

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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия: Науки о Земле

2024

Том 24

Выпуск 3



IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY
EARTH SCIENCES



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

ИЗВЕСТИЯ

САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия Науки о Земле, выпуск 3

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



Научный журнал
2024 Том 24

ISSN 1819-7663 (Print)

ISSN 2542-1921 (Online)

Издается с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

**Данилов В. А., Морозова В. А.,
Фёдоров А. В., Шлапак П. А.**

Открытые данные дистанционного зондирования
для выявления археологических объектов

150

**Макаров В. З., Неврюев А. М.,
Суркова Д. Е., Шарапова Е. М.**

Детские игровые площадки Саратова:
анализ эколого-геохимической ситуации

159

**Быстров А. А., Белолюбцев А. И.,
Кузнецов И. А., Охлопков И. А., Спирин Ю. А.**

Статистический анализ изменения температуры воздуха
по данным многолетних наблюдений
Метеорологической обсерватории
имени В. А. Михельсона РГАУ – МСХА

167

Геология

Хасанов Д. И., Лоншаков М. А.

Оценка рисков реактивации разломов
при бурении горизонтальной скважины
по результатам одномерного геомеханического моделирования

172

**Первушов Е. М., Рябов И. П.,
Калякин Е. А., Шелепов Д. А., Ильинский Е. И.**

Чухонастовка – опорный разрез
туронских-нижнесантонских отложений
Волго-Иловлинского междуречья
(Волгоградское правобережье).
Статья 1. Описание разрезов

184

**Первушов Е. М., Рябов И. П.,
Калякин Е. А., Шелепов Д. А., Ильинский Е. И.**

Чухонастовка – опорный разрез
туронских-нижнесантонских отложений
Волго-Иловлинского междуречья
(Волгоградское правобережье).
Статья 2. Характеристика ориктокомплексов

199

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

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

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

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

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

Директор издательства
Бучко Ирина Юрьевна

Редактор
Садыхова Марина Владимировна

Редактор-стилист
Агафонов Андрей Петрович

Верстка
Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор
Каргин Игорь Анатольевич

Корректор
Шевякова Виктория Валентиновна

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

Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел.: +7(845-2) 51-29-94, 51-45-49, 52-26-89
E-mail: publ@sgu.ru, izdat@sgu.ru

Подписано в печать 23.09.2024.
Подписано в свет 30.09.2024.
Выход в свет 30.09.2024.
Формат 60 × 84 1/8.
Усл. печ. л. 8.4 (9.0).
Тираж 100 экз. Заказ 98-Т.

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

© Саратовский университет, 2024



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

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

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

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

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

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

Требования к аннотации и библиографическому списку:

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

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

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

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

Материалы, отклоненные 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

- Danilov V. A., Morozova V. A.,
Fedorov A. V., Shlapak P. A.**
Open remote sensing data for the identification of archaeological sites 150

- Makarov V. Z., Nevruiev A. M.,
Surkova D. E., Sharapova E. M.**
Saratov children's playgrounds:
Analysis of the ecological
and geochemical situation 159

- Bystrov A. A., Belolubtsev A. I.,
Kuznetsov I. A., Okhlopkov I. A., Spirin Yu. A.**
Statistical analysis of air temperature changes according to long-term observations of the V. A. Mikhelson Meteorological Observatory of RSAU – MTAA 167

Geology

- Khassanov D. I., Lonshakov M. A.**
Evaluation of fault reactivation risks during drilling of the horizontal well using results of one-dimensional geomechanical modeling 172

- Pervushov E. M., Ryabov I. P.,
Kalyakin E. A., Shelepov D. A., Ilyinsky E. I.**
Chukhonastovka – the reference section of the Turonian-Lower Santonian from the Volga-Ilovlya interfluvium (the Volga right bank area near Volgograd). Paper 1. The section descriptions 184

- Pervushov E. M., Ryabov I. P.,
Kalyakin E. A., Shelepov D. A., Ilyinsky E. I.**
Chukhonastovka – the reference section of the Turonian-Lower Santonian from the Volga-Ilovlya interfluvium (the Volga right bank area near Volgograd). Paper 2. Characteristics of the Oryctocomplexes 199



**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

Преображенский Юрий Владимирович, кандидат геогр. наук, доцент (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

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

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

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

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

Executive secretary – Yuri V. Preobrazhenskiy (Saratov, Russia)

Members of the Editorial Board:

Valentina P. Gorbatenko (Tomsk, Russia)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksei Yu. Kazansky (Moscow, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr P. Katrovsky (Smolensk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Artur M. Nosonov (Saransk, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

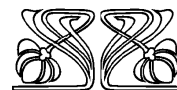
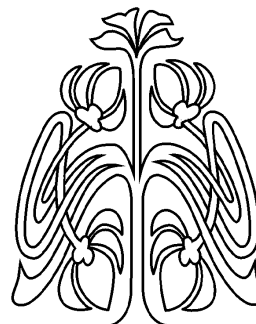
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

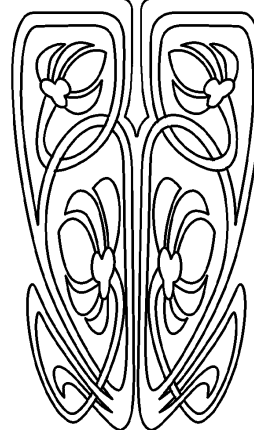
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 150–158

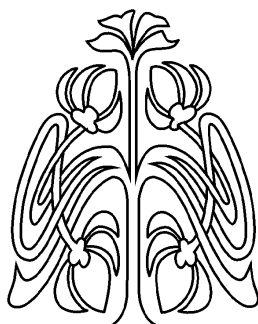
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 150–158

<https://geo.sgu.ru>

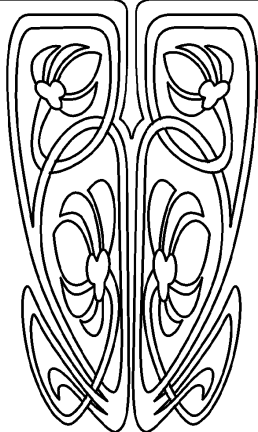
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-150-158>, EDN: AQYZTX

Научная статья

УДК [902:528](470.44)



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**



Открытые данные дистанционного зондирования для выявления археологических объектов

В. А. Данилов, В. А. Морозова, А. В. Фёдоров[✉], П. А. Шлапак

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

Данилов Владимир Анатольевич, кандидат географических наук, доцент кафедры геоморфологии и геоэкологии, kohavi@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6971-9860>

Морозова Валерия Андреевна, старший преподаватель кафедры геоморфологии и геоэкологии, riukarin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5768-1201>

Фёдоров Алексей Васильевич, заведующий лабораторией геоинформатики и тематического картографирования, alexeivf@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8999-6398>

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

Аннотация. Археология как наука постоянно развивается и привлекает различные междисциплинарные методы. В настоящее время геоинформационные технологии и аэрокосмическое зондирование наряду с другими дистанционными методами становятся одними из основных инструментов на различных этапах археологических исследований. В связи с этим были рассмотрены возможности использования открытых данных дистанционного зондирования для выявления археологических объектов. Полученные результаты показывают, что данные Sentinel-2, SRTM, ALOS и Copernicus могут быть использованы в качестве дополнительного источника информации для обнаружения и идентификации различных археологических объектов. Стоит отметить, что наиболее качественные результаты на предполевом этапе могут быть получены путем комплексного подхода, заключающегося в комбинировании различных типов данных дистанционного зондирования и способов ГИС моделирования.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, ЦМР, ГИС, предполевой этап, предиктивный поиск, Саратовская область, городище Ахмат, станция Красавка

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ (№ FSRR-2023-0006).

Для цитирования: Данилов В. А., Морозова В. А., Фёдоров А. В., Шлапак П. А. Открытые данные дистанционного зондирования для выявления археологических объектов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 150–158. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-150-158>, EDN: AQYZTX

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

Article

Open remote sensing data for the identification of archaeological sites

V. A. Danilov, V. A. Morozova, A. V. Fedorov[✉], P. A. Shlapak

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

Vladimir A. Danilov, kohavi@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6971-9860>

© Данилов В. А., Морозова В. А., Фёдоров А. В., Шлапак П. А., 2024



Valeria A. Morozova, riukarin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5768-1201>

Alexey V. Fedorov, alexeivf@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8999-6398>

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

Abstract. Archaeology, as a science, is constantly evolving and embracing various interdisciplinary methods. Currently, geoinformation technologies and aerospace remote sensing, along with other remote sensing methods, are becoming some of the primary tools at various stages of archaeological research. This study explores the potential of using open-source remote sensing data to identify archaeological sites. The findings suggest that data from Sentinel-2, SRTM, ALOS, and Copernicus can be used as supplementary information for detecting and identifying different archaeological features. It is worth noting that the best results at the pre-excavation stage can be achieved through a comprehensive approach, which involves combining different types of remote sensing data and GIS modeling techniques.

Keywords: remote sensing data, DEM, GIS, preliminary stage, predictive search, Saratov region, Akhmat settlement, Krasavka Station

Acknowledgements. The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (No. FSRR-2023-0006).

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (No. FSRR-2023-0006).

For citation: Danilov V. A., Morozova V. A., Fedorov A. V., Shlapak P. A. Open remote sensing data for the identification of archaeological sites. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 150–158 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-150-158>, EDN: AQYZTX

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

Постановка проблемы

В последние десятилетия наблюдается заметное возрастание научного интереса к использованию пространственного моделирования в археологии, что обусловлено растущим использованием географических информационных систем (ГИС) в археологических исследованиях совместно с аэро- и космомониторингом. Применяя данные методы, исследователи могут определить наиболее вероятные места нахождения археологических объектов. Кроме того, использование дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и более точных методов обследования может значительно ускорить процесс поиска новых и дальнейшего изучения уже известных памятников археологии, поскольку вместо того чтобы проводить обширные поисковые и затратные полевые изыскания, исследователи могут первоначально сконцентрироваться на наиболее вероятных местах их расположения, выявленных и локализованных при моделировании.

Дистанционное зондирование Земли – изучение нашей планеты с помощью воздушных и космических летательных аппаратов, на которых установлены различные сенсоры, позволяющие получать информацию о характере поверхности Земли, состоянии ее оболочек и геофизических полях [1]. К данным дистанционного зондирования (ДДЗ) относят аэрокосмические данные, включающие в себя как снимки низкого, среднего, высокого и сверхвысокого разрешения, так и цифровые модели рельефа и местности.

Одним из примеров успешного применения космических снимков является исследование качественных признаков средневековых городищ, где выявляются основные этапы работы в археологии совместно с ДДЗ [2]:

- 1) поиск, точная фиксация и мониторинг состояния памятников археологии в быстроизменяющемся современном ландшафте;

- 2) понимание процессов формирования ландшафта;
- 3) выявление и интерпретация экономических, экологических и социальных факторов, на основании которых можно сделать долгосрочный прогноз состояния памятников и расчет моделей землепользования;
- 4) установление взаимосвязи между окружающей средой и человеком.

Кроме того, анализ ДДЗ вместе с геофизическими данными является неотъемлемой частью неразрушающих методов исследований, используемых в изучении памятников археологии и направленных на выявление новых сведений, минимизируя урон, наносимый облику памятников.

Ярким примером открытых и доступных источников данных дистанционного зондирования служат спутниковые снимки космических миссий: Landsat, Sentinel, WorldView, QuickBird, GeoEye, Maxar, распространяемые на порталных и картографических сервисах NASA, ESA, Google и других организаций [3].

Однако стоит учитывать тот факт, что преимущественно все открытые ДДЗ имеют низкое или среднее пространственное разрешение, что является неоспоримым минусом при работе с широким спектром задач. В связи с этим целью данной статьи является анализ эффективности использования открытых данных дистанционного зондирования для применения их в археологических исследованиях на примере открытых глобальных цифровых моделей местности и спутниковых снимков.

Космические снимки

Современные методы анализа данных космоснимков включают различные аналитические подходы, такие как фильтрация и обработка изображений; мульти- и гиперспектральный анализ; лидарное зондирование и др. Эти методы



могут быть использованы для выявления и анализа археологических объектов, реконструкции археологической обстановки и понимания взаимодействия древних культур с окружающей средой.

С помощью космических снимков можно выявить некоторые признаки и показатели, указывающие на расположение потенциальных археологических объектов и первоочередных мест для проведения раскопок. Перечислим некоторые из них.

1. *Различия в растительном покрове.* На некоторых археологических объектах заметны различия в структуре растительного покрова, независимо от их состояния или возраста. Например, на снимках иногда прослеживается не характерная для исследуемой территории мозаика растительного покрова, в которой можно обнаружить геометрические круглые или прямоугольные формы и даже «сложные узоры», возможно указывающие на следы прошлой деятельности человека или скрытые подземные структуры.

Для более чёткого проявления «скрытых» структур проводится классификация растительного покрова с применением различных вегетационных индексов. Наиболее распространёнными являются нормализованный относительный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) и (или) нормализованный разностный индекс влажности NDMI (Normalized Difference Moisture Index), которые применяются для определения характера растительности и уровня содержания влаги.

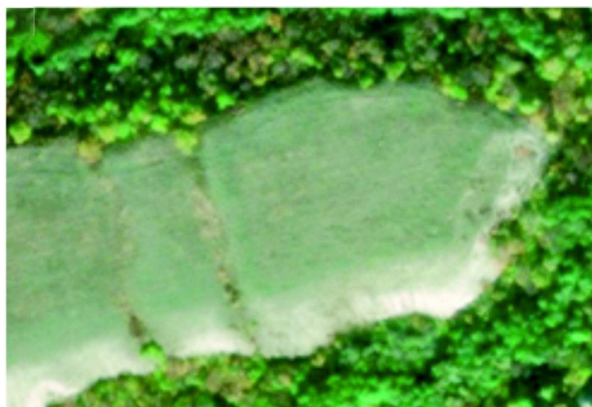
2. *Геоморфологические особенности территории,* которые могут быть связаны с археологическими объектами. Например, старые русла рек, выположенные участки местности, пересохшие озера или прочие не характерные для современной территории морфологические объекты могут являться косвенными признаками для поиска исчезнувших или скрытых археологических объектов.

3. *Аномалии рельефа,* такие как небольшие выпуклости, ямы или неровности, которые могут быть связаны с археологическими структурами. Эти аномалии могут быть связаны с проведением в прошлом различных земляных работ, например по возведению оборонительных сооружений или строительству. Для выявления таких аномалий одних мультиспектральных снимков уже недостаточно, необходимо использовать сочетание различных спектральных каналов и данных цифровых моделей рельефа (ЦМР).

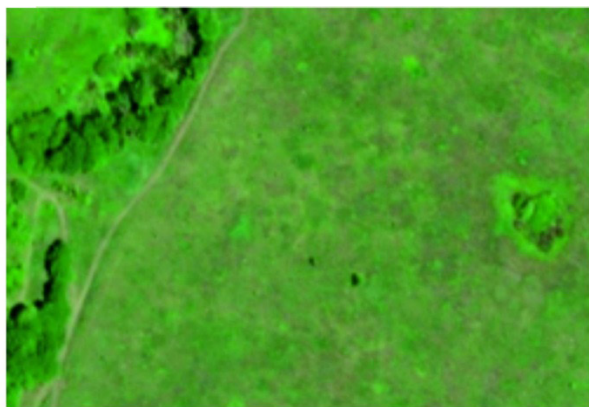
4. *Рисунок структуры землепользования.* Выявление пустующих участков территории, скрытых построек или изменения в характере ориентации «разметки» сельскохозяйственных и садовых угодий, а также наличие старых дорог, насыпей, котлованов и террасирования при отсутствии следов современного использования территории могут указывать на наличие археологических объектов.

Визуальное дешифрирование археологических объектов по снимкам показывает, что благодаря биоиндикации (зависимости типа и характера растительности от микроформ рельефа), а также использованию теневой отмывки часто достаточно легко считывается расположение и конфигурация защитных сооружений (валов и рвов). Однако по снимкам, выполненным в естественных цветах, локальные повышения (курганы) и понижения (следы прошлых раскопок) из-за монотонного характера растительности идентифицировать крайне сложно (рис. 1).

Несмотря на многие трудности и сложности, методы дешифрирования археологических объектов по ДДЗ получили широкое распространение в России. Но, как отмечается в работах многих исследователей, этот метод имеет недостатки, такие как высокая трудозатратность, субъективность оценок при визуальном дешифрировании и ограниченность изучения археологических объектов, скрытых под рельефом,



а



б

Рис. 1. Космические снимки высокого разрешения QuickBird участков городища Ахмат (а) и станции Красавка (б) (цвет онлайн)



покрытых однородной растительностью или следами современной человеческой деятельности.

Широкое распространение получил анализ разновременных снимков, который позволяет проследить динамику изучаемых явлений – форм рельефа, растительного покрова, тальвежной сети и водных объектов, что представляется более репрезентативным и позволяет выявить ареалы изменений для анализа (рис. 2). К примеру, на снимках местности территории памятника «станция Красавка», выполненных в разные годы, видно как изменилась структура землепользования за 15-летний период, а также нехарактерные формы рельефа для данной местности.

Критерии анализа на основе ДДЗ могут включать различные геоморфологические, геологические, гидрологические, и другие характеристики территории, такие как формы рельефа, высота, угол наклона, плотность растительности, тип почвы, близость к водным источникам и населенным пунктам, указывающие на наличие потенциальных мест древних поселений. Эти критерии подбираются на основе предварительных исследований и экспертных знаний о местных условиях и археологических контекстах.

Для анализа археологического потенциала территории с использованием мультиспектральных снимков используются несколько основных каналов.

Инфракрасный (IR) и видимый свет (VIS). Комбинирование IR и VIS каналов позволяет обнаруживать различия в растительном покрове и почвенных свойствах.

Красный (R), зеленый (G) и синий (B). Это стандартная комбинация каналов RGB, используемая в цветных снимках, которая также может

быть полезна для анализа археологических объектов, например для выявления изменений в текстуре почвы или в растительном покрове.

Коротковолновый инфракрасный (SWIR) и длинноволновый инфракрасный (LWIR). Это сочетание инфракрасных каналов позволяет анализировать химический состав почвы и других материалов на поверхности.

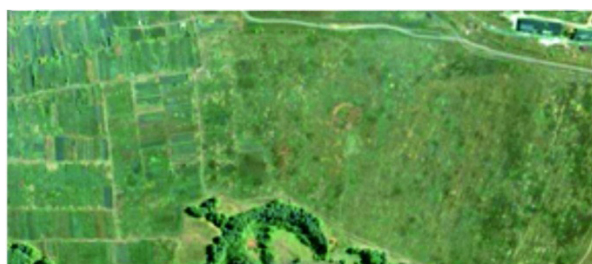
Но их может быть и больше. Например, у данных, полученных со спутника Sentinel-2, имеются следующие каналы (таблица).

Сочетание более чем трех каналов, обычно в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом спектральных диапазонах, может предоставить дополнительную информацию о территории археологических объектов, такой как её состав, структура и текстура (рис. 3, 4).

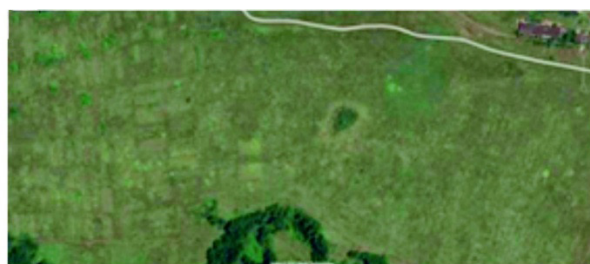
Составленные мультиспектральные комбинации на территорию памятника «станция Красавка» выявили участки, совпавшие с ранее выявленными курганами и курганными группами в результате полевых исследований методом наземного лазерного сканирования [4].

Измерения в коротковолновом инфракрасном диапазоне (SWIR) помогают оценить увлажнённость растительности и почвы, поскольку данный диапазон активно поглощается водой. Растительность окрашена в оттенки зеленого, почвы и селитебные территории окрашены в различные оттенки коричневого, а чистые водные поверхности кажутся черными. Поскольку горные породы и почвы по-разному отражают коротковолновый инфракрасный свет, это позволяет выявить различные типы подстилающих поверхностей и аномалий среди них.

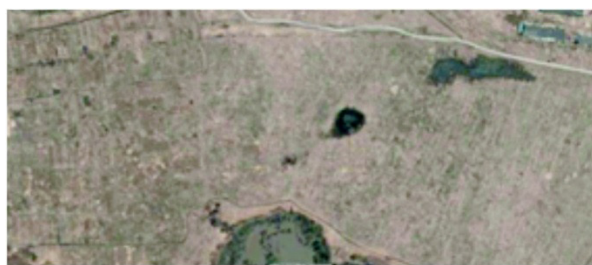
Нормализованный индекс разницы растительности NDVI – это простой, но эффективный



а



б



в



г

Рис. 2. Снимки Махар с GoogleEarthPro территории станции Красавка: а – 2004, б – 2016, в – 2018, г – 2020 гг. [5] (цвет онлайн)



Характеристика спектральных каналов спутника Sentinel-2 [6]

Спектральный канал	Разрешение, м	Длина волны, нм	Описание
B1	60	443	Ультра синий (прибрежный и аэрозольный)
B2	10	490	Синий
B3	10	560	Зеленый
B4	10	665	Красный
B5	20	705	Видимый и ближний инфракрасный (VNIR)
B6	20	740	То же
B7	20	783	»
B8	10	842	»
B8A	20	865	»
B9	60	940	Коротковолновой инфракрасный (SWIR)
B10	60	1375	То же
B11	20	1610	»
B12	20	2190	»

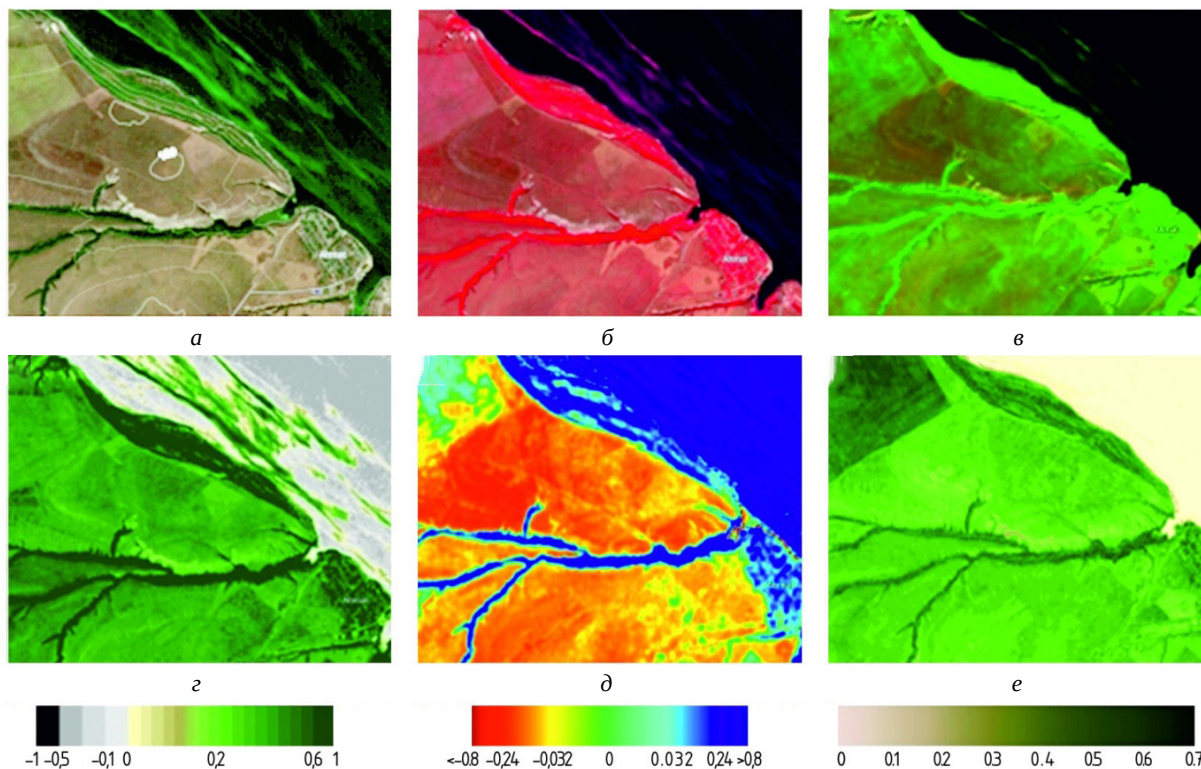


Рис. 3. Примеры применения мультиспектрального анализа для городища Ахмат на основе данных Sentinel-2: а – Truecolor 4–3–2, б – Falsecolor 8–4–3, в – SWIR, з – NDVI (B8 - B4) / (B8 + B4), д – NDMI (B8A - B11) / (B8A + B11), е – EVI2 (2.4 * (B08 - B04) / (B08 + B04 + 1.0)) (цвет онлайн)

индекс для оценки растительного покрова, основанный на том, что растения в зависимости от угнетенности по-разному отражают излучения в определенных длинах волн. Диапазон значений индекса составляет от -1 до 1 , где отрицательные величины (приближающиеся к -1) соответствуют водным поверхностям; приближенные к нулю (от -0.1 до 0.1) обычно соответствуют бесплодным участкам почв и грунтов или снежным поверхностям; низкие положительные значения

(приблизительно от 0.2 до 0.4) соответствуют лугам или кустарниковой растительности; высокие значения индекса (значения, приближающиеся к 1) указывают на влажные леса умеренного и тропического поясов.

Нормализованный индекс разницы влажности (NDMI) используется для определения содержания воды в растительности. Диапазон значений NDMI составляет от -1 до 1 , где отрицательные значения (приближающиеся к -1)

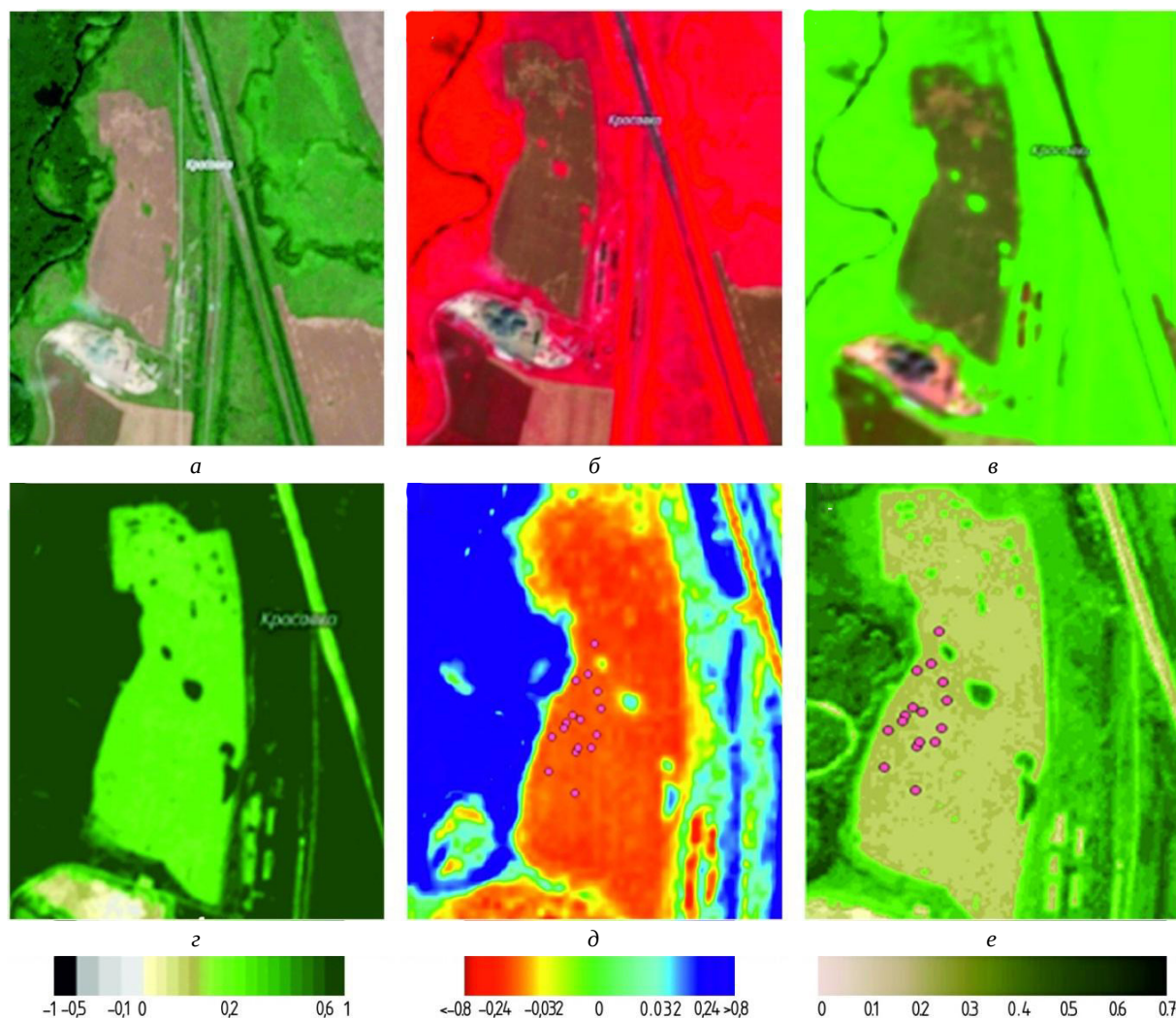


Рис. 4. Примеры применения мультиспектрального анализа для станции Красавка на основе данных Sentinel-2: а – Truecolor 4-3-2, б – Falsecolor 8-4-3, в – SWIR, г – NDVI $(B8 - B4) / (B8 + B4)$, д – NDMI $(B8A - B11) / (B8A + B11)$, е – EVI2 $(2.4 * (B08 - B04) / (B08 + B04 + 1.0))$ (точками обозначены курганные группы, выделенные по разнице спектральных характеристик) (цвет онлайн)

соответствуют бесплодным почвам, диапазон около нуля (от -0.2 до 0.4) обычно соответствует растительности, испытывающей дефицит влаги, в то время как высокие положительные значения (приблизительно от 0.4 до 1) соответствуют высокому растительному покрову без водного стресса [3, 6].

Индекс EVI-2 является улучшенным вегетационным индексом и для выбранной территории при моделировании являлся самым показательным для выделения областей с курганными группами. В областях с густым лесным пологом, где индекс площади листьев (LAI) имеет высокое значение, показатель NDVI может быть улучшен за счет привлечения информации синей длины волны. Информация, извлеченная из данной зоны спектра, может помочь скорректировать фоновые значения воздействия от различных типов почв и атмосферных воздействий в момент съемки [7].

В данном случае многие курганные группы попадают в диапазон от 0 до 0.2 , дополнительные параметры обнаружения можно установить путем классификации изображения и выделения дополнительных признаков, что будет учтено в дальнейших исследованиях. Пока на предварительном этапе важно установить каналы и их сочетания, которые дают наилучшее представление о потенциальных местах расположения археологических объектов и проведения будущих раскопок. Из всех изученных каналов и индексов на разные даты (с марта по сентябрь 2023 г.) лучше всего себя проявил индекс EVI-2.

Выбор сочетания каналов зависит от конкретной задачи и условий исследования и требует профессионального анализа и оценки специалистов в области классической или спутниковой археологии. Более точные прикладные рекомендации по сочетанию каналов или использованию



индексных показателей могут быть представлены на основе определения конкретных целей исследования и специфических условий местности.

Очевидно, что, если задействовать на разведочном предполетном этапе космические снимки и провести анализ территории в разрезе представленных спектров и индексов, то можно выявить потенциальные территории раскопок, уточнить их расположение с помощью цифровых моделей рельефа и местности, что позволит в дальнейшем гораздо проще спланировать полевые работы.

Цифровые модели местности и рельефа

Для решения задач в археологии, связанных с поиском объектов, могут использоваться данные дистанционного зондирования, такие как цифровые модели рельефа (ЦМР) или местности (ЦММ). Анализ этих данных основан на методах и приемах геоинформационных тех-

нологий с использованием специализированного программного обеспечения.

Среди современных открытых глобальных цифровых моделей, отображающих рельеф поверхности Земли, можно выделить: Copernicus DEM30, которая создана в период с 2011 по 2015 г.; ALOS30DEM – 2006 г.; SRTM – февраль 2000 г.; FABDEM (ЦМР на основе ЦММ CopernicusDEM без зданий и растительности). Все перечисленные модели имеют пространственное разрешение в средних широтах порядка 30 м.

В качестве пилотных территорий для нашего исследования были выбраны поселение «Станция Красавка» и его некрополь и городище Ахмат [4, 8]. В программном комплексе QGIS 3.26 на основе вышеперечисленных моделей были выделены участки исследования и построены их цифровые модели местности (рис. 5).

Можно заметить, что открытые данные ЦММ и ЦМР не являются репрезентативными,

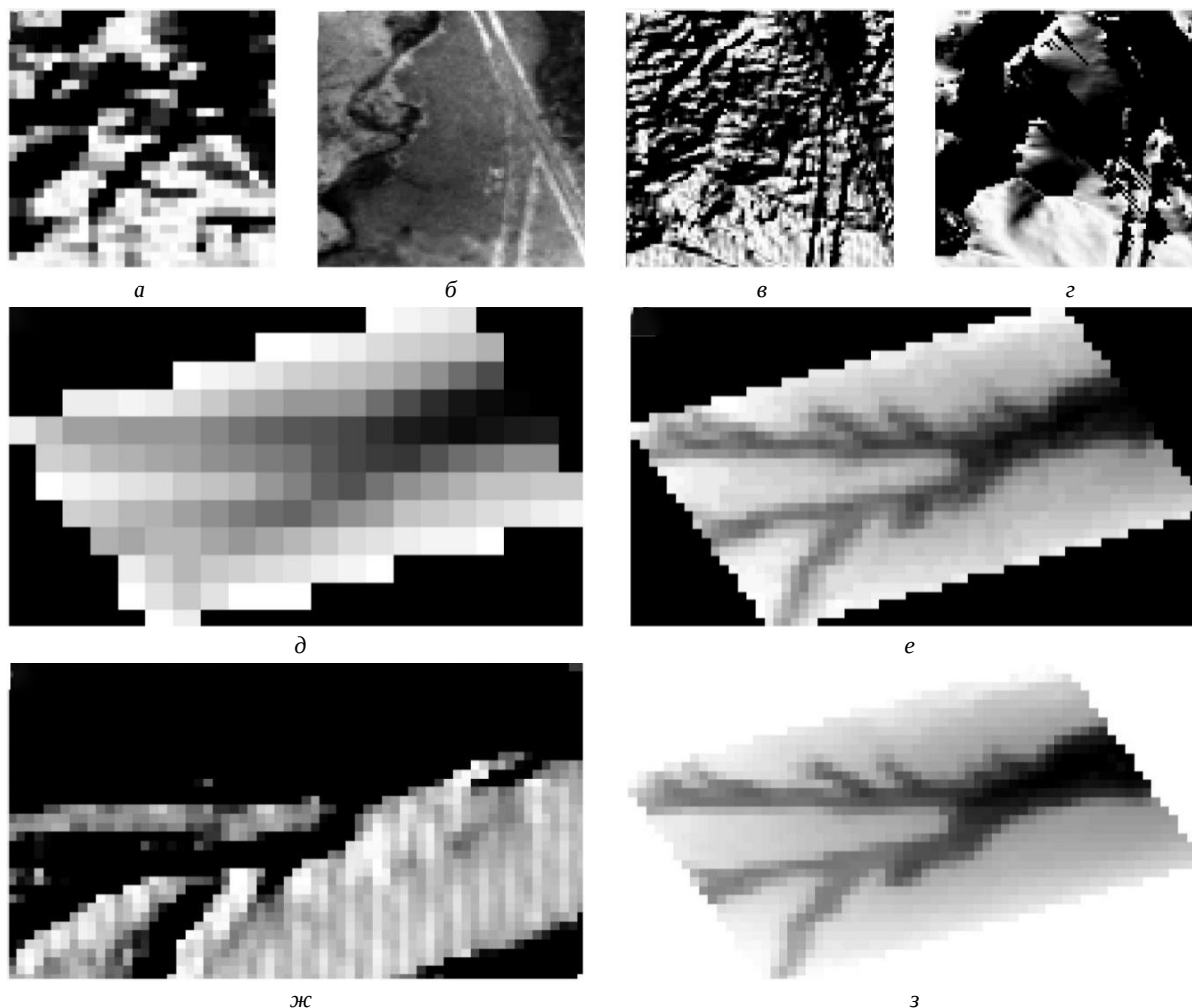


Рис. 5. Цифровые модели местности, построенные по технологии: территории станции Красавка (а – SRTM30, б – ALOS30, в – Copernicus DEM30, г – FABDEM30) и территории городища Ахмат (д – SRTM30, е – ALOS30, ж – Copernicus DEM30, з – FABDEM30)



даже на примере достаточно крупных археологических памятников Саратовской области. Более мелкие объекты и следы прошлых археологических раскопок на них тем более не видны. Следует, однако, подчеркнуть, что из четырёх моделей хорошо проявила себя модель ALOS, имеющая читаемое изображение и наименьшее количество артефактов, а модель SorepnikusDEM позволяет детально выделить водные объекты, что также важно при исследовании территории.

Глобальные ЦММ 30-метрового разрешения, такие как системы ALOSDEM и SorepnikusDEM, могут предоставить информацию, полезную для археологических исследований, хотя масштаб такой модели может быть недостаточным для обнаружения или детализации некоторых объектов.

С помощью цифровой модели можно выявить:

- формы микрорельефа – выпуклости или впадины;
- геоморфологические особенности – ложа высохших рек, внезапные перепады высот или ступеньки;
- системы дренажа – каналы или русловые системы;
- расстояние до рек;
- особенности рельефа.

