глауконита, слабокарбонатистыми до карбонатных, редко – известняками органогенно-обломочными, песчанистыми, алевритистыми и алевролитами мелко- и крупнозернистыми, песчанистыми, песчаными, с редким гравием, слабокарбонатистыми. Текстура пород

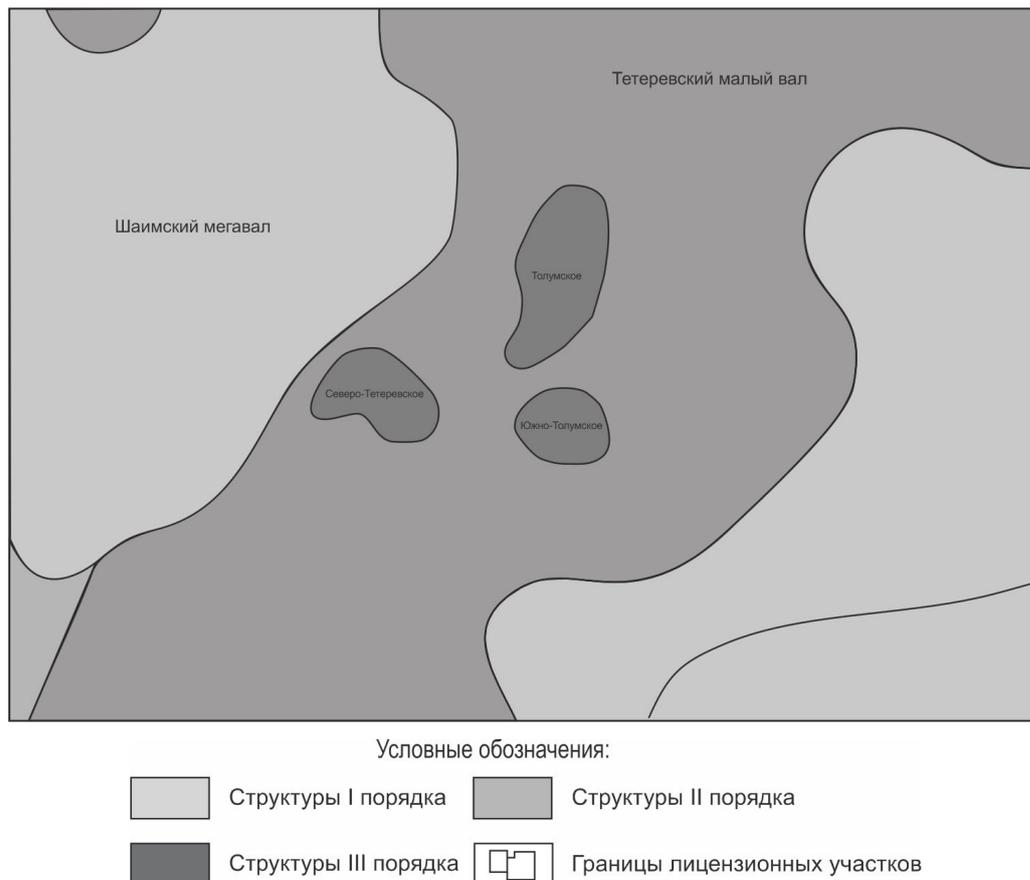
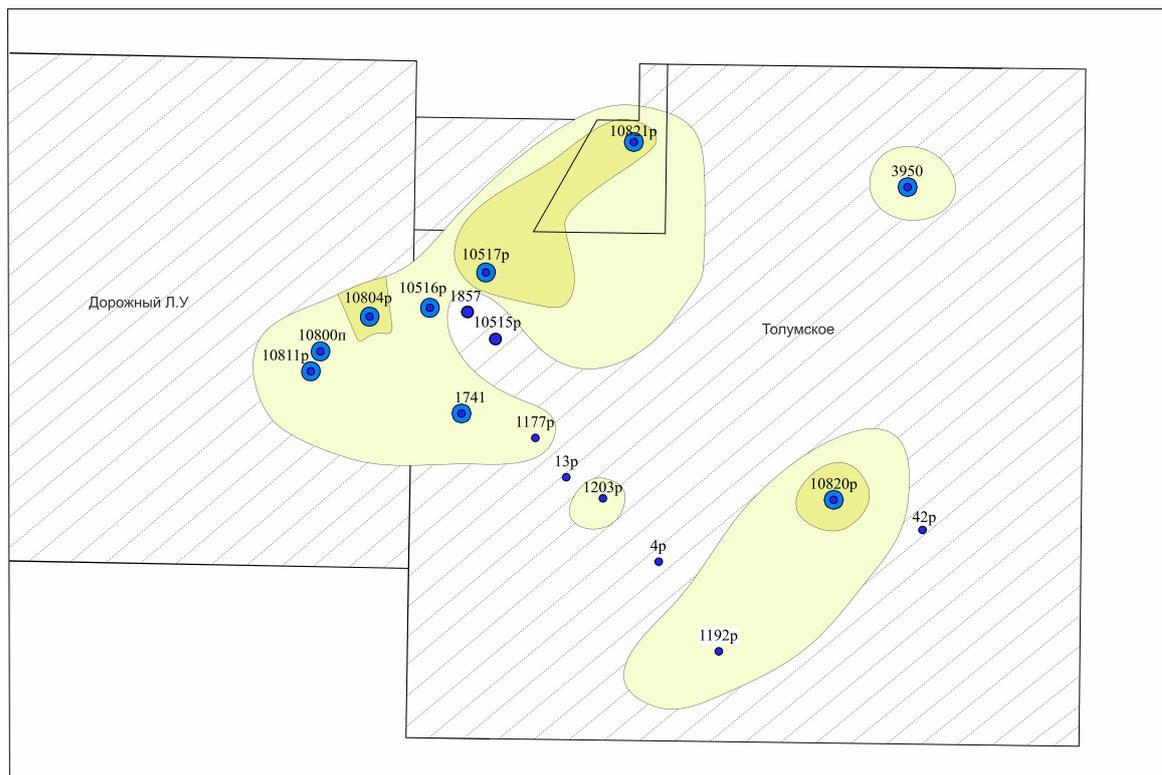


Рис. 1. Фрагмент тектонической карты центральной части Западно-Сибирской плиты (И. И. Нестеров, 1984 г.)



Условные обозначения:

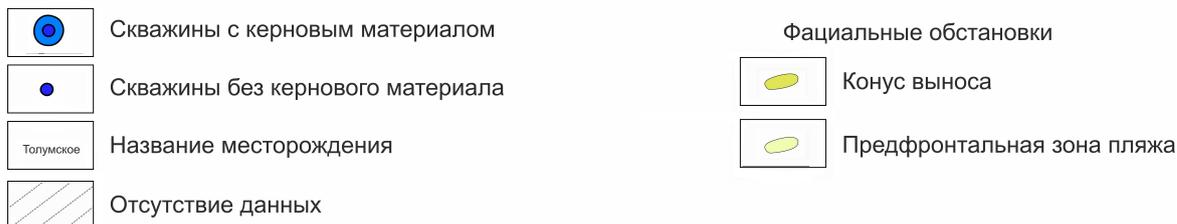


Рис. 2. Палеогеографическая схема отложений пласта П вогулкинской толщи Толумского месторождения. Цифрами обозначены номера скважин (цвет online)

субгоризонтальная, пологоволнистая слоистая за счет слоев обогащения, редко – слоев с вкрапленностью слюдисто-углисто-глинистого, слюдисто-углистого и слюдисто-глинисто-углистого материала; массивная, неравномерно нарушенная биотурбацией осадка (*Palaeophycus?*, реже – *Skolithos?*) и взмучиванием волнения, редко – пологоволнистая слоеватая за счет расположения створок пеллеципод.

Встречаются трещины закрытые и залеченные карбонатным материалом. Гравий и редкая галька преимущественно хорошей степени окатанности представлены породами доюрского комплекса. Редко отмечаются участки сидеритизации, рассеянная вкрапленность пирита. Фауна многочисленная: ростры белемнитов, обломки раковин пеллеципод, денталиум. По лабораторным исследованиям среднее значение пористости по насыщению для рассматриваемой субобстановки составляет 18,5%, значения варьируют

в пределах от 1,8 до 27,9%; а среднее значение пористости по гелию равно 17,4% при минимальном и максимальном значениях 4,5% и 28,6% соответственно. Коэффициент проницаемости изменяется от 0,01 до $845,8 \times 10^{-3}$ мкм², среднее значение составляет $85,3 \times 10^{-3}$ мкм².

Известно, что формирование пласта П вогулкинской толщи связано с выступами коренных пород, которые размывались и отлагались *in situ* в виде гравелито-песчано-алевритовых отложений [1]. Это объясняет присутствие на исследуемой территории конусов выноса – зон активного сброса материала в прибрежно-морскую часть флювиальных потоками [2], которые территориально приурочены к положительным структурам III порядка (рис. 3).

Породы сложены большей частью гравелитами средне-мелкозернистыми до крупно-среднезернистыми, песчаными, алевритистыми, неравномерно глинистыми, неравномерно карбонатными

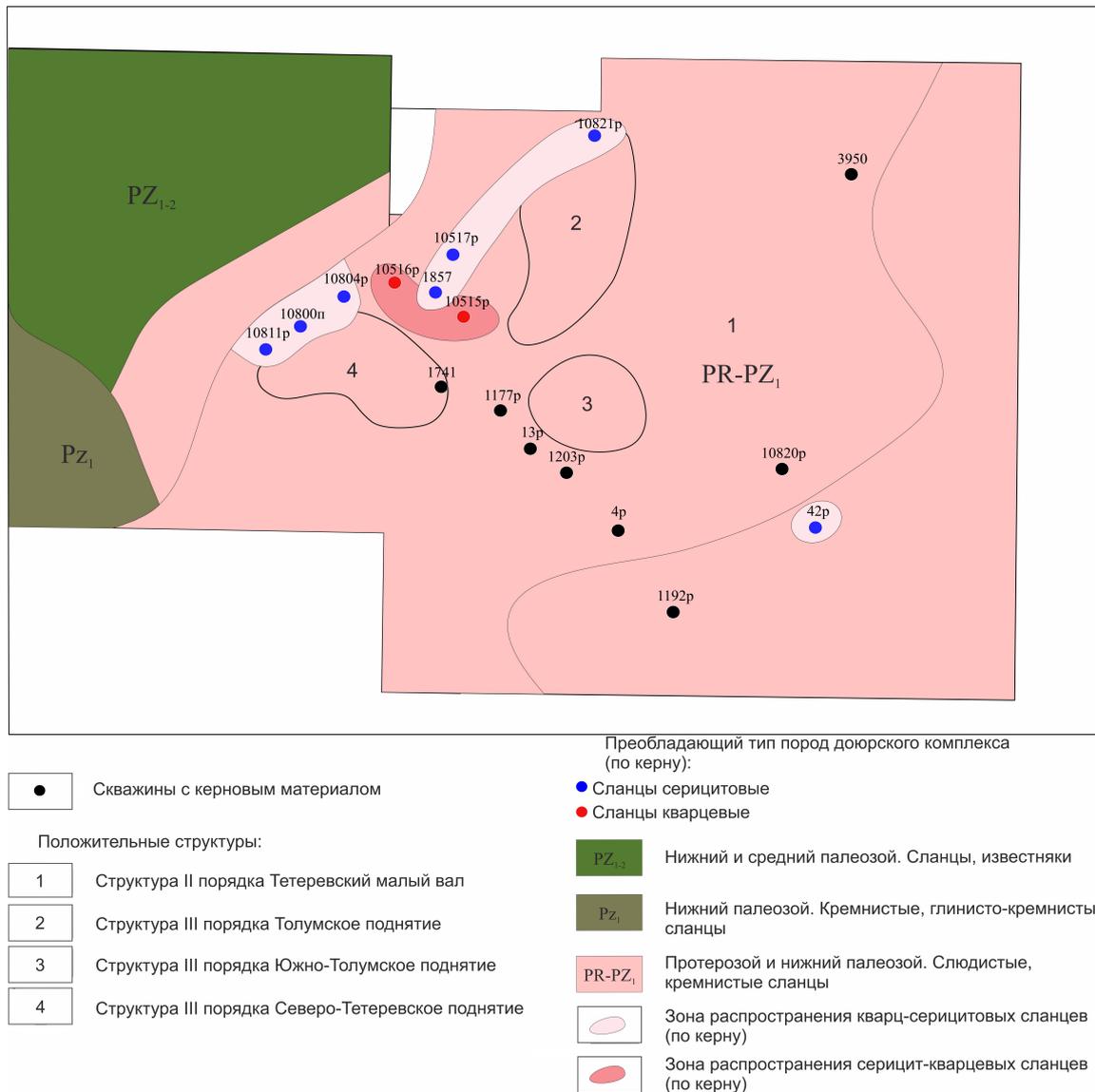


Рис. 3. Схема распространения пород доюрского фундамента на Толумском месторождении, по В. С. Суркову (1998 г. с дополнениями). Цифрами обозначены номера скважин (цвет online)

стыми до карбонатных и песчаниками мелкозернистыми до средне-мелкозернистыми, алевритовыми, алевритистыми, неравномерно глинистыми, слабогравистыми, участками до гравийных, с вкрапленностью глауконита, неравномерно карбонатистыми. Среди текстур преобладают массивная и субгоризонтальная слоеватая за счет ориентировки зерен гравия. Гравий и редкая галька средней и хорошей степени окатанности представлены породами доюрского комплекса. Редко отмечается сидеритизация. В отложениях встречаются частые ростры белемнитов и обломки створок пелеципод. Субобстановка конуса выноса встречается в скважинах 10517Р, 10804П, 10821Р, 10820П. Пористость по насыщению изменяется от 1,9 до 17,8% при среднем значении 10,2%, а пористость по гелию для рас-

сматриваемой субобстановки составляет 10,7% при минимальном значении 0,8% и максимальном 26,7%. Проницаемость варьирует от 0,01 до $35,6 \times 10^{-3}$ мкм² при среднем значении $7,92 \times 10^{-3}$ мкм².

Минералого-петрографическая характеристика отложений вогулкинской толщи получена по результатам описания свыше 50 шлифов. Установлено, что по составу аллотигенной части песчаники и алевролиты отвечают кварцевой, граувакковой и аркозовой группам (рис. 4). Преобладающим компонентом у всех рассматриваемых песчаников является кварц. Среди обломков пород преимущественное распространение имеют кварцево-кремнистые, кремнисто-кварцевые, углеродисто-кремнистые, кварц-серицитовые, серицит-кварцевые сланцы.

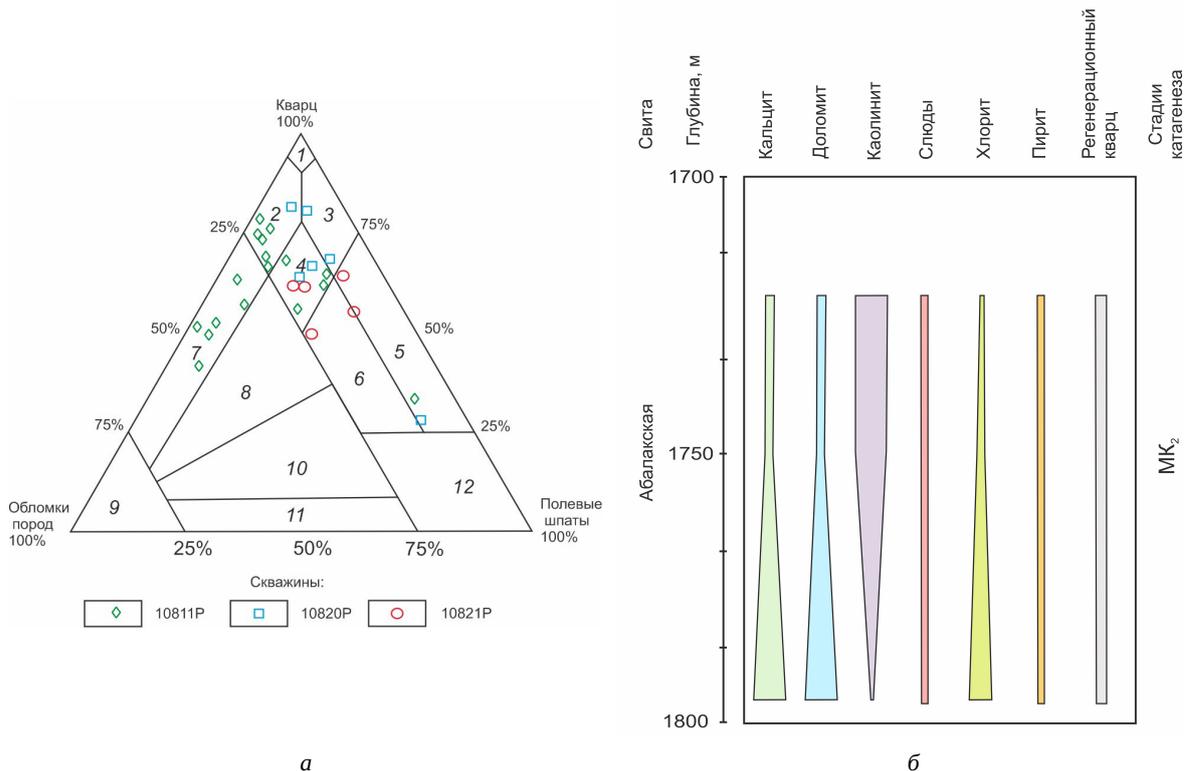


Рис. 4. Петрографический состав песчаников (а) и схема распространения аутигенных минералов (б) вогулкинской толщи Толумского месторождения. Поля на диаграммах: кварцевая группа: 1 – мономиктовые кварцевые; 2 – кремнеклас- тито-кварцевые; 3 – полевошпатово-кварцевые; 4 – мезомиктовые кварцевые; аркозовая группа; 5 – собственно аркозы; 6 – граувакковые аркозы; граувакковая группа (граувакки); 7 – кварцевые; 8 – полевошпат-кварцевые; 9 – собственно граувакки; 10 – кварц-полевошпатовые; 11 – полевошпатовые; 12 – полевошпатовые песчаники (цвет online)

Цемент глинисто-карбонатный, карбонатно-глинистый, карбонатный, кварцево-регенерационный, пленочно-порový, реже – порový. Глинистая составляющая цемента представлена каолинитом, карбонатная – доломитом, кальцитом. Среди аксессуарных минералов по всему изучаемому пласту встречаются зёрна апатита, турмалина, циркона, сфена, рутила и титанистых минералов.