Формы микрорельефа, геоморфологические особенности и системы дренажа могут указывать на наличие археологических объектов или структур, связанных с управлением водой в прошлом. Расстояние до водоемов и особенности рельефа являются важными параметрами при выявлении возможного расположения поселенческих структур, которые могут быть укрыты водой или слоем почвы на склонах возвышенностей, что делает их труднодоступными для обнаружения.

Для анализа этих особенностей могут использоваться различные методики, такие как профилирование почвы, отбор образцов и химический анализ, геоморфологические карты и топографические модели. Также можно применять лазерное сканирование для создания точной 3D-модели местности, помогающей исследователям увидеть детали, которые могут быть невидимы на двумерных картах.

ЦМР может показать неравномерности и аномалии в морфологии рельефа, такие как выступы, ямы, впадины, холмы и другие формы, которые могут указывать на присутствие археологических объектов. Захоронения могут быть расположены на холмах или выступах для защиты от наводнений или других естественных процессов. Поселения зачастую также возникали на высоких берегах и террасах с крутыми склонами вследствие безопасности территории при затоплении. Курганы эпохи бронзы часто можно встретить на водоразделах.

Микротопография

Данные открытых глобальных ЦМР способствуют выделению микротопографических особенностей рельефа, таких как небольшие углубления, отмели, низины и другие детали. Однако стоит отметить, что разрешение 30 м ограничивает возможность точно определить и детализировать некоторые аспекты археологических объектов, такие как размер или структура. Их выявлению могут способствовать спутниковые снимки высокого разрешения или лазерное сканирование рельефа [9].

Использование глобальных моделей в археологических исследованиях служит предварительным инструментом для обнаружения потенциально интересных областей, но всегда рекомендуется подтверждать данные на месте с помощью наземных исследований и раскопок.

В качестве альтернативного анализа территории по выявлению археологических объектов используют метод светотеневой пластики (отмывку рельефа hillshade), который позволяет проявить изменения мельчайших морфоструктур за счет контраста света и тени. Эффект отмывки, примененный к открытым моделям местности и рельефа, не дает нужного результата за счет несоизмеримо большой ячейки 30×30 м, но этот эффект хорошо проявляет себя при работе с ЦММ, полученной путем лазерного сканирования.

Выводы

Использование открытых данных дистанционного зондирования для выявления археологических объектов является перспективным направлением в археологии. Данные позволяют выявить на предполевом этапе потенциальные археологические объекты, которые сложно обнаружить в полевых исследованиях, а также изучить их структуру и вычислить различные характеристики.

Анализ ДДЗ на примере территории городища Ахмат показал, что имеющиеся открытые данные позволяют визуально по биоиндикационным признакам выявить особенности рельефа местности, а также отдельные крупные сооружения (рвы, валы), в то время как прочие рукотворные объекты, такие как места прошлых археологических раскопок, явно читающихся на поверхности памятника, не выделяются. По открытым ЦМР и ЦММ не выделяются даже защитные сооружения (рвы, валы), что указывает на необходимость получения данных с более высоким пространственным разрешением, например путем лидарной (лазерной) съемки.

Анализ спектральных каналов и индексных моделей открытых данных на примере памятника эпохи бронзы «станция Красавка» позволил выявить общие структурные особенности местоположения курганных групп, однако это



потребовало дополнительного анализа и классификации изображений на примере объектов-аналогов (ранее выявленных и поставленных на учет курганов на данной территории).

Как показали исследования, комплексное использование индексов NDMI и EVI-2 (относительной влажности и вегетационной массы) хорошо детектируют потенциальные места для археологических раскопок объектов (в частности, курганов), связанных с микрорельефом местности. Они позволили локализовать участки с меньшей влажностью, которые характерны для локальных возвышений с более быстрым режимом стока и высыхания. Важно отметить, что выявление таких областей корректно только в случае однородной подстилающей поверхности (характер растительности, гидрогеологические условия и т. д.). На территорию исследуемого памятника были подобраны такие снимки, на которых она была представлена со скошенной растительностью (стерней) и после обильных осадков. Это позволило применить данные методы и получить наилучшие результаты, так как местность была представлена однородной по текстуре растительностью и увлажнена. Данная модель может быть дополнена анализом гидрографической сети, рисунок водотоков которой дает представление о расположении и виде отдельных курганов и курганных групп.

Комплексный анализ открытых ДДЗ на предполетном этапе археологических исследований показал, что отдельные методы позволяют выявить потенциальные области будущих археологических раскопок с высокой точностью до этапа наиболее затратных полевых работ.

Отметим, что наиболее полным исследованием будет считаться комбинирование всех типов данных на предварительном этапе.

Библиографический список

1. Жаворонкин О. В., Трегуб А. И. Дистанционное зондирование земли при геологических исследованиях :

учебное пособие для вузов. Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012. 46 с.

2. Гайнуллин И. И., Хомяков П. В., Ситдииков А. Г., Усманов Б. М. Качественная оценка состояния средневековых городищ Республики Татарстан по данным дистанционного зондирования // Поволжская археология. 2017. № 2 (20). С. 303–320. <https://doi.org/10.24852/pa2017.2.20.303.320>, EDN: ZBHKND
3. Sentinel-Hub: EO Browser. URL: Sentinel Hub EO Browser (sentinel-hub.com) (дата обращения: 01.02.2024).
4. Цифровая модель рельефа территории археологического памятника «Нижняя Красавка-2», расположенного в Аткарском муниципальном районе Саратовской области. Монахов С. Ю., Растегаева М. Н., Лопатин В. А., Данилов В. А., Федоров А. В., Шлапак П. А. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2023624926, 22.12.2023. Заявка от 03.12.2023. EDN: KIALMQ
5. Google: Google Earth Pro. URL: <https://earth.google.com/static/multi-threaded/versions/10.45.0.3/index.html?> (дата обращения: 01.02.2024).
6. Sentinel каналы и комбинации: GIS geography. URL: Sentinel 2 Bands and Combinations – GIS Geography (дата обращения: 01.02.2024).
7. EVI2: Sentinel bands and index. URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/evi2/> (дата обращения: 01.02.2024).
8. Цифровая модель рельефа территории археологического памятника «Ахматское городище» расположенного в Красноармейском муниципальном районе Саратовской области. Монахов С. Ю., Растегаева М. Н., Лопатин В. А., Данилов В. А., Федоров А. В., Морозова В. А. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2023624670, 03.12.2023. Заявка от 03.12.2023. EDN: CICCZV
9. Безвершенко Л. С., Данилов В. А., Федоров А. В. Методика реконструкции палеорельефа Увекского массива в XIII веке с использованием ГИС-технологий // Современные проблемы территориального развития : электрон. журн. 2018. № 3.

Поступила в редакцию 18.04.2024; одобрена после рецензирования 28.05.2024; принята к публикации 08.08.2024; опубликована 30.09.2024

The article was submitted 18.04.2024; approved after reviewing 28.05.2024; accepted for publication 08.08.2024; published 30.09.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 159–166

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 159–166

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-159-166>, EDN: DHOVNO

Научная статья

УДК 502.11



Детские игровые площадки Саратова: анализ эколого-геохимической ситуации

В. З. Макаров¹✉, А. М. Неврюев¹, Д. Е. Суркова¹, Е. М. Шаропова²

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

²ПАО «Саратовский НПЗ», Россия, 410022, г. Саратов, ул. Брянская, д. 1А

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии, декан географического факультета, makarovvz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Неврюев Александр Михайлович, заведующий учебно-научной лабораторией урбоэкологии и регионального анализа, nevruiev5@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7985-8629>

Суркова Дарья Евгеньевна, студентка 1-го курса магистратуры направления «Экология и природопользование», surkovade@gmail.com

Шаропова Екатерина Михайловна, лаборант лаборатории химического анализа, katyasharapova2002@mail.ru

Аннотация. В современном крупном городе обязательным является наличие в жилых кварталах детских игровых площадок (ДИП). Уровень социального благополучия и благоустроенности городского пространства оценивается и по наличию в каждом жилом дворе детской игровой площадки. Однако насколько целесообразным с градоэкологической позиции является организация ДИП на бульварах, в небольших скверах, во дворах по соседству с парковками автомобилей? Для того чтобы это понять, были изучены государственные нормативные требования и стандарты по организации детских игровых площадок в крупном промышленном городе; определены территории детских площадок, местоположение которых вызывает сомнения в правильности их размещения; был выполнен геохимический анализ природных сред – приземного слоя воздуха, почв и грунтов, снежного покрова на территории детских площадок и прилегающих к ним зон. Была дана оценка соответствия результатов геохимического анализа существующим нормативам по размещению детских площадок в городском пространстве и предложены градопланировочные решения по оптимизации локаций площадок, созданных вопреки существующим нормативам.

Ключевые слова: детские игровые площадки, градопланировочные и санитарно-гигиенические требования, плотный транспортный поток, автодороги, атмопедохимическое изучение, отбор проб, геоэкологическая ситуация

Для цитирования: Макаров В. З., Неврюев А. М., Суркова Д. Е., Шаропова Е. М. Детские игровые площадки Саратова: анализ эколого-геохимической ситуации // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 159–166. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-159-166>, EDN: DHOVNO

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

Article

Saratov children's playgrounds: Analysis of the ecological and geochemical situation

V. Z. Makarov¹✉, A. M. Nevruiev¹, D. E. Surkova¹, E. M. Sharapova²

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

²Saratov Oil Refinery, 1A Bryanskaya St., Saratov 410022, Russia

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

Alexander M. Nevruiev, nevruiev5@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7985-8629>

Darya E. Surkova, surkovade@gmail.com

Ekaterina M. Sharapova, katyasharapova2002@mail.ru

Abstract. In a modern large city, it is mandatory to have playgrounds in residential areas. The level of social well-being and well-being of urban space is also assessed by the presence of a children's playground in each residential courtyard. However, from a city-ecological point of view, is it advisable to organize parking on boulevards, in small squares, in courtyards next to car parks? In order to understand this, the state regulatory requirements and standards for the organization of children's playgrounds in a large industrial city were studied; The territories of playgrounds were identified, the location of which raises doubts about the correctness of their placement; a geochemical analysis of natural environments was performed – the surface layer of air, soils and soils, snow cover on the territory of playgrounds and adjacent zones. An assessment was made of the compliance of the geochemical analysis results with existing standards for the placement of playgrounds in urban space and urban planning solutions were proposed to optimize the locations of playgrounds created contrary to existing standards.



Keywords: children's playgrounds, urban planning and sanitary requirements, dense traffic flow, highways, atmopedochemical study, sampling, geoeological situation

For citation: Makarov V. Z., Nevruiev A. M., Surkova D. E., Sharapova E. M. Saratov children's playgrounds: Analysis of the ecological and geochemical situation. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 159–166 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-159-166>, EDN: DHOVNO

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

Постановка проблемы

В Саратове за последнее десятилетие было создано более сотни детских игровых площадок в разных районах города: во дворах жилых массивов, на территории детских садов, в скверах и парках. Однако десятки площадок размещены в общегородском пространстве по соседству с транспортной инфраструктурой: на улицах с бульварами, в небольших скверах-карманах в непосредственной близости от проезжей части или заборов действующих предприятий. Такое размещение ДИП вызывает беспокойство и было решено проверить его обоснованность. Поэтому целью исследования стало атмопедохимическое изучение прилегающей к детской площадке территории, её соответствие действующим градопланировочным и санитарно-гигиеническим требованиям.

Обозначим задачи исследования:

- изучить государственные нормативные требования и стандарты по организации детских игровых площадок в крупном промышленном городе и определить территории детских площадок, местоположение которых вызывает сомнение в правильности их размещения;
- выполнить геохимический анализ природных сред – приземного слоя воздуха, почв и грунтов, снежного покрова на территории детских площадок и прилегающих к ним зон;
- оценить соответствие результатов геохимического анализа существующим нормативам по размещению детских площадок в городском пространстве и предложить градопланировочные решения по оптимизации локаций площадок, созданных вопреки существующим нормативам.

Полевые и камеральные работы проводились в лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ (зав. лабораторией А. М. Неврюев). Аналитические исследования были выполнены в лаборатории геоэкологии геологического факультета СГУ (зав. лабораторией А. С. Шешнёв).

Содержание исследований, полученные результаты и их обсуждение

Существующие требования к организации детских игровых площадок в городской среде. Детская площадка является важным элементом для развития ребенка. Выбирая место для расположения площадки и элементы для детской игровой зоны важно учитывать их безопасность, которая будет регулироваться определёнными

правилами, нормами, стандартами и нормативами. Речь идёт о градопланировочных и санитарно-гигиенических требованиях к организации открытых детских площадок в городской среде, а также необходимых условиях для их создания [1, 2].

Санитарные нормы и гигиенические нормативы отвечают за гарантирование безопасности и снижение негативного влияния различных факторов окружающей среды и различных рисков иного характера на здоровье детей, находящихся на открытом игровом пространстве в городской среде.

Без градопланировочных требований невозможно было бы оценить правильность размещения открытых детских площадок и всех составляющих её элементов. А это бы непременно отразилось на безопасности детей и родителей во время нахождения на исследуемых элементах городской среды.

Важнейшими требованиями являются:

- изоляция от транзитного пешеходного движения;
- исключение наличия выступающих корней и веток;
- наличие «защитного» зелёного каркаса;
- удалённость от проезжей части, стоянок и площадок мусоросборников и другие требования (подробнее о других требованиях и отсутствии геоэкологических требований см. в [3]).

Анализ местоположения изученных детских игровых площадок. Детские площадки должны обеспечивать полную безопасность жизни и здоровья детей, что, в первую очередь, зависит от их местоположения. Одной из самых важных угроз является близкое расположение открытых игровых пространств к дорогам с плотным транспортным потоком, что, к сожалению, не прописано в санитарно-гигиенических и градопланировочных требованиях к размещению ДИП, и стоянкам автотранспорта. Для того чтобы определить, оказывает ли этот фактор неблагоприятное воздействие на безопасность и здоровье детей, для исследования были выбраны площадки, построенные на бульварах вплотную к проезжей части с интенсивным движением транспорта. Это площадки на улицах Астраханская и им. Рахова В. Г., на просп. им. 50 лет Октября, а также в Волжском районе: вблизи дорог на ул. Московской (площадка в сквере Первой учительницы, на Театральной площади и площади им. Петра Первого), на пересечении ул. Большая Горная и ул. им. Радищева А. Н. (сквер Героев Краснодона), а также



на набережной Космонавтов. Во Фрунзенском районе рассмотрена площадка в Детском парке, расположенная на ул. им. Пугачева Е. И. В Октябрьском районе были изучены площадки на ул. Серова А. К., ул. Политехническая / Беговая и в сквере Железнодорожников. Также были рассмотрены площадки в Заводском районе, расположенные в сквере им. А. И. Кривохижина, сквере Дружбы народов и сквере им. М. К. Гадеева (рис. 1).

В Кировском районе города располагаются 5 площадок, в Ленинском – 4, в Волжском – 6, в Заводском находятся 3, в Октябрьском – 11, во Фрунзенском – 4.

Большинство исследуемых ДИП приурочены к Приволжской котловине: площадки Заводского района приурочены к Центральному подрайону, площадки Волжского, Кировского, Октябрьского и Фрунзенского района, а также половина площадок Ленинского района (до ул. Деловой тупик) относятся к Северному подрайону, остальные несколько площадок на просп. им. 50 лет Октября – к Гусельскому подрайону Елшано-Гусельской равнины.

Обследованные детские площадки расположены в следующих функциональных зонах города:

- общественно-деловая зона;
- зона жилой застройки,

- зона озеленённых территорий,
- промышленная зона (на бульваре на ул. Астраханская рядом с ул. Рабочая).

Угол наклона территории расположения исследуемых ДИП не велик, практически на всех площадках не больше 3 градусов: на просп. им. 50 лет Октября до 5 градусов. Самый большой угол наклона наблюдается на территории размещения детской площадки, расположенной на набережной Космонавтов, – до 10 градусов. Соответственно, чем больше угол наклона, тем больше вероятность привнесения загрязняющих веществ и компонентов на исследуемые ДИП со стоком, например талых и дождевых вод.

Площадки, расположенные в центральной части города, а также в Заводском районе и в районе 1-й Дачной остановки относятся к плохо и очень плохо проветриваемым. Остальные площадки в Ленинском районе на просп. им. 50 лет Октября имеют удовлетворительную проветриваемость. В Волжском районе ДИП на набережной Космонавтов и на площади им. Петра Первого имеют хорошую проветриваемость. Хорошая проветриваемость способствует снижению концентрации вредных загрязняющих веществ, в том числе продуктов человеческой жизнедеятельности, частиц пыли и вредных микроорганизмов, включая вирусы [4].

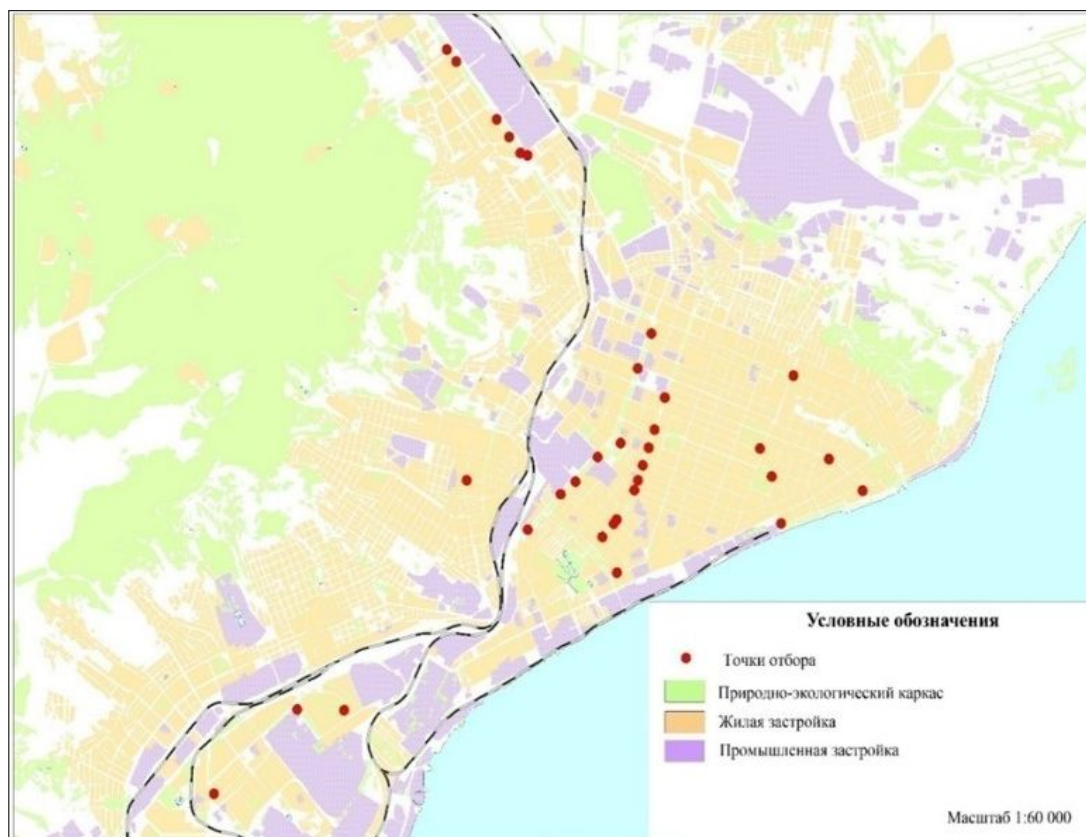


Рис. 1. Местоположение изученных детских игровых площадок в г. Саратове (цвет онлайн)



Так как большинство изученных ДИП располагаются вдоль автодорог, важно учитывать плотность транспортного потока, проходящего мимо места игры детей, а также удаленность от мест скопления автомобилей – автостоянок и остановок общественного транспорта. Чем больше поток, тем большее количество вредных для здоровья детей газов и частиц попадает на территорию игровых площадок. Транспортная нагрузка дорог, примыкающих к детским площадкам, колеблется от 420 до 3130 единиц в час в «пиковое» время. Удаленность некоторых площадок от проезжей части составляет менее 2 м.

Геоэкологическая характеристика мест размещения изученных детских игровых площадок

Анализ воздушной среды на содержание пыли и концентрации оксида углерода. Отбор проб воздуха проводился на 34 площадках в часы с наибольшей транспортной нагрузкой на улицах города утром и вечером («час пик»). Выбор точек обусловлен определением наиболее загруженных улиц и уличных перекрестков. Воздух отбирался методом аспирации в пылеотборник (аспиратор ПУ-3Э, ООО «Химко», Россия). В задачи исследования входила оценка концентрации пыли в воздухе согласно санитарным нормам. Она не должна превышать установленных величин: максимально разовых концентраций 0.5 мг/м^3 [5]. При этом основными источниками пыли в городской среде являются: выбросы транспорта, промышленных предприятий, подхваченные ветром частицы почвы, пыльца растений, микроорганизмы, насекомые, поднимающиеся потоками воздуха с поверхности и др. Еще одной задачей было определение концентрации оксида углерода в воздушном бассейне прилегающей к площадкам территории (ПДК м. р. – 5 мг/м^3) [5].

Нашими исследованиями во всех отобранных пробах воздуха посредством аспиратора было выявлено превышение взвешенных веществ ПДК м. р. по данным среднего весового значения двух фильтров отбора (табл. 1). На пяти площадках наблюдается превышение более чем в 15 раз: на бульваре по ул. Астраханская вблизи ул. Новоузенская, на бульваре по ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Новоузенская, на ул. Беговая, на бульваре по ул. Астраханская вблизи улиц Шелковичная и Рабочая. Это также ДИП на бульварах в центральной части города с высокой транспортной нагрузкой и максимально близким расположением ДИП к проезжей части. Наименьшая концентрация пылевых частиц наблюдается на детских площадках, расположенных на просп. им. 50 лет Октября, на набережной Космонавтов, Театральной площади, которые имеют наибольшее удаление от дорог. Влияние на запыленность воздуха в районе детских площадок оказывает и его проветриваемость: чем она лучше, тем мень-

ше содержание пылевых частиц в воздушном слое.

В восьми точках наблюдения отмечаются наибольшие показатели превышения концентрации оксида углерода. Превышение более чем в 15 раз зафиксированы на детских площадках на площади им. Петра Первого, в сквере Героев Краснодона, на просп. им. 50 лет Октября в районе остановки «1-я Дачная» (на аллее и возле остановки), ул. Вишнёвая, между ул. им. Дубовикова Б. А. и ул. Сапёрная; на площадке возле ТЦ «Тау Галерея». Концентрация оксида углерода в атмосферном воздухе зависит прежде всего от интенсивности автомобильного движения, соответственно высокие показатели характерны для детских площадок, располагающихся рядом с наиболее загруженными участками дорог. Чем больше транспортный поток, тем выше концентрация оксида углерода, но здесь играет роль удаленность детской площадки от проезжей части и степень её защищённости зелёными насаждениями.

Анализ почвенных образцов на содержание тяжелых металлов. Был произведён отбор почвенных проб в районе детских площадок и на самих площадках с целью выявления содержания в них различных химических загрязнителей, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье детей. Анализ данных отобранных проб почвы был проведен в лаборатории геоэкологии геологического факультета СГУ (заведующий лабораторией А. С. Шешнёв).

Исследование содержания тяжелых металлов в почве состояло из нескольких этапов: 1) подготовительный, 2) полевой, 3) подготовка почвенных образцов к химическому анализу, 4) аналитические химические работы по определению тяжелых металлов.

Пробы были отобраны с прилегающих территорий детских площадок, представленных в табл. 2.

По результатам аналитических химических работ можно сделать следующие выводы:

- концентрация **никеля** в почвах ДИП и прилегающих территорий превышает ПДК на половине исследуемых площадок (11 из 22 площадок). В основном это площадки на бульварах на улицах им. Рахова В. Г. и Астраханская (7 из 9 площадок), также превышение наблюдается в сквере им. А. И. Кривохижина, Первой учительницы и на набережной Космонавтов. Сильно выбивается по превышению (в 5 раз) ДИП на бульваре по ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Советская, в то время как на всех остальных ПДК превышен примерно в 1.5–2 раза. На ДИП, расположенных на просп. им. 50 лет Октября, превышение ПДК не обнаружено ни на одной из площадок;
- превышение ПДК **меди** в почвенных образцах выявлено на 13 исследуемых площадках, причём существенное превышение (в 3 раза



Таблица 1

Превышение ПДК м. р. оксида углерода и пылевых частиц на исследуемых детских площадках, лето 2022 г.

№ ДИП	Местоположение детской площадки	Превыш. ПДК м. р. оксида углерода, раз	Превыш. ПДК м. р. пылевых частиц, раз
1	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. им. Посадского И. Н.	7.2	4.6
2	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. им. Кутякова И. С.	11.9	6.2
3	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. Рабочая	9.5	25
4	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. Шелковичная	9.4	20.2
5	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. Новоузенская	9.9	21.4
6	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. им. Вавилова Н. И.	5.4	3.8
7	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Советская	4	11.8
8	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. им. Шевченко Т. Г.	4.2	8.6
9	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Ульяновская	5.4	9.4
10	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Рабочая	4.4	14
11	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Шелковичная	3	9.4
12	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Шелковичная (2)	4.6	12.4
13	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Новоузенская	6.3	28.6
14	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Московская	4.6	5.8
15	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. им. Зарубина В. С.	11.1	5.6
16	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября вблизи остановки «1-я Дачная»	17.3	7
17	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября вблизи ул. Вишнёвая	18.6	4
18	Просп. им. 50 лет Октября между ул. им. Дубовикова Б. А. и ул. Сапёрная	28.8	6.4
19	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября вблизи ТЦ «Тау Галерея»	17.3	5.2
20	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября в районе остановки «1-я Дачная» (на аллее)	18.7	5.5
21	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября вблизи ул. Деловой тупик	17.9	4.2
22	Ул. им. Серова А. К.	4.7	11.4
23	Сквер Дружбы народов	3	12
24	Сквер им. А. И. Кривохижина	6.1	2
25	Ул. Беговая вблизи ул. Политехническая	7.2	20.8
26	Детский парк	8.1	11
27	Сквер Железнодорожников	7.6	11.4
28	Сквер им. М. К. Гадеева	8.4	9.6
29	Сквер Героев Краснодона (вблизи ул. им. Радищева А. Н.)	17.6	6.4
30	Сквер Первой учительницы	11.9	6.6
31	Площадь им. Петра Первого	20.7	7.2
32	Набережная Космонавтов вблизи ул. Бабушкин взвоз		3.3
33	Театральная площадь		3.6

и более) только на 4 площадках – на бульварах вблизи ул. Шелковичная, на ул. Астраханская и на ул. им. Рахова В. Г., на бульваре по ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Советская и в сквере Первой учительницы;

– ПДК **цинка** превышен на 6 площадках. Самое высокое превышение выявлено на ДИП, расположенных на бульваре на ул. Астраханская вблизи улиц Новоузенская и Шелковичная, на бульваре на просп. им. 50 лет Октября вблизи ул. Деловой тупик и в сквере Первой учительницы.

– превышение ПДК **свинца** обнаружено всего на двух площадках – в сквере им. А. И. Кривохижина и на бульваре на ул. Астраханская вблизи ул. Шелковичная.

Также был рассчитан коэффициент концентрации, характеризующий техногенную почвенно-геохимическую аномалию.

Фоновое содержание кислорастворимых форм тяжелых металлов, извлекаемых одномолярной азотной кислотой, для территории г. Саратова было определено при почвенно-геохимических исследованиях и составило 15.2 мг/кг



для никеля, 34.5 мг/кг для цинка, 12.05 для меди и 8.8 мг/кг для свинца [6].

Чем выше коэффициент концентрации, тем выше загрязнение почв относительно фоновых значений.

Таблица 2

Места отбора проб почв

№ ДИП	Местоположение детской площадки
1	Сквер Дружбы народов
2	Сквер им. А. И. Кривохижина
3	Ул. Беговая (напротив СГТУ им. Гагарина Ю. А.)
4	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. Новоузенская
5	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. Шелковичная
6	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Новоузенская
7	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Шелковичная
8	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Рабочая
9	Детский парк
10	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Советская
11	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. им. Вавилова Н. И.
12	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. им. Посадского И. Н.
13	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Московская
14	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября, вблизи остановки «1-я Дачная»
15	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября, в районе 1-й Дачной (на аллее)
16	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября, вблизи ул. Вишнёвая
17	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября, вблизи ул. Деловой тупик
18	Просп. им. 50 лет Октября между ул. им. Дубовикова Б. А. и ул. Сапёрная
19	Бульвар на просп. им. 50 лет Октября, вблизи ТЦ «Тау Галерея»
20	Сквер Первой учительницы
21	Набережная Космонавтов
22	Сквер Героев Краснодона

Были получены следующие результаты:

- превышение фоновых концентраций **по никелю** зафиксировано на одной площадке (на бульваре по ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Советская);
- превышение фоновых концентраций **по меди** зафиксировано на трёх площадках (на бульваре по ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Советская, на бульваре по ул. Астраханская вблизи ул. Шелковичная и в сквере Первой учительницы);

- превышение фоновых концентраций **по свинцу** зафиксировано на десяти площадках (в скверах им. А. И. Кривохижина, Первой учительницы, Героев Краснодона, на просп. им. 50 лет Октября между улицами им. Дубовикова Б. А. и Сапёрная, на бульваре по ул. Астраханская вблизи улиц Новоузенская и Шелковичная, на ул. Беговая, на бульваре по ул. им. Рахова В. Г. вблизи улиц Шелковичная, Советская и им. Вавилова Н. И.);
- превышение фоновых концентраций **по цинку** зафиксировано на шести площадках (на бульваре по ул. Астраханская вблизи улиц Новоузенская и Шелковичная, на бульваре по ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. Шелковичная, на просп. им. 50 лет Октября вблизи ул. Деловой тупик, в скверах Первой учительницы и Героев Краснодона).

Возможными причинами превышения ПДК тяжелых металлов являются: близкое расположение к загруженной проезжей части, наличие вблизи площадок автостоянок, нахождение площадок в санитарно-защитных зонах предприятий.

Анализ снежного покрова как компонент определения степени загрязнения атмосферного бассейна. Анализ проб снежного покрова позволяет оценить состояние приземного слоя воздуха в районе размещения детской игровой площадки.

Обычно снег анализируется в зонах влияния стационарных источников загрязнений и основных автомагистралей города. Так, например, для площадки, расположенной на Театральной площади, источниками загрязнения являются не только высокая автомобильная загруженность улиц Московская и Большая Казачья, но и реконструкция Саратовского академического театра оперы и балета, находящегося в нескольких метрах от площадки. На набережной Космонавтов, в близости от детской игровой площадки, располагается промышленное предприятие – Саратовский ГРЭС, которое также оказывает негативное влияние на состояние воздушного пространства прилегающих территорий.

Для анализа в рамках курсовой работы в марте 2022 г. было отобрано 10 проб снега в Волжском, Фрунзенском, Октябрьском и Заводском районах города. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Согласно градации уровней загрязнения снежного покрова пылью, разработанной Институтом минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов РАН [7], три площадки – в сквере Дружбы народов, на бульваре на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. им. Вавилова Н. И. и в сквере Героев Краснодона – имеют высокий уровень загрязнения снежного покрова, а все остальные – средний.

Это можно объяснить очень близким расположением к проезжей части. Расстояние от проезжей части улицы до территории детской площадки



Таблица 3

Исследование снежного покрова на детских игровых площадках Волжского, Фрунзенского, Октябрьского и Заводского районов г. Саратова

№ пробы	Местоположение детской игровой площадки, март 2022 г.	Пылевая нагрузка, мг/м ² в сутки	Уровень загрязнения
1	Сквер Дружбы народов	475	Высокий
2	Сквер им. А. И. Кривохижина	407.7	Средний
3	Ул. им. Серова А. К.	427	То же
4	Бульвар на ул. Астраханская вблизи ул. Рабочая	415.5	»
5	Бульвар на ул. им. Рахова В. Г. вблизи ул. им. Вавилова Н. И.	483.8	Высокий
6	Набережная Космонавтов вблизи ул. Бабушкин взвоз	431.4	Средний
7	Театральная площадь	388.2	То же
8	Площадь им. Петра Первого	408.9	»
9	Сквер Первой учительницы	443.1	»
10	Сквер Героев Краснодона вблизи ул. им. Радищева А. Н.	467.8	Высокий

в сквере Героев Краснодона на ул. Большая Горная составляет всего 3 м, на бульваре на ул. имени В. Г. Рахова – 1 м, в сквере Дружбы народов – 5 м до ул. Авиастроителей. Важно отметить, что ДИП расположены рядом со светофорами, т. е. рядом с местом, на котором притормаживают автомобили, тем самым поднимая пылевые частицы в приземный слой воздуха. Плотность транспортного потока на данных площадках велика – от 420 в сквере Дружбы народов во время пробки до 1848 единиц транспорта на ул. Большая Горная в «час пик».

Общие выводы и предложения

Выполненные исследования геоэкологического состояния территорий детских игровых площадок на улицах г. Саратова позволили сделать следующие выводы.

Геоэкологическую ситуацию на территориях изученных детских игровых площадок г. Саратова нельзя назвать благополучной (рис. 2).

На каждой из площадок были выявлены негативные геохимические свойства, которые могут неблагоприятно сказаться на здоровье детей. В первую очередь это связано с близким расположением территорий площадок к проезжей

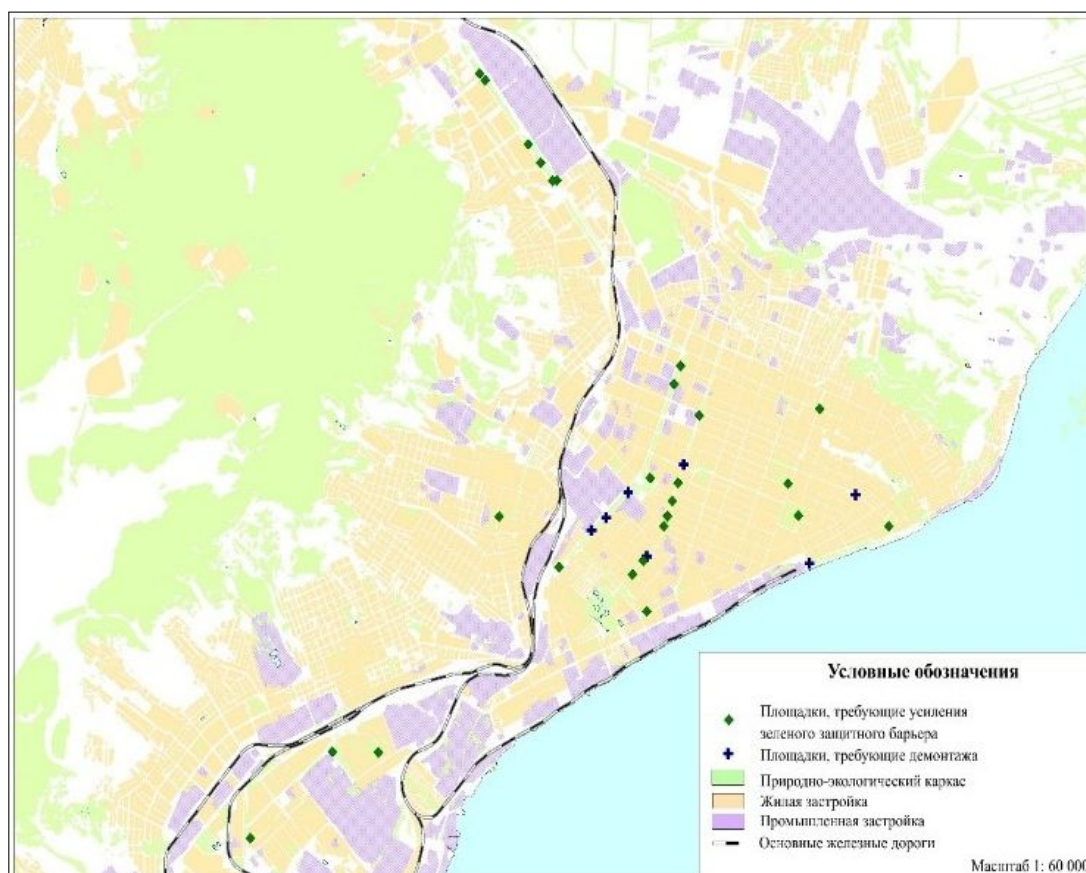


Рис. 2. Детские игровые площадки на улицах г. Саратова со средним и высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха и почв (в 2022–2023 гг.) (цвет онлайн)



части дороги, что противоречит санитарно-гигиеническим нормативам размещения детских площадок.

Недопустимо и расположение детских площадок в санитарно-защитной зоне предприятий (детская площадка на набережной Космонавтов, находящаяся в 150 м от СарГРЭС).

Долгое и частое нахождение на таких опасных площадках может привести к развитию хронических заболеваний дыхательных путей у детей и их родителей.

Поэтому предлагается провести следующие мероприятия.

1. На площадках со средним уровнем загрязнения воздуха, почв (см. рис. 2) необходимо увеличить количество и качество зеленых насаждений вокруг игровой зоны. Это создаст защитный зеленый барьер, задерживающий пыльный воздух и поглощающий загрязняющие вещества.

2. Детские площадки, на которых наблюдается превышение ПДК по большинству или всем тяжёлым металлам, по пылевым частицам и оксиду углерода, т. е. с высоким уровнем загрязнения (см. рис. 2), необходимо демонтировать и перенести в места, менее подверженные негативному воздействию транспортных и промышленных выбросов – в парки, скверы, во дворы.

Библиографический список

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых

и общественных зданий и территорий : санитарные правила и нормы : утв. 19.10.2001. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. 15 с.

2. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* : утв. Минстроем России 30.12.2016 : введен в действие 01.07.2017. М. : Стандартинформ, 2017. 90 с.
3. Установка детских площадок: ответы на вопросы по установке и эксплуатации. Основные правила и требования // Психея : [сайт]. URL: <https://psy-files.ru/family/kakim-dolzno-byt-mesto-detskogo-otdyha-i-igr.html> (дата обращения: 16.04.2024).
4. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2001. 176 с.
5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : санитарные правила и нормы : утв. 28.01.2021. М. : Б. и., 2002. 469 с.
6. Сает Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П., Смирнова Р. С., Башаркевич И. Л., Онищенко Т. Л., Павлова Л. Н., Трефилова Н. Я., Ачкасов А. И., Саркисян С. Ш. Геохимия окружающей среды. М. : Недра, 1990. 335 с.
7. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами / сост. Ю. Е. Сает [и др.]. М. : Ин-т минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов АН СССР, 1982. 73 с.

Поступила в редакцию 23.05.2024; одобрена после рецензирования 01.06.2024; принята к публикации 08.08.2024; опубликована 30.09.2024

The article was submitted 23.05.2024; approved after reviewing 01.06.2024; accepted for publication 08.08.2024; published 30.09.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 167–171

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 167–171

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-167-171>, EDN: FRPQMK

Научная статья

УДК 551.50:633.1

Статистический анализ изменения температуры воздуха по данным многолетних наблюдений Метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона РГАУ – МСХА



А. А. Быстров¹✉, А. И. Белолубцев¹, И. А. Кузнецов¹, И. А. Охлопков¹, Ю. А. Спирин²

¹Российский государственный аграрный университет МСХА имени К. А. Тимирязева, Россия, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 12

²Институт географии РАН, Россия, 117312, г. Москва, ул. Вавилова, д. 37

Быстров Андрей Алексеевич, аспирант, ассистент кафедры метеорологии и климатологии, Dywarana@gmail.com, AuthorID: 1155753

Белолубцев Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии, abelolyubcev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3562-9330>, AuthorID: 272616

Кузнецов Иван Андреевич, аспирант, ассистент кафедры метеорологии и климатологии, и. о. директора метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона, meteostation@rgau-msha.ru, AuthorID: 1203167

Охлопков Иван Александрович, аспирант, ассистент кафедры метеорологии и климатологии, okhlopkov.meteo@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6543-7364>, AuthorID: 1158971

Спирин Юрий Александрович, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории гидрологии, spirin.yuriy@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3481-9666>, AuthorID: 887382

Аннотация. Целью исследования является оценка динамики изменения показателей температуры воздуха и ее влияния на агрономические системы на основе многолетних наблюдений Метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона Российского государственного аграрного университета МСХА имени К. А. Тимирязева (РГАУ – МСХА). **Материалы и методы.** С помощью программы Mathcad были построены графики изменения среднегодовых температур с использованием многочлена аппроксимации третьего порядка, графики теоретической нормальной плотности распределения и нормальной функции распределения температур, а также графики внутригодового распределения температуры за 30 лет. **Результаты исследования и их обсуждение.** Рассчитаны величины относительной погрешности среднегодовых температур, выполнена проверка нормального распределения среднегодовых температур по критерию Пирсона, после чего была найдена величина вероятности отклонения эмпирических частот попадания в интервалы от теоретических частот. **Заключение.** В результате исследований установлен существенный рост среднегодовых показателей температуры воздуха на фоне общего сокращения продолжительности холодного периода. Повышение температуры за период 1961–1990 гг. составил 0.9 °С, что существенно выше средних значений по земному шару. Результаты исследования отображают общую тенденцию потепления в условиях глобального изменения климата и могут использоваться для улучшения прогнозирования погодных условий, а также оптимизации технологических процессов в растениеводстве.

Ключевые слова: температура воздуха, оперативная климатическая норма, историческая климатическая норма, внутригодовое распределение температур, функция распределения среднегодовых температур

Для цитирования: Быстров А. А., Белолубцев А. И., Кузнецов И. А., Охлопков И. А., Спирин Ю. А. Статистический анализ изменения температуры воздуха по данным многолетних наблюдений Метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона РГАУ – МСХА // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 167–171. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-167-171>, EDN: FRPQMK

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

Article

Statistical analysis of air temperature changes according to long-term observations of the V. A. Mikhelson Meteorological Observatory of RSAU – MTAA

А. А. Bystrov¹✉, А. И. Belolubtsev¹, I. A. Kuznetsov¹, I. A. Okhlopkov¹, Yu. A. Spirin²

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 12 Pryanishnikov St., Moscow 127434, Russia

²Institute of Geography RAS, 37 Vavilov St., Moscow 117312, Russia

Andrey A. Bystrov, Dywarana@gmail.com, AuthorID: 1155753

Alexander I. Belolubtsev, abelolyubcev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3562-9330>, AuthorID: 272616

Ivan A. Kuznetsov, meteostation@rgau-msha.ru, AuthorID: 1203167

Ivan A. Okhlopkov, okhlopkov.meteo@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6543-7364>, AuthorID: 1158971

Yuri A. Spirin, yuriy@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3481-9666>, AuthorID: 887382

© Быстров А. А., Белолубцев А. И., Кузнецов И. А., Охлопков И. А., Спирин Ю. А., 2024



Abstract. Introduction. The purpose of the study is to assess the dynamics of changes in air temperature indicators and its impact on agronomic systems, based on long-term observations of the V. A. Mikhelson Meteorological Observatory of RSAU – MTAA. **Materials and Methods.** Using the Mathcad program, graphs of changes in average annual temperatures were constructed using a third-order approximation polynomial, graphs of the theoretical normal density distribution and normal temperature distribution function, as well as graphs of intra-annual temperature distribution for 30 years. **Research results and Discussion.** The values of the relative error of average annual temperatures were calculated, the normal distribution of average annual temperatures was checked using the Pearson criterion, after which the probability of deviation of the empirical hours falling into intervals from the theoretical hours was found. **Conclusion.** As a result of the research, a significant increase in average annual air temperature was established against the background of a general reduction in the duration of the cold period. Increase in temperature over the period 1961–1990 amounted to 0.9 °C, which is significantly higher than the average values for the globe. The results of the study reflect the general trend of warming in the context of global climate change and can be used to improve the forecasting of weather conditions, as well as to optimize technological processes in crop production.

Keywords: air temperature, operational climate norm, historical climate norm, intra-annual temperature distribution, distribution function of average annual temperatures

For citation: Bystrov A. A., Belolubtsev A. I., Kuznetsov I. A., Okhlopov I. A., Spirin Yu. A. Statistical analysis of air temperature changes according to long-term observations of the V. A. Mikhelson Meteorological Observatory of RSAU – MTAA. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 167–171 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-167-171>, EDN: FRPQMK

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

Введение

Агрометеорологические параметры играют важную роль в агрономической практике, оказывая непосредственное влияние на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур. Изучение динамики изменений температуры воздуха и режима осадков помогает оптимизировать производство сельскохозяйственной продукции и разрабатывать методы борьбы с климатическими рисками, позволяет прогнозировать погоду и определять оптимальные сроки посева и уборки [1–3].

Целью исследования является оценка динамики изменения показателей температуры воздуха и её влияния на агрономические системы на основе многолетних наблюдений Метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона РГАУ – МСХА. Статистические гипотезы, выдвигаемые в статье, позволяют лучше интерпретировать данные за указанные периоды климатических эпох, а также показывают общую тенденцию к потеплению. На фоне глобального изменения климата подтверждение полученных результатов является важным аспектом в понимании причинно-следственных связей процессов трансформации климата со всеми вытекающими последствиями. Полученные результаты позволяют качественно проанализировать характер изменения температурного фона региона за прошлые десятилетия, что позволит в будущем более грамотно и тщательно планировать ведение сельского хозяйства и разработку мелиоративных мероприятий с целью минимизации ущерба от климатических рисков.

В данной работе выполнен статистический анализ и сравнение оперативной и исторической климатических норм с целью выявления характера изменчивости и динамики климата в условиях конкретного региона.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы для разработки рекомендаций по эффективному и безопасному производ-

ству сельскохозяйственной продукции, охране окружающей среды и адаптации отраслей экономики к изменению климата. На основании данных об изменении средних значений температур возможно создание более точных климатических прогнозов, улучшение системы анализа и прогноза агрометеорологических параметров, оптимизации производственного процесса, условий роста, развития и продуктивности сельскохозяйственных растений [4–6].

Материалы и методика исследований

Исследования проводились на базе Метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона и полевой опытной станции РГАУ – МСХА. На полях селекционного севооборота возделываются различные зерно-пропашные культуры, в числе которых озимая тритикале и озимая пшеница, картофель и др.

Территория полевой станции характеризуется умеренно континентальным климатом с выраженными признаками сезонности. Среднегодовая температура составляет 6,4 °C, при этом самым холодным месяцем является январь, а самым теплым – июль. Вегетационный период здесь длится от 100 до 150 дней, а количество выпадающих атмосферных осадков в течение года находится в пределах от 610 до 710 мм, с большей их частью, приходящейся на летний период [7].

В работе использованы статистические методы для анализа данных в программной среде Mathcad и Excel. Построены графики, которые отображают динамику среднегодовой температуры за 30 лет, с использованием многочлена аппроксимации третьего порядка был определен общий тренд в росте температуры за прошедшие десятилетия. Кроме того, были построены графики теоретической нормальной плотности распределения и нормальной функции распределения температуры, а также внутригодового распределения температуры за тот же пери-



од с целью проверки статистических гипотез на предмет корректности использования данных для анализа изменения температуры в разные климатические эпохи. Была рассчитана относительная погрешность среднегодовых температур и произведена проверка нормального распределения этих температур с помощью критерия Пирсона. Затем была определена вероятность отклонения эмпирических частот попадания в интервалы от теоретических частот.

Результаты исследования и их обсуждение

Статистический анализ изменения среднегодовой температуры и распределения среднемесячных ее значений в годовом ходе за период с 1961 по 1990 г. выполнен с использованием многолетнего ряда наблюдений Метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона. Проведен анализ роста средних значений температуры как внутри года, так и в целом за исследуемые периоды климатических эпох.

На первом этапе рассчитаны значения среднегодовых температур воздуха за 1961–1990 гг. и определен многочлен аппроксимации третьего порядка (линейный тренд) (рис. 1).

В изучаемый период температура приземного слоя воздуха, превышающая отметки 0°C и 5°C, наблюдалась в течение семи месяцев, больше 10°C – пяти месяцев. Значение среднегодовой температуры за 30 лет с 1961 по 1990 г. составляет 5,2°C. Многочлен аппроксимации третьего порядка был построен для более точного отображения линии тренда и в данном случае указывает на рост температурного фона для данного региона на 0,9°C, что подтверждает общую тенденцию к росту температуры воздуха [8].

Осреднение по температурам трех и пяти смежных лет (скользящая средняя величина) ис-

пользуется для сглаживания временных рядов и выявления долгосрочных тенденций изменения климата. Это позволяет устранить краткосрочные колебания и шумы в данных, чтобы выделить более общую картину изменения климата на протяжении длительного периода.

Для более детального анализа осредненных данных, помимо графического анализа изменения среднегодовой температуры, линейного тренда и многочленов аппроксимации, был проведен расчет относительной погрешности данных многолетней среднегодовой температуры. Для этого были посчитаны вспомогательные средние годовые температуры, выполнена смещенная и несмещенная оценка коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда, рассчитаны средние и случайные квадратические отклонения, а также коэффициент вариации.

Следующим этапом является проверка ряда на достаточную продолжительность путем расчета относительной погрешности многолетней среднегодовой температуры [9]:

$$\epsilon = \frac{\Delta T_S}{T_S} \cdot 100 = 4.59,$$

где ΔT_S – случайные среднеквадратические погрешности выборочных средних значений, T_S – вспомогательные значения среднегодовой температуры.

Так как значение не превышает 10%, можно считать, что период наблюдений за среднегодовыми температурами наблюдаемого периода с 1961 по 1990 г. достаточен для формирования закона распределения [9].

По уравнению Гаусса [10, с. 8–32] выполнено построение теоретической нормальной плотности распределения среднегодовых температур (рис. 2).

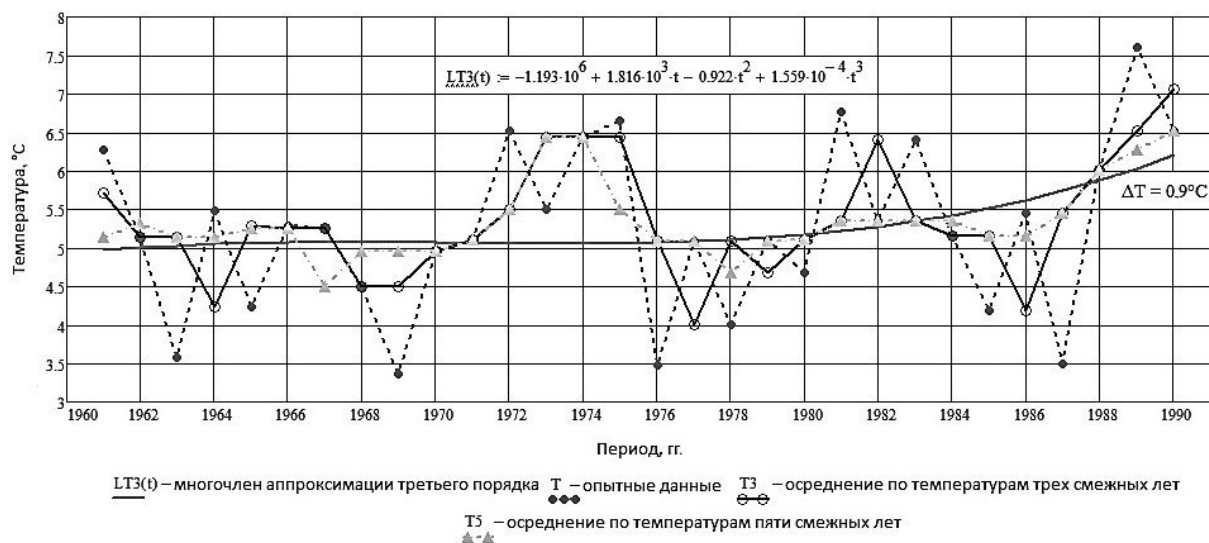


Рис. 1. Среднегодовые температуры за период с 1961 по 1990 г.

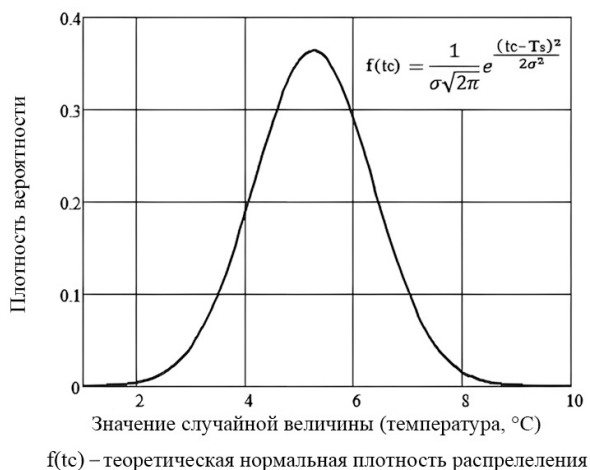


Рис. 2. Теоретическая нормальная плотность распределения среднегодовых температур за период с 1961 по 1990 г.

Теоретическая плотность распределения среднегодовых температур используется для описания вероятностных характеристик показателя температуры, позволяет оценить вероятность появления определенных значений среднегодовых температур и использовать эту информацию для принятия решений в различных областях, зависящих от климата, а также дает возможность оценить вероятность возникновения экстремальных температурных условий, что может быть важно для планирования сельскохозяйственных работ или разработки мер по адаптации к изменению климата. На основании полученной теоретической плотности распределения основное количество значений случайных температур находится в пределах 60% с ярко выраженными максимальными значениями плотности вероятности от 0.3, что говорит о нормальности распределения показателей.

На основе проведенной оценки на предмет достаточности продолжительности временного ряда наблюдений за температурой [11] была построена нормальная функция распределения и эмпирические данные среднегодовых температур, представленные на рис. 3.

Нормальная функция распределения среднегодовых температур используется для описания вероятностной структуры данных и проверки гипотезы. Функция часто применяется в статистическом анализе полученной информации, так как многие естественные явления описываются нормальным распределением. Следовательно, применительно к ним можно использовать статистические методы, основанные на указанной функции, для анализа и принятия решений на их основе.

Приведенный график позволяет оценить вероятность того, что среднегодовая температура будет находиться в определенном диапазоне значений. Он также позволяет подтвердить гипотезу о нормальности распределения данных.

Это важно, так как многие статистические методы предполагают нормальное распределение данных, иначе могут потребоваться альтернативные методы анализа.

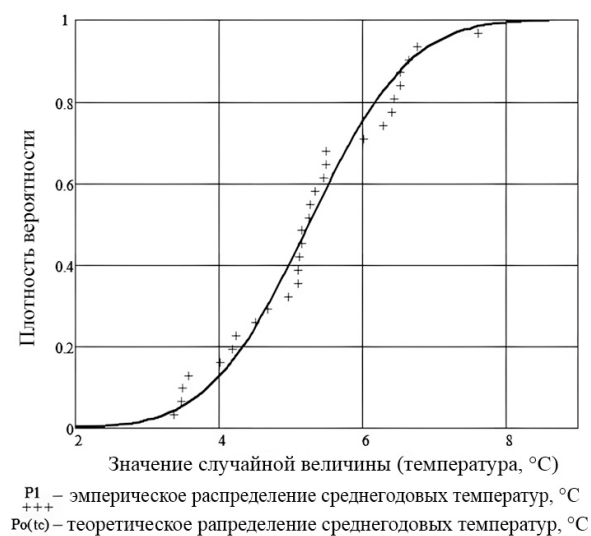


Рис. 3. Нормальная функция распределения и эмпирические данные среднегодовых температур за период с 1961 по 1990 г.

Критерием Пирсона была проверена гипотеза о нормальном распределении среднегодовых температур [12]:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^4 \frac{(Nh_j - Nt_j)^2}{Nt_j} = 0.76,$$

где Nh_j – наблюдаемое количество элементов в группе, Nt_j – ожидаемое количество элементов (средние годовые температуры).

Далее была найдена величина вероятности отклонения эмпирических частот попадания в интервалы от теоретических частот по формуле распределения [12]:

$$pk = 1 - \text{pchisq}(\chi^2, 3) = 0.85,$$

где pchisq – функция распределения и число степеней (в данном случае), χ^2 – значение, заданное в уравнении.

Полученное значение pk представляет вероятность отклонения эмпирических частот от теоретических и является индикатором того, что сдвиг произошел в результате закономерных факторов. Данные отклонения могут являться свидетельством увеличивающегося влияния глобального потепления на климат.

Заключение

Результаты исследования показали, что в Московском регионе происходят значимые изменения в годовом распределении температур, которые могут быть связаны как с естественными климатическими факторами, так и с антропогенным воздействием на климатическую систему.



Особенностью проведенных обсерваторий длительных наблюдений в течение исследуемого 30-летнего периода стал существенный рост среднегодовых показателей температуры воздуха на фоне общего сокращения продолжительности холодного сезона. Рост температур за рассматриваемый период существенно выше средних значений в среднем по земному шару. Особенно стоит отметить ускоряющийся устойчивый характер потепления за последние три десятилетия (1961–1990 гг.) – на 0.9 °С. Однако необходимо учитывать, что фактор «городского острова тепла» вносит свои коррективы в данную динамику и требует дальнейших исследований на предмет установления связей между застройкой и температурным фоном в пределах обсерватории. Помимо этого стоит отметить, что в условиях смены климатических эпох с изменением средних показателей температуры экстремальные отметки могут быть уже в пределах новой климатической нормы.

Библиографический список

1. Моисейчик В. А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. Л. : Гидрометеоздат, 1975. 295 с.
2. Галушин Д. А., Громов С. А., Авдеев С. М. Межгодовая динамика химического состава и кислотности атмосферных осадков на территории приморского края на период с 2011 по 2020 г. // Успехи современного естествознания. 2022. № 3. С. 42–48. <https://doi.org/10.17513/use.37790>, EDN: APQSGG
3. Быстров А. А., Белолубцев А. И., Игонин В. Н. Влияние современных агрометеорологических условий на перезимовку озимой тритикале в условиях полевой станции РГАУ – МСХА // Вестник Удмуртского университета. Серия : Биология. Науки о Земле. 2022. Т. 32, вып. 4. С. 460–467. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2022-32-4-460-467>, EDN: XINCYD
4. Быстров А. А., Кузнецов И. А., Охлопков И. А., Спирин Ю. А. Основные агрометеорологические параметры 2021 года и их анализ по многолетним данным обсерватории имени В. А. Михельсона // Аграрная наука – 2022 : материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года / ред. В. И. Трухачев, А. В. Шитикова. М. : РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. С. 1459–1463. EDN: JARFKB
5. Белолубцев А. И., Дронова Е. А., Асауляк И. Ф. Сценарии воздействия изменений климата на сельское хозяйство // Естественные и технические науки. 2018. № 6. С. 77–82. EDN: UUGHKQ
6. Охлопков И. А., Быстров А. А., Спирин Ю. А., Кузнецов И. А. Анализ состояния посевов на опытных полях РГАУ – МСХА на основе данных спутникового зондирования // Аграрная наука – 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года / ред. В. И. Трухачев, А. В. Шитикова. М. : РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. С. 1522–1525. EDN: WCMBBM
7. Белолубцев А. И., Асауляк И. Ф. Агроклиматическое обеспечение продукционных процессов сельскохозяйственных культур в условиях центрального района Нечерноземной зоны // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 66–84. EDN: RCLYUF
8. Перевертин К. А., Белолубцев А. И., Дронова Е. А., Асауляк И. Ф., Кузнецов И. А., Мазиров М. А., Васильев Т. А. Влияние режима снежного покрова на агрономические риски развития розовой снежной плесени // Лёд и Снег. 2022. Т. 62, № 1. С. 75–80. <https://doi.org/10.31857/S2076673422010117>, EDN: DROIVL
9. Ларионов А. Н., Чернышёв В. В., Ларионова Н. Н. Погрешности измерения физических величин : учеб. пособие для вузов / ред. И. Г. Валькинина. Воронеж : Воронежский государственный университет, 2009. 29 с. EDN: HGZJDX
10. Чеботарев А. М. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику для физиков : учеб. пособие. М. : МФТИ, 2009. 247 с. EDN: QJVKDP
11. Харламова В. И. Теория вероятностей и математическая статистика. Первичная обработка статистических данных : практ. пособие для студентов ун-та. Гомель : Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, 2009. 112 с.
12. Стариченко Б. Е. Обработка и представление данных педагогических исследований с помощью компьютера : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург : УрГПУ, 2004. 218 с. EDN: XGNZMF

Поступила в редакцию 04.04.2024; одобрена после рецензирования 17.05.2024;
принята к публикации 08.08.2024; опубликована 30.09.2024

The article was submitted 04.04.2024; approved after reviewing 17.05.2024;
accepted for publication 08.08.2024; published 30.09.2024



ГЕОЛОГИЯ

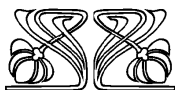
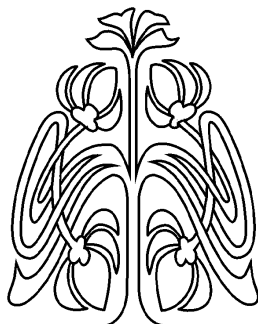
Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 172–183

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 172–183

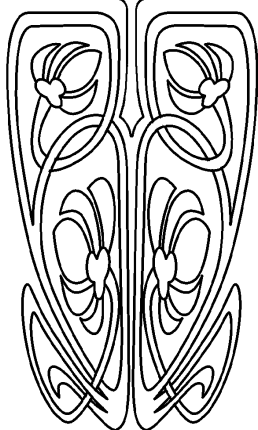
<https://geo.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-172-183>, EDN: MERWJG

Научная статья

УДК 550.832:622.24.001



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**



Оценка рисков реактивации разломов при бурении горизонтальной скважины по результатам одномерного геомеханического моделирования

Д. И. Хасанов, М. А. Лоншаков✉

Казанский федеральный университет, Россия, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Хасанов Дамир Ирекович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геофизики и геоинформационных технологий, damir.khassanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8168-3848>

Лоншаков Марат Андреевич, аспирант кафедры геофизики и геоинформационных технологий, maratlonsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0439-7514>

Аннотация. Рассмотрены основные факторы, влияющие на устойчивость разломов, а также понятия критически напряженного состояния разлома и критического порового давления. Проведен анализ методик, применяемых для оценки напряженно-деформированного состояния горных пород в приразломных зонах при активном истощении залежи, нагнетании флюидов в продуктивные коллекторы, бурении скважин. Построены одномерные геомеханические модели основного ствола и боковых стволов горизонтальной скважины N по типу фишбон. Проведена оценка устойчивости разломов при использовании критерия разрушения Мора – Кулона по данным пластовых и околоскважинных напряжений, рассчитанных по уравнениям Кирша. Установлены оптимальные диапазоны плотности бурового раствора для каждого ствола скважины N с учётом рисков реактивации разломов. Сформированы основные рекомендации при бурении интервалов, сложенных неустойчивыми глинистыми породами.

Ключевые слова: стабильность разлома, критерий разрушения Мора – Кулона, реактивация разлома, одномерная геомеханическая модель, устойчивость скважины, безопасное окно плотности бурового раствора

Для цитирования: Хасанов Д. И., Лоншаков М. А. Оценка рисков реактивации разломов при бурении горизонтальной скважины по результатам одномерного геомеханического моделирования // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 172–183. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-172-183>, EDN: MERWJG

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

Article

Evaluation of fault reactivation risks during drilling of the horizontal well using results of one-dimensional geomechanical modeling

D. I. Khassanov, M. A. Lonshakov✉

Kazan Federal University, 18 Kremlyovskaya St., Kazan 420008, Russia

Damir I. Khassanov, damir.khassanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8168-3848>

Marat A. Lonshakov, maratlonsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0439-7514>



Abstract. The article presents main factors affecting the fault stability. Concepts of critically stressed faults and critical pore pressure are discussed. The methodologies for evaluation of stressed-deformed state of rocks in the vicinity of fault zones during reservoir depletion and injection, well drilling are analyzed. 1D geomechanical models of fishbone sidetracks and main borehole of the well N are constructed. The fault stability evaluation is made using Mohr – Coulomb failure criterion from data of in situ stresses and near-wellbore stresses calculated from Kirsch wellbore solution. Optimal mud weight ranges are determined for safe drilling of fishbone boreholes accounting fault reactivation risks. Basic recommendations for optimal drilling through the interval of unstable shales are made.

Keywords: fault stability, Mohr – Coulomb failure criterion, fault reactivation, 1D geomechanical model, wellbore stability, safe mud weight window

For citation: Khassanov D. I., Lonshakov M. A. Evaluation of fault reactivation risks during drilling of the horizontal well using results of one-dimensional geomechanical modeling. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 172–183 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-172-183>, EDN: MERWJG

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

Введение

Актуальность рассматриваемой проблемы заключается в том, что бурение скважин через разломную зону при определенных условиях может привести к реактивации пересекаемых разломов и, как следствие, к осложнениям, характеризующимся полной или частичной потерей циркуляции бурового раствора.

Цель данной работы заключается в определении безопасного окна плотности раствора при бурении основного ствола и боковых стволов горизонтальной скважины N по типу фишбон, вскрывающей продуктивный горизонт *Horizon2*, с учётом рисков активации пересекаемых разломов.

Устойчивость разлома обусловлена влиянием нескольких основных факторов: направления максимального главного напряжения, величины эффективного минимального главного напряжения, пространственной ориентации плоскости скольжения горных пород в поле локальных напряжений, коэффициента трения разлома [1, 2].

Смещение горных пород по поверхности разрыва или реактивация разлома происходит в том случае, когда максимальное касательное напряжение, действующее в плоскости разлома, превышает предел прочности горных пород на сдвиг [3]. Согласно М. Hubbert [4], устойчивость разлома, ориентированного параллельно промежуточному главному напряжению σ_2 (двухмерный случай), определяется соотношением между нормальным напряжением σ_n и касательным напряжением τ , рассматриваемыми относительно плоскости скольжения (рис. 1) [5].

Расчёт устойчивости разлома может быть проведен при использовании критерия разрушения Мора – Кулона [3]:

$$\begin{aligned}\tau_{slip} &= c_{fault} + (\sigma_n - p) \tan \varphi_{fault} = \\ &= c_{fault} + \mu_{fault} (\sigma_n - p),\end{aligned}\quad (1)$$

где τ_{slip} – критическое напряжение сдвига, при котором происходит смещение горных пород по поверхности разрыва; φ_{fault} – угол трения разлома; c_{fault} – когезия разлома (как правило, принимается равной 0 для разломов); σ_n –

нормальное напряжение, действующее перпендикулярно плоскости разлома; p – поровое давление горных пород в окрестности плоскости скольжения; $\sigma_n - p$ – эффективное нормальное напряжение; μ_{fault} – коэффициент трения разлома (определяется свойствами смещенных горных пород).

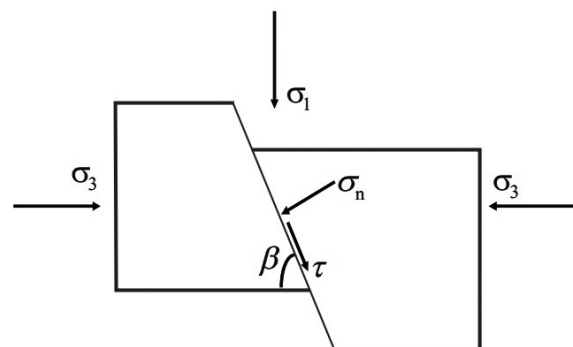


Рис. 1. Действие нормального напряжения σ_n и касательного напряжения τ относительно плоскости разлома, ориентированной параллельно промежуточному главному напряжению σ_2 . Минимальное σ_3 и максимальное σ_1 главные напряжения действуют на блоки горных пород [5]

Следует отметить, что представленный критерий разрушения Мора – Кулона зачастую применяется при анализе устойчивости разломов, встречаемых в залежах (от англ. faults within the reservoir) или на границах залежи (от англ. faults bounding the reservoir) [6]. Вероятность реактивации разлома на практике оценивается при использовании функции разрушения Кулона CFF [6]:

$$\begin{aligned}CFF &= \tau - (\mu \cdot \sigma_n + C) = \tau - \mu \cdot \sigma_n = \\ &= \tau - \mu (S_n - P_p),\end{aligned}\quad (2)$$

где P_p – поровое давление горных пород в окрестности разлома; C – когезия; τ – сдвиговое (касательное) напряжение; μ – коэффициент трения разлома (определяется свойствами смещенных горных пород); S_n – нормальное напряжение; σ_n – эффективное нормальное напряжение.

Если сопротивление сдвигу $\mu \sigma_n$ превышает касательное напряжение τ , то разлом стабилен. При равенстве касательного напряжения τ

и сопротивления сдвига $\mu\sigma_n$ разлом переходит в критически напряженное состояние, при котором начинается проскальзывание горных пород по плоскости разрыва. Значение функции разрушения CFF в момент реактивации разлома равно 0. Значение порового давления при CFF= 0 называется критическим поровым давлением P_{crit} и определяется уравнением [6]

$$P_{crit} = S_n - \frac{\tau}{\mu}. \quad (3)$$

При решении практических задач по исследованию устойчивости разломов критерий разрушения Мора – Кулона может быть представлен графически в виде кругов Мора на графике зависимости напряжения сдвига от (эффективного) нормального напряжения. Критически напряженное состояние разлома достигается в точке пересечения касательной разрушения и круга Мора (рис. 2) [7].

Анализ устойчивости разломов представлен в многочисленных научных работах по изучению напряженно-деформированного состояния горных пород в околоразломных зонах при активном истощении продуктивных пластов [8–11] и закачке флюида в коллекторы через систему нагнетательных скважин [12–16]. Гораздо меньше исследований посвящено изучению стабильности разломов в процессе бурения скважин [17–20].

Как отмечено в работах [6, 8–11], уменьшение порового давления при активном истощении залежи приводит к изменению напряжений в пластовых условиях. В контексте теории пороупругости в изотропной, пористой

и упругой залежи, неограниченной по простиранию, изменения эффективного вертикального напряжения $\Delta\sigma'_v$, эффективного минимального горизонтального напряжения $\Delta\sigma'_h$ и эффективного максимального горизонтального напряжения $\Delta\sigma'_H$ с уменьшением пластового давления Δp описываются уравнениями [11]:

$$\Delta\sigma'_v = -\alpha\Delta p, \quad (4)$$

$$\Delta\sigma'_h = \Delta\sigma'_H = (\gamma_h - \alpha)\Delta p = -\alpha\Delta p \frac{\nu}{1-\nu}, \quad (5)$$

где α – коэффициент Био, изменяющийся в диапазоне от 0 до 1; Δp – изменение порового давления при истощении залежи (отрицательное значение); γ_h – траектория изменения минимального горизонтального напряжения, варьирующаяся в диапазоне от 0 до α ; ν – коэффициент Пуассона.

Следует отметить, что для упрощения расчетов в рамках теории пороупругости увеличение эффективного минимального горизонтального напряжения $\Delta\sigma'_h$ принимается равным увеличению эффективного максимального горизонтального напряжения $\Delta\sigma'_H$. Очевидно, что изменение эффективного вертикального напряжения $\Delta\sigma'_v$ не может превышать величину падения порового давления Δp [11].

Учитывая, что коэффициент Пуассона ν для большинства горных пород варьируется в диапазоне от 0.05 до 0.45 [21] и коэффициент Био α не может быть больше 1 [10], изменение эффективного минимального горизонтального напряжения $\Delta\sigma'_h$ не превышает значения $0.82\Delta p$. Таким образом, при значениях коэффициента Био $0 < \alpha \leq 1$

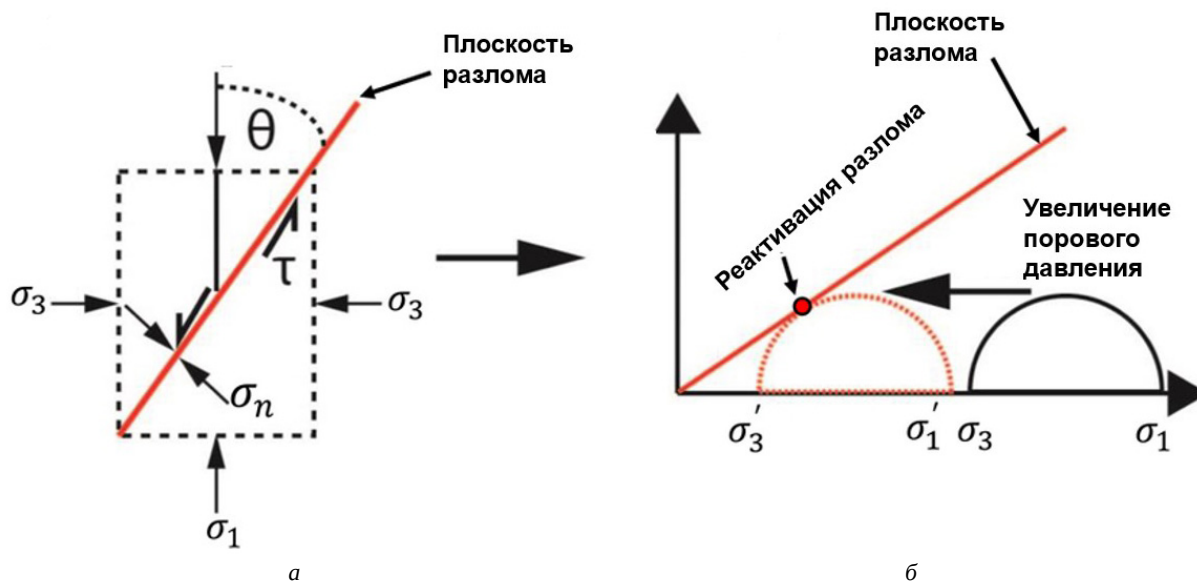


Рис. 2. Критерий разрушения Мора – Кулона для критически напряженного разлома [7]. Эффективные главные напряжения σ_1 и σ_3 действуют на блоки горных пород (а). Увеличение порового давления приводит к уменьшению эффективных напряжений от σ_3 и σ_1 до σ'_3 и σ'_1 соответственно. Разлом переходит в критически напряженное состояние в точке пересечения смещенного круга Мора и касательной разрушения (б) (цвет онлайн)



величина $\Delta\sigma'_v$ превышает $\Delta\sigma'_h$, что подтверждается результатами исследований, представленных в работе Т. Donham с соавторами с использованием кругов Мора [22].

Оценка рисков реактивации разломов проводится при секвестрации углекислого газа CO_2 в геологических формациях [12, 13] и нагнетании флюидов в продуктивные пласты-коллекторы для поддержания порового давления в процессе добычи углеводородов [14, 15]. Повышение порового давления в окрестности разлома при закачке газа или жидкости приводит к уменьшению эффективного нормального напряжения σ_n и сопротивления сдвига $\mu\sigma_n$ (см. формулу (2)). Следовательно, увеличивается риск смещения горных пород под действием касательного напряжения τ . Давление закачки флюида, при котором разлом остается стабильным, ограни-

чивается максимальным давлением нагнетания флюида в пласт или критическим поровым давлением P_{crit} [13], при котором разлом переходит в нестабильное состояние.