Изучение вторичных преобразований показало, что породы вогулкинской толщи изменены до уровня среднего катагенеза (градация МК₂) [3] и характеризуются интенсивной регенерацией кварца, внутрислойным растворением неустойчивых слюд и полевых шпатов, гидрослюдизацией, каолинизацией и кальцитизацией.

Регенерация кварца развита повсеместно, но в разной степени. Чаще всего она умеренная (затронуты до 10–25% зерен), реже слабая (до 10%), в единичных случаях сильная (свыше 30%). Регенерация выражена в виде частичного восстановления кристаллографических граней, образования прерывистых каемок разной толщины (до 0,03 мм), редко в форме шипов. Интенсивность проявления этого процесса, вероятно, связана с поступлением кремнезема, выделяемого из кристаллических решеток глинистых

минералов или разрушающихся скелетных организмов.

Кальцит образует порový, иногда пойкилитовый цемент, который занимает иногда до 35% от площади шлифа. Наряду с кальцитизацией развивается и доломитизация, которая проявляется в виде образования кристаллически-зернистых агрегатов размером до 0,07 мм. На всем протяжении разреза вторичная карбонатизация распределена неравномерно, что может быть связано с влиянием инфильтрационных либо эксфильтрационных притоков водных магнийсодержащих растворов, миграцию которых вызвали тектонические процессы [4].

В цементирующей массе среди глинистых минералов широко распространен каолинит, который отмечается в виде чешуйчатых агрегатов с размером чешуек до 0,02 мм в порах и часто замещает полностью зерна полевых шпатов. По результатам рентгеноструктурного анализа содержание этого минерала варьирует от 45 до 98% от объема глинистой составляющей цемента. Предполагается, что образование каолинита связано с высвобождением калия при преобразовании калиевых полевых шпатов и гидратации биотита [5].

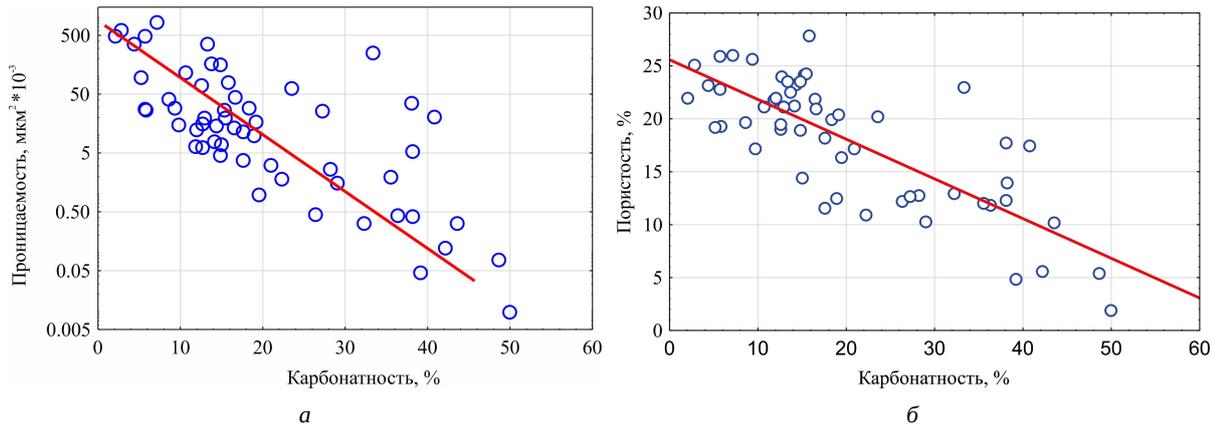


Рис. 5. Зависимость кальцита от проницаемости (а) и пористости (б (цвет online))

Слюды деформированы, расщеплены на отдельные волокна с приобретением зеленовато-бурой плеохроирующей окраски. В песчаниках вогулгинской толщи на пластинках слюды отмечается появление рассеянной вкрапленности сидерита, иногда пирита.

Известно, что коллекторские свойства пород зависят от первично-седиментационного состава пород и вторичных диа- и катагенетических процессов, сопровождаемых изменением литологических параметров и формирующих структуру порово-пустотного пространства. В результате статистического анализа образцов по пласту П Толумского месторождения выявлены обратные зависимости, свидетельствующие о том, что при увеличении относительного содержания новообразованного кальцита уменьшаются коэффициенты пористости и проницаемости, коэффициенты корреляции составляют $R_{\text{по}}^2 = -0,77$, $R_{\text{пр}}^2 = -0,67$ (рис. 5).

Заключение

Таким образом, в пределах пласта П вогулгинской толщи формирование отложений происходило в прибрежно-морских условиях, в трансгрессивную стадию развития бассейна седиментации. Песчаники зоны затопляемого пляжа характеризуются улучшенными коллекторскими свойствами. При этом породы отвечают зоне среднего катагенеза (градация МК2) и характеризуются интенсивной регенерацией кварца, внутрислойным растворением неустойчивых слюд

и полевых шпатов, гидрослюдизацией и кальцитизацией. Установлено, что ухудшение фильтрационно-емкостных свойств связано с развитием вторичной карбонатизации. Определено также положение конусов выноса, которые находятся в непосредственной близости к положительным структурам III порядка. Эти выступы фундамента могли быть локальными источниками сноса материала для формирования пласта П вогулгинской толщи Толумского месторождения.

Библиографический список

1. Стратиграфия и палеогеография мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) / Э. О. Амон, В. П. Алексеев, А. Ф. Глебов [и др.]. Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2010. 257 с.
2. Чернова О. С. Седиментология резервуара. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2004. 453 с.
3. Титов Ю. В., Шайхутдинова Г. Х., Астаркин С. В., Колпаков В. В., Кожевникова Н. В. Постседиментационные преобразования нижнемеловых отложений Большехетской впадины (Западная Сибирь) // Литосфера. 2019. Т. 19, № 1. С. 48–58.
4. Янакурт О. В. Литология. Разделы теории : в двух частях. Ч. I. Процессы и факторы эпигенезиса горных пород : диагностика и системный анализ : учебное пособие. Москва : МАКС Пресс, 2013. 216 с.
5. Юдович Я. Э. Минеральные индикаторы литогенеза. Сыктывкар : Геопринт, 2008. 564 с.

Поступила в редакцию 21.07.2021; одобрена после рецензирования 15.08.2021; принята к публикации 20.12.2021
The article was submitted 21.07.2021; approved after reviewing 15.08.2021; accepted for publication 20.12.2021



Научная статья
УДК 563.45(116.3:470.4)



Псевдодеривация *Paracraticularia cylindrica* (Michelin, 1840) (Porifera, Hexactinellida)

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

Аннотация. Морфологическое разнообразие диоскулюмных губок, известных как *Paracraticularia cylindrica*, обусловлено тем, что многие фоссилии, относимые к этому виду, оказываются фрагментами апикальных сегментов междоузлий (ветвей) крупных колоний, которые в ископаемом состоянии редко встречаются в полной сохранности. Строение апикальных сегментов ветвей и очертания оскулюмов отражают вариативность проявлений синхронного деления гексактинеллид, что способствовало морфологическому разнообразию потомков, последующих сложно устроенных колониальных губок. В составе вида рассматриваются морфы (паратаксоны), большая часть которых представляет собой фрагменты апикальных сегментов ветвей первичных колоний *Paracraticularia*.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, *Paracraticularia* первичные колонии, морфы, селективная сохранность, поздний мел

Для цитирования: Первушов Е. М. Псевдодеривация *Paracraticularia cylindrica* (Michelin, 1840) (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 51–62. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-51-62>

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

Article

Pseudoderivations of *Paracraticularia cylindrica* (Michelin, 1840) (Porifera, Hexactinellida)

E. M. 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 morphological diversity of diosculomic sponges, known as *Paracraticularia cylindrical*, results from the fact that many fossils assigned to this species prove to be fragments of the apical segments of internodes (branches) from major colonies that are rarely encountered as totally preserved fossils. The structures of the branch apical segments and the oscula outlines reflect various manifestations of hexactinellida synchronous division conducive to morphological diversity of the descendants, the succeeding complicatedly structured colonial sponges. Some morphs (parataxa) are considered to belong to the species which are mostly fragments of the apical segments from the branches of the *Paracraticularia* primary colonies.

Keywords: sponges, Hexactinellida, *Paracraticularia*, primary colonies, morphs, selective preservation, Upper Cretaceous

For citation: Pervushov E. M. Pseudoderivations of *Paracraticularia cylindrica* (Michelin, 1840) (Porifera, Hexactinellida). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 51–62 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-51-62>

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

Введение

В отечественной литературе, преимущественно учебной и научно-популярной, после работ И. Ф. Синцова [1, 2] часто воспроизводились изображения позднемеловых губок. В частности, использовались интерпретации литографии *Craticularia cylindrica* [3–7], формы, находки которой происходят из сантонских отложений Саратовского Поволжья (табл. 1, фиг. 1, 2). При описании этой губки И. Ф. Синцов [2] ссы-

лался на работу [8], в которой первое описание вида было основано на отпечатке фоссилии.

Внимание к губкам *Craticulariidae*, в строении скелета которых прослеживается два оскулюма, наряду с аналогичными по морфологии губками *Ventriculitidae*, *Leptophragmidae* и *Zittelispongiidae*, было обращено при анализе тенденций, способствовавших появлению среди гексактинеллид модульных форм [9]. Скелеты диоскулюмных губок полной сохранности рассматриваются как наиболее просто устроенные



первичные колонии, представляющие собой пример первого незавершенного деления. На основе первичных модульных форм, с двумя оскулюмами, при последующем синхронном делении формировались колонии более сложного строения. Было отмечено, что гантелевидные, трех- и четырехлепестковые очертания оскулюмов первичных колоний соответствуют последующему формированию двух, трех или четырех ветвей (междоузлий) в строении скелета модульных форм (рис. 1, фиг. 3). Среди гексактинеллид Craticulariidae выделяются морфологическим разнообразием скелетов со многими, до пяти, оскулюмами и многочисленностью форм с двумя оскулюмами. Дальнейшее изучение этих фоссилий показало, что многие из них представляют собой не диоскулюмные скелеты полной сохранности, а лишь фрагменты апикальных сегментов ветвей колоний (рис. 1, фиг. 4).

Селективная сохранность элементов ветвистых первичных колоний определяется контрастным соотношением большой высоты скелета, до 150–200 мм, и очень тонкой скелетообразующей стенки (1–2 мм). После гибели организма его скелет часто распадался на отдельные сегменты, чему способствовала подвижность придонной водной среды. Узлы дивергенции ветвей и их апикальные участки оказывались наиболее устойчивыми к фрагментации при механическом разрушении и поэтому чаще встречаются в ископаемом состоянии, чем скелеты колониальных губок полной сохранности.

Фрагменты диоскулюмных сегментов ветвей колоний отличаются от скелетов первичных колоний с двумя оскулюмами отсутствием истинного, точечного основания или системы ризоид (рис. 1, фиг. 2). Видимое, фрагментированное основание ветвей, помимо разрушенной стенки и открытой части парагастральной полости, определяется и по сохранившейся поверхности седловины, разделявшей ранее соседние ветви колонии (рис. 1, фиг. 4, б, в). Свидетельством фрагментации скелетов колоний служит и разрушенная стенка, прежде окружавшая оскулюм.

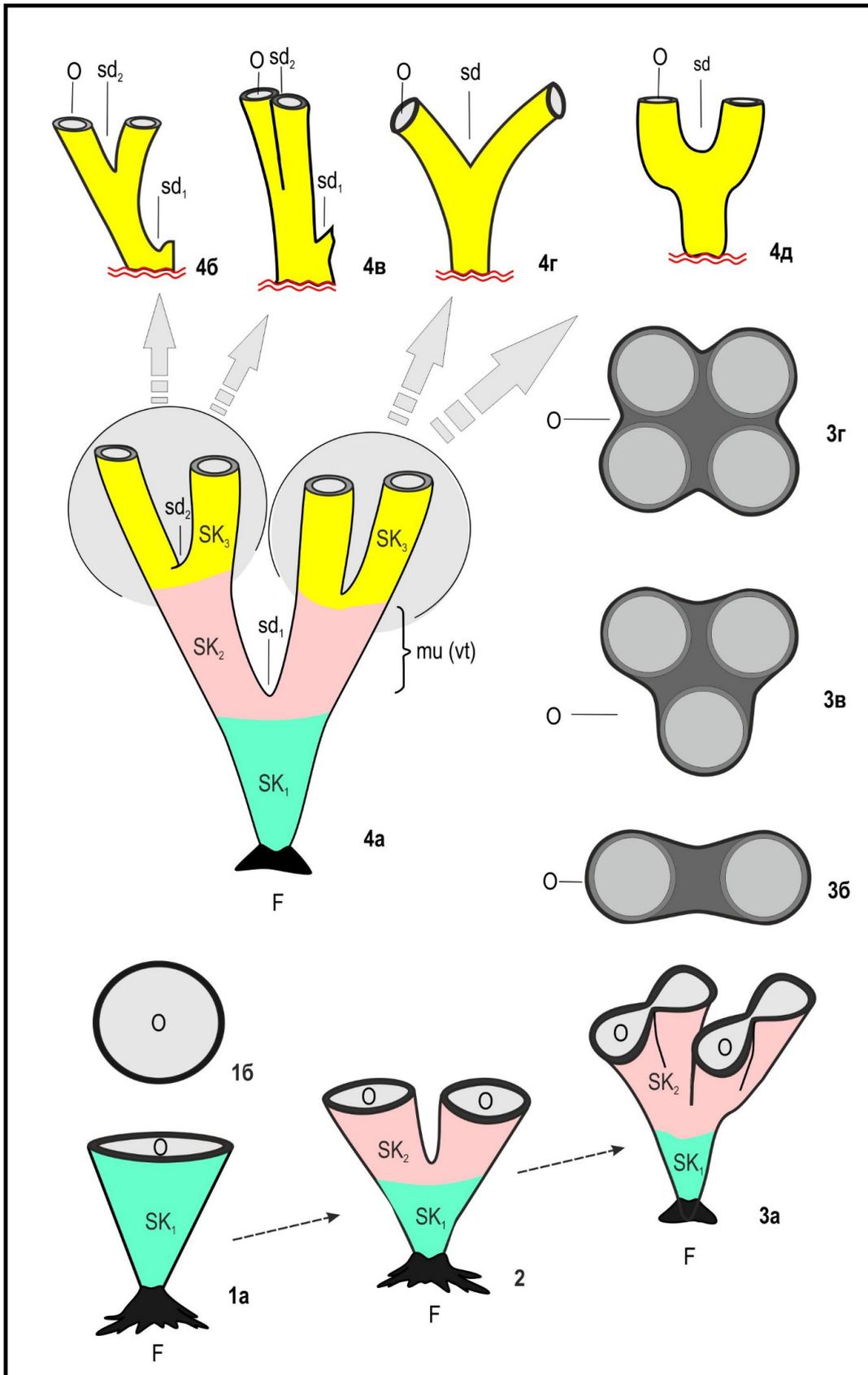
Попытки разобраться в морфологии, систематике и модульной организации позднемерловых гексактинеллид ранее были предприняты на примере губок семейств Ventriculitidae, Leptophragmidae и Coeloptychiidae [10–12]. Аналогичные изыскания по Craticulariidae и Zittelispongiidae не получили развития ввиду отсутствия однозначного понимания строения и систематического положения диоскулюмных представителей этих семейств, часто известных по фрагментам скелетов колоний.