Изменение эффективных напряжений в процессе нагнетания флюида можно представить с помощью кругов Мора (рис. 3) [23]. Как показано на рис. 3, увеличение порового давления ΔP_p приводит к уменьшению эффективных главных напряжений на величину $\alpha\Delta P_p$ (где α – коэффициент Био), т. е. к смещению круга Мора влево. Минимальное, промежуточное и максимальное эффективные напряжения, уменьшенные на $\alpha\Delta P_p$, обозначены как σ'_1 , σ'_2 , σ'_3 соответственно.

Построение предбуровых моделей устойчивости ствола скважины для прогноза безопасного окна плотности бурового раствора позволяет

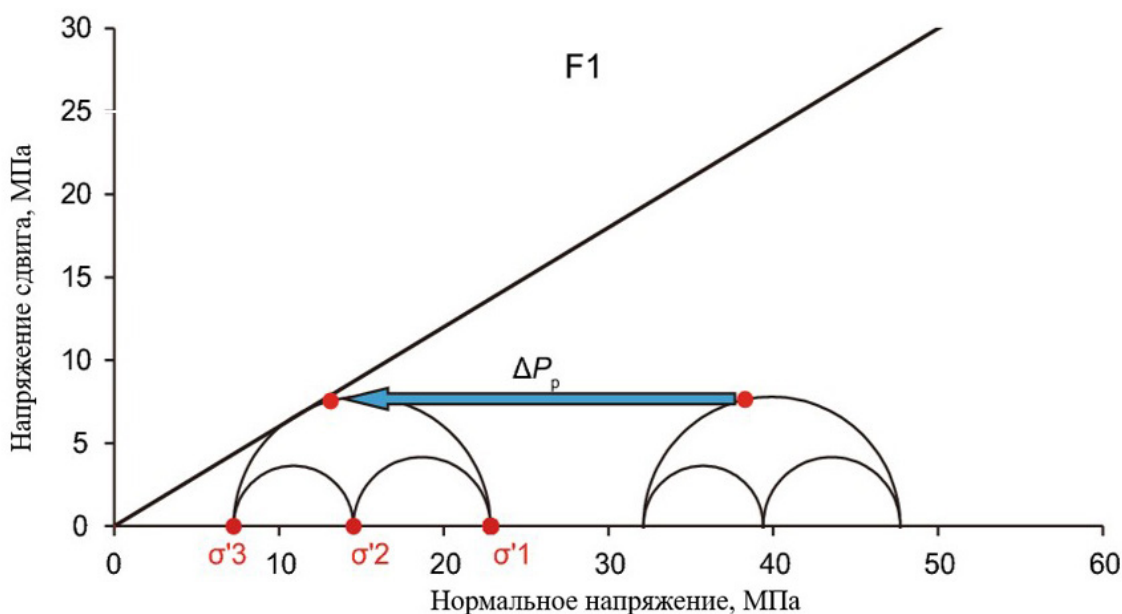


Рис. 3. Смещение круга Мора, построенного для разлома F1, влево при увеличении порового давления на $\Delta P_p = 24.9$ МПа [23] (цвет онлайн)

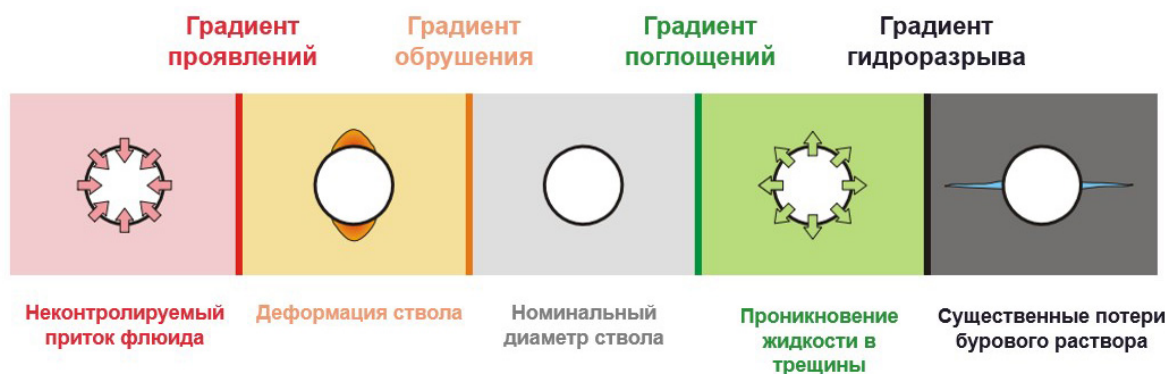


Рис. 4. Общая концепция окна плотности бурового раствора, определяемого градиентом проявлений пластового флюида (градиентом порового давления), градиентом обрушения ствола скважины, градиентом поглощения бурового раствора и градиентом гидроразрыва пласта [28] (цвет онлайн)



существенно сократить время и затраты на бурение [24–27]. Окно устойчивости скважины определяется градиентом пластового давления, градиентом вывалообразования, градиентами поглощения и гидроразрыва (рис. 4) [28, 29].

Согласно классической концепции, оптимальная плотность бурового раствора варьируется в диапазоне от градиента вывалообразования (нижняя граница) до градиента поглощения (верхняя граница), равного градиенту минимальному горизонтальному напряжению (см. рис. 4) [30].

Если плотность бурового раствора меньше градиента вывалообразования, но больше градиента порового давления, происходит обрушение стенок скважины. При плотности бурового раствора, превышающей градиент минимального горизонтального напряжения, может произойти поглощение бурового раствора в естественные трещины.

В работах [18, 19] показано, что при определенных условиях бурение скважины через разломную зону может привести к реактивации разлома, как следствие, к активному поглощению бурового раствора. Предполагается, что бурение скважины сопровождается локальным увеличением порового давления горных пород в приразломной зоне. Под действием повышенного порового давления через систему трещин и поровых каналов происходит миграция флюида из окружающих горных пород в разлом. В какой-то момент времени увеличение порового давления в разломе приведет к нарушению равновесия, т. е. к смещению горных пород по плоскости разрыва. Разлом становится активным и проницаемым, вследствие чего буровой раствор поступает в разлом.

Как было отмечено ранее, поглощения бурового раствора проявляются в случае, если плотность бурового раствора превышает градиент минимального горизонтального напряжения (см. рис. 4). Однако при определенном соотношении факторов (ориентации плоскости скольжения, напряженно-деформированного состояния горных пород, порового давления, геометрии разрыва) реактивация разлома может произойти в том случае, когда плотность бурового раствора не достигает градиента поглощения [18].

Таким образом, верхний предел безопасного окна плотности бурового раствора в интервале пересечения скважины и разлома может быть ограничен не градиентом минимального горизонтального напряжения, а плотностью промывочной жидкости, при которой происходит смещение горных пород по разлому. Предельно допустимая плотность раствора может быть пересчитана в давление, известное как критическое поровое давление.

Объект исследования

Объектом исследования является целевая горизонтальная скважина N по типу фишбон, пробуренная в продуктивном горизонте *Horizon2* нефтегазоконденсатного месторождения и пересекающая несколько глубинных разломов. Проектные траектории основного ствола и боковых стволов горизонтальной скважины представлены на рис. 5.

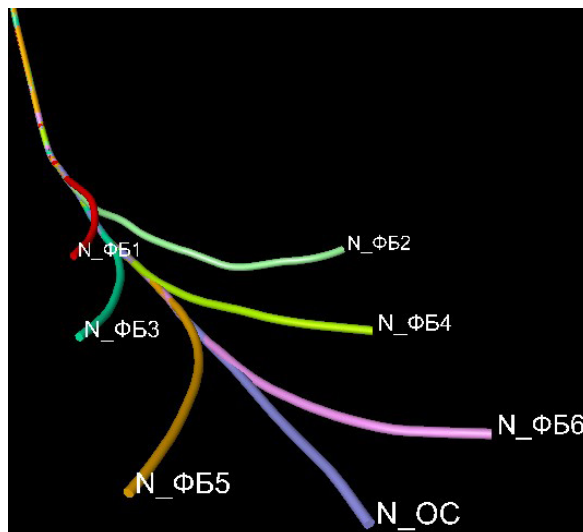


Рис. 5. Проектные траектории боковых стволов и основного ствола горизонтальной скважины N (цвет онлайн)

Бурение данной скважины проводится при помощи роторно-управляемых систем с каротажем в процессе бурения. Элементы проектной конструкции скважины представлены в табл. 1.

Таблица 1

Элементы проектной конструкции скважины N

Название обсадной колонны	Диаметр, мм	Проектная глубина, м
Направление	530	70
Кондуктор	245	1004
Эксплуатационная колонна	178	2198

В рамках данного месторождения были выделены следующие продуктивные горизонты: *Horizon1*, *Horizon2*, *Horizon3*.

Отложения горизонта *Horizon1* представлены переслаивающимися песчаниками, аргиллитами и гравелитами. Общая толщина горизонта плавно увеличивается от 25 до 90 м с северо-запада на юго-восток.

Горизонт *Horizon2* является одним из основных объектов разведки. Нижняя часть горизонта толщиной 40–60 м сложена чередованием кварцевых песчаников и песчанистых аргиллитов.

Горизонт *Horizon3* сложен практически чистыми кварцевыми и полевошпатово-кварцевыми песчаниками.



Методика

Методика оценки устойчивости разломов на основе критерия разрушения Мора – Кулона была программно реализована в виде двух Python-скриптов.

Применение *первого* Python-скрипта позволяет анализировать напряженное-деформированное состояние горных пород, не нарушенных бурением, т. е. в пластовых условиях. В данной модификации Python-скрипта не учитываются траектории скважин, плотности применяемого бурового раствора, изменение напряжений в окрестности скважины.

К основным входным параметрам, необходимым для проведения расчёта стабильности разлома, относятся:

- вертикальное напряжение,
- минимальное напряжение,
- максимальное напряжение,
- поровое давление,
- угол внутреннего трения,
- азимут минимального горизонтального напряжения.

Следует отметить, что в данной модификации поровое давление принимается равным давлению в скважине. Дополнительно на вход Python-скрипта подается поверхность анализируемого разлома.

Перечисленные параметры можно подать на вход рассматриваемого Python-скрипта в виде кривых траекторий скважин. Далее значения напряжений, порового давления и угла внутреннего трения переносятся с кривых на ячейки разлома по глубине TVDSS для расчёта следующих выходных атрибутов:

- критическое поровое давление – поровое давление, при котором разлом переходит в активное состояние;
- приращение критического порового давления – разница между критическим поровым давлением и текущим поровым давлением;
- активность разлома – принимает значение 1 (разлом активен) или 0 (разлом неактивен).

Анализ выходных атрибутов позволяет сделать вывод об активности разлома. Фрагмент разлома считается активным, если значения атрибута «приращение критического порового давления» в рассматриваемых узлах меньше нуля, а значения атрибута «активность разлома» в тех же узлах равны 1. Следует отметить, что смежные области поверхности разлома могут характеризоваться разной степенью стабильности (к примеру, северная часть разлома активна, южная часть неактивна).

В интервале пересечения целевой скважины и разлома давление, создаваемое промывочной жидкостью в процессе циркуляции, сопоставляется с рассчитанным ранее критическим поровым давлением. Если давление, вызванное

циркуляцией бурового раствора, превышает критическое поровое давление, то происходит реактивация разлома.

Применение *второго* Python-скрипта позволяет проводить расчёт активности разломов с учётом изменения околоскважинных напряжений относительно главных напряжений в процессе бурения, другими словами, учитывать влияние скважины на изменение напряженного деформированного состояния горных пород.

Для работы с данным Python-скриптом необходимо подготовить два входных набора данных. Первый набор данных содержит параметры, представленные в виде кривых рассматриваемой скважины:

- вертикальное напряжение,
- минимальное напряжение,
- максимальное напряжение,
- поровое давление,
- угол внутреннего трения,
- коэффициент Пуассона,
- азимут и зенитный угол скважины.

В данном случае давление в скважине и поровое давление рассматриваются отдельно. Оценка активности разлома может быть проведена при разных значениях давления в скважине, задаваемых пользователем (к примеру, при значениях критического порового давления). Очевидно, что давление в скважине может быть пересчитано в эквивалентную циркуляционную плотность бурового раствора (ЭЦП). Таким образом, Python-скрипт с учётом уравнений Кирша позволяет оценить активность разлома при давлении, создаваемым промывочной жидкостью в процессе бурения.

Второй набор данных содержит параметры анализируемого разлома (угол падения и азимут падения), которые могут быть определены путём переноса значений с соответствующих атрибутов поверхности разрыва (угла падения и азимута падения) на траекторию рассматриваемой скважины. Важно отметить, что значения указанных параметров переносятся с атрибутов в определенную точку траектории, соответствующую пересечению с исследуемым разломом.

В отличие от *первого* Python-скрипта (без учёта уравнений Кирша), в котором значения напряжений и порового давления переносятся непосредственно на поверхность разлома с кривых скважин или с кубов свойств, в Python-скрипте с учётом уравнений Кирша применяются значения кривых напряжений, порового давления, угла внутреннего трения и коэффициента Пуассона с глубины MD, которая наиболее приближена к отметке глубины MD датасета с параметрами разлома (соответствующая глубине точки пересечения скважины и разлома).

Кривые региональных напряжений входного датасета преобразуются в радиальное, тангенциальное и осевое напряжения на стенках скважины. Напряжения ближней зоны вокруг



ствола скважины отличны от главных напряжений по причине перераспределения сдвиговых напряжений в процессе бурения [10].

Алгоритм выполнения основных расчётов

В данной работе можно выделить несколько основных этапов.

На первом этапе были построены предбуровые 1D модели устойчивости основного ствола и боковых стволов горизонтальной скважины N по кривым упруго-прочностных свойств, перенесенным с опорной вертикальной скважины X, согласно общепринятому алгоритму, используемому в работах [31–33]. Вертикальное напряжение было установлено интегрированием экстраполированной кривой плотности. Кривые порового давления для каждого ствола скважины были рассчитаны по минимальным градиентам пластового давления (в песчаниках) и максимальным градиентам пластового давления (в глинах). Минимальное и максимальное горизонтальные напряжения определяются в приближении порупругой модели [10].

На втором этапе был проведен анализ стабильности разломов валидационной выборки при использовании вышеописанных Python-скриптов. Результаты определения стабильности разломов были сопоставлены с поглощениями бурового раствора, зафиксированными в скважинах X026, X113ST, X126ST, X127G, X056, X041ST, X163, для оценки качества применяемой методики.

На третьем этапе был проведен анализ стабильности разломов N1_grid и N2_grid, пересекаемых боковыми стволами горизонтальной скважины N.

Результаты

Результаты определения безопасного окна буримости для проектных траекторий боковых

стволов горизонтальной скважины N в интервалах ниже точек срезки представлены в табл. 2. Пример модели устойчивости основного ствола горизонтальной скважины N представлен на рис. 6. Согласно вышеописанной концепции, окно буримости определяется градиентами флюидопроявления (кривая CMW_KICK), вывалообразования (кривая CMW_MIN_MC), поглощения бурового раствора (кривая CMW_LOSS) и гидро разрыва (кривая CMW_MAX).

Кривые CMW_KICK1, CMW_MIN_MC1, CMW_LOSS1, CMW_MAX1 были установлены по градиентам порового давления для песчаников (см. первый трек кривых на рис. 6), кривые CMW_KICK2, CMW_MIN_MC2, CMW_LOSS2, CMW_MAX2 – по градиентам порового давления для глин (см. второй трек кривых на рис. 6).

Как было отмечено ранее, безопасное окно плотности бурового раствора ограничено нижним и верхним пределами. В данном случае нижний предел определяется градиентом обрушения ствола скважины, верхний предел – градиентом поглощения промывочной жидкости. Плотность бурового раствора, соответствующая нижнему пределу и равная максимальному градиенту обрушения в рассматриваемом интервале, называется статической MW. Плотность промывочной жидкости, соответствующая верхнему пределу и равная минимальному градиенту поглощения бурового раствора в целевом интервале – динамической или эквивалентной циркуляционной ECD.

Прогнозные зоны обрушений стенок скважины и поглощений бурового раствора, представленные на рис. 6, были установлены путём попарного сравнения градиента вывалообразования CMW_MIN_MC2 и статической плотности бурового раствора MW2, градиента поглощения бурового раствора CMW_LOSS2 и динамической плотности раствора ECD2.

Предсказанные зоны с повышенным риском обвалообразования приурочены к интервалам, в которых разница между значениями кривых

Таблица 2

Результаты определения безопасного окна плотности бурового раствора, варьирующегося в диапазоне от статической плотности MW до динамической плотности ECD, для прогнозных траекторий боковых стволов горизонтальной скважины N в интервалах ниже точек срезки

Ствол скважины N	Интервал глубин MD ниже точек срезки, м		Окно буримости № 1, г/см ³		Окно буримости № 2, г/см ³		Глубина срезки MD, м
	от	до	MW1	ECD1	MW2	ECD2	
N_ФБ1	2305	2813	1.02	1.46	1.02	1.5	2305
N_ФБ2	2377	3303	1.02	1.46	1.02	1.5	2377
N_ФБ3	2668	3180	1.09	1.29	1.12	1.34	2377
N_ФБ4	2898	3250	1.09	1.29	1.11	1.34	2668
N_ФБ5	3085	3550	1.09	1.29	1.11	1.34	2898
N_ФБ6	3277	3800	1.09	1.29	1.11	1.34	3085

Примечание. MW1 и ECD1 – пределы плотности бурового раствора, ограничивающие безопасное окно буримости № 1; MW2 и ECD2 – пределы плотности бурового раствора, ограничивающие безопасное окно буримости № 2.

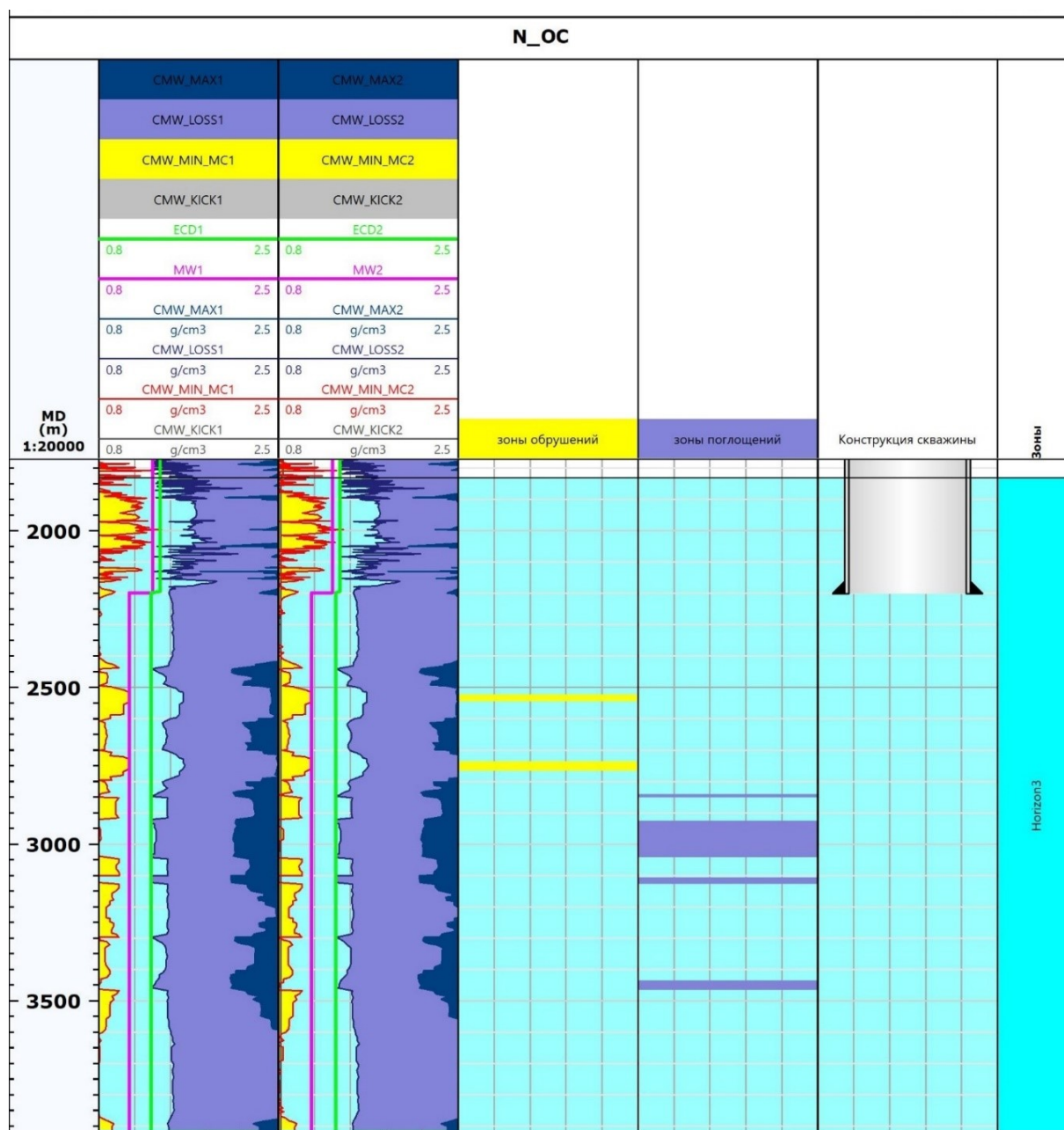


Рис. 6. Модель устойчивости траектории основного ствола N_OC, рассчитанная по градиентам порового давления для песчаников (трек кривых № 1) и глин (трек кривых № 2). Прогнозные зоны обрушений и поглощений бурового раствора представлены на треках № 3 и № 4 соответственно. Диаметр эксплуатационной колонны на крайнем треке равен 178 мм (цвет онлайн)

CMW_MIN_MC2 и MW2 меньше 5% от значения кривой CMW_MIN_MC2. Зоны с повышенным риском поглощения бурового раствора связаны с интервалами, в которых разница между значениями кривых CMW_LOSS2 и ECD2 меньше 5% от значения кривой CMW_LOSS2.

Построенные одномерные геомеханические модели позволяют сделать вывод о неустойчивости глинистых пород, склонных к вывалобразованию, в интервале глубин от 1790 до

2201 м основного ствола N_OC. Бурение данного интервала следует проводить при повышенной плотности бурового раствора в пределах от 1.31 до 1.38 г/см³ (см. рис. 6). Во избежание обвалов глинистых пород при подъеме и спуске буровой колонны необходимо перекрыть пробуренный интервал обсадной колонной.

Согласно предоставленной конструкции скважины, глубина спуска эксплуатационной колонны совпадает с нижней отметкой рас-



смаатриваемого интервала неустойчивых пород, тем самым минимизируется риск разрушения ствола скважины. Оптимальная плотность бурового раствора для бурения основного ствола скважины в интервале ниже башмака эксплуатационной колонны варьируется в пределах от 1.09 до 1.3 г/см³.

Окна буримости № 1, рассчитанные для боковых стволов горизонтальной скважины N (см. табл. 2), характеризуются меньшей разницей между верхним и нижним пределами по сравнению с окнами буримости № 2. По этой причине окна буримости № 1 будут использованы в качестве конечных рекомендованных диапазонов плотности промывочной жидкости для безопасного бурения стволов скважины N ниже точек срезки.

Проведенные расчёты активности разломов валидационной выборки (табл. 3) используются для оценки достоверности результатов, получаемых при использовании Python-скрипта без учёта уравнений Кирша. Установленное значение критического порового давления сопоставляется с давлением, создаваемым раствором в процессе бурения скважины в точке пересечения траектории и разлома. Значение давления в скважине было установлено путём пересчета из эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора. Разлом принимается активным, если давление, создаваемое раствором во время циркуляции, превышает критическое поровое давление. В противном случае разлом может считаться стабильным (см. столбец «Активность разлома» в табл. 3).

Предсказанное состояние разломов должно быть сопоставлено с фактическими данными. Поглощения бурового раствора, зафиксированные в скважинах X026, X113ST, X126ST, X127G в интервалах пересечения с разрывными нарушениями, предположительно, связаны с реактивацией разломов. Активность разлома, определенная при сопоставлении давления, вызванного

циркуляцией бурового раствора и критического порового давления, принимается достоверной, если в скважине, пересекающей разлом, были зафиксированы поглощения бурового раствора. Прогнозная устойчивость разлома должна быть подтверждена отсутствием поглощений бурового раствора.

Согласно табл. 3, совпадение прогнозной активности разлома (столбец «Активность разлома») и фактических поглощений (столбец «Поглощения бурового раствора») наблюдается для разломов X026_f, X126_2127_f, X126_f. Оценка стабильности разломов X041_f и X162_f подтверждается отсутствием поглощений промывочной жидкости в скважинах X041ST и X163. Итого, совпадение прогнозных и фактических данных достигается в 6 из 9 случаев (см. табл. 3). Другими словами, по итогам выполнения Python-скрипта без учёта уравнений Кирша результат оценки стабильности разлома принимается достоверным с вероятностью 67%.

Дополнительно разломы валидационной сборки были проанализированы при использовании Python-скрипта с учётом уравнений Кирша. В качестве входных значений давления в скважине применяются критические поровые давления активных разломов, представленные в табл. 3. Проведенные расчёты с учётом уравнений Кирша подтверждают реактивацию рассматриваемых разломов при достижении критических давлений.

Значения критического порового давления и предельно допустимой плотности бурового раствора, установленные в интервалах пересечения траекторий стволов скважины N с разломами N1_grid и N2_grid, представлены в табл. 4, 5.

Следует отметить, что разлом N1_grid пересекается основным стволом N_OC скважины на глубине MD = 2194.71 м до точек срезки боковых стволов скважины, представленных в табл. 2. Согласно табл. 4, предельно допустимая плотность промывочной жидкости в интервале бу-

Таблица 3

Сопоставление прогнозной активности разломов с фактическими данными поглощений

№ п/п	Пересечение разлома и траектории		Критическое поровое давление, МПа	Давление, создаваемое буровым раствором в процессе бурения, МПа	Активность разлома	Поглощения бурового раствора
	траектория	разлом				
1	X026	X026_f	26.29	27.62	Активный	Да
2	X113ST	X113_f	35.04	31.15	Неактивный	Да
3	X126ST	X126_2127_f	25.47	29.045	Активный	Да
4	X127G	X126_2127_f	23.26	29.42	Активный	Да
5	X126ST	X126_f	28.87	29.05	Активный	Да
6	X127G	X126_f	31.07	29.42	Неактивный	Да
7	X041ST	X041_f	27.21	24.51	Неактивный	Нет
8	X056	X056_f	24.71	28.96	Активный	Нет
9	X163	X162_f	25.19	24.55	Неактивный	Нет



Таблица 4

Значения критического порового давления и предельно допустимой плотности бурового раствора в интервале пересечения основного ствола горизонтальной скважины N с разломом N_1 grid

№ п/п	Пересечение разлома и траектории		Глубина TVD траектории в интервале пересечения, м	Критическое поровое давление, МПа	Предельно допустимая плотность бурового раствора, г/см ³
	траектория	разлом			
1	N_ОС	N1_grid	1660.55	23.11	1.42
2	N_ФБ1				
3	N_ФБ2				
4	N_ФБ3				
5	N_ФБ4				
6	N_ФБ5				
7	N_ФБ6				

Таблица 5

Значения критического порового давления и предельно допустимой плотности бурового раствора в интервале пересечения стволов горизонтальных скважины N с разломом N2_grid

№ п/п	Пересечение разлома и траектории		Глубина TVD траектории в интервале пересечения, м	Критическое поровое давление, МПа	Предельно допустимая плотность бурового раствора, г/см ³
	траектория	разлом			
1	N_ОС	N2_grid	1668.29	25.98	1.58
22	N_ФБ1		1665.52	27.19	1.66
33	N_ФБ2		1660.25	27.51	1.68
44	N_ФБ3		1668.17	26.23	1.6
65	N_ФБ4		1667.79	26.23	1.6
66	N_ФБ5		1668.29	25.98	1.58
77	N_ФБ6		1668.29	25.98	1.58

рения основного ствола через разлом N1_grid равна 1.42 г/см³. Как было отмечено ранее, верхний предел безопасного окна плотности раствора ECD для неустойчивого интервала глинистых пород от 1790 до 2201 м равен 1.38 г/см³. Следовательно, при соблюдении рекомендаций для безопасного бурения риск реактивации разлома N1_grid минимальный.

Предельно допустимые плотности промывочной жидкости при бурении боковых стволов скважины N через разлом N2_grid (см. табл. 5) превышают значения эквивалентной циркуляционной плотности ECD окна буримости № 1 (см. табл. 2). Аналогично при бурении основного ствола N_ОС через разлом N2_grid установленная предельная плотность, равная 1.58 г/см³ (см. табл. 5), превышает верхний предел безопасного окна ниже башмака эксплуатационной колонны, равный 1.3 г/см³.

Заключение

В статье представлены основные параметры, влияющие на устойчивость разломов в пластовых условиях. Исследовано влияние порового давления на стабильность разломов при бурении скважин, активном истощении продуктивных пластов, закачке флюида в коллекторы через

систему нагнетательных скважин. Продемонстрированы классическая концепция безопасного окна плотности бурового раствора и методика оценки стабильности разломов, основанная на критерии разрушения Мора – Кулона. Рассмотрены понятия критического порового давления и предельно допустимой плотности бурового раствора при бурении через разломные зоны.

Построены предбуровые одномерные геомеханические модели основного ствола и боковых стволов горизонтальной скважины N по типу фишбон по данным упруго-прочностных свойств, перенесенных с вертикальной скважины X. Согласно предложенным рекомендациям, бурение неустойчивых глинистых пород в интервале от 1790 до 2201 м следует проводить при повышенной плотности бурового раствора, изменяющейся в диапазоне от 1.31 до 1.38 г/см³. Во избежание обвалообразования пород при спуско-подъемных операциях пробуренный интервал следует перекрыть обсадной колонной.

Безопасное окно плотности раствора при бурении основного ствола скважины в интервале ниже башмака эксплуатационной колонны варьируется в пределах от 1.09 до 1.3 г/см³. Рекомендованные значения плотности промывочной жидкости для безопасного бурения боковых



стволов N_ФБ1 и N_ФБ2 ниже точек срезки варьируются в пределах от 1.02 до 1.46 г/см³, для бурения боковых стволов N_ФБ3–N_ФБ7 – от 1.09 до 1.29 г/см³.

Проведена оценка качества применяемой методики для анализа устойчивости разломов. Поглощения бурового раствора, зафиксированные в интервалах пересечения скважин с разрывными разрушениями валидационной выборки, связаны с реактивацией пересекаемых разломов. Прогнозная активность разломов валидационной выборки, установленная при сопоставлении забойного давления и рассчитанного критического порового давления, принимается достоверной, если в скважине, пересекающей разлом, были зафиксированы интенсивные поглощения бурового раствора. Совпадение прогнозных и фактических данных наблюдается в 6 из 9 рассматриваемых случаев. Достоверность результатов оценки стабильности разломов, полученных при использовании Python-скрипта без учета уравнений Кирша, составляет 67%. Применение второго Python-скрипта с учётом уравнений Кирша позволяет подтвердить реактивацию разломов при достижении критических поровых давлений

Результаты анализа устойчивости пересекаемых разломов N1_grid и N2_grid позволяют сделать вывод о минимальных рисках реактивации разрывных нарушений при соблюдении рекомендованных значений плотности бурового раствора для безопасного бурения стволов скважины N.

Библиографический список

1. Giorgetti C., Tesei T., Scuderi M., Colletini C. Experimental insights into fault reactivation in gouge-filled fault zones // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2019. Vol. 124. P. 4189–4204. <https://doi.org/10.1029/2018JB016813>
2. Jaeger J. Shear failure of anisotropic rocks // *Geological Magazine*. 1960. Vol. 97. P. 65–72. <https://doi.org/10.1017/S0016756800061100>
3. Hawkes C. D., McLellan P. J., Zimmer U., Bachu S. Geomechanical Factors Affecting Geological Storage of CO₂ in Depleted Oil and Gas Reservoirs // *Journal of Canadian Petroleum Technology*. 2005. Vol. 44, № 10. 11 p. <https://doi.org/10.2118/05-10-05>
4. Hubbert M. K., Rubey W. W. Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting I. Mechanics of fluid-filled porous solids and its application to overthrust faulting // *Geological Society of America Bulletin*. 1959. Vol. 70. P. 115–166. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1959\)70\[115:ROFPIM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1959)70[115:ROFPIM]2.0.CO;2)
5. Chen Z., Deng J., Yu B., Zhang Y., Chen Z. Estimation of upper limit of pore pressure by fault stability analysis // *Journal of Geophysics and Engineering*. 2016. Vol. 13, № 3. P. 313–319. <https://doi.org/10.1088/1742-2132/13/3/313>
6. Zoback M. Reservoir Geomechanics. Cambridge University Press, 2007. 505 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511586477>
7. Jolie E., Scott S., Faulds J., Chambefort I., Axelsson G., Gutiérrez-Negrín L., Zemedkun M. Geological controls on geothermal resources for power generation // *Nature Reviews Earth & Environment*. 2021. Vol. 2, № 5. P. 324–339. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00154-y>
8. Behnoud far P., Ameri M., Orooji M. A novel approach to estimate the variations in stresses and fault state due to depletion of reservoirs // *Arabian Journal of Geosciences*. 2017. Vol. 10, № 18. 13 p. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3184-9>
9. Hetttema M., Schutjens P., Verboom B., Gussinklo H. Production-induced compaction of a sandstone reservoir: The strong influence of stress path // *SPE Reservoir Eval. & Eng.* 2000. Vol. 3, № 4. P. 342–347. <https://doi.org/10.2118/65410-PA>
10. Zhang J. Applied Petroleum Geomechanics. Gulf Professional Publishing, 2019. 518 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814814>
11. Platteeuw I. Initiation of Fault Reactivation: New Insights into the Effect of Differential Compaction. MSc Thesis. Delft University of Technology, 2018. 87 p.
12. Figueiredo B., Tsang C., Rutqvist J., Bensabat J., Niemi A. Coupled hydro-mechanical processes and fault reactivation induced by CO₂ injection in a three-layer storage formation // *International Journal of Greenhouse Gas Control*. 2015. Vol. 39. P. 432–448. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.06.008>
13. Rutqvist J., Birkholzer J., Cappa F., Tsang C. Estimating maximum sustainable injection pressure during geological sequestration of CO₂ using coupled fluid flow and geomechanical fault-slip analysis // *Energy Convers Manage.* 2007. Vol. 48, № 6. P. 1798–1807. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.01.021>
14. Abdideh M., Hammid Y. An evaluation of rock integrity and fault reactivation in the cap rock and reservoir rock due to pressure variations // *Iranian Journal of Oil & Gas Science and Technology*. 2019. Vol. 8, № 3. P. 18–39. <https://doi.org/10.22050/ijogst.2019.136347.1462>
15. Ezati M., Honarmand J., Ali Riahi M. Evaluation of Faults Reactivation Tenacity in One of the Low-Pressure SW Iranian Carbonate Reservoirs: An IOR Viewpoint // *Journal of Petroleum Science and Technology*. 2020. Vol. 10. P. 20–29. <https://doi.org/10.22078/jpst.2020.3825.1605>
16. Dubinya N. V. Spatial orientations of hydraulically conductive shear natural fractures for an arbitrary stress state: An analytical study of governing geomechanical factors // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2022. Vol. 212. 16 p. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2022.110288>
17. Павлов В. А., Кулешов В. С., Королев Д. О., Субботин М. Д., Морева В. А., Недомовный Б. Н., Павлюков Н. А. Практическое руководство по геомеханическому моделированию для решения задач разработки месторождений нефти и газа. Тюмень : ООО «Тюменский нефтяной научный центр», 2023. 440 с.
18. Fernandez-Ibanes F., Castillo C., Firth A., Courteney S. Assessing stability of reservoir bounding faults while drilling // *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Florence, 2010. 10 p. <https://doi.org/10.2118/132826-MS>



19. Frydman M., Holzberg B., Pastor J., Salies J., Pedrosa C. Reducing Fault Reactivation Risk on Deepwater Drilling // SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference. Argentina, 2017. 15 p. <https://doi.org/10.2118/185619-MS>
20. Atkinson C., Thiercelin M. Pressurization of a fractured wellbore // International Journal of Fracture. 1997. Vol. 83. P. 243–273. <https://doi.org/10.1023/A:1007364213515>
21. Gercek H. Poisson's ratio values for rocks // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2007. Vol. 44, № 1. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2006.04.011>
22. Dohmen T., Zhang J., Barker L., Blangy J. Microseismic magnitudes and b-values for delineating hydraulic fracturing and depletion // Society of Petroleum Engineers Journal. 2017. Vol. 22, № 5. P. 1624–1634. <https://doi.org/10.2118/186096-PA>
23. Taghipour M., Ghafoori M., Lashkaripour G. Estimation of the current stress field and fault reactivation analysis in the Asmari reservoir, SW Iran // Petroleum Science. 2019. Vol. 16. P. 513–526. <https://doi.org/10.1007/s12182-019-0331-9>
24. Bagheri H., Tanha A., Doulati Ardejani F. Geomechanical model and wellbore stability analysis utilizing acoustic impedance and reflection coefficient in a carbonate reservoir // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2021. Vol. 11. P. 3935–3961. <https://doi.org/10.1007/s13202-021-01291-2>
25. Inocencio P. Wellbore Stability and the Thermal Effects Analysis for a North Sea Exploration Well. Thesis submitted to Norwegian University of science and technology, 2015. 75 p.
26. Лукина Т. Ю., Потапов А. Г., Богданова О. Е., Потапов О. А. Геомеханическое моделирование месторождения сахалинского шельфа под задачи бурения скважин // Вести газовой науки. 2017. № 4 (32). С. 159–168. EDN: YSTJWB
27. Лукин С. В., Есупов С. В., Жуков В. В., Овчаренко Ю. В., Хомутов А. Ю., Шевчук Т. Н., Сусяков И. В. Расчет устойчивости ствола скважины для предотвращения осложнений в бурении // Нефтяное хозяйство. 2016. № 6. С. 70–73. EDN: WCLJTV
28. Le K., Rasiuli V. Determination of safe mud weight windows for drilling deviated wellbores: A case study in the North Perth Basin // WIT Transactions on Engineering Sciences, 2012. Vol. 81. P. 83–95. <https://doi.org/10.2495/PMR120081>
29. Лунатов А. В. Моделирование процесса ликвидации поглощений в скважинах вязкоупругими составами : дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2016. 100 с. EDN: ZQIMXF
30. Гараванд А., Ребецкий Ю. Л. Методы геомеханики и тектонофизики при решении проблем устойчивости нефтяных скважин в процессе бурения // Геофизические исследования. 2018. Т. 19, № 1. С. 159–168. <https://doi.org/10.21455/gr2018.1-5>, EDN: ZJVANH
31. Самойлов М. И., Совраненко А. Н., Морева В. А., Кулешов В. С., Павлюков Н. А., Куркин П. А. Подготовка библиотеки геомеханических свойств для оптимизации дизайнов ГРП на объектах АО «Самотлорнефтегаз» // Нефтяная провинция. 2023. № 4 (36). С. 101–112. <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.101-112>, EDN: FVXMFY
32. Юсупов Я. И., Заглядин Я. И., Солдатова А. И., Калмыков Г. А. Применение геомеханического моделирования для оптимизации траектории скважин при разработке Тутлеймско-Абалакского комплекса Краснотенского свода // Геофизика. 2024. № 1. С. 59–66. <https://doi.org/10.34926/geo.2024.15.91.007>, EDN: NMAHSD.
33. Лядова Н. А., Клыков П. И., Предеин А. А. Численное решение задач геомеханики // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2020. Т. 20, № 2. С. 226–236. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2020.2.3>, EDN: WSHRSZ

Поступила в редакцию 18.04.2024; одобрена после рецензирования 29.05.2024; принята к публикации 08.08.2024; опубликована 30.09.2024

The article was submitted 18.04.2024; approved after reviewing 29.05.2024; accepted for publication 08.08.2024; published 30.09.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 184–198

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 184–198

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-184-198>, EDN: REUSND

Научная статья

УДК 563.45(116.3:470.4)



Чухонастовка – опорный разрез туронских-нижнесантонских отложений Волго-Иловлинского междуречья (Волгоградское правобережье).