В составе средне-, позднемерловых сообществ губок – гексактинеллид, распространенных в пределах Восточноевропейской палеобиогеографической провинции, представители Craticulariidae немногочисленны. Первые кратикулярииды известны здесь из альбских-сеноманских терригенных пород южных (Белгородская область) и юго-восточных (Волгоградская область) окраин палеобиохории. В сантонское время губки этого семейства наиболее многочисленны и разнообразны в таксономическом отношении. Локальные скопления Craticulariidae и Leptophragmidae известны из маастрихтских отложений Поволжья.

Среди сантонских кратикуляриид много простейших колониальных форм с двумя, тремя и четырьмя оскулюмами [9], строение которых рассматривается как производное от родственных одиночных форм (Laocoetis). Основной характеристикой морфологии простейших колоний является наличие двух и более оскулюмов, разделенных седловиной.

Происхождение первичных диоскулюмных колоний связывается с несколькими направлениями в морфогенезе позднемерловых гексактинеллид [9]. Вероятно, большинство губок с двумя оскулюмами появилось в результате незавершенного равнокачественного синхронного продольного деления. Другое направление в формировании диоскулюмных форм связывается с обособлением маргинальных апикальных участков парагастральной полости (оскулюма), которое в последующем повторялось в онтогене-

Рис. 1. Формирование модульных форм гексактинеллид при незавершенном продольном делении и положение апикальных секторов ветвей в строении скелета первичных колоний. Фиг. 1. Скелет одиночной губки: 1а – общий вид, 1б – очертания оскулюма сверху. Фиг. 2. Строение скелета простейшей первичной колонии (*Paracraticularia cylindrica* (Michelin, 1840)), общий вид. Фиг. 3. Строение скелета и очертания оскулюмов первичных колоний при ди-, три- и тетрахономии: 3а – общий вид скелета с видоизмененными оскулюмами, что предшествовало последующей дихотомии модулей; 3б, в, г – очертания оскулюма при последующей ди-, три- и тетрахономии модулей скелета, вид сверху. Фиг. 4. Строение скелета крупной первичной колонии, образованной при неоднократном синхронном делении и очертания апикальных сегментов модулей: 4а – общий вид первичной колонии; 4б, в, г и д – очертания фрагментов апикальных сегментов модулей после их отделения от скелета. Условные обозначения: F – основание скелета, ризоиды или площадка прикремления; O – оскулюм; SK₁ – скелет одиночной губки; SK₂ – сектор скелета первичной колониальной губки, сформированный при незавершенном делении; SK₃ – верхний сегмент скелета первичной колониальной губки, сформированный при повторном делении; sd – седловина в строении диоскулюмных губок; sd₁ – седловина первичная; sd₂ – седловина вторичная; mu (vt) – междоузлие (ветвь, модуль). Двойная волнистая линия – поверхность излома скелета; пунктирная стрелка – предполагаемое направление в формировании первичных колониальных форм; широкая пунктирная стрелка – варианты дихотомизирующих апикальных участков ветвей, сохраняющиеся при фрагментации скелетов первичных колоний





зе и приводило к выделению уже четырех парных оскулюмов. В некоторых случаях диаметр последующих оскулюмов уменьшается, но в строении скелета их размеры и очертания идентичны. Эти направления в морфогенезе первичных модульных форм прослежены среди представителей семейств Craticulariidae, Leptophragmidae и Zittelispongiidae (отряда Hexactinaria). В морфогенезе некоторых гексактинеллид (Lepidospongia, Craticulariidae) отмечено явление перекрытия оскулюма апикальными участками противоположных стенок бокала. В этом случае в строении скелета выделялись две ориентированные в противоположные стороны субгоризонтальные ветви с оскулюмами. На начальных стадиях развития губок с двумя оскулюмами в строении их скелетов прослеживаются морфологические признаки направления, с которым они связаны своим происхождением.

В строении первичных колоний выделяется несколько модулей, разделенных седловиной и протягивающихся от нижней конусовидной части губки. Этот элемент скелета унаследован от предковых унитарных форм париформного строения [9]. В морфогенезе модульных губок положение данного элемента в строении скелета асимптотически сокращалось и видоизменялось вплоть до короткого вертикального стержня. В отличие от настоящих колоний, в строении первичных колоний модули (ветви) обособлены, отсутствуют соединяющие их перемычки. Разнообразие первичных диоскулюмных губок, известных среди Craticulariidae и других групп позднемиоценовых гексактинеллид, определяется полифилитическим происхождением и проявившимися позже адаптациями. Вариации в строении этих губок определяются взаиморасположением, очертаниями и значениями параметров оскулюмов, ветвей и нижней части скелета, строением седловины (см. рис. 1).

В составе Ventriculitidae, Leptophragmidae и Zittelispongiidae многочисленные одиночные формы рассматриваются на уровне подсемейства [10–12]. Губки, представляющие по своей организации первичные и настоящие колонии, образуют производное обособленное направление в морфогенезе гексактинеллид, что позволяет рассматривать их в составе отдельного подсемейства и подтриб. Такой же подход при анализе морфологии скелета и при разработке классификации группы использован автором при изучении кратикуляриид. Среди представителей Craticulariidae неизвестны губки переходного, транзитного уровня организации, в строении скелета которых присутствуют субоскулюмы, известные среди Leptophragmidae и Coeloptychiidae [9, 11]. Однако в маастрихтских породах Поволжья найдены скелеты мелких Craticulariidae, на узкой стороне скелета которых выделяется вырост с субоскулюмом. Таким образом, в разрабатываемой системе кратикуляриид может быть

выделено третье подсемейство, объединяющее представителей транзитного уровня организации.

В составе вида *Paracraticularia cylindrica*, фоссилии с конусообразным скелетом равномерно дихотомизирующим в верхней части, в качестве морф (паратаксонов) рассмотрены фоссилии, которые при детальном изучении предстали фрагментами апикальных секторов первичных колоний (рис. 2). О неоднозначности в понимании критериев вида и рода, об отсутствии анализа селективной сохранности скелетов колониальных губок свидетельствует приведенная неполная синонимика *Paracraticularia cylindrica*. Допускаем, что описание паратаксономических групп способствует упорядочиванию взглядов на морфологическое разнообразие колониальных форм губок полной сохранности.

При описании фоссилий использованы материалы отечественных [1–7, 13] и зарубежных исследователей [8, 14–26].

Описательная часть

Тип Hexactinellida

Подотряд Hexactinosa A. Schrammen, 1903

Семейство Craticulariidae Rauff, 1893

Диагноз. Толщина стенки скелета изменяется в пределах 1,5–5 мм. Ирригационная система представлена поперечными апо- и прозохетами. У многих представителей соотношение дермальной и парагастральной скульптур реактивное. Негативные элементы дермальной скульптуры представлены прямоугольными и субквадратными прозопорами, вытянутыми по оси элементов скелета. Позитивные элементы дермальной скульптуры образованы тонкими низкими продольными субпараллельными ребрами и приподнятыми узлами ребер, которые составляют концентрические ряды. Соотношение элементов скульптуры создает рисунок правильной решетки (сетки). Соотношение значений параметров элементов скульптуры, как и плотность их расположения, изменялось на протяжении юрского – мелового времени [20, 23, 25].

Состав. Laocoetiinae (унитарные, одиночные и автономные формы) и Paracraticulariinae (колониальные формы).

Распространение. Юра – ныне.

Подсемейство Paracraticulariinae Schrammen, 1936

Диагноз. Колониальные формы, сформированные при проявлениях незавершенного вегетативного размножения. В основании скелетов обычно присутствует редуцированный конусообразный элемент, над которым возвышается несколько одинаковых по значениям параметров модулей (ветвей с оскулюмами). Количество седловин соотносится с числом узлов дивергенции модулей.



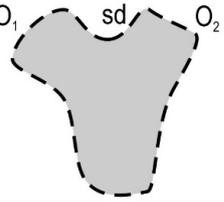
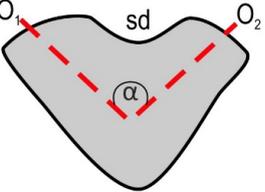
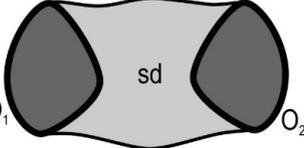
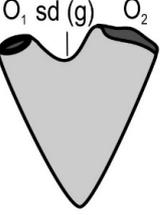
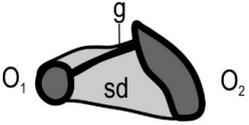
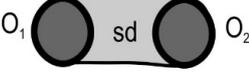
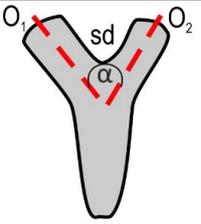
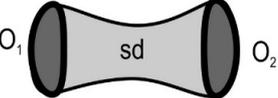
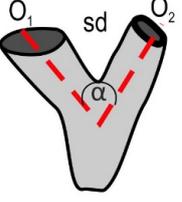
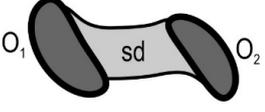
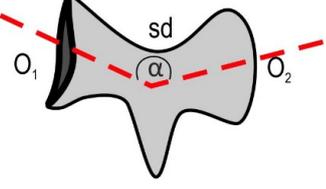
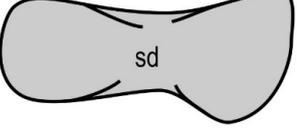
ГАБИТУС СКЕЛЕТА		ПАРАТАКСОН
сбоку, широкая сторона	сверху	
		<i>Paracraticularia cylindrica morpha cylindrica</i>
		<i>Paracraticularia cylindrica morpha convexa</i>
		<i>Paracraticularia cylindrica morpha carinata</i>
		<i>Paracraticularia cylindrica morpha fistulata</i>
		<i>Paracraticularia cylindrica morpha cami</i>
		<i>Paracraticularia cylindrica morpha subspirale</i>
		<i>Paracraticularia cylindrica morpha flabelli</i>

Рис. 2. Морфология скелета морф в составе *Paracraticularia cylindrica* (Michelin, 1840).
Условные обозначения: O₁₋₂ – оскулы; sd – седловина; g – гребень; α – угол взаиморасположения модулей



З а м е ч а н и я. А. Шраммен (Schrammen) [22] выделил разветвленные формы Craticularia в составе рода Paracraticularia. Ряд авторов рассматривают Paracraticularia в качестве младшего синонима Laocoetis [= Craticularia] [20, 23, 25]. Дискуссия основывается на признании или отрицании в качестве валидного диагностического признака рода (трибы) наличие в строении скелета нескольких модулей. Нет единого мнения о том, рассматривать ли моно- и полиоскульные родственные губки в составе одного рода или определить их в качестве самостоятельных таксономических групп. Анализ морфогенеза представителей семейств Ventriculitidae, Coeloptychiidae, Leptophragmidae и других гексактинеллид [9–12] свидетельствует о том, что уровни модульной организации губок могут быть соотнесены в системе семейства с группами определенного таксономического ранга. Предполагается, что одиночные губки могут быть объединены в одно подсемейство, а колониальные формы – в другое и т. д.

С о с т а в. Paracraticulariina Schrammen, 1936 (первичные колонии). Настоящие колонии, представители семейства, неизвестны.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Мел – ныне.

Триба Paracraticulariina Schrammen, 1936

Д и а г н о з. Первичные колонии, сформированные при замыкании стенок над оскулюмом или при синхронном делении. В строении скелета два модуля разделены седловиной, оскулюмы которых одинаковы по очертаниям и размерам. При неоднократном замыкании стенок модули расположены попарно вертикально и разделены первичной и вторичной седловинами. Оскулюмы в этом случае расположены в общей горизонтальной плоскости, а их количество достигает четырех, реже пяти [9]. Сформированные при равномерном делении скелеты характеризуются диагональным в вертикальной плоскости расположением модулей, разными очертаниями седловины и наклонным положением оскулюмов (см. рис. 2). Модули не соединяются между собой перемычками, отсутствуют интерлабиринтовые отверстия.

С о с т а в. Paracraticularia Schrammen, 1936; Sporadopyle Sinzov, 1879. Установлены представители семейства Flexuricraticularia subgen. nom.

nod., скелеты которых образованы при замыкании стенок.

Под Paracraticularia Schrammen, 1936

Craticularia – Hinde, 1883, с. 94; – Синцов, 1879, с. 24; – Moret, 1925, с. 214; – Lachasse, 1943, с. 50; – Defretin-Lefranc, 1958, с. 49; – Ulbrich, 1974, с. 52.

Paracraticularia – Schrammen, 1936, с. 181; – Lagneau-Herenger, 1962, с. 53; – Wagner, 1963, с. 209; – Hurcevic, 1968, с. 60; – Трестьян, 1973, с. 5; – Malecki, 1980, табл. 1, фиг. 2.

Laocoetis Pomel, 1872 – Swierczewska-Gladysz, 2010, с. 260.

Типовой вид – Millepora fittoni Mantell, 1822. Верхний мел, Англия.

Д и а г н о з. Скелет кустообразного облика, от двух до пяти модулей расположены на стержневидном основании.

З а м е ч а н и я. Представители рода, образование которых обусловлено апикальным замыканием стенки, могут рассматриваться в составе подрода.

С р а в н е н и е. От Sporadopyle отличается отсутствием у модулей отворота стенки и стержневидной нижней частью скелета, занимающей до половины его высоты. Благодаря отвороту, на парагастральной поверхности стенки Sporadopyle прослеживается равномерное расположение апопор.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Мел Европы.

С о с т а в. Более дюжины видов и морф.

Paracraticularia cylindrica (Michelin, 1840)

Retepora cylindrica – Michelin, 1840–1847, с. 146, табл. 36, фиг. 6.

Craticularia cylindrica – Синцов, 1879, с. 24, табл. 3, фиг. 12; – Циттель, 1934, с. 119, рис. 112; – Атлас ..., 1943, табл. 36, фиг. 1; – Основы палеонтологии, 1962, рис. 59. – Бондаренко, Михайлова, 1984, с. 81, рис. 64; – Рич, 1997, с. 97, фиг. VI. 5a.

Scyphia subseriata – Roemer, 1841, с. 9, табл. 3, фиг. 8 а, б.

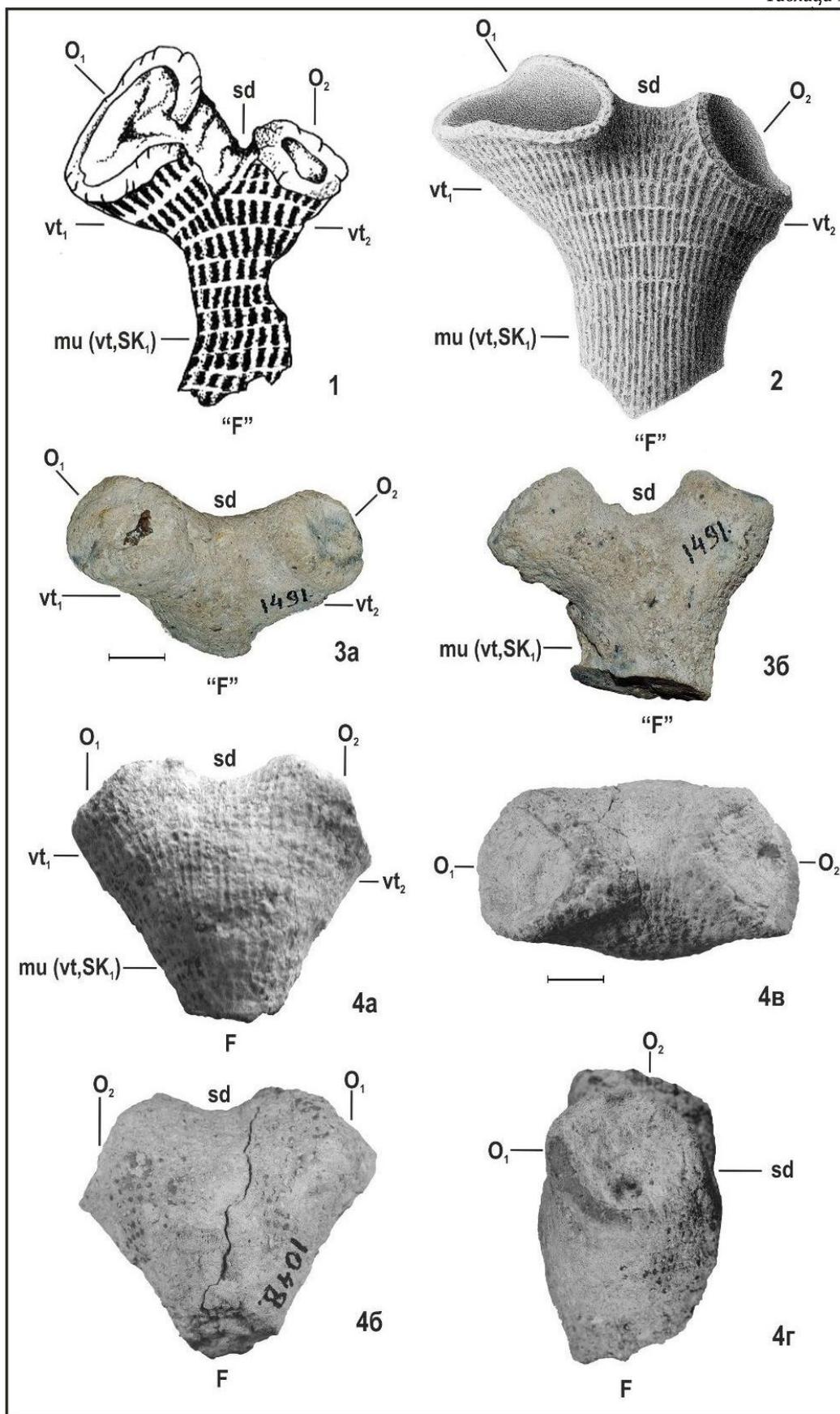
Craticularia subseriata (Roemer) – Hinde, 1883, с. 93; – Lachasse, 1943, с. 50; – Defretin-Lefranc, 1958, с. 51, табл. 1, фиг. 4.

Paracraticularia? subseriata (Roemer) – Трестьян, 1973, с. 5–6, табл. 1, фиг. 1; – Malecki, 1980, табл. 1 б, фиг. 2, 4; табл. 2, фиг. 1.

Таблица 1. Фиг. 1. Paracraticularia cylindrica (Michelin, 1840): общий вид скелета (по Основам палеонтологии, 1962, с. 294, рис. 59); г. Саратов; нижний сантон. Фиг. 2. Paracraticularia cylindrica (Michelin, 1840): общий вид скелета (по И. Ф. Синцову, 1879, с. 24–25, табл. 3, фиг. 12); г. Саратов; нижний сантон. Фиг. 3. Paracraticularia cylindrica morpha cylindrica. Экз. РЕМ SSU, № 121/1491: 3а – вид сверху; 3б – сбоку, широкая сторона скелета; г. Саратов, Заплатиновка; нижний сантон. Фиг. 4. Paracraticularia cylindrical morpha convexa. Экз. РЕМ SSU, № 121/1048: 4а, б – вид с противоположных широких сторон; 4в – сверху; 4г – сбоку, узкая сторона скелета; г. Саратов; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета; “F” – предполагаемое основание скелета; O₁, O₂ – оскулюмы; mu (vt, SK₁) – междуузлия (ветвь, первичный элемент скелета); sd – седловина; vt₁, vt₂ – первичные и вторичные ветви (модули, междуузлия). Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



Таблица 1





Paracraticularia fittoni (Mantell, 1822) – Malecki, 1980, табл. 1 б, фиг. 1.

Laocoetis fittoni (Mantell, 1822) – Swierczewska-Gladysz, 2010, с. 260–261, фиг. 6А

Описание. Нижняя конусовидная часть скелета занимает от трети до половины его высоты, над которой располагается седловина, разделяющая два модуля.

З а м е ч а н и е. Первое описание формы представлено по отпечатку фоссилии [8]. В работе И. Ф. Синцова [1] изображен скелет с двумя модулями и выпуклыми стенками конусовидного основания (см. табл. 1, фиг. 2). Эта форма является примером широкого понимания содержания вида, к которому приписывали фоссилии с разным количеством и расположением модулей, с конусовидной частью скелета и без нее.

Сравнение. От *Paracraticularia fittoni* (Mantell, 1822) и *P. subseriata* (Roemer, 1841) предположительно отличается наличием в строении скелета первичной колонии минимального количества модулей – двух.

Состав. Семь морф: *Paracraticularia cylindrica morpha cylindrica*; *P. cylindrica morpha convexa*; *P. cylindrica morpha carinata*; *P. cylindrica morpha fistulata*; *P. cylindrica morpha cami*; *P. cylindrica morpha subspirale*; *P. cylindrica morpha flabelli*.

Распространение. Верхний мел Европы.

Материал. Более 30 экземпляров.

Paracraticularia cylindrica morpha cylindrica

Табл. 1, фиг. 1–3

Описание. Скелет высотой до 44 мм с симметричным расположением модулей. Высота нижней части скелета до седловины 36–30 мм, максимальный ее диаметр 22/28 мм. Длина модулей 15–19 мм, диаметр 18/22 мм. Диаметр округлых оскулюмов 12–15/13–18 мм. Ширина седловины 15 мм. Угол взаиморасположения модулей 70–75°.

Сравнение. От *P. cylindrica morpha carinata* отличается отсутствием гребня на поверхности седловины и симметричным положением сходных по очертаниям оскулюмов.

Распространение. Нижний сантон Саратовской (Заплатиновка) и Пензенской (Ростовка) областей.

Материал. Шесть экземпляров.

Paracraticularia cylindrica morpha convexa

Табл. 1, фиг. 4

Название морфы от *convexus* (лат.) – выпуклый.

Голотип – РЕМ SSU № 122/1048, г. Саратов, нижний сантон.

Описание. Скелет высотой до 52 мм с симметрично расположенными крупными и низкими модулями. Высота нижней части скелета до седловины 48 мм, максимальный ее диаметр 33/38 мм. Видимая длина модулей 15–16 мм, диаметр 26/28 мм. Диаметр оскулюмов 20/23 мм. Ширина седловины 20 мм. Угол взаиморасположения модулей 90°.

Сравнение. От *P. cylindrica morpha cylindrica* отличается выпуклыми стенками и большими значениями параметров элементов скелета.

Распространение. Нижний сантон, г. Саратов (Березина Речка, Лысяя гора), маастрихт (Банновская Щель).

Материал. Четыре экземпляра.

Paracraticularia cylindrica morpha cami

Табл. 2, фиг. 1–3

Название морфы от *camus* (лат.) – рогатка.

Голотип – РЕМ SSU № 122/4568, Александровка-3, нижний сантон.

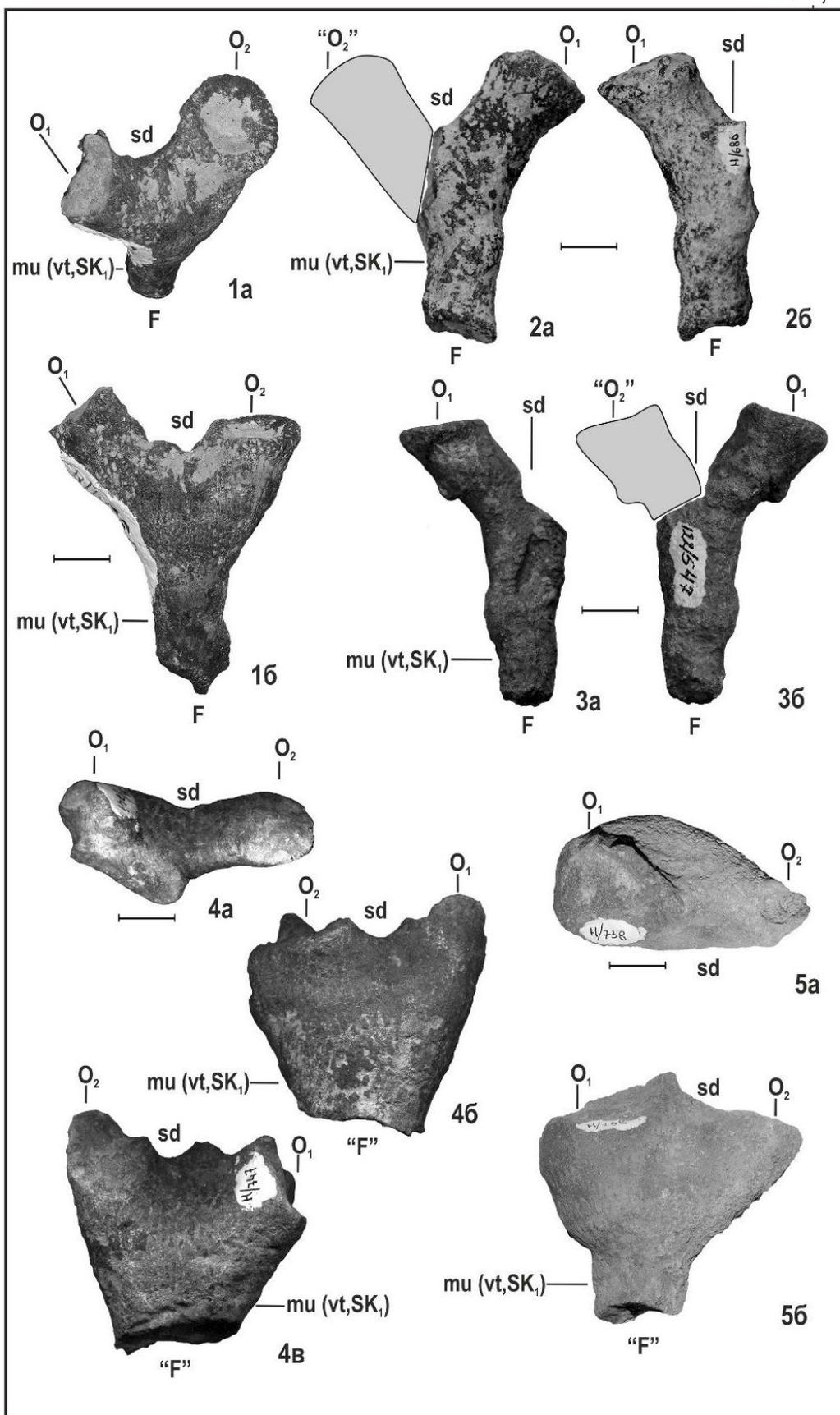
Описание. Симметричный скелет высотой до 55–67 мм, большую часть которого составляет его нижняя часть – 52–40 мм. Максимальный диаметр нижней части 10–14/15–18 мм. Видимая длина модулей до 20 мм, диаметр 9–14/14–16 мм. Диаметр оскулюмов 9–12/12–14 мм. Ширина седловины 13 мм. Угол взаиморасположения модулей 70–75°.

Сравнение. От *P. cylindrica morpha cylindrica* отличается меньшим диаметром элементов скелета и большей высотой его нижней части.

Таблица 2. Фиг. 1. *Paracraticularia cylindrica morpha cami*. Экз. РЕМ SSU, № 122/4568: фрагмент апикального сегмента модуля: 1а – вид сверху, 1б – сбоку, широкая сторона скелета; Саратовская область, Александровка-3; нижний сантон. Фиг. 2. *Paracraticularia cylindrica morpha cami*. Экз. РЕМ SSU, № 122/686: 2а, б – фрагментированный скелет с противоположных широких сторон; Саратовская область, Пудовкино; нижний сантон. Фиг. 3. *Paracraticularia cylindrica morpha cami*. Экз. РЕМ SSU, № 122/547: 3а, б – фрагментированный скелет с противоположных широких сторон; Саратовская область, Багаевка; нижний сантон. Фиг. 4. *Paracraticularia cylindrica morpha carinata*. Экз. РЕМ SSU, № 122/747: плоскожатый скелет с килевидной седловиной: 4а – вид сверху; 4б, в – с противоположных широких сторон; г. Саратов; нижний сантон. Фиг. 5. *Paracraticularia cylindrica morpha carinata*. Экз. РЕМ SSU, № 122/738: плоскожатый скелет с гребневидной седловиной и концентрическим пережимом: 5а – вид сверху; 5б – широкая сторона скелета; г. Саратов; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета; “F” – предполагаемое основание скелета; O₁, O₂ – оскулюмы; “O₂” – реконструкция положения вторичной ветви с оскулюмом; m (vt, SK₁) – междуузлие (ветвь, первичный элемент скелета); sd – седловина. Серым показана реконструкция фрагментированных модулей. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



Таблица 2





Распространение. Нижний сантон Саратовской (Александровка-3, Багаевка, Пудовкино, г. Саратов) и Пензенской (Ростовка) областей.

Материал. Пять экземпляров.

Paracraticularia cylindrica morpha carinata

Табл. 2, фиг. 4–5

Название морфы от *carinatus* (лат.) – килеватый.

Голотип – PEM SSU № 122/738, г. Саратов, нижний сантон.

Паратип – PEM SSU № 122/747, г. Саратов, нижний сантон.

Описание. Высота скелета 38–44 мм. Высота нижней его части до седловины 31–36 мм, максимальный ее диаметр 14–18/20–21 мм. Видимая длина модулей 10–12 мм, диаметр 12/15 мм и 14–23/26–28 мм. Диаметр оскулюмов 6/8 мм и 16/20 мм. Ширина седловины 8–16 мм. Модули расположены под углом в 60–70°. На поверхности седловины протягивается гребень, островершинная приподнятая складка стенки.

Сравнение. От *P. cylindrica morpha cylindrica* отличается асимметричным расположением модулей с оскулюмами, которые различаются по очертаниям и размерам.

Замечание. Представители семейства доминируют в составе губкового ориктоценоза местонахождения Ростовка.

Распространение. Нижний сантон Саратовской (Лыбая гора, Карамышка) и Пензенской (Ростовка) областей.

Материал. Семь экземпляров.

Paracraticularia cylindrica morpha subspirale

Табл. 3, фиг. 1–2

Название морфы от *sub* (лат.) – под, *spiralis* (лат.) – спиральный.

Голотип – PEM SSU № 122/1635, Заплатиновка, нижний сантон.

Паратип – PEM SSU № 122/6402, Чухонастовка-2, верхний сеноман.

Описание. Скелет высотой до 47–48 мм, модули ориентированы кулисообразно. Высота нижней части 34–35 мм, максимальный ее диаметр 17/25 мм. Видимая длина модулей 15–19 мм, диаметр 20/25–27 мм. Диаметр овальных

оскулюмов 13–14/21–23 мм. Ширина седловины 9–11 мм. Модули расположены под углом в 50–60°.

Сравнение. От *P. cylindrica morpha cylindrica* отличается ориентацией и очертаниями модулей и оскулюмов.

Распространение. Нижний сантон Саратовской (Багаевка, Заплатиновка) и сеноман Волгоградской (Чухонастовка-1) областей.

Материал. Восемь экземпляров.

Paracraticularia cylindrica morpha flabelli

Табл. 3, фиг. 3–4

Название морфы от *flabellum* (лат.) – веер.

Голотип – PEM SSU № 122/1315, г. Саратов, нижний сантон.

Описание. Скелет высотой до 55–60 мм, модули расположены почти перпендикулярно по отношению к его коническому вертикальному основанию. Высота нижней части скелета 10 мм, максимальный ее диаметр 18/20 мм. Длина модулей 20–25 мм, их диаметр увеличивается к верхнему краю стенки (20–23 мм). Диаметр овальных оскулюмов 20/30 мм. Ширина седловины 15–20 мм. Угол взаиморасположения модулей более 110°.

Сравнение. Среди известных форм выделяется субгоризонтальным положением модулей и субвертикальной ориентацией оскулюмов.

Распространение. Нижний сантон, г. Саратов (Агафоновка, Заплатиновка).

Материал. Два экземпляра.

Paracraticularia cylindrica morpha fistulata

Табл. 3, фиг. 5

Craticularia subseriata (Roemer, 1841) – Defretin-Lefranc, 1958, с. 5, табл. 1, фиг. 4.

Название морфы от *fistulatus* (лат.) – трубчатый.