Статья 1. Описание разрезов

Е. М. Первушов¹✉, И. П. Рябов¹, Е. А. Калякин^{1,2}, Д. А. Шелепов¹, Е. И. Ильинский³

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

²ПАО «Подзембургаз», Россия, 141108, Московская область, г.о. Щёлково, г. Щёлково, ул. Буровая, д. 20

³ООО «СПЕЦПРОМСЕРВИС», Россия, 628483, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Когалым, ул. Центральная, зд. 8

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

Рябов Илья Павлович, кандидат геолого-минералогических наук, ассистент кафедры исторической геологии и палеонтологии, ryaboff.il@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1701-7605>

Калякин Евгений Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, ¹доцент кафедры исторической геологии и палеонтологии; ²мастер, eakalyakin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2976-7868>

Шелепов Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры петрологии и практической геологии, shelepov-dmitriy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3238-8532>

Ильинский Егор Игоревич, ведущий геолог, ilinskii1995@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5760-1454>

Аннотация. Представлено детальное биостратиграфическое расчленение и литологическая характеристика туронского-нижнесантонского интервала отложений в составленном разрезе Чухонастовка. Установлено присутствие отложений нижнего турона и необычное строение интервала пород, синхронных «губковому» горизонту нижнего сантона.

Ключевые слова: верхний мел, биостратиграфия, Ульяновско-Саратовский прогиб

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00091, <https://rscf.ru/project/22-17-00091/>.

Для цитирования: Первушов Е. М., Рябов И. П., Калякин Е. А., Шелепов Д. А., Ильинский Е. И. Чухонастовка – опорный разрез туронских-нижнесантонских отложений Волго-Иловлинского междуречья (Волгоградское правобережье). Статья 1. Описание разрезов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 184–198. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-184-198>, EDN: REUSND

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

Article

Chukhonastovka – the reference section of the Turonian-Lower Santonian from the Volga-Ilovlya interfluvium (the Volga right bank area near Volgograd). Paper 1. The section descriptions

Е. М. Pervushov¹✉, И. П. Ryabov¹, Е. А. Kalyakin^{1,2}, Д. А. Shelepov¹, Е. И. Ilyinsky³

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

²PSJC "Podzemburgaz", 20 Burovaya, Moscow region, Shcholkovo 141108, Russia

³LLC "SPETSPROMSERVICE", 8 Centralnaya, Tumen region, Kogalym 628483, Russia

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

Ilya P. Ryabov, ryaboff.il@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1701-7605>

Evgeny A. Kalyakin, eakalyakin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2976-7868>

Dmitry A. Shelepov, shelepov-dmitriy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3238-8532>

Egor I. Ilyinsky, ilinskii1995@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5760-1454>

Abstract. The paper presents detailed biostratigraphical division and lithological characteristics of the Turonian-Lower Santonian interval within the compiled Chukhonastovka section. The presence of the Lower Turonian deposits has been ascertained alongside with the unusual structure of the rock interval synchronous to the Lower Santonian "sponge" horizon.

© Первушов Е. М., Рябов И. П., Калякин Е. А., Шелепов Д. А., Ильинский Е. И., 2024



Keywords: Upper Cretaceous, biostratigraphy, Ulyanovsk-Saratov trough

Acknowledgments: The study was supported by the Russian Science Foundation, grant No. 22-17-00091, <https://rscf.ru/project/22-17-00091/>.

For citation: Pervushov E. M., Ryabov I. P., Kalyakin E. A., Shelepov D. A., Ilyinsky E. I. Chukhonastovka – the reference section of the Turonian-Lower Santonian from the Volga-Ilovlya interfluve (the Volga right bank area near Volgograd). Paper 1. The section descriptions. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 184–198 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-184-198>, EDN: REUSND

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

Введение

Тематические исследования по стратиграфии верхнемеловых образований Поволжья позволили определить разрезы, в которых впервые установлены породы нижнего турона (Озерки-2 [1, 2]) и наиболее полные пограничные интервалы пород коньяка-нижнего сантона (Каменный Брод [3], Коммунар [4, 5]). Комплексное изучение более двадцати разрезов позволило сопоставить туронские, коньякские и нижнесантонские отложения Ульяновско-Саратовского прогиба. Отмечено своеобразие развития юго-западного и северо-восточного сводов этого наложенного прогиба в туронское-раннесантонское время [6–9]. Различия в целостности стратиграфической последовательности детальных зональных подразделений с учетом структурной приуроченности и современного площадного распространения верхнемеловых отложений позволяет предполагать разные варианты продвижения морского бассейна и расселения представителей морской биоты на юго-востоке Восточноевропейской палеобиогеографической провинции [10, 11]. Предполагается, что в туронское-коньякское время морской бассейн проникал на территорию современного правобережного Поволжья по субмеридиональным прогибам, упираясь в приподнятые участки широтного простирания (Елшано-Сергеевский и Степновский валы) [1, 5]. Локальные депрессии западной части региона заполнялись морскими водами, которые проникали с восточной части региона, на территории которого, современного Заволжья, верхнемеловые отложения отсутствуют за редким исключением [5, 12].

Среди изученных разрезов туронских-нижнесантонских отложений Поволжья объекты в окрестностях с. Чухонастовка наиболее близко расположены к западной бортовой части Прикаспийской впадины. Рассматриваемый составной разрез отличается значительной стратиграфической полнотой и своеобразием литологического состава пород турона-нижнего сантона. Предварительные результаты изучения разреза Чухонастовка позволяют предполагать продвижение водных масс в Ольховскую депрессию в туронское-раннесантонское время с юго-восточного направления, из Прикаспийской впадины.

История изучения туронских-коньякских отложений Ольховской депрессии

Публикации по стратиграфии и палеонтологии туронских-сантонских отложений окрестностей с. Чухонастовка неизвестны. История изучения этого интервала отложений связана с выходами мел-мергельных пород по живописным обрывам правого берега р. Иловля, которые впервые отмечены в начале прошлого века [13–15]. Позже А. Н. Мазарович [16] посчитал нижнюю часть этого разреза, общей мощностью до 36–44 м, туронской, а верхнюю – коньякской, без обоснования критериев выделения ярусной границы. Е. В. Милановский [17] в кратком обзоре меловых пород правобережья р. Иловля указал руководящие формы для турона (*Inoceramus lamarcki* Parkinson) и коньяка (*Inoceramus* involutus Sowerby). В середине XX в. изучение верхнемеловых отложений Нижнего Поволжья обусловлено проведением геолого-съёмочных работ [18–24]. Породы турона-коньяка здесь традиционно рассматривались как единое геологическое тело. Палеонтологическая характеристика коньякских образований получена на основании редких находок *Inoceramus* involutus Sowerby и соотнесенного с ними комплекса фораминифер [25, 26]. Первые результаты изучения микрофауны показали возможность рассматривать в качестве коньякских породы, в которых исчезли достоверно туронские фораминиферы. По комплексу фораминифер, впервые для Нижнего Поволжья, было обосновано выделение коньяка в составе нижнего и верхнего подъярусов [27–30]. В. И. Барышникова выделила новый вид – *Stensioeina emscherica*, который рассматривался в качестве зональной формы нижнего коньяка [31–33].

В последующем биостратиграфическое изучение карбонатных пород турона-коньяка в основном основывалось на результатах изучения бентосных фораминифер, и обоснование выделения подошвы коньяка считалось возможным только на основании анализа комплексов микрофауны [34]. Крупномасштабные картировочные работы на Жирновско-Иловлинском своде, расположенном севернее Ольховской депрессии, позволили представить данные по мощности и вещественной характеристике пород банновской (турон) и вольской (коньяк) свит [35, 36]. Детальное биозональное расчленение карбонатных отложений, заключенных между се-



номанскими терригенными и сантонскими карбонатно-кремнистыми породами, получено при комплексном изучении разреза Каменный Брод (правый берег р. Иловля) [3]. В начале XXI в. внимание к изучению разрезов пород верхнего мела, установленных на Волго-Иловлинском междуречье, привлекали выходы сеноманских песков с целью выявления местонахождений тетрапод. С 2013 г. здесь выявляются и изучаются разрезы карбонатных пород турона, коньяка и сантона.

В стратиграфической схеме верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы интервал карбонатных образований между сеноманскими и нижнесантонскими породами определен как губкинский горизонт [37, 38]. На территории Правобережного Поволжья в структуре этого горизонта рассматриваются банновская (турон) [39], вольская (коньяк) и борисоглебская (турон-нижний сантон) свиты [4, 5]. С. И. и А. С. Застрожновыми совместно с В. Н. Беньямовским по результатам изучения выходов карбонатных пород по правому берегу р. Иловля, в окрестностях с. Захаровка, в 3,5 км южнее от изученного ранее авторами этой статьи разреза Каменный Брод [3], выделена захаровская серия [37].

Материал и методика

Разрез Чухонастовка составной, по серии обнажений и заброшенному карьере последовательно прослежены породы сеномана, турона, коньяка и нижнего сантона. Все эти объекты расположены в окрестностях с. Чухонастовка (Камышинский район Волгоградской области). Разрезы Чухонастовка-1, -2 и -5 (рис. 1) детально изучались, через 0,5 м проводился отбор микрофаунистических проб и сопряжено собирались макрофоссилии, из отдельных интервалов отобраны объемные пробы. Микрофаунистические исследования карбонатных пород Чухонастовки оказались эффективными при выделении и изучении мелкоразмерных макрофоссилий [40]. Рассмотрение выявленных комплексов бентосных фораминифер (БФ) позволило представить детальное, на уровне зон и подзон, расчленение этого разреза, обосновать выделение нижнетуронского интервала отложений и подошвы нижнесантонских пород [9, 41]. На основании анализа полученных микрофаунистических проб были установлены уровни концентрации и интервалы распространения иглокожих, замковых брахиопод, известковых губок и мшанок [39–44]. Рассмотрение разрезов Чухонастовка-3 (Сеноманское поле) и Чухонастовка-5 (Сахарные головы) позволило дополнить представления о строении и взаимоотношениях терригенных пород сеномана и нижних интервалов туронских мергелей, дополнить собрание фоссилий. Методика обработ-

ки микрофаунистических проб и представления изображений БФ и мелкоразмерных фоссилий представлены в [40].

Описание разреза, графика и определение кремневых губок выполнены Е. М. Первушовым, бентосные фораминиферы изучены И. П. Рябовым, иглокожие – Е. А. Калякиным, мшанки А. В. Коромысловой [43, 44] белемниты – В. Б. Сельцером [3, 6–8], брахиоподы – Е. И. Ильинским. Шлифы кремнисто-карбонатных образований нижнего сантона и их описание выполнено Д. А. Шелеповым. Шлифы онколотов изготовлены С. О. Андрушкевичем, а их фотографии получены Д. А. Шелеповым. В полевом опробовании разрезов Чухонастовка и сборе фоссилий участвовали Е. В. Попов, В. Б. Сельцер, Н. С. Романов и К. С. Полковой.

Структурное положение

По палеозойскому структурному плану территория, где расположены Чухонастовские разрезы, приурочена к южному окончанию Иловлино-Медведицкой вершины Доно-Медведицких дислокаций [45]. По отношению к каледонскому-нижнегерцинскому структурному ярусу рассматриваемый район находится в южной части обширного Нижневолжского прогиба и соотносится с Уметовской мульдой [46]. В правобережной части Волгоградской области верхнемеловой комплекс пород слагает юго-западный свод наложенного Ульяновско-Саратовского прогиба и Приволжскую моноклиаль. Своды непряженных субмеридиональных прогибов прослеживаются по картам изопакит туронских-коньякских образований в южной части Волгоградского правобережья [20]. Севернее, в средней части Доно-Медведицкого вала, свод юго-западного окончания Ульяновско-Саратовского прогиба представлен останком верхнемеловых пород [46] – Ольховской впадиной (мульдой). Разрез Каменный Брод расположен в центральной части этой структуры а разрезы Чухонастовка приурочены к ее восточному крылу. С коньякским временем связывается максимальная фаза формирования юго-западной части Ульяновско-Саратовского прогиба (Нижневолжского палеопрогиба) [3].

В современном структурном плане пространство верхнемеловых пород в районе сел Чухонастовка и Липовка можно рассматривать как обособленную часть северо-восточного крыла Ольховской впадины, наложенной на южное окончание Иловлино-Медведицкой вершины. В окрестностях с. Чухонастовка, севернее и восточнее села, выходы туронских-сантонских отложений ограничены Чухонастовким поднятием и системой субмеридиональных разломов Балыклейского грабена [45, 47–48]. Здесь, по подошве карбонатных пород турона, прослеживается их погружение в юго-западном

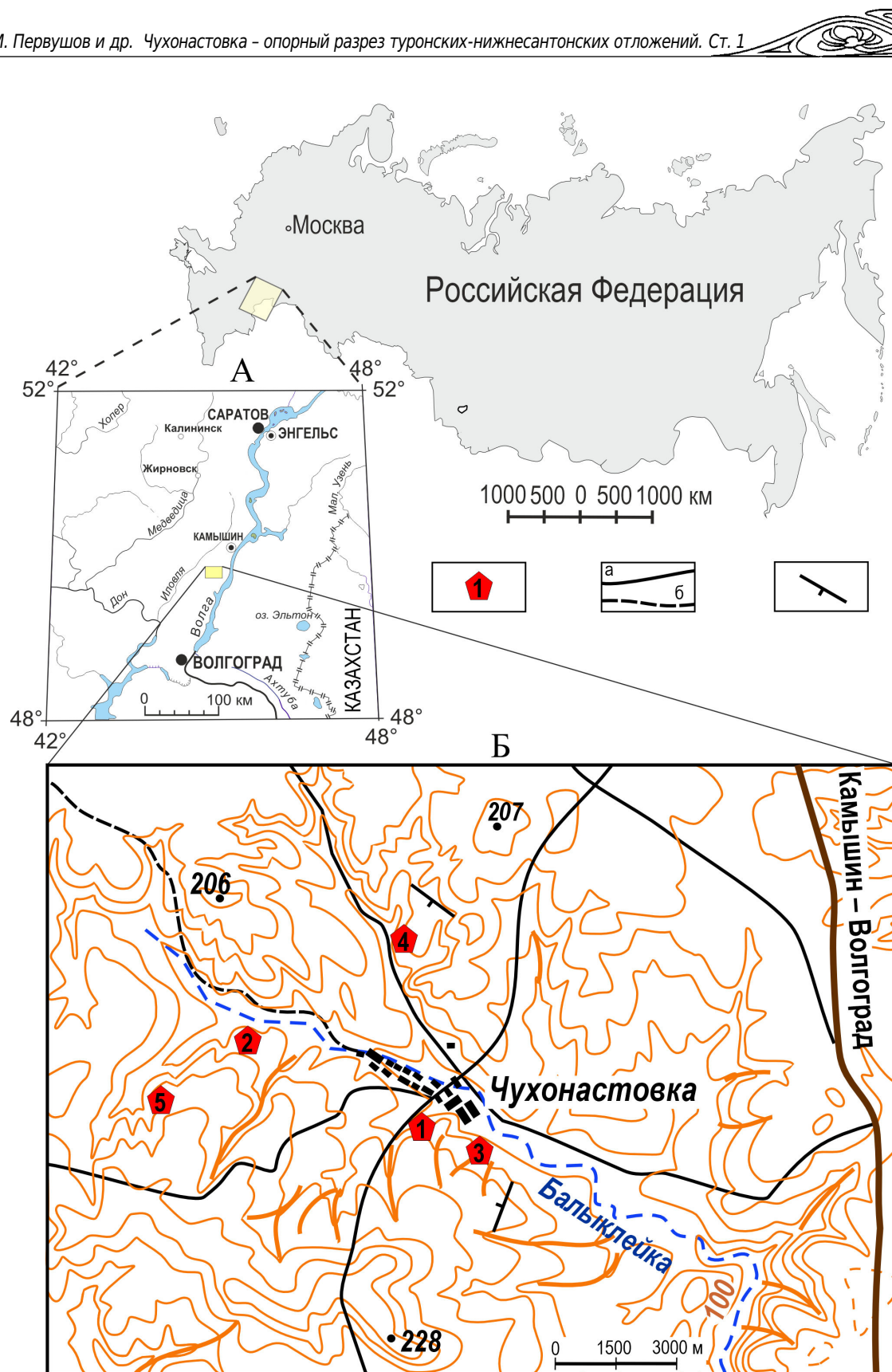


Рис. 1. Расположение разрезов в окрестностях с. Чухонастовка: А – регион исследований, Б – положение изученных местонахождений. Условные обозначения: – положение разрезов Чухонастовка-1 (Амфитеатр), Чухонастовка-2 (Карбонатный карьер), Чухонастовка-3 (Сеноманское поле), Чухонастовка-4 (Сахарные головы), Чухонастовка-5 (Сантонское плато); – инфраструктура: а – асфальтовые, б – грунтовые дороги; – направление погружения слоев верхнемеловых пород (цвет онлайн)



направлении (рис. 1). Поэтому в современном структурном плане не прослеживается переход туронских, коньякских и сантонских отложений Ольховской впадины, установленных в разрезах Каменный Брод [3] и Чухонастовка, к синхронным образованиям Прикаспийской впадины.

Описание разрезов

В окрестностях с. Чухонастовка выделено несколько доступных для изучения разрезов сеноманских, туронских, коньякских и нижне-сантонских отложений (см. рис. 1). С учетом геоморфологии этой территории и погружения коренных пород в юго-западном направлении в части обнажений (Чухонастовка-3 или Сеноманское поле) прослеживаются только пески и алевриты сеномана. Экзотические эрозионные останцы (Чухонастовка-4), образующие левый борт левого распадка р. Балыклейка, из-за их белых венцов, сложенных карбонатными породами турона, получили название Сахарные головы. Последовательно и наиболее полно интервал пород сеномана-нижнего сантона прослежен в разрезах Чухонастовка-1 (Амфитеатр), Чухонастовка-2 (Карбонатный карьер) и Чухонастовка-5 (Сантонское плато). Описание сводного разреза пород сеномана-нижнего сантона дано снизу вверх (рис. 2).

Чухонастовка-1. Крутой, в верхней части – вертикальный, циркообразный обрыв в правом борту меандры одного из распадков в долине р. Балыклейка. Высота обрыва 15–17 м и протяженность до 75–80 м, с востока и запада он ограничен эрозионными долинами позднелейстоценового возраста (рис. 3). Верхние интервалы разреза сложены карбонатными породами, а более протяженное основание образуют пески. 49°85'37.83"N, 45°19'06.60"E

K₂ s₂₋₃ 1. Песок глауконитово-кварцевый, желтый разных оттенков, ожелезненный. В верхней части прослеживаются несколько линзовидных уровней фосфоритовых включений. В 1.5 м ниже кровли распространен наиболее выдержанный второй сверху прослой. Фосфориты серо-коричневые песчаные, крупные и неокатанные, в том числе и веретенообразные окатыши по ходам декапод. В кровле порода пронизана ихнофоссилиями. Найдены мелкие зубы эласмобранхий, зубная пластина химеры *Elasmodus* sp. (определение Е. В. Попова). Мелкие скелеты губок сильно фосфатизированы, часто фрагментированы и со следами биозерозии. Находки губок-гексактинеллид позволяют предположить, что скопление фосфоритовых включений представляет собой базальное образование верхнего сеномана. Подобные спонгиокомплексы, совместно с руководящими формами позднесеноманских эласмобранхий, были выделены в разрезах стратотипической местности меловат-

ской свиты (сеноман) [38]. Видимая мощность – 7.5–8 м.

K₂ t₁ 2. Фосфоритовые окатыши и галька коричневатые, концентрация которых не выдержана по простиранию и они порой рассеяны в песке, кварцевом разнозернистом и рыхлом. Некоторые включения достигают размера 2–5 см, но они не образуют крупных агрегатов. Рыхлые интервалы породы подвержены десквамации и биозерозии, что привело к образованию ниши между подстилающим и перекрывающим плотными слоями, заметной на выветрелых участках стенки обрыва. Подошва неровная четкая. Предполагается, что подошва туронских пород залегает на подстилающих породах с угловым несогласием. Мощность 0.1–0.15 м.

K₂ t₁₋₂ 3. Мергель песчаный, серый и серо-желтый, неравномерно окрашенный гидроокислами железа по очагам концентрации и по многим ихнофоссилиям. В основании прослой плотной породы, мощностью до 0.15–0.2 м, которая перекрывается рыхлым желтоватым мергелем с обилием псаммитового материала, мощностью до 0.2–0.3 м. Выше мергель более однородный и плотный, без трещин, образующий вертикальную стенку. Для терригенных включений характерна градационная дифференциация – их количество и размеры сокращаются вверх по разрезу. Желваковые фосфориты нескольких генераций, разных размеров и состава: серые глинистые окатыши, коричневые песчаные, диаметром до 3–4 см, черные по фрагментам фоссилий и ихнофоссилий. Включения равномерно рассеяны и составляют тонкие скопления низкой степени концентрации, более сконцентрированные ближе к подошве. Много мелких створок устриц (*Monticulina* sp.), редки мелкие фрагменты призматического слоя тонких раковин иноцерамусов, зубы эласмобранхий и ростры белемнитов (*Praeactinocamax soehzensis* Machlin, *P. triangulus* Naidin). Скелеты губок, менее фосфатизированных и более крупных, толстостенных, чем сеноманские формы, разной степени сохранности рассеяны в нижней части слоя. Крупноразмерные формы окатаны и облеплены фосфатно-карбонатным цементом. Верх этого выделенного по литологическому составу слоя по комплексу бентосных фораминифер (обр. 1/4) отнесены к нижней части среднего турона (см. рис. 2). Мощность 1.3–1.5 м.

K₂ t₂ 4. Мергель мелоподобный светло-серый, монотонно окрашенный и однородный, тонко горизонтально слоистый, разбит частыми вертикальными и радиальными трещинами, которые явственно проявлены в верхах разреза. Трещиноватость в средней части слоя очаговая, с ней связана плитчатая и кубическая отдельность. Редки мелкие тонкие створки устриц. Подошва четкая линейная и приурочена к выдержанному тонкому прослою пелитового

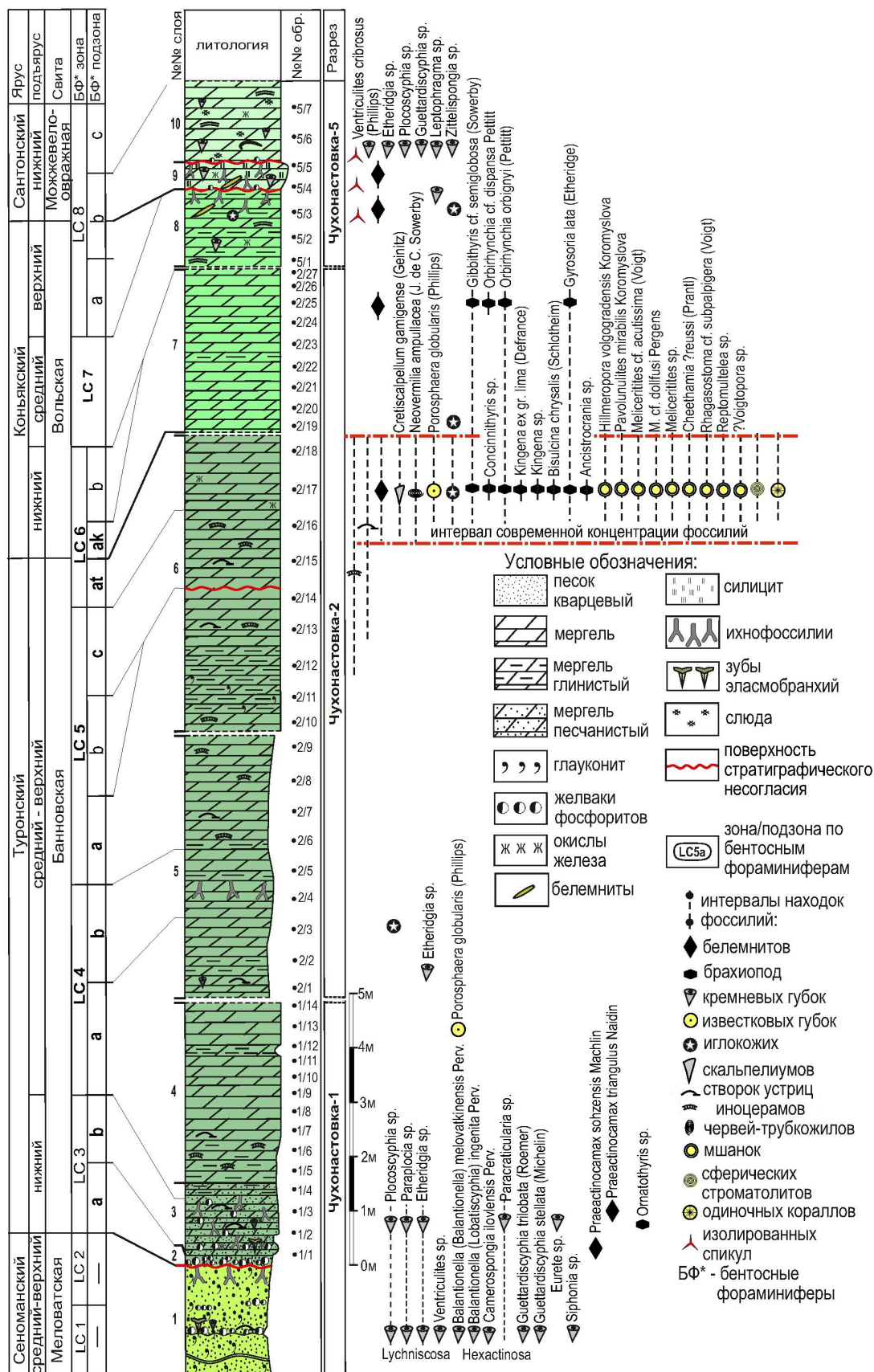


Рис. 2. Сводный разрез верхнемеловых отложений разрезов Чухонастовка-1, Чухонастовка-2 и Чухонастовка-5 и распределение беспозвоночных (цвет онлайн)

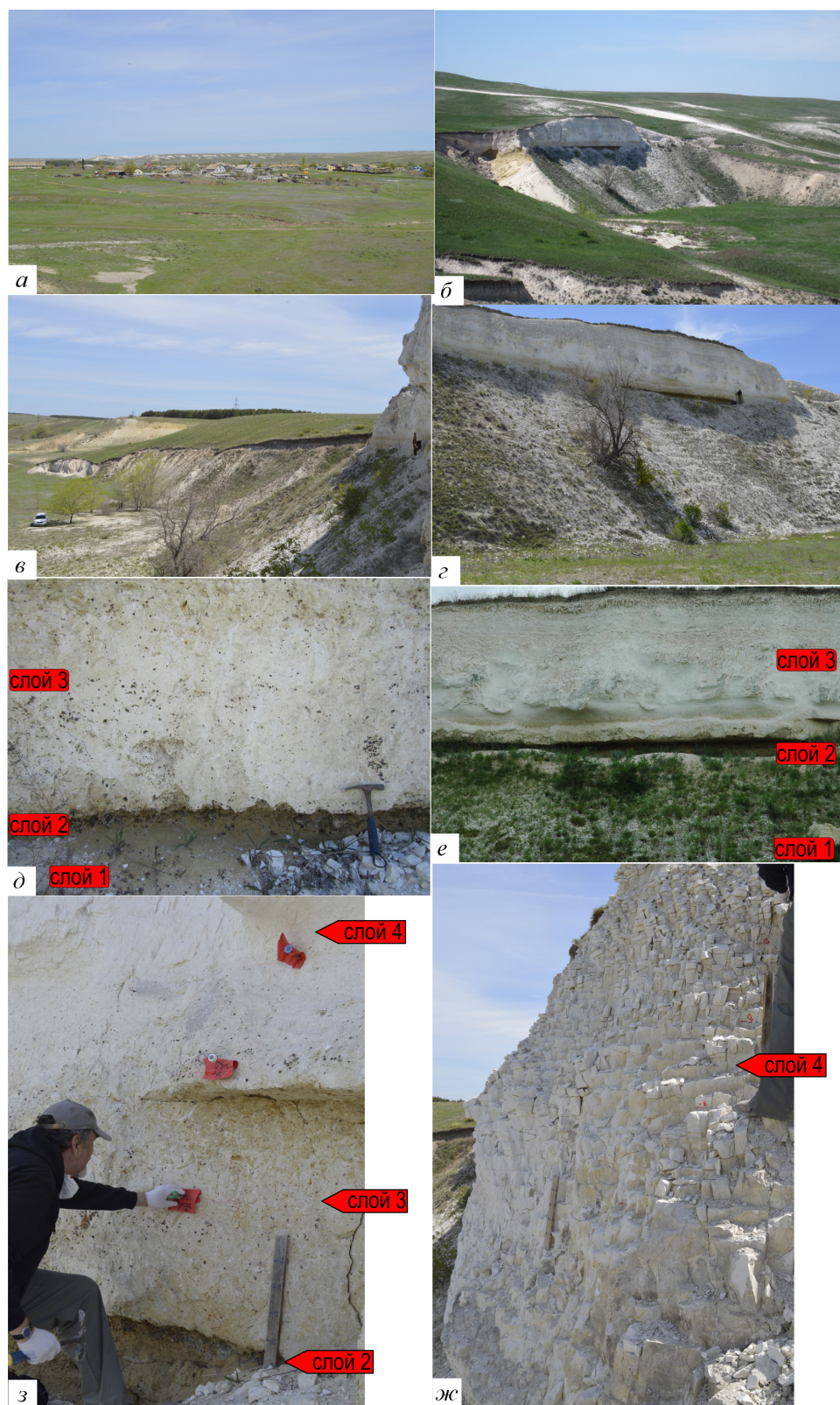


Рис. 3. Разрез Чухонастовка-1: а – вид на с. Чухонастовка и за ним – на разрезы Чухонастовка-4 (Сахарные головы); б – положение обрыва в правом борту долины р. Балыклейка; в – вид на разрезы сеноманских пород, расположенных восточнее; з – полный вид разреза; д – подошва туронских пород; е – предполагаемая гляциодислоцированность карбонатных пород; з – детальное строение нижней части туронских мергелей, интервал образцов № 1–4; жс – трещиноватые мергеля верхней части разреза, интервал образцов № 6–11. Авторы фотографий Е. В. Попов (б, д), Е. М. Первушов (цвет онлайн)

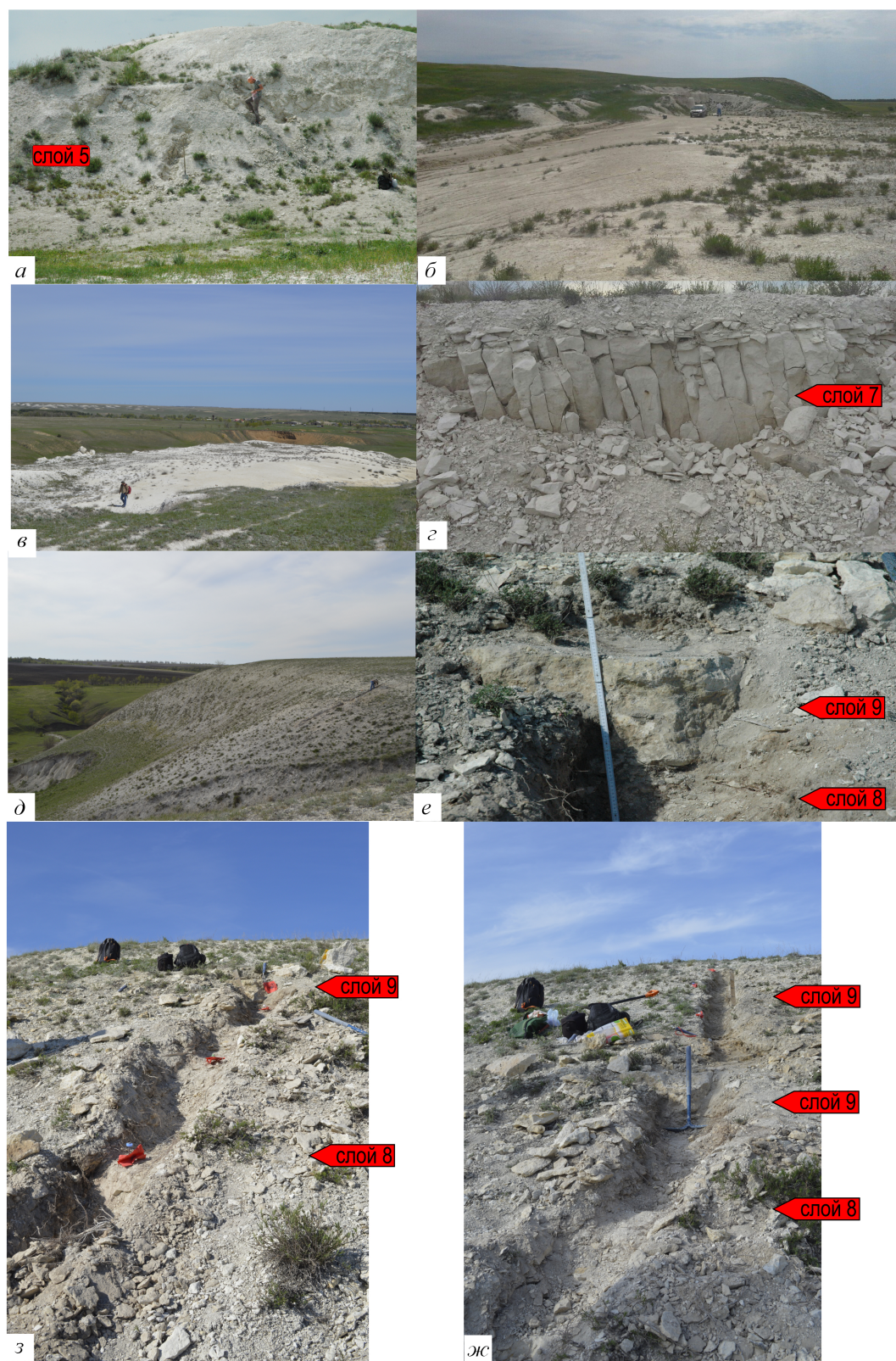


Рис. 4. Разрез Чухонастовка-2: а – нижняя часть карбонатного карьера; б – верхняя площадка, вид от села; в – верхняя площадка карьера, вид сверху, левый, противоположный борт оврага сложен верхнеплейстоценовыми суглинками; г – вертикальные трещины в мергелях, слагающих верхние интервалы разреза. Разрез Чухонастовка-5: д – общий вид разреза по правому борту оврага; е – детальное строение кремнистого мергеля, залегающего в основании пород сантона; з – вид нижней части расчистки склона; ж – расчистка пограничных интервалов пород среднего коньяка-нижнего сантона. Автор фотографий Е. М. Первушов (цвет онлайн)



материала, второй такой же прослой присут-
ствует и в нижней части слоя. Выше глини-
стого прослоя прослеживается горизонтальная
параллельная слоистость и почти отсутствуют
включения мелких фосфоритов. Выдержанный
прослой глиен темно-серого цвета прослежен
в верхней части разреза (обр. 1/12). Мощность
4.5–5.0 м.