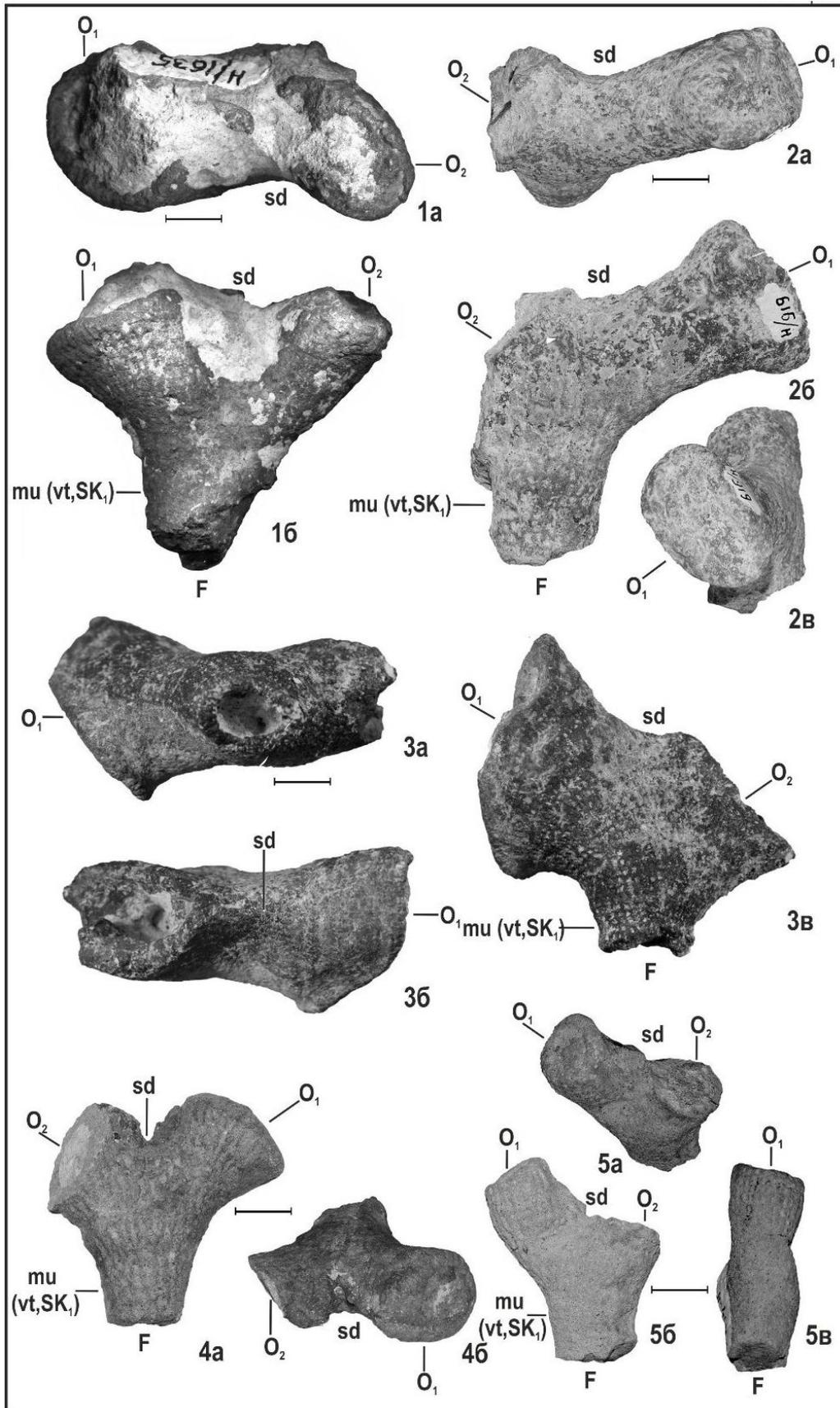
Голотип – PEM SSU № 122/412, Никольское, Тамбовская область, нижний сантон.

Описание. Скелет высотой 36–37 мм, от нижней части которого поднимаются, с флексурным перегибом, небольшие модули. Высота нижней части скелета 24 мм, ее максимальный диаметр 15/16 мм. Длина модулей 16–17 мм, диаметр 12/14 мм. Диаметр оскулюмов 8/9 мм.

Таблица 3. Фиг. 1. *Paracraticularia cylindrica morpha subspirale*. Экз. PEM SSU, № 122/1635: 1а – вид сверху; 1б – сбоку, широкая сторона скелета; г. Саратов, Заплатиновка; нижний сантон. Фиг. 2. *Paracraticularia cylindrica morpha subspirale*. Экз. PEM SSU, № 122/919: фрагментированный скелет: 2а – вид сверху, 2б – сбоку, широкая сторона скелета; 2в – вид на оскулюм; Саратовская область, Багаевка; нижний сантон. Фиг. 3. *Paracraticularia cylindrica morpha flabelli*. Экз. PEM SSU, № 122/3521: 3а – вид снизу; 3б – сверху; 3в – сбоку, широкая сторона скелета; Саратовская область, Карамышка; нижний сантон. Фиг. 4. *Paracraticularia cylindrica morpha flabelli*. Экз. PEM SSU, № 121/1315: 4а – вид сверху; 4б – сбоку, широкая сторона скелета; г. Саратов; нижний сантон. Фиг. 5. *Paracraticularia cylindrica morpha fistulata*. Экз. PEM SSU, № 122/412: 5а – вид сверху; 5б – сбоку, широкая сторона скелета; 5в – сбоку, узкая сторона скелета; Тамбовская область, Никольское; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета; O₁, O₂ – оскулюмы; m₁ (vt, SK₁) – междоузлие (ветвь, первичный элемент скелета); sd – седловина. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



Таблица 3





Ширина седловины 5–7 мм. Угол взаиморасположения модулей 50–60°.

Сравнение. От *P. cylindrica* morpha *cylindrica* отличается субвертикальной ориентацией модулей, параллельной основанию скелета.

Распространение. Как у голотипа.

Материал. Пять экземпляров.

Библиографический список

1. Синцов И. Ф. О меловых губках Саратовской губернии // Записки Новороссийского общества естествознания. 1879. Т. 6, вып. 1. С. 1–40.
2. Синцов И. Ф. О юрских и меловых окаменелостях Саратовской губернии // Материалы для геологии России. Санкт-Петербург : Издательство Императорской Академии наук, 1872. Т. 4. С. 1–128.
3. Циттель К. А. Основы палеонтологии (палеозоология). Беспозвоночные. Москва ; Ленинград : ОНТИ-НКТП, 1934. 1056 с.
4. Атлас руководящих форм ископаемых фаун Саратовского Поволжья. Саратов : Научно-исследовательская лаборатория Нижне-Волжского геолого-разведочного треста, 1943. 51 с.
5. Основы палеонтологии. Губки. Археоциаты. Москва : Издательство АН СССР, 1962. 485 с.
6. Бондаренко О. Б., Михайлова И. А. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных. 2-е издание. Москва : Недра, 1984. 537 с.
7. Рич П. В., Рич Т. Х., Фентон М. А. Каменная книга. Летопись доисторической жизни : перевод с английского с дополнениями и изменениями. Москва : МАИК «Наука», 1997. 623 с.
8. Michelin H. Iconographie Zoophytologique, Description Par Localites et Terrains des Polypiers Fossiles de France et Pays Environnants. Paris, 1847. 56 p.
9. Первушов Е. М. Морфотипы и модульная организация позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida). Саратов : Издательство Саратовского университета, 2018. 208 с.
10. Первушов Е. М. Позднемеловые вентрикулитидные губки Поволжья // Труды / НИИ геологии Саратовского университета. 1998. Т. 2. 168 с.
11. 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.
12. 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>
13. Третьяк Г. Н. Характеристика позднемеловых губок Среднего Приднестровья // Палеонтология и стратиграфия мезокайнозой южных окраин Русской платформы. Кишинёв : Штиинца, 1973. С. 3–15.
14. Defretin-Lefranc S. Contribution a l'etude des spongiaires siliceux du Cretace superieur du Nord de la France – These Presentee a la Faculté des sciences de Lille pour obtenir le grade de Docteur es sciences Naturelles. Lille : Universite de Lille, 1958. 178 p.
15. Hinde G. J. Catalogue of the fossil Sponges in the geological department of the British Museum of Natural History. London, 1883. 248 p.
16. Hurcewicz H. Siliceous sponges from the Upper Cretaceous of Poland // Acta Paleontologica Polonica. 1968. Vol. 13, № 1. P. 1–96.
17. Lachasse J. Contribution a l'etude des Spongiaires fossiles du Campanien des Charentes // Bulletin Societe Geologique de France. Serie 5. 1943. Т. 13. 66 p.
18. Lagneau-Herenger L. Contribution a l'etude des spongiaires siliceux du Cretace infrieur // Memoire de la Societe Geologique de France, Nouvelle Serie. 1962. Т. 41, № 95. 252 p.
19. Malecki J. Santonian siliceous sponges from Korzkiew near Krakow (Poland) // Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego. 1980. № 3–4. P. 409–430.
20. Pisera A. Upper Jurassic siliceous sponges from the Swabian Alb : Taxonomy and Paleoecology // Palaeontologia Polonica. 1997. № 57. 216 p.
21. Roemer F. A. Die Spongitarien des norddeutschen Kreidegebirges. Hannover, 1841. 145 S.
22. Schrammen A. Die Kieselspongien des Oberen Jura von Suddeutschland // Paleontographica. 1936. Bd. 84. S. 149–194.
23. Swierczewska-Gladysz E. Hexactinellid sponges from the Santonian deposits of the Krakow area (Southern Poland) // Annales Societatis Geologorum Poloniae. 2010. Т. 80. P. 253–284.
24. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part E (Revised), Porifera : in 3 vols. The Geological Society of America & The University of Kansas : Boulder & Lawrence, 2004. Vol. 3. 872 p.
25. Ulbrich H. Die Spongien der Usenburger-Entwicklung (obers unter-Campan) der Subherzynen Kreidemulde – Paleontologi. Leipzig : Deutscher Verlag fur Grundstoffindustrie, 1974. Bd. 291. 173 S.
26. Wagner W. Die Schwammfauna der Oberkreide von Neuburg (Donau) // Paleontographica. 1963. Bd. 122A, № 4–6. S. 166–250.

Поступила в редакцию 12.11.2021; одобрена после рецензирования 10.12.2021; принята к публикации 20.12.2021
The article was submitted 12.11.2021; approved after reviewing 10.12.2021; accepted for publication 20.12.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 63–76
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 63–76
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-63-76>

Научная статья
УДК 56.074.6+565.33:551.763.12(477.9)



Результаты палеоэкологического анализа остракод из разреза верхнего берриаса у с. Алексеевка (Белогорский район, Республика Крым)

Ю. Н. Савельева

Апрелевское отделение федерального государственного бюджетного учреждения «ВНИГНИ», Россия, 143363, г. Апрелевка, Московская область, 1-я ул. Кетрица, д. 1

Савельева Юлия Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий сектором палеонтологических коллекций, ju.saveljeva@vniigni.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1064-4734>

Аннотация. Представлены результаты палеоэкологического анализа остракод верхней части султановской свиты (зона Boissieri) в разрезе у с. Алексеевка Белогорского района (Республика Крым). Выделено пять остракодовых сообществ, смена которых отражает изменение условий в палеобассейне. Установлено, что осадконакопление в позднеберриасское время проходило в условиях тепловодного, нормально-соленого со спокойным гидродинамическим режимом бассейна, главным образом в насыщенных кислородом водах.

Ключевые слова: палеоэкология, остракоды, берриас, Горный Крым

Благодарности. Автор выражает благодарность А. Ю. Гужикову (Саратовский государственный университет, Саратов) – за проведенный корреляционный анализ петромагнитных и остракодовых данных, А. А. Федоровой (ФГБУ «ВНИГНИ», Санкт-Петербург), О. В. Шурековой (ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург) – за обсуждение результатов, Л. А. Карцевой (БИН РАН, Санкт-Петербург) – за фотографирование остракод, Е. С. Очкасовой (ФГБУ «ВНИГНИ», Санкт-Петербург) – за техническую обработку образцов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-35-00339-мол_а) и Минобрнауки России в рамках базовой части (№ государственной регистрации 1140304447, код проекта 1582), госзадания в сфере научной деятельности (задание № 1757).

Для цитирования: Савельева Ю. Н. Результаты палеоэкологического анализа остракод из разреза верхнего берриаса у с. Алексеевка (Белогорский район, Республика Крым) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 63–76. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-63-76>

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

Article

Conditions for the formation of deposits in the upper part of the Berriasian section near v. Alekseevka, Belogorsk region, Republic of Crimea

Ju. N. Savelieva

FGBU "VNIIGNI", 1 1-ya Ketrica St., Aprelevka 143360, Moscow oblast, Russia

Julia N. Savelieva, ju.saveljeva@vniigni.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1064-4734>

Abstract. The results of the paleoecological analysis on ostracods of the upper part of Sultanovskaya Formation (Boissieri zone) in the section near v. Alekseevka are presented. Five ostracod assemblages reflecting changing conditions in the paleobasin are defined. It was established that the sedimentation in the Late Berriasian time occurred under conditions of a warm normally salty with a calm hydrodynamic regime of the basin, mainly in oxygen waters.

Keywords: paleoecology, Ostracods, Berriasian, Mountainous Crimea

Acknowledgments. The author would like to thank Andrey Guzhikov (Saratov State University, Saratov) for the correlation analysis of petromagnetic and ostracod data, Anna Feodorova (FGBU "VNIIGNI", St. Petersburg), Olga Shurekova (FGBU VSEGEI, St. Petersburg) for discussion of the results, Lydmila Kartseva (BIN RAS, St. Petersburg) for photographing ostracods, Elena Ochkasova (FGBU VNIIGNI, St. Petersburg) for the technical processing of the samples.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 16-35-00339-mol_a) and the Ministry of Education and Science of Russia within the framework of the basic part (state registration № 1140304447, project code 1582), state assignments in the field of scientific activity (task № 1757).

For citation: Savelieva Ju. N. Conditions for the formation of deposits in the upper part of the Berriasian section near v. Alekseevka, Belogorsk region, Republic of Crimea. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 63–76 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-63-76>

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



Введение

Разрез расположен на южной окраине села Алексеевка (Белогорский район), в правом борту ручья Сартана, являющегося правым притоком реки Тонас. Здесь в высоких (до 70 м), крутых, частично залесенных склонах обнажаются султановская свита и зеленогорская толща [1] (рис. 1). Опробование разреза начато в одной из промоин, примерно в 10 м выше тальвега ручья Сартана (т. н. 3061, координаты: 44°56'56.1" N, 34°39'49.5" E). Мощность отложений в т. н. 3061 около 3 м. В 200 м восточнее расположена т. н. 3059 (44°56'56.1" N, 34°39'49.5" E), в которой вскрыты примерно 40 м отложений. Возможный перерыв в опробовании между двумя обнажениями не превышает 5 м. В султановской свите и в зеленогорской толще выделено по одной пачке.

В разрезе изучены верхняя часть султановской свиты, представленная серыми глинами видимой мощностью 40 м, и зеленогорская толща, сложенная преимущественно глинистыми песками видимой мощностью 10 м.

Разрез у с. Алексеевка изучен хорошо, результаты опубликованы в двух статьях. В первой статье приведены описание разреза, данные о фактическом материале, методах работы, итоги макрофаунистических, магнито- и циклостратиграфических и литолого-минералогических исследований [1]. Благодаря находкам аммонитов и двустворок установлен берриасский возраст султановской свиты, более низкие ее уровни охарактеризованы аммонитами подзоны Euthymi зоны Voissieri. Во второй статье сведены данные микропалеонтологических исследований по фораминиферам, кальпионеллидам, остракодам и палиноморфам, которые обсуждаются преимущественно в стратиграфическом аспекте [2].

В настоящей статье представлены результаты подробного палеоэкологического анализа остракод султановской свиты, дополняющие и детализирующие характеристику условий

ее формирования. Предварительные результаты исследования были опубликованы в тезисной форме [3].

Коллекция остракод № Кр-О-13 хранится в отделе стратиграфии АО «Геологоразведка». Фотографии выполнены Л. А. Карцевой на электронном сканирующем микроскопе JEOL-JSM-6390LA (БИН РАН).