Расстояние между разрезами Чухонастов-
ка-1 и Чухонастовка-2 около километра, они
разделены долиной склоновых оврагов и балок,
рассекающих правый борт р. Балыклейка.

Чухонастовка-2. Полузаброшенный карбо-
натный карьер на южной окраине села, при-
уроченный к водоразделу протяженного эрози-
онного останца, который с запада ограничен
глубоким оврагом (рис. 4, а–г). Нижняя сту-
пень карьера – это ямная разработка глубиной
до 5 метров. Верхняя ступень субплоская, дли-
ной до 100 м и шириной 20–25 м, в южной части
ограничена вертикальной стенкой выработки
и склоном эрозионного останца. По материалам
работ, которые велись на этом разрезе с 2014 го-
да, опубликованы предварительные результаты
изучения бентосных фораминифер [3, 9, 41]. Это
местонахождение необычно тем, что благодаря
термической и золотой десквамации карбонат-
ных пород на поверхности верхней ступени
карьера концентрируются относительно устой-
чивые к выветриванию элементы фоссилии
и их фрагменты. 49°85'32.06"N, 45°08'98.40"E.

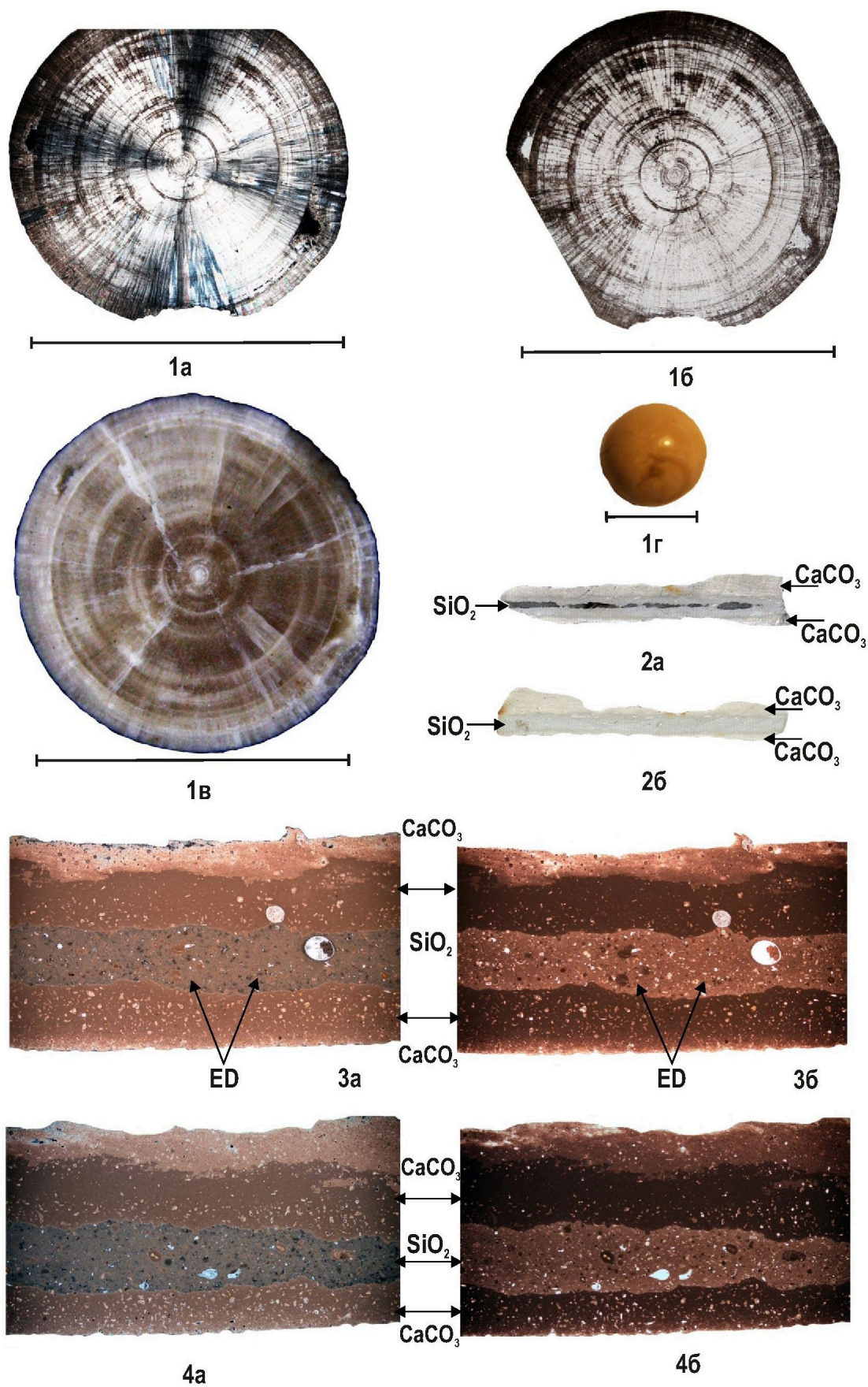
Нижний интервал разреза (рис. 4, а). К₂
t₂₋₃ 5. Мергель светло-серый, в нижней части спо-
радические пятна окислов железа желтого и ко-
ричнево-желтого цвета приурочены к вертикаль-
ным сегментам ихнофоссилий, тонкостенным
скелетам кремневых губок (*Plocoscyphia* sp.)
и створкам устриц. Порода плотная, с крупной
блоковой отдельностью. В 1 м выше видимой
подошвы найдены фрагменты крупного панци-
ря морского неправильного ежа. Еще выше,
в 1.5–2 м от подошвы, прослежено переслаи-
вание разностей мергеля: плотного светло-
серого и глинистого, рыхлого и тонкоплитчатого.
Мощность прослоев сопоставима, 0.15–0.2 м.
Установлено три прослоя глинистого мергеля,
переход между разностями мергелей постепен-
ный. Порода разбита вертикальными трещинами
разного простирания, формирующими столбча-
тую отдельность. На уровне обр. 2/5, в 2.5 м
выше основания слоя, равномерно рассеяны ред-
кие белые ихнофоссилии: овальные и округлые,
вертикальные, диаметром 0.3–0.5 см. Некоторые
ихнофоссилии в виде пастбищ – разветвленные
в одной плоскости ходы, выполненные серо-
желтым, коричневатым алевроитово-пелитовым
материалом. Рассеяны разно ориентированные
мелкие, размером до 3–5 см, фрагменты створок
иноцерамусов. В верхней части слоя встречены
тонкие створки устриц. Видимая мощность 4.5–
5 м.

Верхний интервал разреза. Продолжение
описания по расчисткам в центральной части ка-
рьера и по верхней его площадке (рис. 4, д–ж).

К₂ t₂₋₃ 6. Мергель серый, при высыхании
светло-серый, плотный с землистой поверхно-
стью, ребра острые. В 0.5 м выше видимого
основания слоя мергель глинистый, серый и се-
ро-зеленоватый, с коричневым оттенком в ниж-
ней части, с тонкой листоватой отдельностью.
Мощность глинистого прослоя 1–1.5 м. Много
створок крупных иноцерамусов полной первич-
ной сохранности, толщина которых 1–2 мм, реже
до 3–5 мм. К поверхностям призматического
слоя раковин приурочена селективная пигмен-
тация желтого цвета. В верхней части мергель
светло-серый плотный, с крупной блоковой от-
дельностью, с рассеянными и различно ориенти-
рованными фрагментами раковин иноцерамусов
и редких створок устриц. Поверхностные сборы
и отбор объемных проб в верхних интерва-
лах слоя способствовали массовым находкам
фоссилий карбонатопроизводящих беспозво-
ночных (см. рис. 2). Это редкие фрагменты
ростворов белемнитов, скелеты одиночных корал-
лов, известковые губки *Porosphaera* sp. (бо-
лее 30 экз.), замковые брахиоподы, иноцерамы
и тонкостворчатые устрицы, одиночные корал-
лы, скальпелиумы (*Cretiscapellum gamigense*
(Geinitz)), единичные мелкие сферические стро-
матолиты (табл. 1, фиг. 1) и черви-трубкожи-
лы *Neovermilia ampullacea* (J. de C. Sowerby,
1829). Разнообразны многочисленные иглоко-
жие (морские ежи *Gauthieria radiata* (Sorigent),
Temnocidaris (*Stereocidaris*) *sceptrifera* *sceptrifera*
(Mantell), морские звезды *Goniasteridae* Forbes,
морские лилии *Bourgueticrinus fischeri* (Geinitz),
B. ellipticus (Miller), *B. sp.*, *Nielsenicrinus carina-
tus* (Roemer), *Glenotremites paradoxus* Goldfuss,
Amphorometra gr. *conoidea* (Goldfuss), офиуры
Ophiotitanos serrata (Roemer), *Ophioderma* ?*radi-
atum* Kutscher et Jagt). Выделены циклостомные
и хейлостомные мшанки (*Hillmeropora volgogra-
densis* Koromyslova, *Pavolunulites mirabilis* Ko-
romyslova, ?*Voigtopora* sp., *Reptomultealea* sp.,
Meliceritites cf. *acutissima* (Voigt), *M. cf. dollfu-
si* Pergens, *Meliceritites* sp., *Cheethamia ?reussi*

Таблица 1. Фиг. 1. Сферический строматолит, онколит,
диаметром 6.5 мм. Экз. Саратовского университета № 34-
ЧХ/1: а – шлиф, ник. +, б – шлиф, ник. ||, в – ан-
шлиф фоссилии, до вскрытия ее центральной части,
г – общий вид фоссилии, покрытой эпоксидной смолой.
Чухонастовка-2, верхний турон. Длина масштабной ли-
нейки 5 мм. Фиг. 2. Аншлифы тонких кремнистых линз
в писчем мелу (х 1): а, б – с противоположных сто-
рон. Чухонастовка-5, слой 9, основание нижнего сантона.
Фиг. 3. Сегменты кремнистых линз (х 25): а – шлиф,
ник. +, б – шлиф, ник. ||. Чухонастовка-5, слой 9, нижний
сантон. Фиг. 4. Сегменты кремнистых линз (х 25): а –
шлиф, ник. +, б – шлиф, ник. ||. Чухонастовка-5, слой 9
нижний сантон Условные обозначения: ED – элементы
иглокожих, морских лилий (цвет онлайн)

Таблица 1





(Prantl), *Rhagasostoma* cf. *subpalpiger* (Voigt)) [43, 44]. Найдены коронки зубов эласмобранхий (4 экз.). Видимая мощность 5.0–5.5 м.

Продолжение описания разреза проводилось по вертикальной стенке карьера в южной его части, ближе к склону эрозионной возвышенности.

К₂ k₁ 7. Мергель плотный, белый и светло-серый, с крупно блоковой отдельностью, на отдельных участках частая вертикальная трещиноватость, способствовавшая формированию крупной щебенчатой отдельности породы. На участках преобладания горизонтальных трещин порода приобретает толсто плитчатую отдельность. Редкие прослои, мощностью до 0.3–0.5 м, с примесью пелитового материала более серого и коричневатого цвета отличаются тонко плитчатой отдельностью. В нижней части слоя найден панцирь неправильного морского ежа. Видимая мощность 2.5–3 м.

Чухонастовка-5. Крутой, слабо заросший травянистой растительностью склон отвержка в правом борту Чухонастовского буерака, в 450 м южнее и выше по тальвегу от разреза Чухонастовка-2 (см. рис. 1). Верхняя часть этого разреза, пограничные интервалы пород коньяка-сантона, вскрыта шурфами, по которым проведено описание и отобраны образцы (рис. 4, д–ж). 49°84'83.92"N, 45°08'38.61"E

К₂ k₂ 8. Переслаивание темно-серых рыхлых и светло-серых плотных мергелей с редкими чешуями слюды. Толщина прослоев до 0.2 м. Многочисленны желтые и красно-желтые прослои, линзы и пятна гидроокислов железа, приуроченные к скелетам кремневых губок. В верхней части слоя, на глубину до 0.3 м от кровли, порода пронизана многими разноориентированными ходами, которые выполнены кремнеземом темно-синего цвета. Длина ихнофоссилий достигает 0.7 м. На уровне обр. 5/1 найден ростр белемнита *Actinosatax* sp., а на уровне обр. 5/3 – игла морского ежа. В породе рассеяны фрагменты раковин иноцерамов. В верхнем интервале слоя в обр. 5/3 выделено много изолированных спикул кремневых губок. Видимая мощность по шурфу 1.7 м.

К₂ st₁ 9. Мергель кремнистый, светло-серого и молочно-бежевого цвета, при высыхании почти белый. Порода плотная, фарфоровидная, с острыми режущими кромками. Кремнистая составляющая равномерно распределена в нижней части слоя, а в верхней части представлена в виде тонких прослоев и линз темно-синего и черного цвета («шерст»). Изучение шлифов и аншлифов показало (табл. 1, 2), что линзы прокремнения мощностью от первых миллиметров и до первых сантиметров представлены опалом и халцедоном. Замещению кремнеземом в первую очередь подвергалось карбонатное вещество раковин, в меньшей степени – вмещающая порода. Для карбонатной породы

и прослоев кремнезема характерно беспорядочное распространение мелкораковинного детрита размером 0.3 мм и менее, преимущественно раковин фораминифер, сцементированных пелитоморфным хемогенным кальцитом. Выделены и крупные, до 1 мм, раковины фораминифер (*Nodosariidae*, *Vaginulinidae* (*Lenticulina*)). Предполагается присутствие агглютинирующих форм *Ataxophragmium crassum* (d'Orbigny, 1840), характерных для сантонских и более поздних отложений. В шлифах терригенный материал практически отсутствует, установлены единичные зерна глауконита и угловатые обломки кварца.

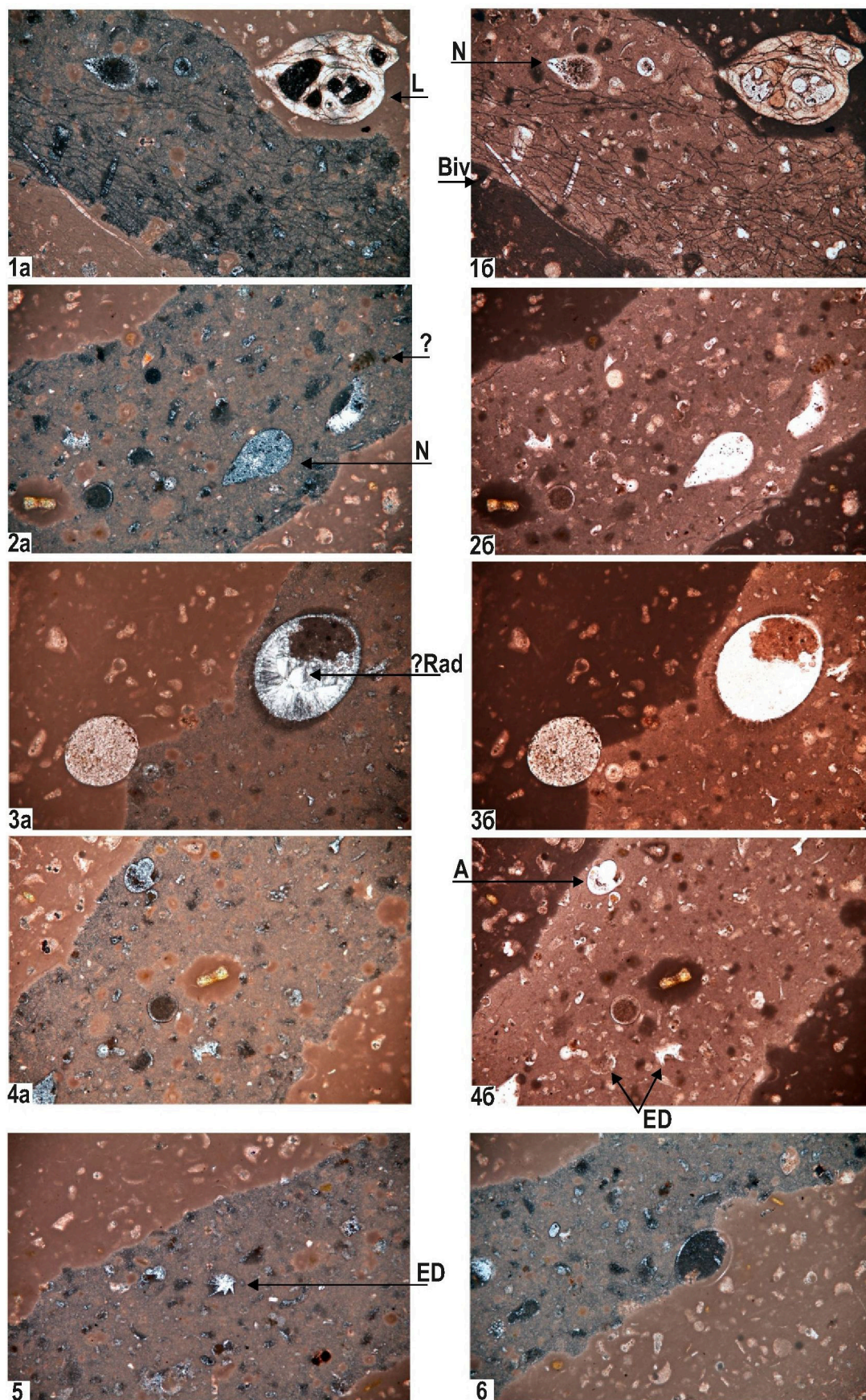
Анализ шлифов показывает, что прокремнение интервалов осадка – это вторичное явление, что хорошо заметно по соотношению состава вещества створок и раковин беспозвоночных, части которых сохранились как в карбонатном, так и в кремнистом интервале породы (табл. 2, фиг. 1). Часть створки, расположенная в кремнистом прослое, выполнена кремнистым веществом, а большая часть створки, сохранившаяся в карбонатной породе, – карбонатным веществом. Процессы замещения карбонатного вещества кремнеземом хорошо заметны на примере внутренних участков раковин, сохранившихся в кремнистых линзах (табл. 2, фиг. 3). Вероятно, эпизодическая и локальная коагуляция кремнистых соединений в карбонатном осадке была обусловлена растворением элементов кремнепродуцирующих организмов – кремневых губок с несвязанной спиккулярной решеткой и радиолярий.

В кровле слоя залегает плита толщиной 0.2–0.3 м, сложенная темно-серым сливным стекловидным кремнем, тяжелым и с режущими краями, с редкими чешуями слюды. Порода пронизана многими ихнофоссилиями, диаметром 1–8 мм, разной ориентации и протяженности, полости которых выполнены кремнеземом. Неравномерно пятнистый облик вмещающей породе добавляют многие желтые пятна гидроокислов железа, порой приуроченные к скелетам кремневых губок. В нижней части слоя в норах и на участках прокремнения встречены редкие мелкие фосфориты. Найдены небольшие ростры белемнитов *Actinosatax* sp. В обр. 5/4 и 5/5 установлено множество изолированных спикул кремневых губок, а в обр. 5/5 –

Таблица 2. Сегменты шлифов кремнистых линз (х 100).
Фиг. 1: а – шлиф, ник. +, б – шлиф, ник. ||. Фиг. 2: а – шлиф, ник. +, б – шлиф, ник. ||. Фиг. 3: а – шлиф, ник. +, б – шлиф, ник. ||. Фиг. 4: а – шлиф, ник. +, б – шлиф, ник. ||. Фиг. 5: шлиф, ник. +. Фиг. 6: шлиф, ник. +. Условные обозначения. Фораминиферы: N – *Nodosariidae*, L – *Lenticulina*, A – *Ataxophragmium crassum* (d'Orbigny, 1840); Biv – створки устриц, ?Rad – элементы радиолярий, ED – элементы иглокожих, морских лилий (цвет онлайн)



Таблица 2





и радиолярии (*Dictyomitra formosa Squinabol*), аналогичные ранее выделенным в разрезе Каменный Брод [3]. Мощность 0.55–0.6 м.

K₂ st₁ 10. Мергель, светло-серого, серого и бежевого цвета, с желтыми пятнами по ихнофоссилиям, фрагментам стенок кремниевых губок и створкам устриц. Вверх по разрезу порода более крепкая и плотная, с чешуями слюды. В подошве слоя рассеяны редкие мелкие разрозненные фосфориты размером до 1 см. Найдены небольшие ростры белемнитов, створки устриц, разрозненные створки мелких замковых бивалвий, редкие мелкие фрагменты створок иноцерамов кардиссоидной группы. Много тонкостенных, до 1 мм, крупных скелетов кремниевых губок. Видимая мощность по шурфу 1.6 м.

Библиографический список

1. Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Фомин В. А., Рябов И. П., Ильинский Е. И., Гужикова А. А., Бирюков А. В., Суринский А. М. Комплексное био- и магнитостратиграфическое изучение разрезов «Озерки» (верхний мел, Саратовское правобережье). Ст. 1. Характеристика разрезов, результаты петромагнитных и магнито-минералогических исследований // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 2. С. 105–116. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-2-105-116>, EDN: YLXZKV
2. Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Фомин В. А., Рябов И. П., Ильинский Е. И., Гужикова А. А., Бирюков А. В., Суринский А. М. Комплексное био- и магнитостратиграфическое изучение разрезов «Озерки» (верхний мел, Саратовское правобережье). Ст. 2. Характеристика ориктокомплексов и биостратиграфия // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 3. С. 182–199. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-3-182-199>, EDN: ZDNKUD
3. Pervushov E. M., Ryabov I. P., Guzhikov A. Yu., Vishnevskaya V. S., Kopaevich L. F., Guzhikova A. A., Kalyakin E. A., Fomin V. A., Sel'tser V. B., Il'inskii E. I., Mirantsev G. V., Proshina P. A. Turonian-Coniacian Deposits of the Kamennyi Brod-1 Section (Southern Ulyanovsk-Saratov Trough) // Stratigraphy and Geological Correlation. 2019. Vol. 27, iss. 7. P. 804–839. <https://doi.org/10.1134/S0869593819070025>, EDN: SOZEYG
4. Первушов Е. М., Рябов И. П., Сельцер В. Б., Валацки И., Калякин Е. А., Гужикова А. А., Ильинский Е. И., Худяков Д. В. Верхнемеловые отложения Вольской структурной зоны Восточно-Европейской платформы: турон–нижний кампан разреза Коммунар. Ст. 1. Описание разреза, бентосные фораминиферы, магнитостратиграфия // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2022. Т. 30, № 2. С. 101–124. <https://doi.org/10.31857/S0869592X22020041>, EDN: ONZBLG
5. Первушов Е. М., Рябов И. П., Сельцер В. Б., Валацки И., Калякин Е. А., Гужикова А. А., Ильинский Е. И., Худяков Д. В. Верхнемеловые отложения вольской структурной зоны (турон–нижний кампан разреза Коммунар). Ст. 2. Макрофаунистическая характеристика, выводы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2022. Т. 30, № 3. С. 1–28. <https://doi.org/10.1134/S0869593822020046>, EDN: TXHQDI
6. Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Ильинский Е. И., Рябов И. П. Туронские – коньякские отложения юго-западной части Ульяновско-Саратовского прогиба // Известия вузов. Геология и разведка. 2019. № 5. С. 10–27. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-5-10-27>, EDN: ILHSCY
7. Первушов Е. М., Рябов И. П., Гужиков А. Ю., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Фомин В. А. Результаты комплексных стратиграфических исследований турона-коньяка Поволжья // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : материалы XI Всерос. совещ. (г. Томск, 19–24 сентября 2022 г.) / ред. Е. Ю. Барабошкин. Томск : Изд-во Томского ун-та, 2022. С. 200–203.
8. Первушов Е. М., Рябов И. П., Калякин Е. А., Сельцер В. Б. Биостратиграфия туронских – коньякских отложений Ульяновско-Саратовского прогиба // Вопросы палеонтологии и региональной стратиграфии фанерозоя европейской части России : Всероссийская научно-практическая конференция (г. Ульяновск, 22–25 сентября 2023 г.) : сб. науч. тр. / ред. В. П. Морозов, М. А. Рогов, Н. Г. Зверьков. Ундоры : Изд-во Ундор. палеонтол. музея им. С. Е. Бирюкова, 2023. С. 147–150.
9. Рябов И. П. Бентосные фораминиферы турона-коньяка Правобережного Поволжья : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2023. 198 с. EDN: ETQTVR
10. Первушов Е. М., Иванов А. В., Попов Е. В. Средне- и позднемеловая биота юго-востока Европейской палеобиогеографической области // Палеонтол. журн. 1997. № 3. С. 1–7.
11. Первушов Е. М., Ермохина Л. И., Шелепов Д. А., Зозырев Н. Ю. Структурный план Правобережного Поволжья в позднемеловое и в раннепалеоценовое время // Геологические науки – 2023 : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) (г. Саратов, 8 декабря 2023 г.). Саратов : Изд-во «Техно-Декор», 2023. С. 64–68.
12. Первушов Е. М., Иванов А. В., Сельцер В. Б. Верхнемеловые отложения урочища «Три Мара» (Саратовское левобережье) // Вопросы палеонтологии и стратиграфии верхнего палеозоя и мезозоя (Памяти Г. Г. Пославской) : сб. науч. ст. / под ред. А. В. Иванова. Саратов : Изд-во «Научная книга», 2004. С. 200–208.
13. Архангельский А. Д. О меловых и третичных отложениях Камышинского уезда Саратовской губернии. Отчет по исследованиям 1905 г. // Материалы для геологии и минералогии России. СПб., 1908. Т. 23, вып. 2. С. 431–489.
14. Архангельский А. Д. Верхнемеловые отложения востока Европейской России // Материалы для геологии России. СПб. : Типография Импер. акад. наук, 1912. Т. 25. 631 с.



15. Архангельский А. Д., Добров С. А. Геологический очерк Саратовской губернии // Материалы изучения естественно-производительных условий Саратовской губернии. М. : Печатня С. Яковлева, 1913. Вып. 1. 256 с.
16. Мазарович А. Н. О верхнемеловых отложениях р. Иловли, в Саратовской губ. // Бюл. МОИП. Нов. сер. Отд. геол. 1924. Т. 2, вып. 3. Отд. оттиск. С. 1–10.
17. Милановский Е. В. Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья. М. ; Л. : Госоптехиздат, 1940. 276 с.
18. Морозов Н. С. Геологическое строение междуречья Медведицы и Иловли в северной части Сталинградской области // Учен. зап. Саратов. ун-та. 1951. Т. 28. Вып. геологический. С. 117–136.
19. Морозов Н. С. Новые данные по стратиграфии верхнемеловых отложений бассейна рр. Иловли, Медведицы, Хопра и правобережья Дона // Тр. Всесоюз. совещ. по разработке унифицированной схемы стратиграфии мезозойских отложений Русской платформы. Л. : ГНТИ–НГТЛ, 1956. С. 258–269.
20. Морозов Н. С. Верхнемеловые отложения междуречья Дона и Северного Донца и южной части Волго-Донского водораздела. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1962. 176 с.
21. Морозов Н. С., Орехова В. М. Меловая система. Верхний отдел // Геология СССР. Т. 46. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание. М. : Недра, 1969. С. 318–361.
22. Морозов Н. С., Бондарева М. В. Верхнемеловые отложения междуречья Медведицы и Волги в пределах Саратовской области // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1970. Вып. 7, ч. 1. С. 116–141.
23. Рыков С. П. О стратиграфии верхнего мела бассейна р. Медведицы // Учен. зап. Саратов. ун-та. 1951. Т. 28. Вып. геологический. С. 84–93.
24. Рыков С. П. К вопросу о стратиграфии мезозойских отложений северной части Донской излучины // Учен. зап. Саратов. ун-та. 1951. Т. 28. Вып. геологический. С. 158–164.
25. Камышева-Елпатьевская В. Г., Кузнецова А. М. О палеонтологически охарактеризованных коньякских отложениях района Донской Луки // Учен. зап. Саратов. ун-та. 1951. Т. 28. Вып. геологический. С. 209–211.
26. Таболяков А. Я. Палеонтологически охарактеризованный эмшер Донской Луки // Учен. зап. Саратов. ун-та. 1953. Т. 38. Сб. студ. работ. С. 82.
27. Барышникова В. И. Стратиграфия верхнемеловых отложений бассейна среднего течения Дона по фауне фораминифер // Научная конференция по стратиграфии мезозоя и палеогена Нижнего Поволжья : тез. докл. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1955. С. 62–64.
28. Барышникова В. И. Стратиграфическое расчленение верхнемеловых отложений бассейна среднего течения р. Дона по распределению фораминифер // Тр. Всесоюз. совещ. по разработке унифицированной схемы стратиграфии мезозойских отложений Русской платформы. Л. : ГНТИ–НГТЛ, 1956. С. 269–275.
29. Барышникова В. И. О расчленении турон-коньякских отложений бассейна среднего течения р. Дона // Учен. зап. Саратов. ун-та. 1959. Т. 65. С. 65–77.
30. Барышникова В. И., Иванова А. Н., Морозов Н. С., Хабарова Т. Н. Стратиграфия верхнемеловых отложений Саратовского и Сталинградского Поволжья // Материалы Всесоюз. совещ. по уточнению унифицированной схемы стратиграфии мезозойских отложений Русской платформы. Труды Волгоградского научно-исследовательского института нефтяной и газовой промышленности. 1961. Вып. 29. Т. 3. С. 110–119.
31. Беньямовский В. Н. Схема инфразонального расчленения верхнего мела Восточно-Европейской провинции по бентосным фораминиферам. Ст. 1. Сеноман-коньяк // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16, № 3. С. 36–46.
32. Рябов И. П. Вид *Stensioeina emscherica* Baryschnikova, 1959 (Foraminifera) // Материалы Междунар. молодеж. науч. форума «ЛОМОНОСОВ-2017» / отв. ред. И. А. Алешковский, А. В. Андриянов. М. : МАКС Пресс, 2017. С. 17–19.
33. Рябов И. П. Новые данные по филогении *Protostensioeina* Dubicka & Peryt, 2014 (Foraminifera) // Эволюция жизни на Земле : материалы V Междунар. симп. / ред. В. М. Подобина. Томск : Изд-во Томского ун-та, 2018. С. 178–180.
34. Бондарева М. В., Морозов Н. С. Сеноманские, туронские и коньякские отложения междуречья Медведицы и Волги в пределах Волгоградского междуречья // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1984. Вып. 24. С. 62–70.
35. Салтыков В. Ф., Первушов Е. М. Верхнемеловые местные стратиграфические подразделения Терсинской впадины (Волгоградская область) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : сб. науч. тр. / ред. Е. М. Первушов. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2007. С. 204–221.
36. Салтыков В. Ф., Первушов Е. М. Строение банновской свиты и ее взаимоотношения с соседними стратонами верхнего мела на севере Терсинской впадины (Волгоградская область) // Известия вузов. Геология и разведка. 2007. № 5. С. 8–13. EDN: LLZVBP
37. Олферьев А. Г., Алексеев А. С. Стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы. Объяснительная записка. М. : ПИН РАН, 2005. 204 с.
38. Стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы (6 схем на 10 листах). СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2004.
39. Pervushov E. M., Ryabov I. P., Guzhikov A. Yu., Seltser V. B., Kalyakin E. A., Fomin V. A. Bio-Magnetostratigraphy of the Turonian–Coniacian Deposits of the Lower Bannovka Section, South-East of the Russian Plate // Stratigraphy and Geological Correlation. 2023. Vol. 31. Suppl. 1. P. S52–S85. <https://doi.org/10.1134/S0869593824010052>



40. Первушов Е. М., Калякин Е. А., Рябов И. П., Коромыслова А. В. Фораминиферы и мелкоразмерные макрофоссилии верхнего мела Поволжья // Микропалеонтология: фундаментальные проблемы и вклад в региональное геологическое изучение недр : тр. XVIII Всерос. микропалеонтол. совещ. (г. Санкт-Петербург, 2023 г.) / гл. ред. М. А. Ткаченко ; отв. ред. А. С. Алексеев, В. С. Вишневская, Е. Л. Грундан, Т. Ю. Толмачева. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2023. С. 67–71.
41. Рябов И. П. Биостратиграфический анализ бентосных фораминифер верхнемелового разреза «Чухонастовка» (Ульяновско-Саратовский прогиб) // Теоретические и прикладные аспекты палеонтологии : материалы LXVII сессии Палеонтол. о-ва при РАН. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2021. С. 64–65.
42. Первушов Е. М., Худяков Д. В. Позднемеловые известковые губки юго-востока Восточно-Европейской платформы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 3. С. 184–191. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-3-184-191>, EDN: ZRDBDO
43. Коромыслова А. В., Первушов Е. М. Мшанки верхнего турона Волгоградской области, Нижнее Поволжье // Палеонтология и стратиграфия: современное состояние и пути развития : материалы LXVIII сессии Палеонтол. о-ва при РАН. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. С. 72–73.
44. Koromyslova A. V., Pervushov E. M. Uppermost Turonian bryozoans from the Lower Volga River region: Scanning electron microscopy and micro-computed tomography studies // N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 2022. Band 305, Heft 3. S. 263–295. <https://doi.org/10.1127/njgpa/2022/1090>, EDN: EDLZAA
45. Шафиро Я. Ш., Аванисьян Г. М. Мезо-кайнозойская структура Волгоградского Поволжья и ее соотношение с девонским региональным структурным планом // Вопросы геологии и нефтегазоносности Волгоградской области. Труды Волгоградского научно-исследовательского института нефтяной и газовой промышленности. Вып. 3. Л. : Недра, 1965. С. 206–231.
46. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Сер. Центрально-Европейская. Лист М-38 (Волгоград). Объяснительная записка. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 399 с.
47. Романов А. А. Геоморфология Волго-Иловлинского междуречья (в пределах листа М-38-XXI) // Учен. зап. Саратов. ун-та. 1959. Т. 65. Вып. геологический. С. 201–203.
48. Крюков К. К. Структура малых и средних речных бассейнов Волгоградского Правобережья и их антропогенное преобразование : дис. ... канд. геогр. наук. Волгоград, 2014. 182 с.

Поступила в редакцию 03.04.2024; одобрена после рецензирования 19.04.2024; принята к публикации 08.08.2024; опубликована 30.09.2024

The article was submitted 03.04.2024; approved after reviewing 19.04.2024; accepted for publication 08.08.2024; published 30.09.2024



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 199–217

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 199–217

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-199-217>, EDN: RIIRLQ

Научная статья

УДК 563.45(116.3:470.4)

Чухонастовка – опорный разрез туронских-нижнесантонских отложений Волго-Иловлинского междуречья (Волгоградское правобережье). Статья 2. Характеристика ориктокомплексов



Е. М. Первушов¹✉, И. П. Рябов¹, Е. А. Калякин^{1,2}, Д. А. Шелепов¹, Е. И. Ильинский³

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

²ПАО «Подзембургаз», Россия, 141108, Московская область, г.о. Щёлково, г. Щёлково, ул. Буровая, д. 20

³ООО «СПЕЦПРОМСЕРВИС», Россия, 628483, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Когалым, ул. Центральная, зд. 8

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

Рябов Илья Павлович, кандидат геолого-минералогических наук, ассистент кафедры исторической геологии и палеонтологии, ryaboff.il@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1701-7605>

Калякин Евгений Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, ¹доцент кафедры исторической геологии и палеонтологии;

²мастер, eakalyakin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2976-7868>

Шелепов Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры петрологии и практической геологии, shelepov-dmitriy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3238-8532>

Ильинский Егор Игоревич, ведущий геолог, ilinskii1995@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5760-1454>

Аннотация. Установлен представительный комплекс туронских-сантонских карбонатопроизводящих беспозвоночных, в составе которого выделяются бентосные фораминиферы, разнообразные иглокожие, брахиоподы, известковые и кремнистые губки.

Ключевые слова: верхний мел, бентосные фораминиферы, иглокожие, губки, брахиоподы, юго-восток Восточно-европейской провинции

Благодарности. Авторы благодарны А. М. Захаревичу (Лаборатория диагностики наноматериалов и структур Образовательно-научного института наноструктур и биосистем Саратовского госуниверситета), В. А. Мусатову (Нижне-Волжский институт геологии и геофизики, г. Саратов) за предоставление лаборатории для обработки образцов. Авторы признательны также А. С. Алексею (Московский госуниверситет) и А. П. Ипполитову (Геологический институт РАН), взявшим на себя труд по определению беспозвоночных из разреза Чухонастовка-2, а также К. С. Полковому, Н. С. Романову, участвовавшим в проведении полевых работ и поверхностных сборах фоссилий. Скелеты известковых спикульных губок *Rogosphæra* отобраны Е. А. Калякиным при анализе микрофаунистических проб. Шлифы онколитов изготовлены С. О. Андрушкевичем в лаборатории геммологии Саратовского госуниверситета.

Источники финансирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00091, <https://rscf.ru/project/22-17-00091/>.

Для цитирования: Первушов Е. М., Рябов И. П., Калякин Е. А., Шелепов Д. А., Ильинский Е. И. Чухонастовка – опорный разрез туронских-нижнесантонских отложений Волго-Иловлинского междуречья (Волгоградское правобережье). Статья 2. Характеристика ориктокомплексов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 3. С. 199–217. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-199-217>, EDN: RIIRLQ

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

Article

Chukhonastovka – the reference section of the Turonian-Lower Santonian from the Volga-Ilovlya interfluvium (the Volga right bank area near Volgograd). Paper 2. Characteristics of the Oryctocomplexes

Е. М. Pervushov¹✉, И. П. Ryabov¹, Е. А. Kalyakin^{1,2}, Д. А. Shelepov¹, Е. И. Ilyinsky³

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

²PSJC "Podzemburgaz", 20 Burovaya, Moscow region, Shcholkovo 141108, Russia

³LLC "SPETS PROMSERVISE", 8 Centralnaya, Tumen region, Kogalym 628483, Russia

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

Ilya P. Ryabov, ryaboff.il@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1701-7605>

© Первушов Е. М., Рябов И. П., Калякин Е. А., Шелепов Д. А.,
Ильинский Е. И., 2024



Evgeny A. Kalyakin, eakalyakin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2976-7868>
Dmitry A. Shelepov, shelepov-dmitriy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3238-8532>
Egor I. Ilyinsky, ilinskii1995@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5760-1454>

Abstract. A representative complex of the Turonian-Santonian carbonate-producing invertebrates has been revealed. It comprised benthic foraminifers, diverse echinoderms, brachiopods, calcareous and siliceous sponges.

Keywords: Upper Cretaceous, benthic foraminifers, echinoderms, sponges, brachiopods, southeast of the East European province

Acknowledgments: The authors are grateful to A. M. Zakharevich (Education and Research Institute of Nanostructures and Biosystems, Saratov State University) for scanning microscope photos, V. A. Musatov (Lower-Volga Research Institute of Geology and Geophysics, Saratov) for the laboratory samples preparation aid. The authors are also grateful to A. S. Alekseev (Lomonosov Moscow State University) and A. P. Ippolitov (Geological institute, RAS) for the Chukhonastovka-2 invertebrata species identification and K. S. Polkovi and N. S. Romanov for the fieldwork and fossile selectioning. Calcareous spicule sponges Porosphaera were founded by E. A. Kalyakin from microfaunistic samples. Oncolite sections were prepared by S. O. Andrushkevich in the gemology laboratory of Saratov State University.

Funding sources. The study was supported by the Russian Science Foundation, grant No. 22-17-00091, <https://rscf.ru/project/22-17-00091/>.

For citation: Pervushov E. M., Ryabov I. P., Kalyakin E. A., Shelepov D. A., Ilyinsky E. I. Chukhonastovka – the reference section of the Turonian-Lower Santonian from the Volga-Ilovlya interfluvium (the Volga right bank area near Volgograd). Paper 2. Characteristics of the Oryctocomplexes. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 199–217 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-3-199-217>, EDN: RIIRLQ

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

Введение

Чухонастовские разрезы верхнемеловых отложений характеризуются рядом примечательных особенностей. Во-первых, в них прослежены биостратиграфически наиболее полные в регионе интервалы турона, коньяка и, вероятно, нижнего сантона. Во-вторых, нижнесантонский интервал пород характеризуется необычным для Поволжья литологическим составом – кремнистыми мергелями (шертом). Это подтверждают представления авторов о фациальном строении сантонского «губкового» горизонта, структура и состав которого во многом определялись структурным планом территории [1]. В-третьих, поверхностные и послойные сборы фоссилий, в том числе мелкоразмерных форм, извлеченных из микрофаунистических проб, позволили обратить внимание на поиск конкретных представителей беспозвоночных в других разрезах региона [2]. Собранные материалы по разрезам в окрестностях с. Чухонастовка расширили представления о распространении и составе комплексов бентосных фораминифер, иглокожих, брахиопод, мшанок и кремневых губок (верхний сеноман-нижний сантон).

Бентосные фораминиферы (БФ, табл. 1, 2). Выделение биостратиграфических зон БФ производилось в соответствии с зональной схемой туронских-коньякских отложений Поволжья [3], составленной на основе ранее разработанной схемы для Европейской палеобиогеографической области [4, 5].

В сводном разрезе Чухонастовка (рис. 1) выделено 6 зон и 8 подзон [3]. Зона *Gavelinella nana* LC3 выделяется в слоях 2–3 (обр. 1/1–1/3) по уровню появления вида-индекса *Gavelinella nana* (Akimetz). Выделено 2 подзоны.

Подзона *Grammostomum kushensis* LC3a выделяется в нижней части слоя 3 (обр. 1/1)

по обильному присутствию вида-индекса *Grammostomum kushensis* Vasilenko. Здесь установлен комплекс, характерный для переходного интервала верхнего сеномана-нижнего турона, который включает известные с сеномана *Cibicidoides polytraphes polytraphes* (Reuss), *Gyroidinoides nitida* (Reuss), *Discorbis sanjarensis* Lypnyk, *Tappanina eouvigeriniformis* (Keller) и более характерные уже для турона виды *Eponides turonicus* Lypnyk, *Gavelinella polessica* (Akimetz), *Praebulimina reussi* (Morrow), единичные *Gavelinella nana*.

Подзона *Globorotalites multiseptus* LC3b выделяется в верхней части слоя 3 (обр. 1/2–1/3) по появлению первых *Globorotalites*, переходных форм от *Globorotalites hangensis* Vasilenko к *G. multiseptus* (Brotzen) и самого *G. multiseptus*. Присутствуют единичные *Gavelinella ammonioides* (Reuss), *G. vesca* Bykova, *Bifarina regularis* Keller, *Gr. kushensis*.

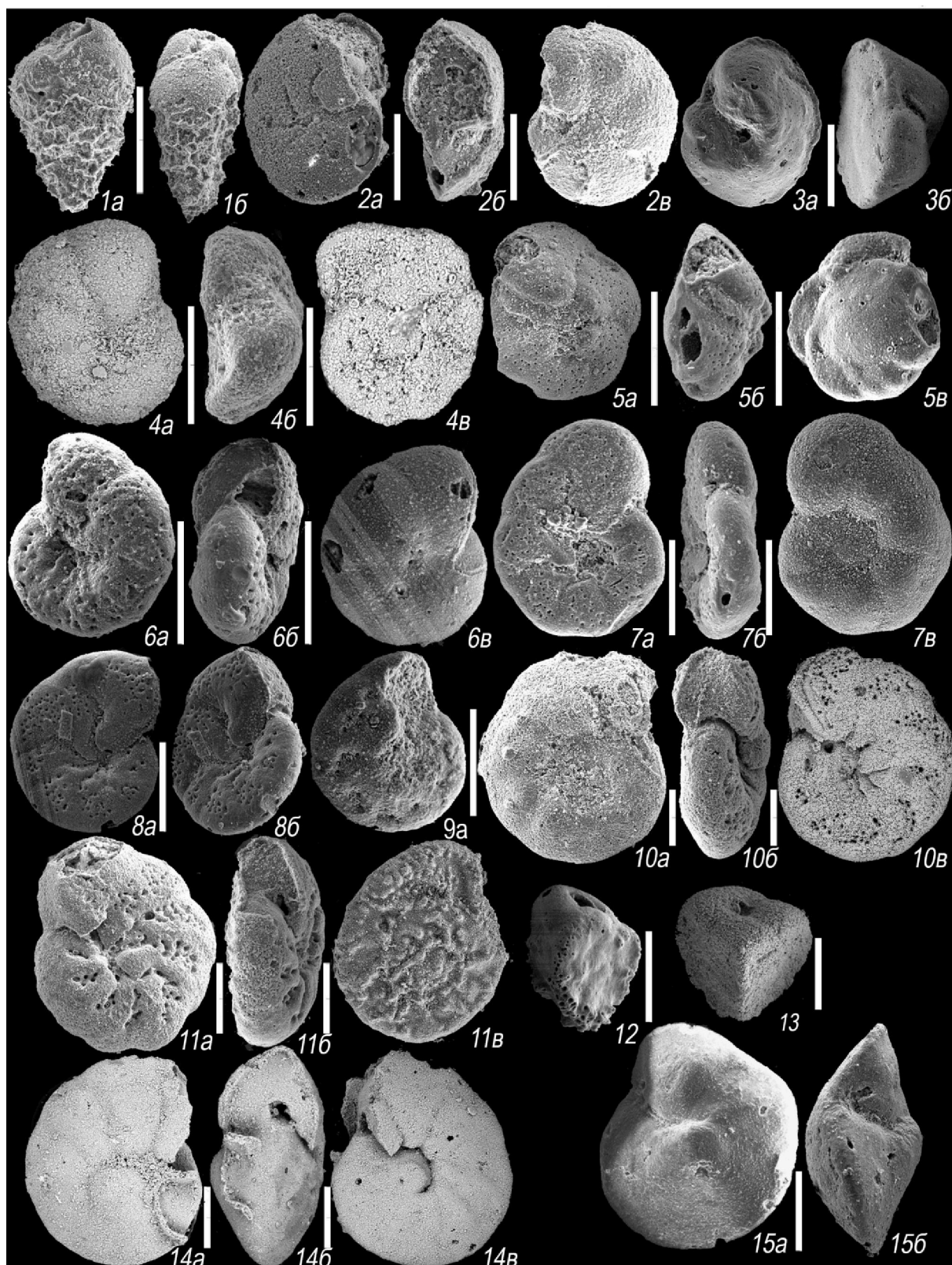
Зона *Gavelinella moniliformis* / *G. ammonioides* LC4 установлена в слое 4 и нижней части слоя 5 (обр. 1/4–2/5) по появлению вида-индекса

Пояснения к таблицам. Использована аббревиатура хранения авторских коллекций фоссилий: ПИН – Палеонтологический институт Российской академии наук (г. Москва); SSU – Саратовский госуниверситет, IPR – Рябов И. П., KEA – Калякин Е. А., PEM – Пervushov Е. М., IEI – Ильинский Е. И.

Таблица 1. Бентосные фораминиферы: 1 – *Grammostomum kushensis* Vassilenko, обр. 1/1, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-1-0; 2 – *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen), обр. 1/1, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-1-2; 3 – *Globorotalites multiseptus* (Brotzen), обр. 1/2, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-1-2; 4 – *Cibicides polytraphes polytraphes* (Reuss), обр. 1/1, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-1-5; 5 – *Eponides karsteni* (Reuss), обр. 1/1, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-1-7; 6 – *Lingulogavelinella frankei* (Bykova), обр. 1/2, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-2-3; 7 – *Discorbis sanjarensis* Lypnyk, обр. 1/2, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-2-9; 8 – *Discorbis sanjarensis* Lypnyk, обр. 1/2, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-2-12;



Таблица 1



9 – *Gavelinella nana* (Akimetz), обр. 1/1, SSU IPR № 262/Чух-1-1-2-х; 10 – *Gavelinella ammonoides* (Reuss), обр. 2/1, экз. SSU IPR № 262/ Чух-2-1-14; 11 – *Protostensioeina praeexculpta* (Keller), обр. 1/6, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-6-19; 12 – *Reussella carinata* Vassilenko, обр. 1/2, экз. SSU IPR № 262/Чух-1-2-10; 13 – *Verneuilina muensteri* Reuss, обр. 2/13, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-13-26; 14 – *Berthelina berthelini* (Keller), обр. 2/15, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-15-31; 15 – *Osangularia whitei whitei* (Brotzen), обр. 2/13, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-13-25. Примечание: а – брюшная сторона, б – вид с периферического края, в – спинная сторона. Длина масштабной линейки 100 мкм



Таблица 2

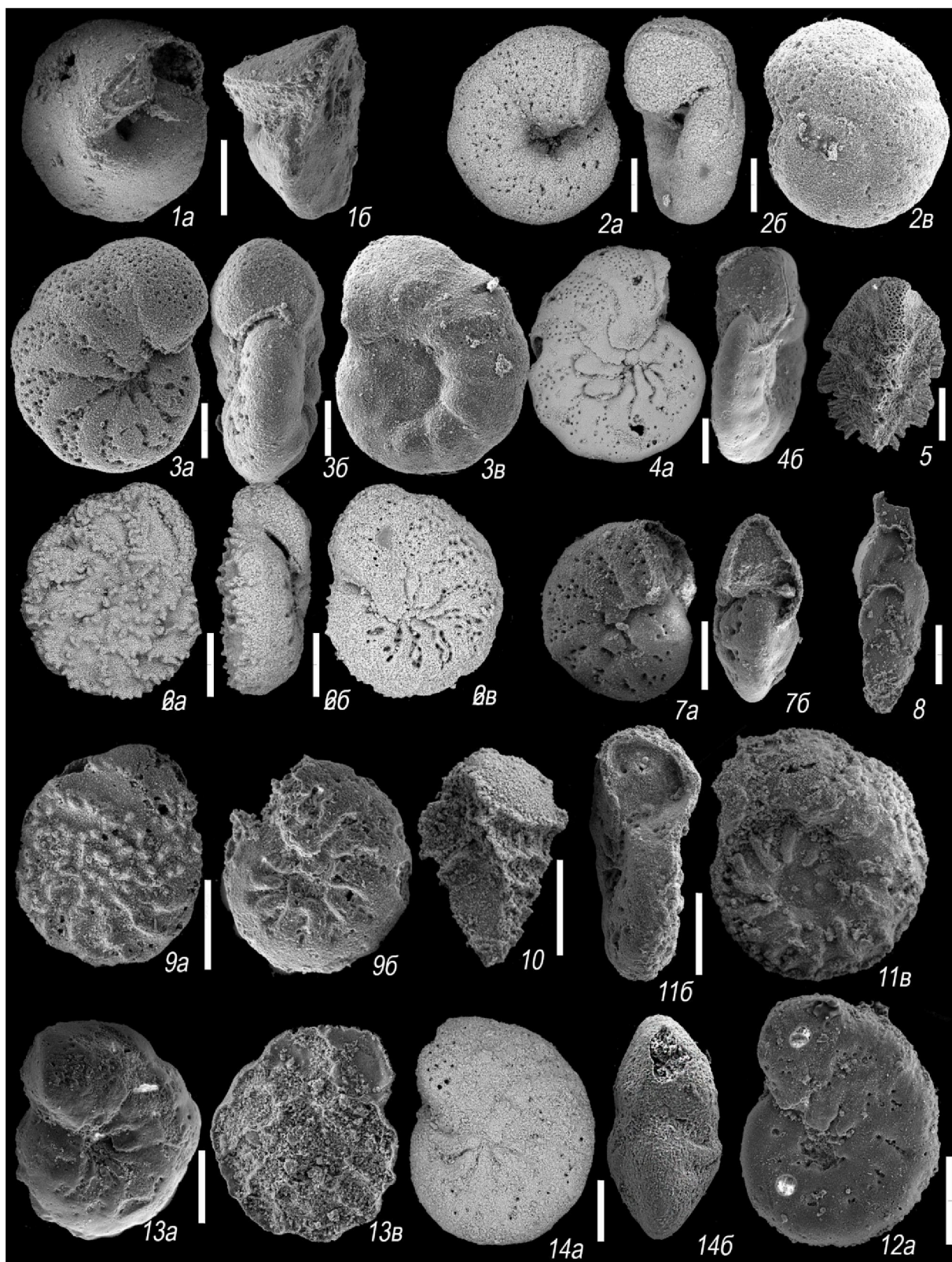
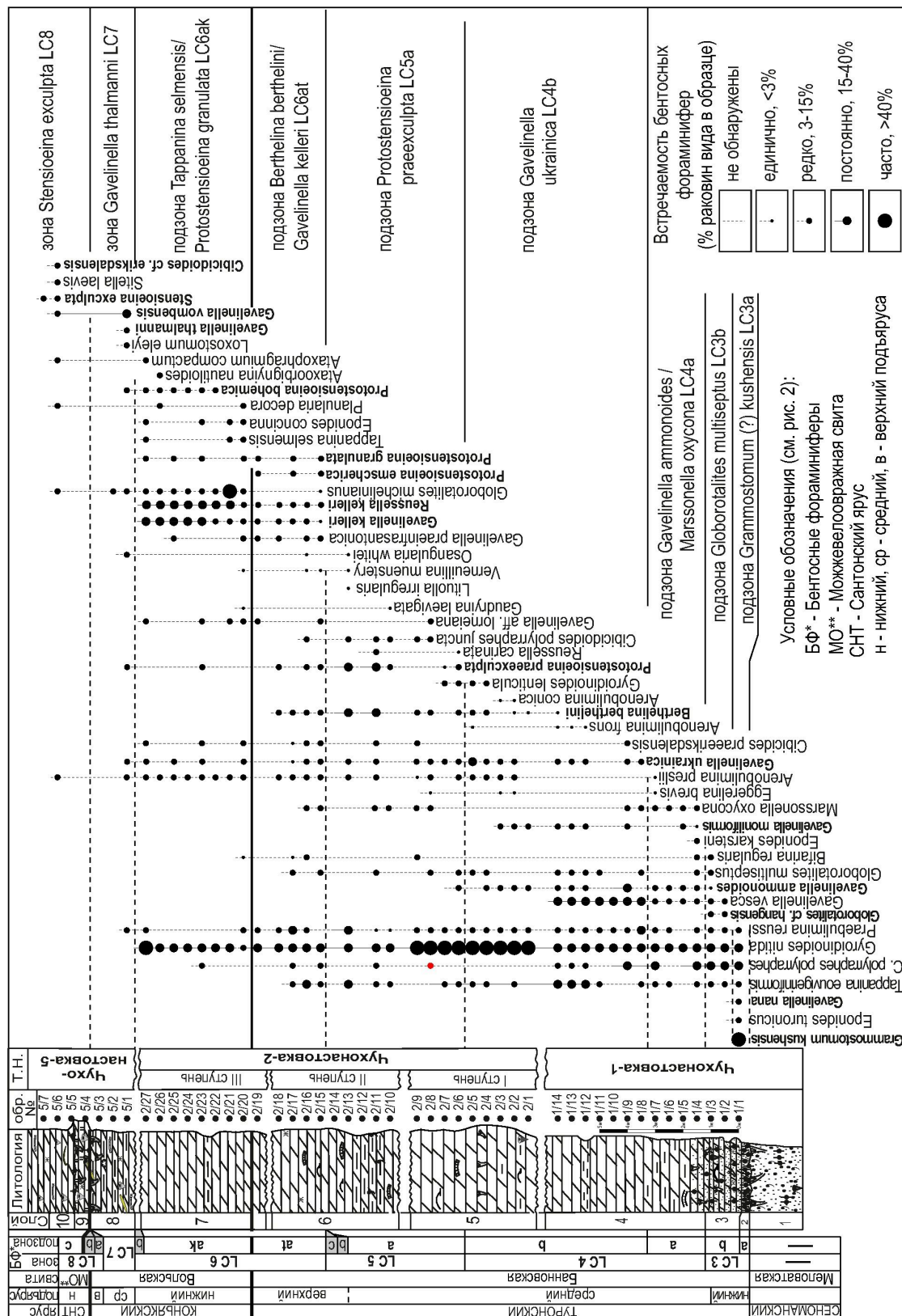


Таблица 2. Бентосные фораминиферы: 1 – *Globorotalites multiseptus* (Brotzen), обр. 2/20, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-20-38; 2 – *Gavelinella moniliformis* (Reuss), обр. 2/4, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-4-16; 3 – *Gavelinella lorneiana* (d'Orbigny), обр. 2/8, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-8-24; 4 – *Gavelinella kelleri* (Mjatluk), обр. 2/20, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-20-37; 5 – *Reussella kelleri* Vasilenko, обр. 2/27, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-27-39; 6 – *Protostenioeina emscherica* (Baryshnikova), обр. 2/17, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-17-32; 7 – *Gavelinella praeinfrasantonica* (Vasilenko et Myatlyuk), обр. 2/20, SSU IPR № 262/Чух-2-20-35; 8 – *Loxostomum eleyi* (Cushman), обр. 5/3, экз. SSU IPR № 262/Чух-5-3-59; 9 – *Protostenioeina granulata* (Olbertz),



обр. 2/20, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-20-39; 10 – Tappanina selmensis (Cushman) Em. Brotzen, обр. 2/20, экз. SSU IPR № 262/Чух-2-20-49; 11 – Gavelinella thalmanni (Brotzen), обр. 5/3, экз. SSU IPR № 262/ Чух-5-3-56; 12 – Gavelinella thalmanni (Brotzen), обр. 5/1, экз. SSU IPR № 262/ Чух-5-1-45; 13 – Stensioeina exculpta (Reuss), обр. 5/6, экз. SSU IPR № 262/Чух-5-6-47; 14 – Gavelinella vombersis (Brotzen), обр. 5/6, экз. SSU IPR № 262/Чух-5-6-49. Примечание: а – брюшная сторона, б – вид с периферического края, в – спинная сторона. Длина масштабной линейки 100 мкм



Gavelinella moniliformis и постоянному присутствию *G. ammonoides*. Выделено две подзоны.

Подзона *Gavelinella ammonoides* / *Marssonella oxyscona* LC4a установлена в слое 4 (обр. 1/4-1/7) по совместному присутствию видов-индексов *Gavelinella ammonoides* и *Marssonella oxyscona*. Также появляются *Eponides karsteni* и агглютинирующие *Eggerelina sphaerica*, *E. brevis*, *Arenobulimina preslii*.

Подзона *Gavelinella ukrainica* LC4b установлена в слое 4 и нижней части слоя 5 (обр. 1/8-2/5) по уровню появления вида-индекса *Gavelinella ukrainica* (Vasilenko). В верхней части слоя 4 (обр. 1/14) отмечается первое появление *Berthelina berthelini* (Keller), комплекс подзоны обновляется и за счет *Cibicides praeeriksdalensis* (Vasilenko), *Gyroidinoides lenticula* (Reuss) и агглютинирующих *Arenobulimina frons* (Olszewski) и *A. conica Marie*. В средней части слоя 5 *G. moniliformis* уже не встречаются.

Зона *Protostensioeina praeexculpta* LC5 установлена в верхней части слоя 5 и нижней части слоя 6 (обр. 2/6-2/14) по первому появлению вида-индекса *Protostensioeina praeexculpta* (Keller). Здесь выделяется только нижняя подзона – *Protostensioeina praeexculpta* LC5a. В составе комплекса начинают встречаться *Cibicidoides junkta* Vasilenko, *Gavelinella lorneiana* (Marie), *Reussella carinata* Vasilenko; а в нижней части слоя 6 впервые появляются *Gaudryina laevigata* Franke, *Verneuilina muensteri* Reuss, единичные *Lituola irregularis* Roemer. Отсутствие подзон LC5b и LC5c может указывать на внутрiformационный перерыв и на особенности условий осадконакопления.

Зона *Protostensioeina granulata* / *Gavelinella kelleri* LC6 установлена в верхней части слоя 6 и в слое 7 (обр. 2/15-2/27) по уровню совместного присутствия видов-индексов *Protostensioeina granulata* (Olbertz), *P. emscherica* (Baryshnikova) и *Gavelinella kelleri* (Mjatluk). Выделено две подзоны.

Подзона *Berthelina berthelini* / *Gavelinella kelleri* LC6a установлена в верхней части слоя 6 и основании слоя 7 (обр. 2/15-2/19) по совместному присутствию видов-индексов *Berthelina berthelini* и *Gavelinella kelleri*. Кроме появления видов-индексов, указанных выше, комплекс отличается появлением *Reussella kelleri* Vasilenko, единичных *Gavelinella praeinfrasantonica* (Vasilenko et Myatlyuk), *Osangularia whitei* (Brotzen). К кровле слоя 6 отмечается исчезновение характерных туронских *G. ammonoides*, *T. eouvigeriniformis*, *C. junkta*, *Berthelina berthelini* и *M. oxyscona*.

Подзона *Tappanina selmensis* / *Protostensioeina granulata* LC6a^k установлена в слое 7 (обр. 2/20-2/27) по уровню исчезновения *B. berthelini* и совместному присутствию видов-индексов *Tappanina selmensis* (Cushman) и *Protostensioeina granulata*. Комплекс обновляется

за счет появления видов *Eponides concinnus* Brotzen, *Planularia decora* Lipnik и *Protostensioeina bohémica* (Jirova), *Globorotalites michelinianus* (d'Orbigny). В кровле слоя встречены агглютинирующие *Ataxophragmium compactum* Brotzen и *A. nautiloides* Brotzen.

Зона *Gavelinella thalmani* LC7 установлена в слое 8 (обр. 5/1-5/3) по появлению вида-индекса *Gavelinella thalmani* (Brotzen). Комплекс обновляется за счет появления *Gavelinella vombensis* (Brotzen) и *Loxostomum eleyi* (Cushman).

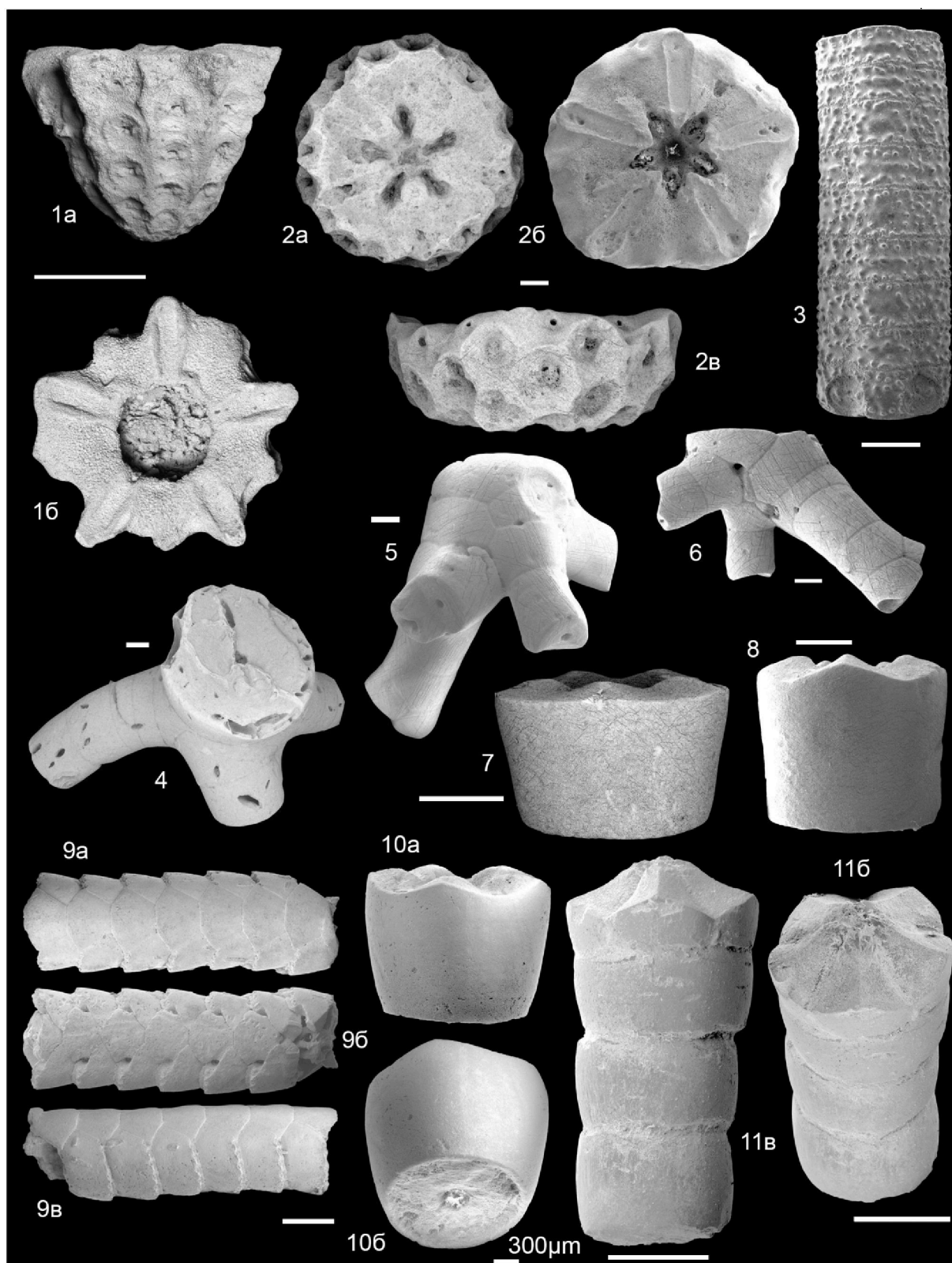
Зона *Stensioeina exculpta* LC8 установлена в слоях 9–10 (обр. 5/4-5/7) по появлению вида-индекса *Stensioeina exculpta* (Reuss). Комплекс обновляется за счет появления *Cibicidoides eriksdalensis* (Brotzen), *Sitella laevis* (Beissel). Продолжают встречаться *Globorotalites michelinianus*, *Gavelinella vombensis*, *Planularia decora*, *Ataxophragmium compactum*, *Arenobulimina preslii* – известные в подстилающих отложениях. Другие виды не установлены, что может быть обусловлено не только перестройкой сообществ БФ на рубеже коньяка-сантона, но и с неблагоприятными условиями существования фораминифер, что отразилось в низком количественном содержании раковин в слоях 9–10.

Иглокожие (табл. 3, 4). Мелкоразмерные элементы иглокожих выделены из большинства микрофаунистических проб (рис. 2). Доминирующими фоссилиями являются разрозненные членики *Bourgueticrinus* sp., которые встречены в образцах 1/3, 2/1-2/27 (за исключением 2/22). Подобная ситуация с преобладающими частотами встречаемости разрозненных члеников *Bourgueticrinus* sp. отмечалась авторами ранее для проб из разрезов Каменный Брод-1, Мирошники, Михайловка, Сплавнуха и Коммунар [3 7]. На уровне образца 2/17, к которому приурочены массовые находки иглокожих на поверхности ступени в меловом карьере (Чухонастовка-2), помимо многочисленных отдельных члеников и холдфастов ризоидного типа *Bourgueticrinus* sp., найдены фрагментированная чашечка *Bourgueticrinus fisheri* (Geinitz), представленная проксимальной частью стебля и базальным венчиком и изолированные проксимали *B. ellipticus* (Miller). Оба вида являются наиболее древними представителями рода, известными с турона [8]. Находки

Таблица 3. Комплекс иглокожих (Чухонастовка-2, верхний турон): 1 – *Amphorometra* gr. *conoidea* (Goldfuss), экз. PIN № 5625/18: чашечка, а – вид сверху, б – вид сбоку; 2 – *Glenotremites paradoxus* Goldfuss, экз. PIN № 5625/13: чашечка, а – вид снизу, б – вид сверху, в – вид сбоку; 3 – *Nielsenicrinus carinatus* (Roemer), экз. SSU KEA № 207.2/Ch2-1: фрагмент стебля, вид сбоку; 4 – *Bourgueticrinus* sp., экз. ПИН № 5625/17: фрагмент холдфаста, вид сбоку; 5 – *Bourgueticrinus* sp., экз. ПИН № 5625/16: фрагмент холдфаста, вид сбоку; 6 – *Bourgueticrinus* sp., экз. SSU KEA № 207.1/Ch2-2: фрагмент холдфаста, вид сбоку; 7 – *Bourgueticrinus* cf. *ellipticus* (Miller), экз. SSU KEA № 207.1/Ch2-1: проксималь, вид сбоку;



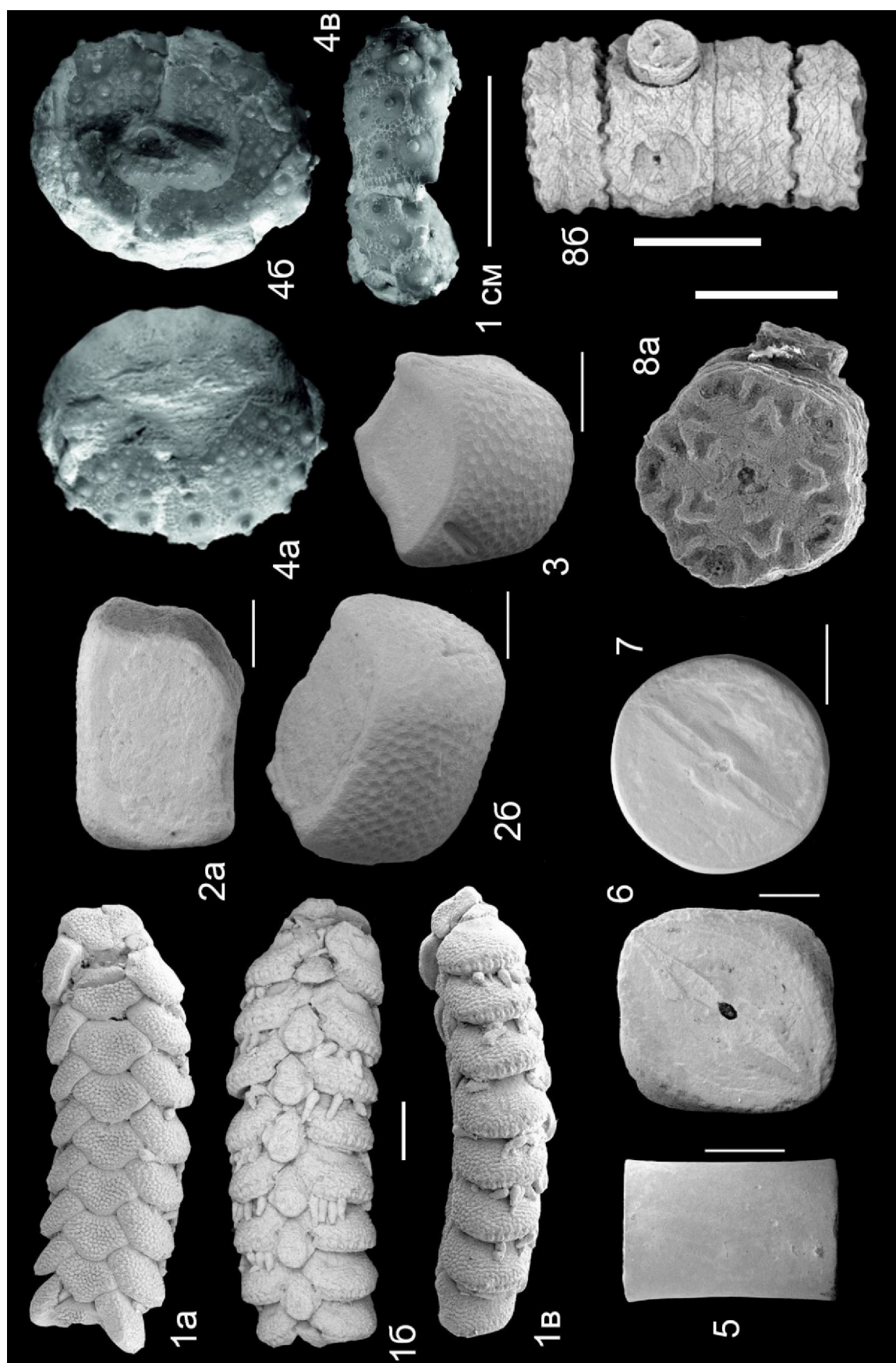
Таблица 3



8 – *Bourgueticrinus* cf. *ellipticus* (Miller), экз. SSU KEA 207.1/Ch2-3: проксималь, вид сбоку; 9 – *Ophiotitanos serrata* (Roemer), экз. ПИН № 5625/1: фрагмент руки, а – сверху, б – снизу, в – сбоку; 10 – *Bourgueticrinus* cf. *ellipticus* (Miller), экз. ПИН № 5625/3: проксималь, а – сбоку, б – снизу – сбоку; 11 – *Bourgueticrinus fischeri* (Geinitz), экз. ПИН № 5625/2: проксимальная часть стебля с базальным венчиком, а – сбоку, б – сверху – сбоку. Длина масштабной линейки 1 мм (кроме форм, указанных отдельно)



Таблица 4





Bourgueticrinus fischeri (Geinitz) в разрезе Чухонастовка являются наиболее древними формами вида, известными на территории бывшего СССР, ранее они не были известны из туронских отложений [6]. Вид *B. ellipticus* (Miller) описан из нижнего турона-верхнего кампана Бельгии, Чехии, Англии, Германии, Франции, Швеции, Польши и Украины. Вид *B. fischeri* (Geinitz) известен также из туронских-сантонских отложений Западной Европы, Крыма, Мангышлака и Туркменистана [8–10].

На данном же уровне, обр. 2/17, установлена чашечка *Glenotremites paradoxus* Goldfuss – вида, известного из сеноманских-сантонских отложений Чехии, Польши, Англии, Франции, Германии, и две чашечки *Amphorometra* gr. *conoidea* (Goldfuss) – вида, известного из верхнего кампана-верхнего маастрихта Бельгии и Нидерландов [11, 12]. Оба вида впервые установлены в пределах Русской плиты. Широкий вертикальным распространением в этом разрезе характеризуются морские лилии отряда пентакринид – *Nielsenicrinus carinatus* (Roemer), представленные отдельными члениками и небольшими фрагментами стеблей. Они установлены из образцов: 2/2, 2/4-2/7, 2/10-2/20, 2/23-2/27, многочисленны сборы их остатков с поверхности ступени карьера на уровне образца 2/17. Данный вид известен в коньяке-кампане севера Западной Европы, Украины, Казахстана, Туркмении и полуострова Крым. Представители вида отмечены в туронском-коньякском интервале разрезов Каменный Брод-1, Мирошники, хотя в разрезе Коммунар (Нижнее Поволжье) его присутствие не установлено [6, 7]. Значительный стратиграфический диапазон распространения всех установленных в разрезе криноидей снижает их значение как биостратиграфических маркеров. Отметим отдельно, что находки *Bourgueticrinus fischeri* (Geinitz) и *Nielsenicrinus carinatus* (Roemer) в туронских отложениях Чухонастовки позволяют расширить диапазон распространения этих видов, переместив его нижнюю границу в средний – верхний турон.