Палеоэкологический анализ

Остракоды присутствуют во всех образцах султановской свиты. По разрезу они распространены неравномерно, что свидетельствует об изменчивости условий обитания в бассейне. Всего обнаружены представители 27 родов 80 видов, есть новые формы (рис. 2). При определении таксономического состава остракод производился их количественный подсчет. Это позволило выявить доминирующие и субдоминирующие таксоны, определить их изменение по разрезу. Установлено количество раковин, створок (правых, левых) и их обломков; родов, видов и форм неопределенной родовой принадлежности (*Gen. sp.*) (табл. 1). По видовому разнообразию и количественным характеристикам доминируют представители рода *Eucytherura* G. Mueller, 1894 (12 видов, 71 экземпляр), много из подсемейства цитероптерин – *Eocytheropteron* Alexander, 1929 (*Cytheropteron*, *Metacytheropteron*) (65 экз.), а также *Loxoella* Z. Kuznetsova, 1956 (60 экз.) и *Bairdia* M' Coy, 1844 (56 экз.) (фототаблица). Сохранность раковин в основном хорошая, в том числе и тонкостенных форм; отсутствует размерная дифференциация; совместно встречаются взрослые и личиночные формы, что указывает на автохтонное захоронение (*in situ*). Много целых раковин, примерно равное число левых и правых створок свидетельствует об отсутствии придонных течений и о низкой гидродинамике. Это подтверждается и данными о магнитных текстурах, характерных

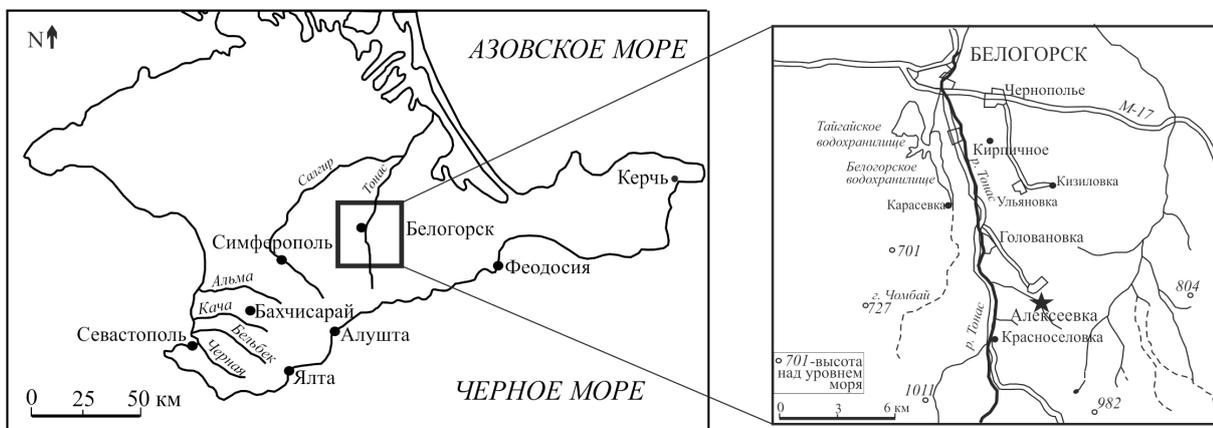
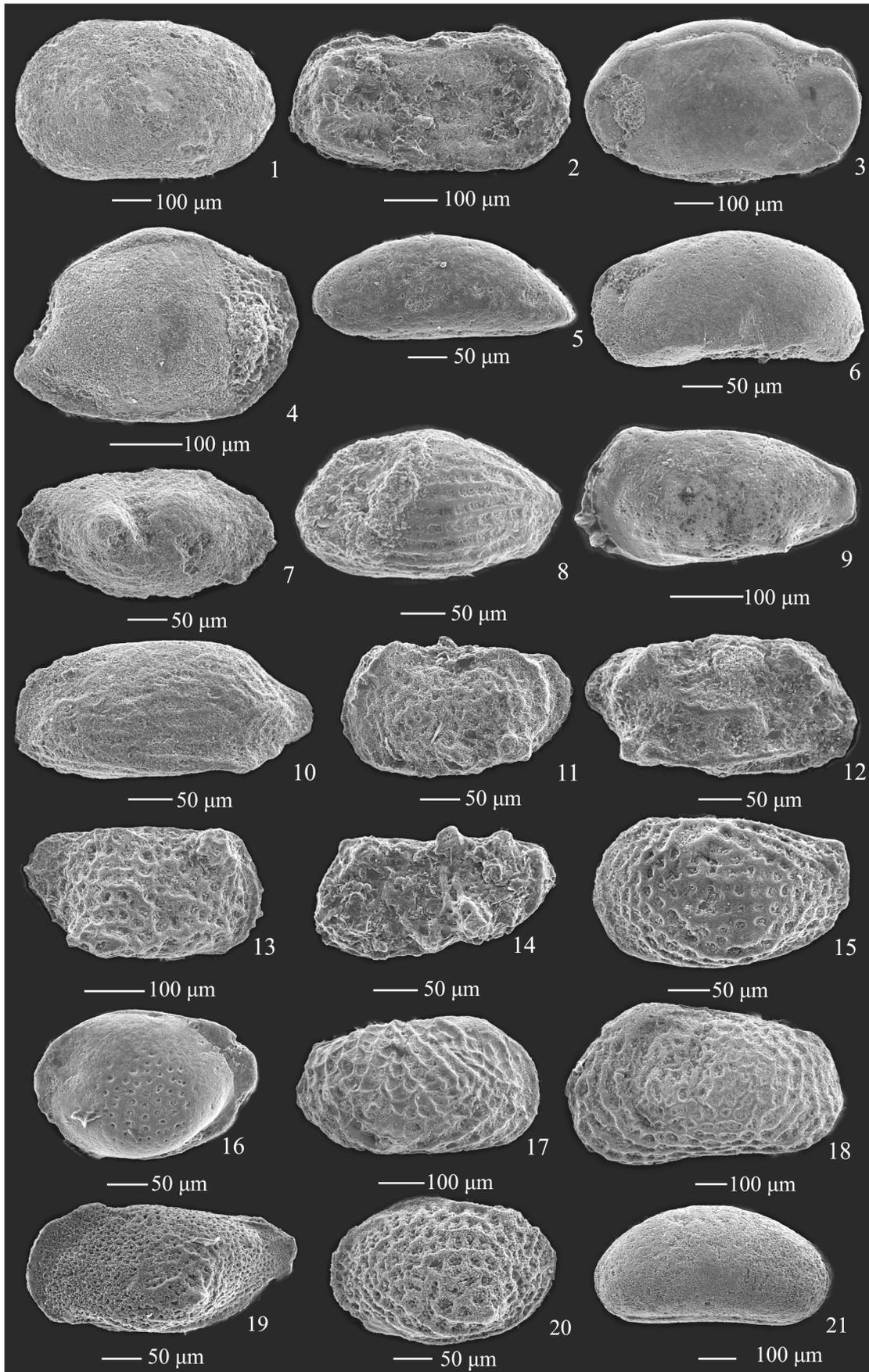


Рис. 1. Расположение изученного разреза верхней части берриаса близ села Алексеевка, Белогорский район; □ – район разреза; «*» – расположение разреза



Фототаблица





Фототаблица. Остракоды султановской свиты

(раковина – рак.; правая створка – п.с.; левая створка – л.с.)

- Фиг. 1. *Cytherella?* sp., экз. № Кр-О-13/1, обр. 3059-28, л.с. сбоку.
Фиг. 2. *Cytherelloidea* cf. *mandelstami* Neale, 1966, экз. № Кр-О-13/2, обр. 3059-23, рак. справа.
Фиг. 3. *Robsoniella* sp., экз. № Кр-О-13/3, обр. 3061-8, рак. справа.
Фиг. 4. *Bairdia* sp. 9, экз. № Кр-О-13/4, обр. 3059-13, рак. справа.
Фиг. 5. *Paracypris* sp., экз. № Кр-О-13/5, обр. 3061-3, рак. слева.
Фиг. 6. *Pontocyprilla?* sp., экз. № Кр-О-13/6, обр. 3061-8, рак. слева.
Фиг. 7. *Bythoceratina* ex gr. *variabilis* (Donze, 1964), экз. № Кр-О-13/7, обр. 3059-8, п.с.
Фиг. 8. *Procytherura* sp. 2, экз. № Кр-О-13/8, обр. 3059-18, л.с.
Фиг. 9. *Procytherura baculumbajula* (Mandelstam, 1955), экз. № Кр-О-13/9, обр. 3061-8, л.с. сбоку.
Фиг. 10. *Procytherura? delicatula* Pokorny, 1973, экз. № Кр-О-13/10, обр. 3059-45, л.с. сбоку.
Фиг. 11. *Eucytherura* sp. A, экз. № Кр-О-13/11, обр. 3059-23, л.с. сбоку.
Фиг. 12. *Eucytherura* ex gr. *soror* Pokorny, 1973, экз. № Кр-О-13/12, обр. 3059-3, п.с. сбоку.
Фиг. 13. *Eucytherura* ex gr. *ardescae* Donze, 1965, экз. № Кр-О-13/13, обр. 3061-8, п.с. сбоку.
Фиг. 14. *Paranotacythere* sp. 1, экз. № Кр-О-13/14, обр. 3059-38, л.с. сбоку.
Фиг. 15. *Loxoella* ex gr. *variealveolata* Kuzn., 1956, экз. № Кр-О-13/15, обр. 3061-3, л.с. сбоку.
Фиг. 16. *Loxoella?* sp., экз. № Кр-О-13/16, обр. 3061-3, рак. слева.
Фиг. 17. *Neocythere flandrini* Donze, 1964, экз. № Кр-О-13/17, обр. 3059-28, п.с. сбоку.
Фиг. 18. *Macrodentina mediostriata* (Sylvester-Bradley, 1958), экз. № Кр-О-13/18, обр. 3059-28, рак. слева.
Фиг. 19. *Gen.* sp. (*Procytherura* sp.2, Тесакова, Савельева, 2005), экз. № Кр-О-13/19, обр. 3059-13, рак. слева.
Фиг. 20. *Gen.* sp. (*Procytherura* sp.2, Тесакова, Савельева, 2005), экз. № Кр-О-13/20, обр. 3059-45, л.с. сбоку.
Фиг. 21. *Gen.* sp., экз. № Кр-О-13/21, обр. 3059-28, рак. справа.

для отложений, формировавшихся в спокойной гидродинамической обстановке [1].

В качестве основной операционной единицы при реконструкции сообществ использовался род. По изменению родового состава, количественным характеристикам с привлечением данных об известных экологических предпочтениях встреченных родов выделены пять (I–V) сообществ остракод (см. табл. 1). Их смена происходит довольно часто, что свойственно мелководным зонам бассейна, где изменения температуры, солености и других факторов среды быстро влияют на придонные сообщества в противоположность более глубоководным зонам, где придонные условия более стабильны [4]. По литературным данным и результатам исследований автора в табл. 2 приведены все встреченные роды и их отношение к основным параметрам среды обитания: температуре, солености, глубине, эвтрофии [4–8]. Построены диаграммы соотношения мелководных, глубоководных и эврибатиальных родов (рис. 3), тепловодных и эвритермных (рис. 4), олиготрофных и эвтрофных (рис. 5). Среди глубоководных родов различают: обязательный компонент глубоководной фауны (эврибионтные представители гладкостенных групп) и индексы-глубоководных обстановок (мелкоразмерные цитеруриды) [8, 9]. Представители рода *Bythoceratina* включены в группу «мелководные», в современных морях они обитают на разных глубинах, но наибольшее видовое разнообразие имеют на мелководье тропических морей [10]. Современные *Cytherelloidea* обитают в тропических и субтропических морях и считаются индикатором мелководных теплых масс [6, 8, 11]. На небольшие глубины указывает

и присутствие рода *Schuleridea* – «сигнал – обмеления», термин, предложенный Е. М. Тесаковой и Л. А. Глинских [12].

Соленость – один из решающих факторов, оказывающих влияние на характер ассоциаций. В условиях морских окраин максимальное количество видов отмечается в интервале солености от 17 до 32‰, с понижением солености резко сокращается число видов, но увеличивается их индивидуальная численность [13]. Представители рода *Bairdia* стеногалинные и не переносят уменьшения солености ниже 31–32‰. По современным данным, большинство видов рода *Cytherella* стеногалинные и обитают при солености морского бассейна 32–37‰ на мелководье и при солености 34–35‰ на глубине, но некоторые виды заходят в воды с более низкой соленостью – до 25‰ (и до 10‰) [11, 14, 15 и др.]. Битоцитериды типично морские, среди них нет ни одного вида, который предпочитал солоноватые воды. Хотя некоторые из них и проникают в опресненные моря. Они обитают на разных глубинах, но на литорали редки, в холодных и умеренных водах они сосредоточены в основном на глубинах от 30–50 до 500 м, а в тропиках довольно обычны на мелководье [10]. Виды рода *Paracypris* могут встречаться в интервале солености 16–35‰ (и ниже 9–16,5‰) [13, 16]. По данным изучения юрских остракод Сирии представители родов *Cytherelloidea*, *Paracypris*, *Cytheropteron*, *Schuleridea* были включены М. Р. Добровой в группу солоноватоводных [15]. Роды *Macrodentina*, *Paranotacythere* и *Hechticythere* известны из фаций пурбека и вельда, где доминируют солоноватоводные и пресноводные формы, в том числе и *Cypridea*



Bosquet, 1852 [13, 17, 18]. В изученном материале присутствуют роды, переносящие изменение солености, но наличие в комплексах большинства морских родов, в том числе и стеногалинных, свидетельствует о нормальной солености бассейна.

Помимо солевого режима на состав и разнообразие сообществ остракод влияет температурный фактор. Современные *Cytherelloidea* существуют от +10°C (для высоких широт) до +30 – 32°C (для тропиков) [15, 11, 19]. Представители рода *Cytherella*, по современным данным, имеют более низкий предел минимальной температуры. Они могут существовать при температуре не ниже 4,9°C (для северных районов) и не выше +32°C (для тропической области). Как видно на рис. 4, в изученном материале много теплолюбивых родов, остальные эвритермные, что говорит о тепловодности палеобассейна и в известной мере определяет таксономическое разнообразие комплексов.

Показателем высокой эвтрофии бассейна считается существенное преобладание представителей родов *Cytherella* и *Eucytherura* на фоне снижения общего разнообразия. Резкое преобладание *Cytherella* или их моновидовые ассоциации («*Cytherella* – сигнал») возникают при дефиците кислорода [8]. Аэрация придонных вод, по-видимому, была нормальной и достаточной для развития бентосной фауны, так как изученные сообщества остракод многочисленны и разнообразны. Но в верхах разреза происходит небольшое снижение разнообразия остракод (до 14 родов). Увеличивается количество представителей глубоководного и эвтрофного рода *Eucytherura* (доминирование), что свидетельствует об увеличении глубины бассейна и, возможно, о повышении его общей биопродуктивности, что могло привести к незначительному нарушению кислородного режима в воде.

В глинах нижней части разреза выделено **I сообщество *Pontocyprilla*** – обедненное в количественном отношении (37 экз.), встречаются

Таблица 2

Встреченные роды остракод из верхней части берриаса в разрезе у с. Алексеевка и их отношение к температуре, глубине, солености и эвтрофии

Таксономический состав остракод			Отношение изученных родов к экологическим параметрам												
Отряд	Семейство	Род	температура		соленость			глубина			эвтрофия				
			тепло-водный	эври-термный	мор-ская	соленость, промилле	эврига-линная	мелко-водные	глубоководные		эври-батиа-льные	эвтроф-ные	олиго-трофные		
									обязательный компонент фауны	индекс-глубоков.					
Myodocopida	Cypridinidae	<i>Cypridina</i>													
Cladocopida	Polycopidae	<i>Polycop</i>							Гладкие						
Platycopida	Cytherellidae	<i>Cytherella</i>				10–35									
		<i>Cytherelloidea</i>				16–35									
Metacopida	Sigillidae	<i>Sigillum</i>													
	Robsoniellidae	<i>Robsoniella</i>													
Podocopida	Bairdiidae	<i>Bairdia</i>				До 31–32									
	Macrocypridae	<i>Macrocypris</i>													
	Pontocypridae	<i>Pontocyprilla</i>				28–35									
		<i>Pontocypris</i>													
	Paracypridae	<i>Paracypris</i>				9–35									
	Cyprideidae	<i>Cypridea</i>													
	Bythocytheridae	<i>Bythoceratina</i>													
	Cytheruridae	<i>Eucytherura</i>													
		<i>Procytherura</i>													
		<i>Paranotacythere</i>				28–35									
		<i>Cytheropteron</i>							Гладкие						
		<i>Eocytheropteron</i>													
		<i>Metacytheropteron</i>													
	Loxoconchidae	<i>Loxoella</i>													
	Progonocytheridae	<i>Neocythere</i>				28–35									
		<i>Macrodentina</i>													
	Pleurocytheridae	<i>Acrocythere</i>													
		<i>Klenticella</i>													
	Protocytheridae	<i>Protocythere</i>				28–35									
		<i>Hechticythere</i>													
		<i>Costacythere</i>				28–35									
	Schulerideidae	<i>Schuleridea</i>				7–37									

Сост. по: [4–8, 13].

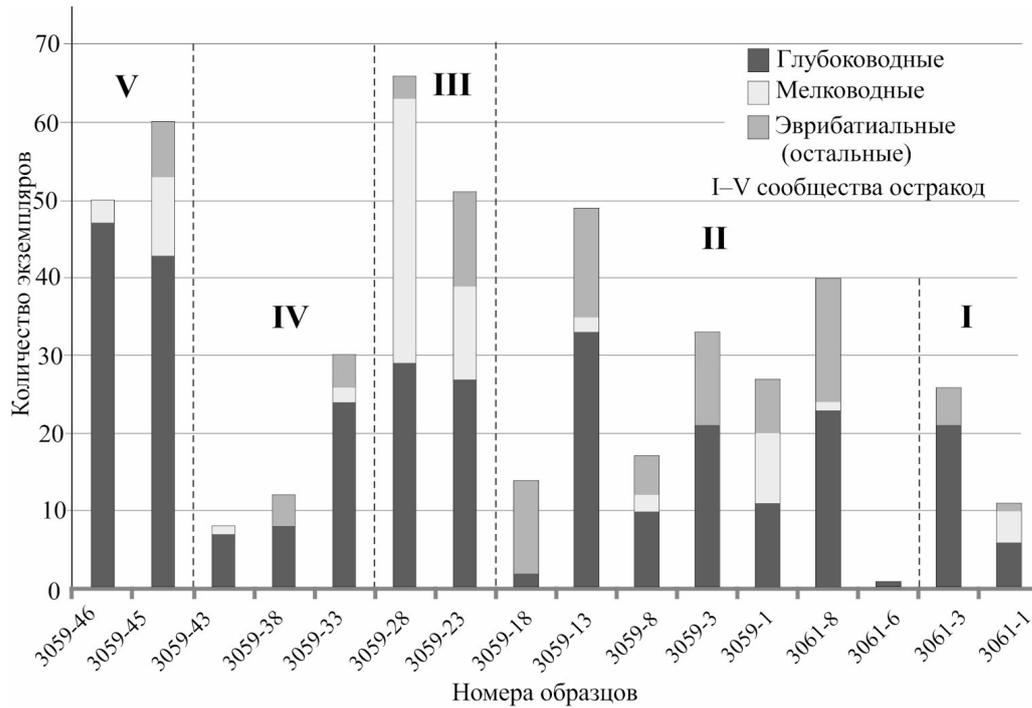


Рис. 3. Диаграмма соотношения мелководных, глубоководных и эврибатиальных родов остракод в разрезе верхней части берриаса у с. Алексеевка

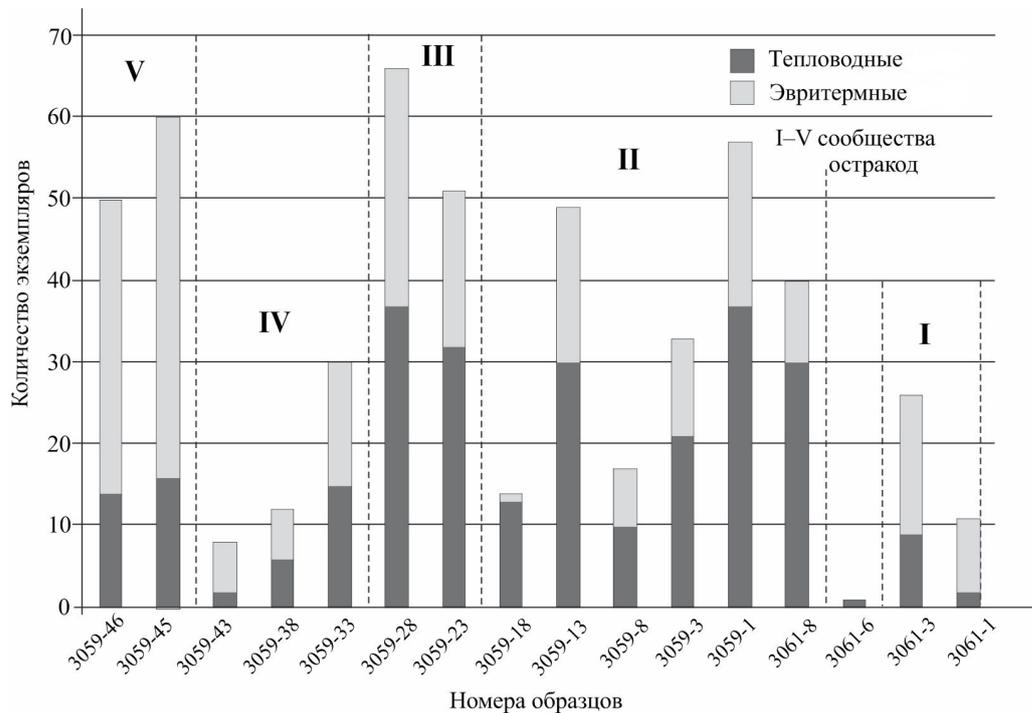


Рис. 4. Диаграмма соотношения тепловодных и эвритермных родов остракод в верхней части берриаса в разрезе у с. Алексеевка

представители 14 родов, большая часть представлена в единичном экземпляре. Доминируют эврибионтные глубоководные гладкостенные *Pontocyprilla* (8 экз.) и индексы-глубоководных обстановок скульптурированные мелкоразмер-

ные цитеруриды (8 экз.) (*Eucytherura* (4 экз.) и единичные *Procytherura*, *Paranotacythere*, *Eocytheropteron*, *Metacytheropteron*). Большинство глубоководных родов остракод (73%), немного эврибатиальных (16%) и еще меньше

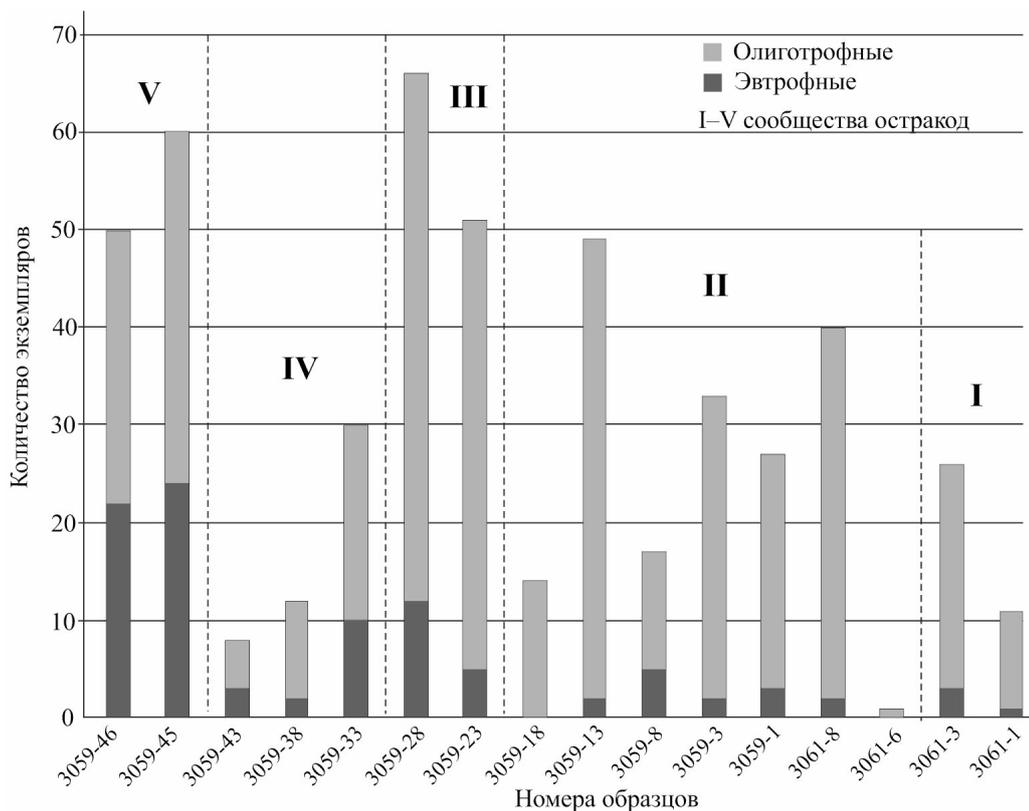


Рис. 5. Диаграмма соотношения олиготрофных и эвтрофных родов остракод в верхней части берриаса в разрезе у с. Алексеевка

мелководных (11%). Встречены обитатели илисто-песчанистого грунта – особи рода *Neocythere* (характерные до глубин 100 м), на раковинах которых развиты продольные и поперечные ребра, это облегчает им ползание по илистому грунту. Присутствуют также малочисленные мелководные *Costacythere* и единичный пелагический *Cypridina*. По отношению к температуре много эвритермных представителей (70%), меньше тепловодных (30%). Большинство родов (89%) олиготрофные. Сообщество формировалось в условиях теплого, относительно глубоководного бассейна с низким уровнем эвтрофии и с нормальным кислородным режимом. О достаточном удалении сообщества от береговой линии свидетельствует и высокий процент диноцист – около 40 % в палиноспектре. Увеличение глубины подтверждают также данные по фораминиферам: доминируют роталииды (65%), много нодзариид (18%), большое количество планктонных форм (6%) [2].

Выше по разряду обнаружены единичные остракоды, одна левая створка *Eocytheropteron* sp. и правая створка неопределенной родовой принадлежности, обломки пород окатанные, вероятно, произошли размыв и разрушение местонахождения.

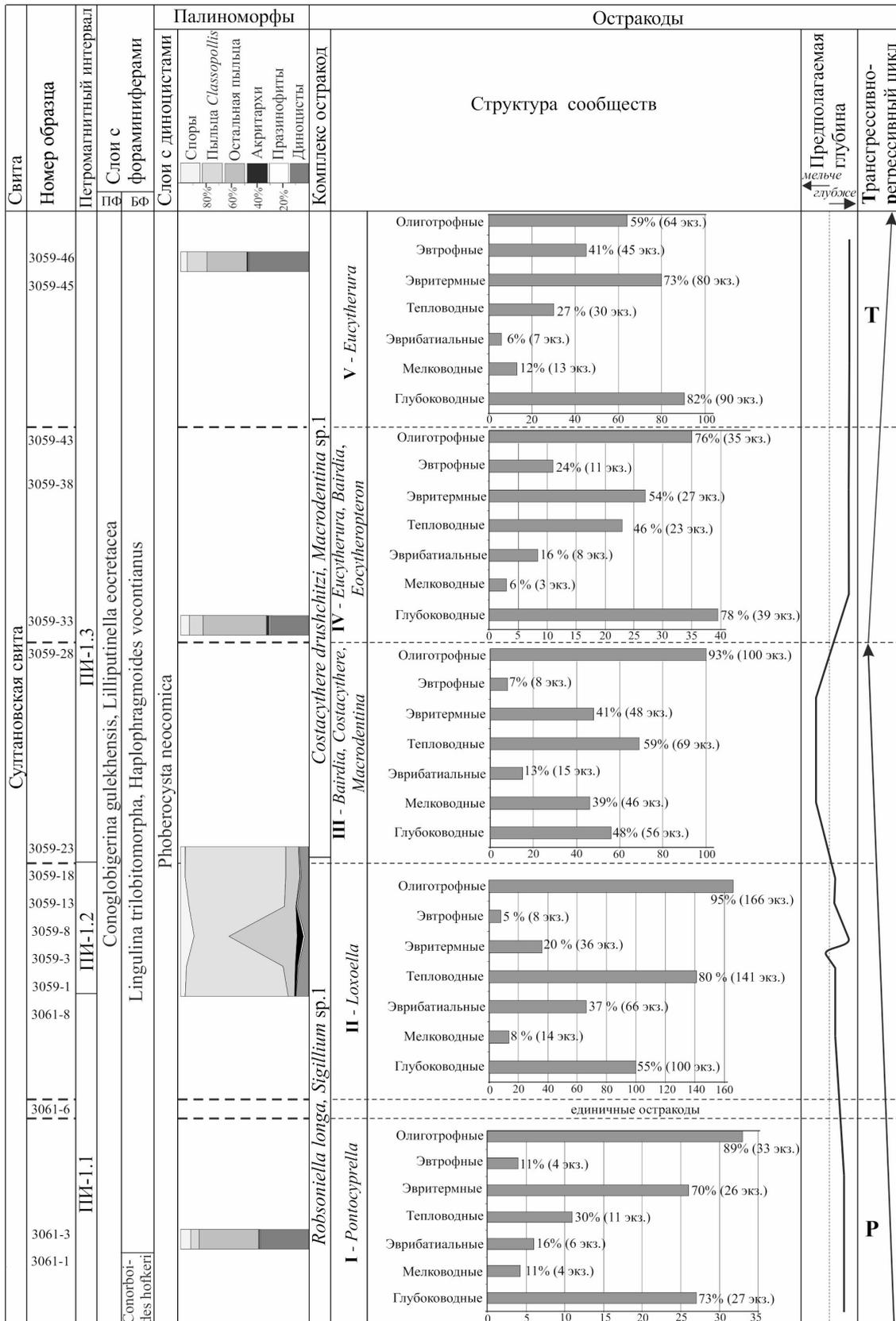
По таксономическому составу самое разнообразное и многочисленное (180 экз.) II со-

общество *Loxoella* – обнаружены представители 23 родов. Интервал разреза, в котором выделено это сообщество, практически совпадает с петромагнитным интервалом ПИ-1.2 [1] (табл. 3). Абсолютное доминирование эврибатиальных *Loxoella*, много эврибионтных глубоководных *Bairdia* и индексов-глубоководных обитателей *Cytheropteron* (*Eocytheropteron*). Существенна доля глубоководных родов (55%), много эврибатиальных (37%) и немного мелководных (8%). Среди выделенных сообществ это самое теплолюбивое (80%). Большинство родов олиготрофные (95%). По-видимому, в бассейне установились самые благоприятные условия для развития бентосной фауны: оптимальные глубина и температура, нормальный кислородный режим. Преобладание глубоководных родов указывает на сравнительно глубоководные условия, как правило, максимальное разнообразие остракод отвечает наиболее стабильным условиям, возникшим при повышении уровня моря, но ряд свидетельств указывает на уменьшение глубины бассейна: высокий процент мелководных форм; присутствие солоноватоводного и пресноводного рода *Cypridea*, косвенно подтверждающего близость береговой линии; большое количество пыльцы *Classopollis*, которая в средней части разреза достигает 80%. Эта пыльца продуцировалась растениями, часто занимавшими



Таблица 3

Структура сообществ остракод в отложениях верхней части берриаса разреза у с. Алексеевка



Сост. по: [3] с дополнениями.



низменности вблизи прибрежных районов. Возможно, они произрастали в солончаках подобно современным мангровым лесам. Обилие пыльцы *Classopollis* свидетельствует еще и об очень теплых палеоклиматических условиях [20 и др.]. В палиноспектрах также встречены споры и иная пыльца, акритархи, празиофиты и небольшой процент диноцист (10%). Условия жизни во время существования II сообщества не были стабильными, скорее всего происходили небольшие колебания уровня моря, изменения таксономического разнообразия и количественных характеристик остракод по отдельным образцам (см. табл. 1). То же происходило в комплексах фораминифер (в обр. 3059-1 много теплолюбивых сложнопостроенных Lituolidae, предпочитающих малые глубины литорали и верхней сублиторали; в обр. 3059-8 – высокое таксономическое разнообразие, доминирование роталиид и нодзариид, много планктонных форм (8%), все указывает на увеличение глубины). Интересно, что в обр. 3059-8 отмечено максимальное количество пыльцы *Classopollis* (см. табл. 3); в этом же образце происходит увеличение эвтрофных родов и уменьшение численности и видового разнообразия остракод (см. табл. 1, рис. 5). Вспышки биопродуктивности хорошо объясняются с помощью модели поступления в водоем биофильных элементов во время быстрых и относительно непродолжительных трансгрессий, которыми предшествовали регрессивные эпизоды. С развитием аноксидных обстановок в водоеме связано отсутствие или угнетенное состояние бентосной фауны. После завершения трансгрессии и прекращения поступления биофильных элементов интенсивное цветение разнообразных форм планктона заканчивалось и, соответственно, прекращалось обогащение илов органическим веществом и начинали накапливаться фоновые для бассейна осадки [21]. О приближении к береговой линии свидетельствуют и петромагнитные данные. Повышенные значения термометрического показателя (*dK*) фиксируют обогащение интервала ПИ-1.2 тонкодисперсным пиритом, ассоциирующимся, как правило, с органическим веществом (ОВ) (см. табл. 3). Скорее всего, основная масса ОВ во время формирования ПИ-1.2 поступала с суши, потому что именно к ПИ-1.2 приурочены максимальные концентрации обломочных частиц в глинах (до 8–10% от объема образца), по данным шлифового анализа [1].

В III сообществе *Bairdia*, *Costacythere*, *Macrodentina* таксономическое разнообразие и количественные характеристики немного уменьшаются, встречены представители 19 родов (117 экз.). Доминируют эврибионтные, глубоководные *Bairdia*, субдоминируют мелководные *Costacythere* (*Hechticythere*, *Klentnicella*) и *Macrodentina*. Много эврибатиальных родов *Cytherella* и *Loxoella*, а также мелководных

Schuleridea. Встречены пелагические *Cypridina*. Почти половина родов глубоководные (48%), очень много мелководных (39%) и немного эврибатиальных (13%). Большинство тепловодных родов (59%), но значительно меньше, чем при формировании второго сообщества, и 41% эвритермных. Количество эвтрофных родов незначительное (7%), подавляющее большинство составляют олиготрофные (93%). Смена комплексов обусловлена прежде всего уменьшением глубины бассейна. На это указывают появление большого количества мелководных родов, в том числе и индикатора мелководья *Cytherelloidea*, присутствие *Schuleridea* – «сигнала – обмеления», а также наличие более толсто-стенных раковин у представителей семейства Protocytheridae и снижение доли глубоководных родов почти вдвое. Количество палиноморф примерно такое же, как и при формировании второго сообщества, но без «вспышек» пыльцы *Classopollis*. Несмотря на большое количество мелководных родов, доминируют глубоководные, соответственно глубина бассейна уменьшилась незначительно, возможно, произошли и температурные изменения (небольшое похолодание), кислородный режим сохранился благоприятным для бентосной фауны. Это самое мелководное из изученных сообществ. Небольшие глубины сублиторали подтверждает присутствие большого количества теплолюбивых сложнопостроенных Lituolidae (10–20%).

Выше по разрезу происходит уменьшение таксономического разнообразия и сокращение количественных характеристик, всего установлено представители 14 родов (50 экз.).

В IV сообществе *Eucytherura*, *Bairdia*, *Cytheropteron* доминируют мелкогазмерные глубоководные эвтрофные цитеруриды *Eucytherura* (11 экз.), *Eocytheropteron* (7 экз.) и немного глубоководных *Bairdia* (7 экз.). Большинство число родов глубоководные (78%), немного эврибатиальных (16%) и мало мелководных (6%). По отношению к температуре примерно равное количество теплолюбивых (46%) и эвритермных (54%) родов, но тепловодных меньше, чем в третьем сообществе. Увеличился процент родов, толерантных к понижению уровня кислорода (эвтрофных 24%). Смена комплекса, вероятно, обусловлена увеличением глубины бассейна (значительно уменьшилось количество мелководных родов) и повышением эвтрофии (увеличением содержания биогенных элементов). Более глубоководные условия подтверждаются и данными по фораминиферам; хотя их таксономическое разнообразие небольшое и отсутствуют планктонные формы, но доминируют роталииды, субдоминируют нодзарииды [2].

По-видимому, дальнейшее увеличение общей биопродуктивности бассейна приводит к нарастанию дисбаланса между производством и по-



треблением кислорода в придонных слоях и к дефициту кислорода.

В **V сообществе** *Eucytherura* встречены представители 14 родов (110 экз.). Происходит увеличение количества мелкоразмерных цитерурид (индекса-глубоководных обстановок) и абсолютное доминирование *Eucytherura* (44 экз.) и, много *Eocytheropteron* (23 экз.). В целом доля эвтрофных родов составляет 41%. Значительно преобладают глубоководные роды (82%), немного мелководных (12%) и мало эврибатальных (6%). Увеличение количества мелководных произошло за счет представителей рода *Vythoceratina* (7 экз.), в современных морях они обитают на разных глубинах, но в теплых чаще встречаются на мелководье [10]. Встречены единичные представители пелагического рода *Cypridina*. Существенное увеличение количества представителей рода *Eucytherura* свидетельствует о насыщении бассейна биогенными элементами. Присутствие подавляющего количества глубоководных остракод указывает на увеличение глубины бассейна, и данные по фораминиферам подтверждают это: отмечается большое таксономическое разнообразие, много роталиид и нодзариид, встречаются планктонные формы (до 7%). Вероятно, произошло небольшое увеличение глубины бассейна и повышение содержания биогенных элементов в воде, но понижение уровня кислорода было незначительным.

Выводы

Проведенный палеоэкологический анализ позволил выделить пять остракодовых сообществ, отражающих смену условий осадконакопления в бассейне при формировании султановской свиты. В целом сообщества формировались в относительно глубоководных условиях (средняя сублитораль, 50–100 м), их

смена обусловлена прежде всего изменениями глубины бассейна и степенью эвтрофии. Самое мелководное **III** сообщество *Bairdia*, *Costacythere*, *Macrodentina*; в максимально благоприятных условиях формировалось **II** сообщество *Loxoella*. **IV** сообщество *Eucytherura*, *Bairdia*, *Eocytheropteron* и главным образом **V** сообщество *Eucytherura* формировались в более глубоководных условиях с повышенной биологической продуктивностью водных масс и с возможным нарушением кислородного режима. В целом условия были благоприятными для существования бентосной фауны, развитие сообществ остракод происходило в условиях теплого, нормально-соленого бассейна со спокойным гидродинамическим режимом, в основном в насыщенных кислородом водах, с достаточным привнесом питательных веществ. Установленные сообщества дополнили модель их распределения в зоне средней сублиторали в берриас-валанжинском палеобассейне Горного Крыма, предложенную ранее [22] (табл. 4).

Корреляционный анализ микрофаунистических и петромагнитных данных показал (см. табл. 1), что сильная прямая связь (на уровне значимости $p = 0.01$) фиксируется только между dK и количеством экземпляров родов *Procytherura*, *Loxoella* и *Cypridea* (последний единичен). Менее надежно (при $p = 0.05$) устанавливается прямая связь dK с количеством экземпляров неопределенных форм (*Gen. sp.*) и родом *Polycore*, а также K с *Loxoella*. Обратные корреляционные связи проявлены только между J_{15} и общим количеством экземпляров остракод, в том числе с количеством правых и левых створок, *Gen. sp.* Взаимосвязь микрофаунистических показателей с другими петромагнитными параметрами не выявлена.

Результаты корреляционного анализа микрофаунистических и петромагнитных параметров

Таблица 4

Модель распределения сообществ остракод в берриас-валанжинском палеобассейне Горного Крыма

Век	Биономические зоны														
	Батиаль	Сублитораль													
	>200 м	внешняя			средняя				внутренняя						
Вал		>100 м		50 -100 м				<50 м							
Берриасский	поздний	Bairdia- Robsoniella- Eucytherura	Robsoniella- Bairdia- Eucytherura	V Eucytherura	Eucytherura- Bairdia- Eocytheropteron	IV	Pontocyprella	I	Loxoella	II	Bairdia- Costacythere- Macrodentina	III	Cytherella- Reticythere- Hechticythere	Cytherella - Reticythere- Cytherelloidea	
	средний	Paracypris- Bairdia												Costacythere- Cytherella - Schuleridea	Hechticythere - Cytherella - Costacythere
	ранний	Bairdia													

Примечание. Сост. по: [22] с дополнениями; I–V – установленные сообщества остракод в верхней части берриаса (султановская свита) в разрезе у с. Алексеевка.



по с. Алексеевка и по Валам (Самарская Лука) в известной мере сходны [23]. Отмечено, что общее количество остракод уменьшается при повышении концентрации магнетита, который формируется в присутствии достаточного количества кислорода, т. е. в придонных слоях окислительной среды (по крайней мере, в нейтральной среде или слабовосстановительной).

В первой статье по с. Алексеевка [1] были сделаны выводы о том, что максимальные значения dK фиксируют обогащение осадка тонкодисперсным пиритом в дизоксидной среде вследствие захоронения повышенных концентраций органического вещества (ОВ), а значения J_{rs} обусловлены магнетитом, формирующимся в присутствии достаточного количества кислорода, т. е. при уменьшении содержания ОВ в придонном слое. Поэтому наблюдаемую обратную корреляцию между J_{rs} и количеством остракод (створок) можно интерпретировать как взаимосвязь между снижением эвтрофии водоема и уменьшением общего количества остракод. Прямую корреляцию между dK и количеством представителей родов *Procytherura* и *Loxoella*, вероятно, можно истолковать как толерантность этих видов к дизоксидной обстановке. В то же время прямая корреляция K с количеством *Loxoella* указывает на то, что и при повышенном содержании кислорода представители этого рода чувствовали себя не менее комфортно.

По результатам исследования можно сделать заключение об экологических предпочтениях некоторых родов. Условия, при которых формировалось сообщество *Loxoella*, видимо, для данного рода были наилучшими – это теплые воды, хорошо аэрируемые на умеренных глубинах, насыщенные кислородом. Интересно, что данные корреляционного анализа микрофаунистических и петромагнитных параметров показывают толерантность этого рода как к понижению, так и к повышению уровня кислорода. Род *Macrodentina* предпочитает теплые, неглубокие, хорошо аэрируемые воды. В выделенном V сообществе общая численность увеличивается за счет эвтрофных *Eucytherura* и в меньшей степени за счет *Eocytheropteron*. Можно предположить, что последний также толерантен к снижению уровня кислорода в воде, возможно, к эвтрофным относятся и представители рода *Procytherura*.

Во время формирования зеленогорской толщи происходит обмеление бассейна до глубин литорали – верхней sublиторали с более активной гидродинамикой среды, что объясняет отсутствие остракод, их раковины были разрушены.

По данным шлифового анализа, содержание обломочных частиц закономерно убывает к кровле свиты, что свидетельствует о развитии трансгрессии [1]. По данным остракодового анализа, по разрезу выделяется регрессивная фаза Т/Р цикла, самое мелководное III сообщество, а затем

идет нарастание глубины – трансгрессивная фаза Т/Р цикла (см. табл. 3). Это подтверждается и выводами, сделанными по результатам изучения фораминифер и диноцист. Формирование отложений происходило в условиях мелководного шельфа, причем верхняя и нижняя часть разреза – в более глубокой части. На небольшие глубины указывают и данные по содержанию пыльцы *Classopollis*, которая в средней части разреза достигает 80%. Эта пыльца продуцировалась растениями, часто занимавшими низменности вблизи прибрежных районов. Обилие пыльцы *Classopollis* свидетельствует и об очень теплых палеоклиматических условиях. В средней части разреза и в комплексах фораминифер присутствует большое количество теплолюбивых сложнопостроенных Lituolidae (10–20%), предпочитающих небольшие глубины [2].

Библиографический список

1. Грищенко В. А., Аркадьев В. В., Гужиков А. Ю., Маникин А. Г., Платонов Е. С., Савельева Ю. Н., Суринский А. М., Федорова А. А., Шурекова О. В. Био-, магнито- и циклостратиграфия разреза верхнего берриаса у с. Алексеевка (Белогорский район, Республика Крым). Статья 1. Аммониты. Магнито- и циклостратиграфия // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 3. С. 162–172. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2016-16-3-162-172>
2. Савельева Ю. Н., Шурекова О. В., Федорова А. А., Платонов Е. С., Аркадьев В. В., Гужиков А. Ю., Грищенко В. А., Маникин А. Г. Био-, магнито- и циклостратиграфия разреза верхнего берриаса у с. Алексеевка (Белогорский район, Республика Крым). Статья 2. Фораминиферы. Остракоды. Кальпионеллиды. Диноцисты // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 2. С. 127–145. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-2-127-145>
3. Савельева Ю. Н. Условия формирования берриасских отложений на основе изучения остракод в разрезе у с. Алексеевка (Белогорский район, Крым) // Биогеография и эволюционные процессы : материалы LXVI сессии палеонтологического общества при РАН. Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 2020. С. 147–149.
4. Тесакова Е. М., Шурупова Я. А. Основы остракодового анализа на примере келловей и нижнего оксфорда разреза Михайловоцемент (Рязанская область) // Современная микропалеонтология – проблемы и перспективы : труды XVII Всероссийского микропалеонтологического совещания / ответственные редакторы М. С. Афанасьева, А. С. Алексеев. Москва : ПИН РАН, 2018. С. 265–270.
5. Morkhoven F. P. C. M. Post-Paleozoic Ostracoda, I, II. Amsterdam ; London ; New York : Elsevier Publishing Company, 1963. 478 p.
6. Savelieva J. N. Paleocological Analysis of Berriasian Ostracods of the Central Crimea // Volumina Jurassica. 2014. Vol. XII, № 1. P. 163–174.



7. Карпук М. С. Остракоды верхнего баррема – апта Горного Крыма : стратиграфическое значение и палеоэкология : диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук. Москва, 2016. 320 с.
8. Тесакова Е. М. Юрские остракоды Русской плиты : стратиграфическое значение, палеоэкология и палеогеография : диссертация ... доктора геолого-минералогических наук. Москва, 2014. 295 с.
9. Николаева И. А. Глубоководные группы остракод в палеогене юга СССР и их значение для палеогеографии // Стратиграфия кайнозоя северного Причерноморья и Крыма / ответственный редактор М. Ф. Носовский. Днепрпетровск : ДГУ, 1984. С. 40–48.
10. Шорников Е. И. Остракоды *Bythocytheridae* дальневосточных морей. Москва : Наука, 1981. 200 с.
11. Sohn I. G. The ostracode genus *Cytherelloidea*, a possible indicator of paleotemperature // Publ. Staz. Zool. Napoli. 1964. Vol. 33 (Suppl.). P. 529–534.
12. Тесакова Е. М., Глинских Л. А. Келловейские остракоды Центрального Дагестана : биостратиграфия, палеоэкология и хронологический анализ // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2020. Т. 28, № 4. С. 96–100.
13. Neale J. W. Ostracods and palaeosalinity reconstruction // Ostracoda in the Earth sciences / ed. P. De Decker [et al.]. Amsterdam ; Oxford ; New York ; Tokyo : Elsevier, 1988. P. 125–155.
14. Практическое руководство по микрофауне СССР. Т. 3 : Остракоды кайнозоя / Николаева И. А. [и др.] ; научный редактор И. А. Николаева. Ленинград : Недра ; ВСЕГЕИ, 1989. 235 с.
15. Доброва М. Р. Остракоды юры Восточного Средиземноморья : палеоэкология, стратиграфия, корреляция // Труды ГИН. 1999. Вып. 510. 80 с.
16. Keen M. C. Ostracod assemblages and the depositional environments of the Headon, Osborne and Bembridge Beds (Upper Eocene) of the Hampshire Basin // Palaeontology. 1977. Vol. 20. P. 405–445.
17. Colin J.-P., Oertli H. J. Purbeckien // Atlas des Ostracodes de France / ed. H. J. Oertli // Bulletin des centres de recherches Exploration-production Elf-Aquitaine. 1985. № 9. P. 148–161.
18. Horne D. J. Purbeck-Wealden // Ostracods in British stratigraphy / ed. J. E. Whittaker, M. B. Hart ; The Geological Society for the Micropalaeontological Society. London : Published by the Geological Society for the Micropalaeontological Society by the Geological Society, 2009. P. 309–344.
19. Neale J. W. The Ostracoda and Uniformitarianism. II. The earlier record : Cretaceous to Cambrian // Proceedings of the Yorkshire Geological Society. 1984. № 4. P. 443–478.
20. Riding J. B., Leng M. J., Kender S., Hesselbo S. P., Feist-Burkhardt S. Isotopic and palynological evidence for a new Early Jurassic environmental perturbation // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2013. Vol. 374. P. 16–27.
21. Щенетова Е. В. Седиментология и геохимия углеродистых толщ верхней юры и нижнего мела Русской плиты : автореферат ... кандидата геолого-минералогических наук. Москва, 2011. 27 с.
22. Савельева Ю. Н. Палеоэкологический анализ берриас-валанжинских остракод Восточного Крыма // Полевые практики в системе высшего образования : материалы Пятой Всероссийской конференции. Крым / редактор В. В. Аркадьева. Санкт-Петербург : Издательство ВВМ, 2017. С. 173–175.
23. Савельева Ю. Н., Гужиков А. Ю. Кимериджские–волжские остракоды Самарской Луки : палеоэкологический анализ и отражение условий осадконакопления в магнетизме пород // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 118–135. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-118-135>

Поступила в редакцию 19.11.2021; одобрена после рецензирования 10.12.2021; принята к публикации 20.12.2021
The article was submitted 19.11.2021; approved after reviewing 10.12.2021; accepted for publication 20.12.2021