Таблица 4. Комплекс иглокожих (Чухонастовка-2, верхний турон): 1 – *Ophioderma* ? *radiatum* Kutscher et Jagt, экз. ПИН № 5625/15: фрагмент руки: а – сверху, б – снизу, в – сбоку; 2 – *Goniasteridae* gen. et sp. indet., экз. ПИН № 5625/11: маргинальная пластинка, а – сбоку, б – сверху – сбоку; 3 – *Goniasteridae* gen. et sp. indet., экз. ПИН № 5625/10: маргинальная пластинка, вид сверху – сбоку; 4 – *Gauthieria radiata* (Sorignet), экз. СГУ № 206/6: а – сверху, б – снизу, в – сбоку; 5 – *Bourgueticrinus* sp., экз. ПИН № 5625/5: членик стебля, вид сбоку; 6 – *Bourgueticrinus* sp., экз. ПИН № 5625/6: членик стебля, сочленовная поверхность сверху; 7 – *Bourgueticrinus* sp. экз. ПИН № 5625/4: сочленовная поверхность членика стебля; 8 – *Nielsenicrinus carinatus* (Roemer), экз. SSU KEA № 207.2/Ch2-2: фрагмент стебля, а – сочленовная поверхность членика стебля, б – сбоку. Длина масштабной линейки 1 мм (кроме форм, указанных отдельно)

Морские звезды представлены разрозненными пластинками неопределимых гониастерид. Они обнаружены в большинстве образцов за исключением 1/1-1/3, 2/3, 2/8-2/9, 2/19, 2/21-2/22, 5/1-5/5, 5/7. Как и в случае с криноидеями, массовые сборы происходят с поверхности разреза Чухонастовка-2, на уровне образца 2/17. Ранее находки представителей группы установлены в туронских-коньякских отложениях разрезов Каменный Брод-1, Мирошники, Михайловка, Сплавнуха Коммунар [6, 7].

Не уступают по численности морским лилиям находки в пробах элементов офиуроидей. Начиная с образца 1/3 и выше по разрезу встречены разрозненные пластинки лучей ?*Ophiomusium granulosum* (Roemer) и ?*Ophiocoma senonensis* (Valette). Они с небольшими исключениями распространены вплоть до образца 2/27 (см. рис. 2). Эти виды установлены и в разрезе Мирошники. В разрезе Чухонастовка-2 на уровне образца 2/17 происходят два фрагмента лучей офиур – *Ophiotitanos serrata* (Roemer) и *Ophioderma* ? *radiatum* Kutscher et Jagt. Оба вида впервые установлены в пределах Русской плиты. Кроме того, в большинстве проб встречены неопределимые остатки *Ophiuroidea*.

Ophiotitanos serrata (Roemer) широко распространен в позднемиловых – палеогеновых (сеноман-нижний палеоцен) отложениях Великобритании, Германии, Чехии, Нидерландов, Бельгии, Франции, Дании, Швеции и, возможно, Польши, Испании, США и Туниса [13]. *Ophioderma radiatum* Kutscher et Jagt известен из верхнего кампана-верхнего маастрихта Бельгии и Нидерландов [14]. *Ophiocoma senonensis* (Valette) известен из сеномана Великобритании, нижнего – верхнего турона Чехии (Богемии), среднего турона-нижнего коньяка и нижнего сантона Туниса, верхней части нижнего кампана южной Швеции, верхнего кампана-нижнего палеоцена севера Бельгии и южной части Нидерландов, кампана-маастрихта (верхнего сенона) Франции, Германии и Дании, нижнего маастрихта Германии (о. Рюген, Кронсмюр), Дании (Мон), маастрихта Испании, нижнего дания Дании, верхнего дания Швеции и, вероятно, дания Нью Джерси (США) [13]. Находки *Ophiomusium granulosum* (Roemer) известны из нижнего кампана Великобритании и Германии, нижнего маастрихта Германии (о. Рюген, Кронсмюр), Дании (Мон), севера Бельгии и южной части Нидерландов, нижнего палеоцена Дании [14].

В большинстве проб, за исключением образцов 5/1-5/7, встречены фрагментированные мелкие скелетные элементы, представленные обломками пластинок панцирей морских ежей. Из мелового карьера Чухонастовка-2, с уровня образца 2/17 происходит деформированный панцирь *Gauthieria radiata* (Sorignet), отдельные таблички панцирей, а также фрагменты игл ? *Temnocridar* (*Stereocridar*) *sceptri* *sceptri*

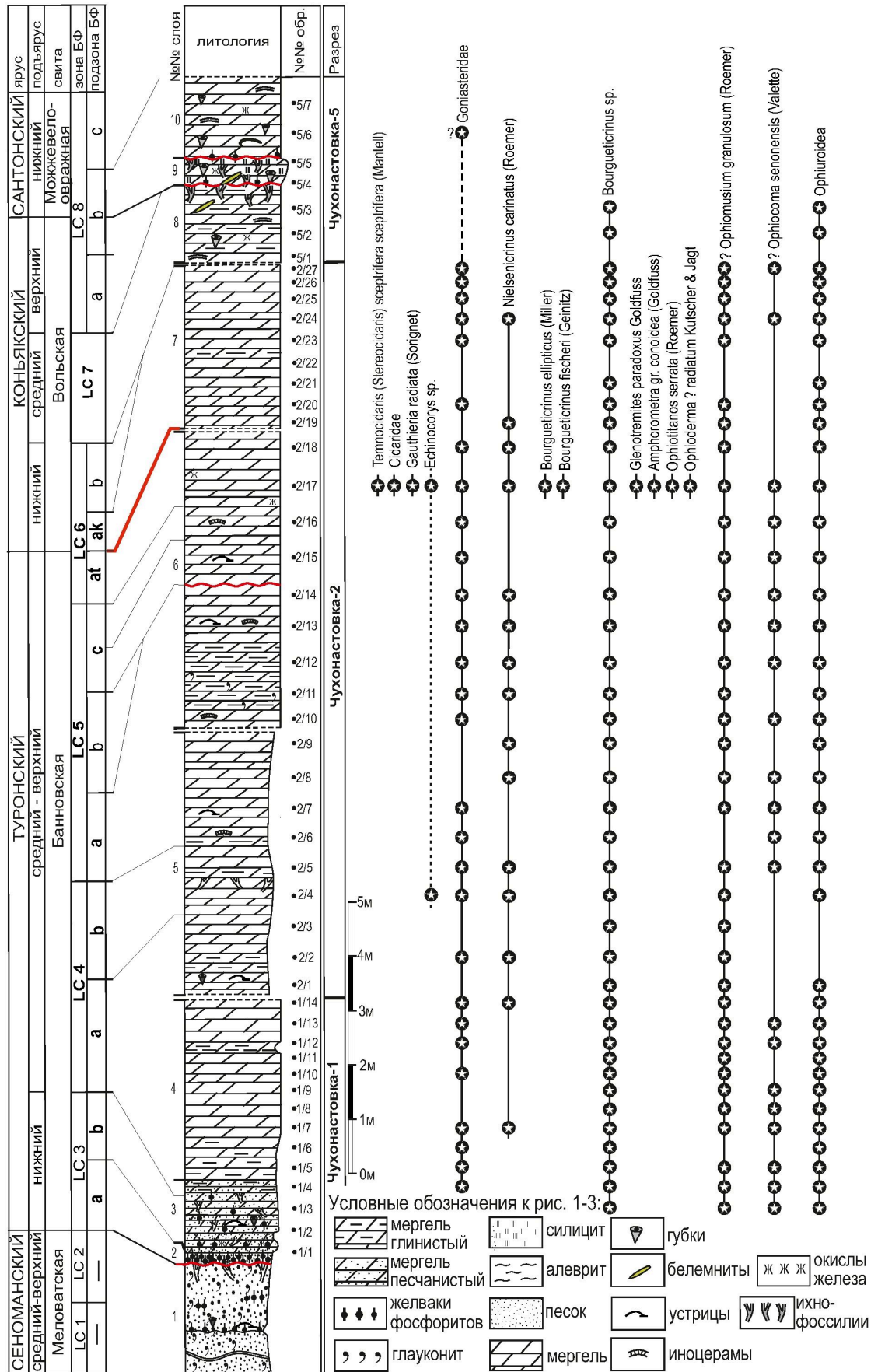


Рис. 2. Распространение представителей иглокожих в сводном разрезе Чухонастовка



(Mantell) – формы, которая впервые установлена в регионе. Фрагменты панцирей *Echinocorys* sp. встречены в разрезе на уровне образцов 2/4 и 2/17. Большой интерес представляет находка *Gauthieria radiata* (Sorignet) – вида, установленного в Поволжье впервые. За пределами региона эта форма известна из турона-сантона (зоны *Mytiloides labiatus* – *Micraster coranguinum*) Англии, турона Франции, Бельгии, Германии, Чехии, Польши, Западной Украины, Восточной Украины (Донбасса), Алжира [15]. Представители вида *Temnocidaris* (*Stereocidaris*) *sceptrifera* (Mantell) известны из среднего турона-верхнего кампана Англии и Северо-Западной Европы. Подвид *Temnocidaris* (*Stereocidaris*) *sceptrifera* (Mantell), диагностируемый в том числе и по характерному строению игл, увенчанных своеобразной короной, встречается в коньякских-верхнекампанских отложениях Англии [16].

Спонгиофауна (табл. 5). Выделены верхнесеноманский, нижнетуронский и нижнесантонский комплексы кремневых губок. В породах среднего турона-среднего коньяка встречены единичные скелеты кремневых губок, но современная сохранность фоссилий не позволяет определить их детальнее рода. Установленные в этих интервалах губки (*Etheridgia*, *Guettardiscyphia*, *Paraplocia*) рассматриваются как транзитные, известные в карбонатных породах турона-маастрихта.

Верхнесеноманский спонгиокомплекс. В разрезах Чухонастовка-1 и Чухонастовка-3 фосфатизированные скелеты происходят из концентраций фосфоритовых включений в верхней части песков. Захоронение губок аллохтонное синхронное. Многие скелеты фрагментированы или представлены фрагментами, иногда окатаны и находятся в фосфатно-песчаном цементе. Пионерское сообщество гексактинеллид составляют мелкорослые тонкостенные формы. На отдельных участках поселений доминировали представители одного рода и вида (*Balantionella* *Plocoscyphia* *Paraplocia* или *Camerospongia*). Здесь установлены: *Camerospongia ilovlensis* Perv., *Etheridgia* sp., *Paraplocia* sp., *Plocoscyphia* sp., *Ventriculitidae* (*Lychniscosa*), *Balantionella* (*Balantionella*) *melovatkensis* Perv., *B. (Lobatiscyphia)* *ingenta* Perv., *Guettardiscyphia trilobata* (Roemer), *G. stellata* (Michelin), *Paracracularia* sp. (*Hexactinosa*), редкие фрагменты демоспонгий (*Siphonia* sp., *Jerea* sp.) [17–20]. Представители этого спонгиокомплекса известны из разрезов стратотипической местности меловатской свиты, сеноман Поволжья (Меловатка, Красный Яр). В разрезах пород верхнего сеномана, которые расположены севернее Карамышской впадины, находки губок единичны.

Нижнетуронский спонгиокомплекс. Впервые установлен в Поволжье. Ранее терригенно-карбонатные породы нижнего турона были

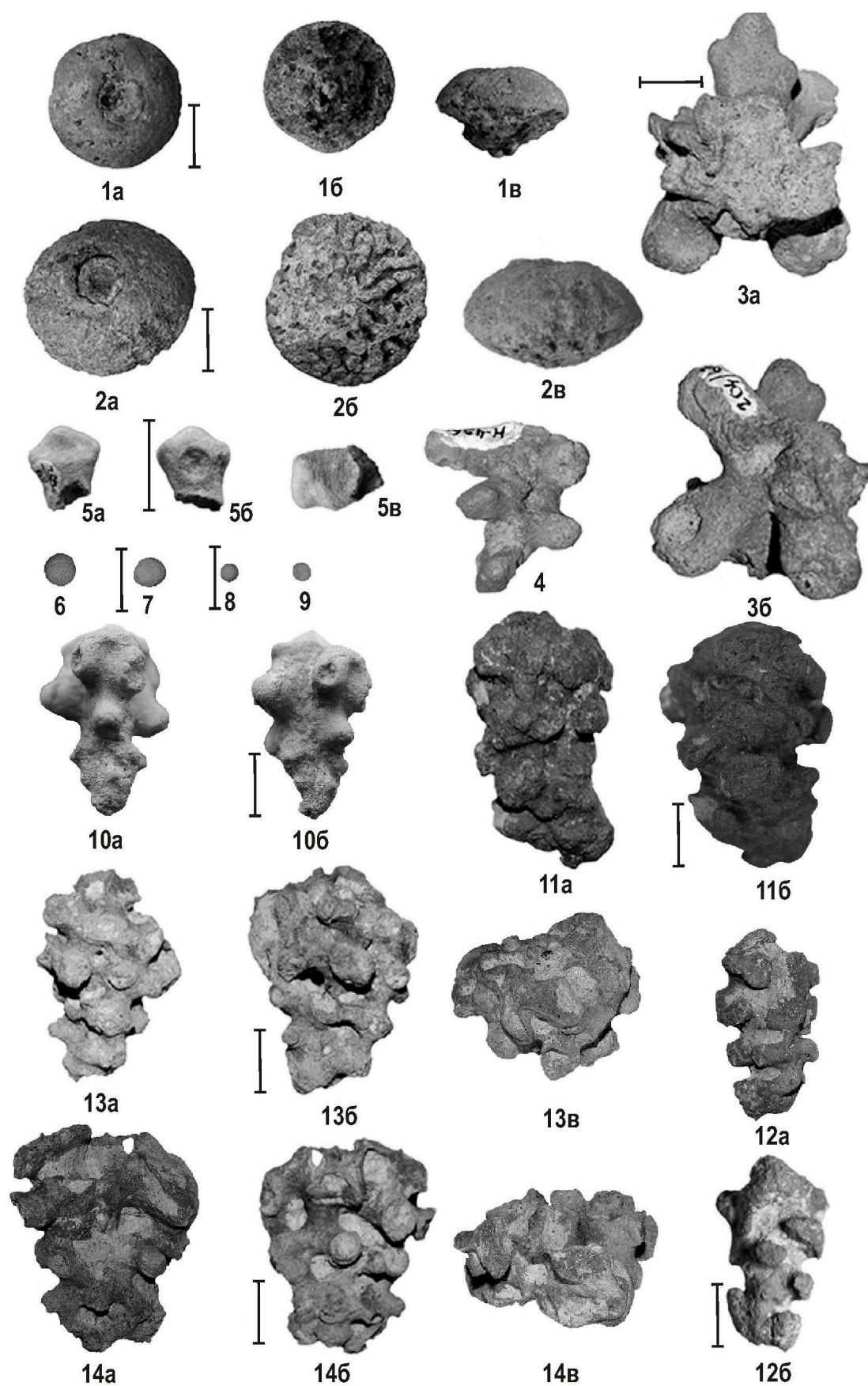
выделены в разрезе Озерки-2, расположенного в пределах Елшано-Сергиевского вала [21, 22]. Но здесь, в этом интервале, фоссилии не были обнаружены. Обычно переотложенные скелеты этих беспозвоночных обнаруживаются в основании карбонатно-терригенных пород среднего турона. Но данные местонахождения губок (Каменный Брод (Ольховская впадина), Красный Яр, Меловатка, Мирошники (Терсинская впадина)) известны только в юго-западной части Ульяновско-Саратовского прогиба, на территории северного правобережья Волгоградской области. Туронское сообщество губок менее разнообразно и малочисленно по сравнению с позднесеноманским. В составе туронского ориктокомплекса обычны переотложенные из сеноманских пород фоссилии, в том числе и губки. Собственно туронские губки характеризуются слабой фосфатизацией и заполнением внутреннего пространства карбонатом. Скелеты этих губок морфологически отличаются от позднесеноманских форм несколькими значениями параметров скелета и толщины стенки. В составе комплекса установлены *Etheridgia* sp., *Plocoscyphia* sp., *Paraplocia* sp., фрагменты *Camerospongiidae* (*Lychniscosa*), ? *Eurete* sp., *Balantionella* sp., *Paracracularia* sp. (*Hexactinosa*). Характерные формы губок для нижнего и среднего турона не определены. Перспективы выделения именно туронских форм связываются с представителями рода *Balantionella*, что определяется выявленной закономерностью в изменении строения сателлитов в их скелете [20]. К сожалению, эти скелетные элементы фрагментируются при захоронении скелета погибшей особи (см. табл. 5, фиг. 5).

В карбонатных породах среднего-верхнего турона встречаются равномерно рассеянные единичные скелеты гексактинеллид. Сохранность этих форм, разноориентированные сколы стенок скелета на поверхности породы не позволяют определить их даже до рода. Известные скелеты полной сохранности, выполненные в настоящее время окислами железа, это транзитные формы (*Etheridgia* sp., *Plocoscyphia* sp., *Guettardiscyphia* sp.).

Коньякский спонгиокомплекс. Впервые уровни скопления скелетов гексактинеллид были установлены в разрезе Каменный Брод (Ольховская впадина), в верхней части мергелей среднего коньяка [6]. Менее насыщенные этими фоссилиями интервалы прослежены нами в местонахождениях Меловатка и Мирошники (северо-восточное крыло Терсинской впадины). В Чухонастовке-5 по шурфу опробована лишь верхняя часть мергелей среднего коньяка (см. рис. 2). Здесь прослежены рассеянные тонкостенные скелеты гексактинеллид, выполненные окислами железа. В микрофаунистических породах, из мергелей, слагающих кровлю коньякского интервала, установлены изолированные



Таблица 5





спикулы кремневых губок. С учетом того, что средне- и верхнеконьякские образования установлены в единичных Поволжских разрезах, судить о составе коньякского спонгиокомплекса приходится на основании данных по местонахождениям Каменный Брод [6] и Коммунар [2, 7]. В породах среднеконьякского возраста прослеживается постепенное увеличение вверх по разрезу количества и видового разнообразия спонгий, плотности их поселений, которые и составляют уровни совместной концентрации скелетов губок и моллюсков. Установленные ранее в составе коньякского губкового сообщества рода и виды составляют и нижнесантонский спонгиокомплекс.

Нижнесантонский спонгиокомплекс. В разрезе Чухонастовка-5 строение нижних интервалов пород нижнего сантона весьма необычно. Подошва рассматриваемых образований представлена кремнистым мергелем с тонкими прослойками кремней, с единичными мелкими фосфатными включениями. Литологический состав пород здесь отличается от распространенного в Поволжье образования «губковый» горизонт [1, 23]. Даже в рядом расположенном разрезе Каменный Брод нижнесантонский

«губковый» горизонт представлен типичным для юго-западного свода Ульяновско-Саратовского прогиба скоплением фосфоритовых включений, представляющих собой окатанные фрагменты скелетов кремневых губок.

Рассеянные изолированные спикулы кремневых губок с несвязанной спикульной решеткой (отряд *Lyssacinosa*), вероятно, обитавших на более значительных глубинах, в сравнении со многими гексактинеллидами и демоспонгиями, после гибели беспозвоночных послужили основой формирования илов, обогащенных кремнеземом. Фрагменты и частично выполненные кремнеземом крупные скелеты гексактинеллид рассеяны в интервале 1–1.5 м от подошвы сантонских образований. В средней и верхней части этого интервала найдены определяемые губки: *Ventriculites cribrosus* (Phillips), ? *Etheridgia* sp., *Plocoscyphia* sp. (*Lychniscosa*); *Leptophragmidae* gen. ind., *Guettardiscyphia* sp. (фрагмент лопасти высотой более 100 мм), ? *Leptophragma* sp., ? *Zittelispongia* sp. (*Hexactinosa*) Эти представители гексактинеллид известны из отложений среднего коньяка-нижнего сантона Поволжья [24, 25].

В порошках, полученных при подготовке микрофаунистических проб, отобранных на изученных разрезах с интервалом 0.5–1 м, почти по всему интервалу туронских отложений установлены мелкие сферические известковые спикульные губки *Porosphaera* [26], до пяти экземпляров в пробе, диаметром 2–5 мм (см. табл. 3, фиг. 6–9). Скелеты с корродированной дермальной поверхностью, некоторые фрагментированы, что, возможно, обусловлено технологией пробоподготовки. Ранее на территории Поволжья находки этих губок не были известны из пород турона. При поверхностных сборах в верхней части слоя 8 (Чухонастовка-2) найдено несколько сферических форм, диаметром 5–6 мм, изначально принятые за известковые губки *Porosphaera*. Рассмотрение этих окаменелостей показало, что их внешняя поверхность гладкая и дермальные спикулы отсутствуют. Изготовленные шлифы и шлифы позволили проследить радиально-лучистое строение этих образований арагонитового состава. Хорошо прослеживаются концентрические слои, которые рассматриваются как зоны роста с локальными полостями или нарушениями роста, некоторая секторальность, неравномерность в формировании слоев. Предполагаем, что это мелкогазовые онколиты, вероятно, агглютинированного происхождения. Присутствие немногочисленных онколитов отнюдь не свидетельствует об мелкогазовых условиях седиментации, поскольку литологические и биоценотические признаки указывают обратное. Можно заключить, как и во многих случаях формирования окатышей по иловым пленкам на фосфатном цементе, что в некоторые моменты времени поверхность осадка оказывалась подвижной, а это

Таблица 5. Спонгиокомплекс сеномана-турона: 1 – *Camerospingia ilovlensis* Perv., 2016. Голотип. Экз. SSU PEM № 122/6851: а – сверху, б – сбоку, в – снизу. Чухонастовка-1, верхний сеноман; 2 – *Camerospingia ilovlensis* Perv., 2016. Экз. SSU PEM № 122/6852: а – сверху, б – сбоку, в – снизу. Чухонастовка-1, верхний сеноман; 3 – *Balantionella* (*Balantionella*) *melovatkensis* Perv., 1999. Экз. SSU PEM, № 204/67-69: а – сверху, б – снизу. Меловатка-9, верхний сеноман; 4 – *Balantionella* (*Balantionella*) *melovatkensis* Perv., 1999. Экз. SSU PEM, № 122/426: сбоку. Красный Яр-1, верхний сеноман-средний турон; 5 – *Balantionella* (*Balantionella*) *melovatkensis* Perv., 1999. Экз. SSU PEM, № 204/69: фрагмент сателлита: а – сверху, б – снизу, в – сбоку. Меловатка-9, верхний сеноман; 6 – *Porosphaera* sp. Экз. SSU PEM № 34-CH/5: сверху. Чухонастовка-2, верхний турон; 7 – *Porosphaera* sp. Экз. СГУ № 34-CH/3: сверху. Чухонастовка-2, верхний турон; 8 – *Porosphaera* sp. Экз. SSU PEM № 34-CH/6: внутренняя часть скелета. Чухонастовка-2, верхний турон; 9 – *Porosphaera* sp. Экз. SSU PEM № 34-CH/1: сверху. Чухонастовка-2, верхний турон; 10 – *Balantionella* (*Lobatisphyphia*) *ingenita* Perv., 2018. Экз. SSU PEM, № 122/3000: а–б – сбоку, с противоположных сторон. Меловатка-7, верхний сеноман; 11 – *Botryosella tuberculosa* Perv., 2023. Паратип. Экз. SSU PEM, № 122/315: а–б – сбоку, со смежных сторон. Меловатка-9, верхний сеноман; 12 – *Botryosella tuberculosa* Perv., 2023. Голотип. Экз. SSU PEM, № 122/5037: а–б – сбоку, со смежных сторон. Меловатка-9, верхний сеноман; 13 – *Plocoscyphia* (*Paraplocia*) sp. Экз. SSU PEM № 122/5038: а–б – сбоку, со смежных сторон, в – сверху. Меловатка-1, верхний сеноман-средний турон; 14 – *Plocoscyphia* (*Paraplocia*) sp. Экз. SSU PEM № 122/5039: а–б – сбоку, со смежных сторон, в – сверху. Меловатка-1, верхний сеноман – средний турон. Примечание. Длина масштабной линейки 10 мм. Скелеты губок *Porosphaera* происходят из микрофаунистических проб



способствовало формированию биогенных и терригенных окатышей.

Брахиоподы (табл. 6) В разрезе Чухонастовка-2 собрано 105 экземпляров плеченюгих и это преимущественно целые раковины хорошей сохранности с сомкнутыми створками. Доминируют представители *Gyrosoria* (около 70%), а также *Orbirhynchia* и *Bisulcina* (20%). Среди макроразмерных форм установлены формы: *Kingena* ex gr. *lima* (Defrance), *Kingena* sp., *Gibbithyris* cf. *semiglobosa* (Sowerby), *Concinnithyris* sp., *Orbirhynchia orbigny* (Pettitt), *Orbirhynchia dispansa* Pettitt. Мелкоразмерные брахиоподы представлены *Gyrosoria lata* (Etheridge) и *Bisulcina chrysalis* (Schlotheim). Беззамковые брахиоподы известны по фрагменту pedalной створки *Ancistrocrania* sp.

Комплексы брахиопод из этого разреза характеризуют туронский комплекс. Вид *Gyrosoria lata* (Etheridge) известен из среднего и верхнего турона Западной Европы, нижней части верхнего турона Донбасса, Русской плиты, Крыма, Северного Кавказа, Мангышлака, Приуралья, Устюрта и Копетдага [27, 28]. Вид *Orbirhynchia orbigny* (Pettitt) упоминается из верхней части нижнего турона (зона *Myloloides labiatus*) Англо-Парижского бассейна [29], в верхнем туроне Донбасса и Русской плиты [28, 3]. Представители других групп брахиопод рассматриваются как транзитные.

В местонахождении Чухонастовка-1 найдено 4 экземпляра брахиопод. Беззамковые брахиоподы представлены единичным фрагментом створки *Lingula* sp. Представители ринхонеллидных брахиопод установлены по единственному фосфатизированному ядру, найденному в осыпи. По своему очертанию, а также наличию грубых немногочисленных ребер ядро сходно с *Orbirhynchia mantelliana*, широкое распространение этого вида отмечено в верхнем сеномане Донбасса, Волыно-Подольской плиты и Западно-Европейского региона [27]. Особого внимания заслуживает отлично сохранившаяся раковина *Ornatothyris* sp., встречающаяся выше образца 1/2, что указывает первичность захоронения фоссилии при минимальном ее посмертном переносе. По внешним признакам раковина схожа с *Ornatothyris Sahni*, однако имеет не типичные для рода небольшие размеры и менее загнутую макушку. Представители *Ornatothyris* широко известны из сеноманских отложений Англии, Франции, Польши, Швейцарии [31] и нижнего турона Донбасса и Англии [27]. Находки *Ornatothyris* и других брахиопод из нижнетуронских отложений Поволжья установлены впервые.

Дискуссия. Чухонастовские разрезы приурочены к северо-восточной части Ольховской впадины и характеризуются значительной стратиграфической полнотой отдельных интервалов туронских-нижнесантонских отложений. Здесь установлены фораминиферовые подзоны LC

3a-3b (нижний турон) и LC 7 (средний коньяк), которые ранее были прослежены лишь в разрезах Меловатка и Озерки [2, 3, 7, 22]. Предполагается, по комплексу кремневых губок, и присутствие пород верхнего сеномана небольшой мощности. К тому же литологический состав пород нижнего сантона свидетельствует об отличающихся глубокководностью условиях осадконакопления в сравнении с синхронными образованиями в разрезах Ольховской и Терсинской впадин. При этом общая мощность туронских-коньякских пород заметно меньше, чем в разрезах Каменный Брод (Ольховская впадина) и Мирошники (Терсинская впадина) (рис. 3). Это объясняется двумя обстоятельствами. Чухонастовские разрезы приурочены к северо-восточному крылу Ольховской впадины, а разрез Каменный Брод ближе к своду этой структуры. Кроме того, разрез Чухонастовка – сводный, наиболее значительный перерыв в последовательном прослеживании разреза предполагается между слоем 7 (Чухонастовка-2) и слоем 8 (Чухонастовка-5), что связывается с погружением слоев в юго-западном направлении.

В разрезах Чухонастовки, в пограничных туронских-коньякских интервалах, удалось выделить детальные подзоны по бентосным фораминиферам: LC6a (верхи верхнего турона) и LC6b (низы нижнего коньяка) [3, 24, 25]. Эти биостратиграфические подразделения, с разной полнотой и вариациями мощности, прослежены в разрезах Каменный Брод, Мирошники и Меловатка-1 (см. рис. 3). Внутриформационное несогласие прослежено в интервале подзон LC5b-с во всех представленных разрезах (см. рис. 3), что подтверждает региональный масштаб этого hiatus.

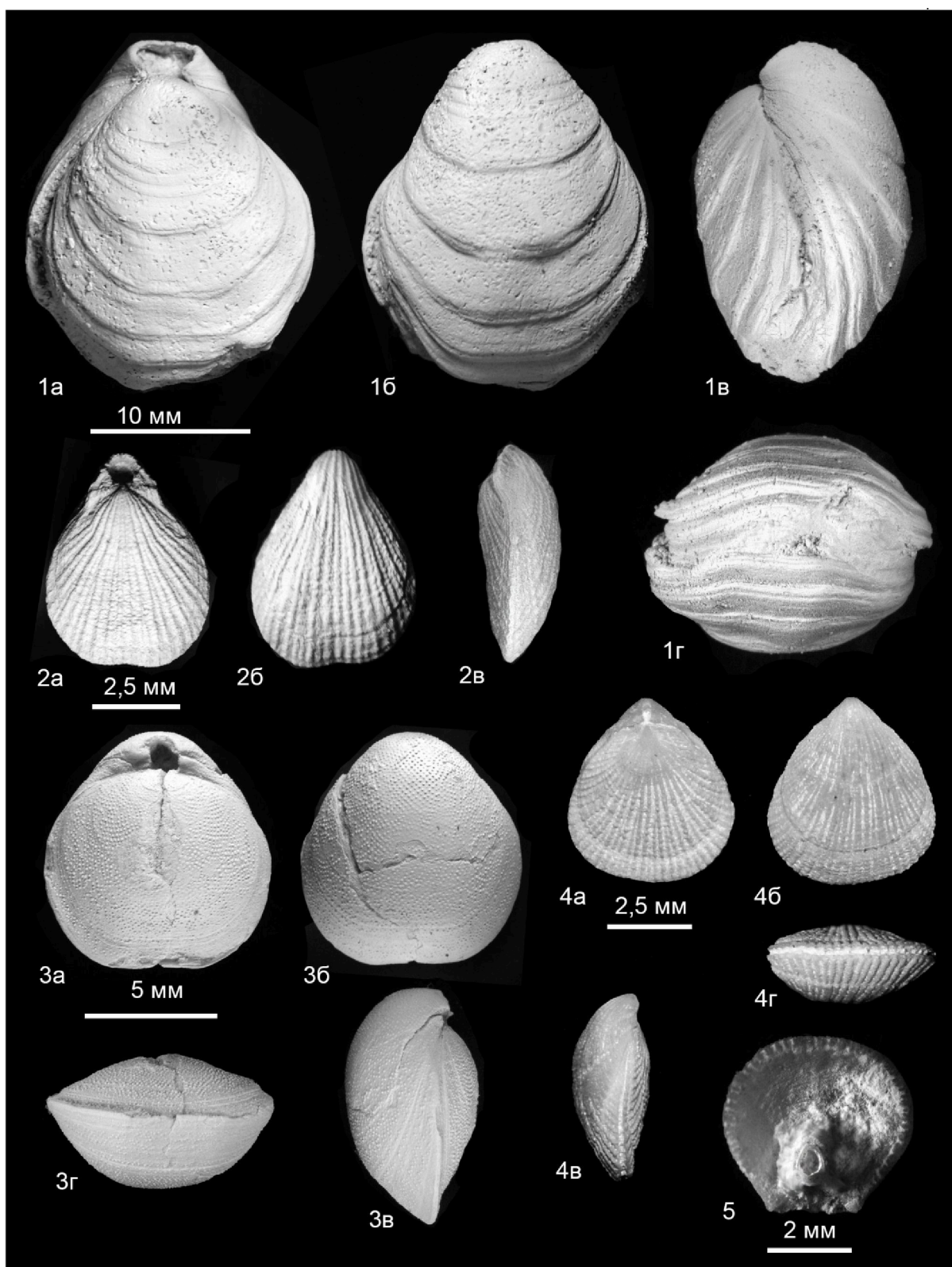
С учетом предсантонского эрозионного среза и незначительной детальности биостратиграфического расчленения нижнесантонского интервала можно предположить, что Ольховская впадин в основном формировалась в среднем коньяке, а Терсинская впадина активно развивалась в позднем туроне-раннем коньяке. На западном крыле и в своде Жирновской брахиантиклинали северная часть Доно-Медведицких дислокаций, породы коньяка и верхнего турона размыты до начала раннесантонского осадконакопления (см. рис. 3).

Продвижение водных масс в туронское – раннесантонское время носило пульсационный характер, что, отчасти, обусловлено существовавшим структурным планом и локальными

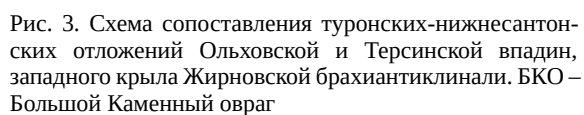
Таблица 6. Брахиоподы: 1 – *Ornatothyris* sp. Экз. SSU IEI № 251/22-01: а – со стороны брахиальной створки, б – со стороны pedalной створки, в – сбоку, г – со стороны лобного края. Чухонастовка-1; 2 – *Bisulcina chrysalis* (Schlotheim), молодая особь. Экз. SSU IEI, № 251/21-23: а – со стороны брахиальной створки, б – со стороны pedalной створки, в – сбоку, г – со стороны лобного края. Чухонастовка-2; 3 – *Kingena* ex gr.



Таблица 6



lima (Defrance). Экз. SSU IEI № 251/21-45: а – со стороны брахиальной створки, б – со стороны педальной створки, в – сбоку, г – со стороны лобного края. Чухонастовка-2, средний-верхний турон; 4 – *Gyrosoria lata* (Etheridge). Экз. SSU IEI № 251/21-05: а – со стороны брахиальной створки, б – со стороны педальной створки, в – сбоку, г – со стороны лобного края. Чухонастовка-2; 5 – *Gyrosoria lata* (Etheridge), с сохранившейся петлей брахидия. Экз. SSU IEI № 251/21-09. Чухонастовка-2, средний-верхний турон. Примечание. Поверхность раковин (фиг. 1–4) покрыта слоем хлорида аммония; 1 – нижний турон; 2–5 – средний-верхний турон





эпизодическими геодинамическими подвижками. Этим объясняется проявление в рассматриваемом интервале региональных и локальных несогласий в основании подзон LC4, LC6at, LC6ak и LC7 (Каменный Брод). Несогласия в основании туронских и сантонских образований явные региональные и в пределах положительных структур угловые.

Интервалы отложений турона-коньяка, расположенные на юго-западном своде Ульяновско-Саратовского прогиба (Каменный Брод, Мирошники, Чухонастовка), отличаются от синхронных образований северо-восточного свода этого прогиба большей стратиграфической полнотой и мощностью карбонатных и карбонатно-кремнистых пород [6, 24, 25, 32].

Выводы

Чухонастовка-1 – это один из трех разрезов в регионе, где по бентосным фораминиферам и белемнитам показано присутствие нижнетуронских отложений [2, 7]. Уникальность разреза Чухонастовка-5 определяется литологическим составом стратиграфически наиболее полного интервала пород нижнего сантона. Здесь образования, синхронные «губковому» горизонту Поволжья, представлены кремнистыми мергелями с линзами кремней. Образование кремней связывается с перераспределением кремнезема от растворившихся изолированных кремневых спикул и от рассеянных скелетов гексактинеллид без следов фосфатизации.

Относительная целостность и последовательность стратиграфических интервалов отложений турона-нижнего сантона и особенности их литологического состава в разрезе Чухонастовка позволяют предположить следующее. В раннетуронское и раннесантонское время рассматриваемая территория представляла собой один из наиболее погруженных участков бассейна, по которому водные массы проникали из восточной части Прикаспийской провинции на запад, в современную Ольховскую впадину и далее продвигались по субмеридианальным прогибам в северном направлении. В настоящее время сопряжение Ольховской впадины и восточного борта Прикаспийской впадины не прослеживается. На рубеже миоцена и плиоцена северо-восточное крыло Ольховской впадины было ограничено формиовавшимся локальным Чухонастовским поднятием и системой субмеридиональных Балыклейских грабенов.

Своеобразный литологический состав нижних интервалов сантонских образований, не отмеченный ранее на территории Правобережного Поволжья, свидетельствует об актуальности детального изучения фациального строения базальных интервалов пород при их сопоставлении по серии разрезов и при палеоструктурных реконструкциях [1, 23].

Исследование комплексов БФ позволило проследить ранее установленные в Поволжье подзоны LC6at и LC6ak [3], что дало возможность наметить в «немой» карбонатной толще разреза Чухонастовка границу туронского и коньякского ярусов. Видовой состав комплексов фораминифер характерен для отложений Русской плиты. Выделение из порошков микрофаунистических проб, отобранных по всему разрезу туронских-сантонских отложений, микро- и мелкоразмерных фоссилий способствовало расширению сведений о составе морской биоты и разработке зональных схем по ранее малоизученным группам беспозвоночных [33–34].

В настоящее время на территории Русской плиты находки иглокожих наиболее полно характеризуют интервал туронских-коньякских пород в разрезе Чухонастовка-2. Здесь установлены наибольшие частоты встречаемости и значительное число выделенных видов. Из этого разреза происходит много таксонов, которые впервые установлены в Поволжье, для некоторых расширены не только палеогеографические ареалы, но и стратиграфические диапазоны распространения. Массовые сборы фоссилий делают разрез Чухонастовка-2 уникальным местонахождением туронских-коньякских иглокожих в регионе.

Библиографический список

1. Первушов Е. М., Ермохина Л. И., Шелепов Д. А., Зозырев Н. Ю. Структурный план Правобережного Поволжья в позднемиоценовое и в раннепалеоценовое время // Геологические науки – 2023 : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) (г. Саратов, 8 декабря 2023 г.). Саратов : Изд-во «Техно-Декор», 2023. С. 64–68.
2. Первушов Е. М., Рябов И. П., Сельцер В. Б., Валащук И., Калякин Е. А., Гужикова А. А., Ильинский Е. И., Худяков Д. В. Верхнемеловые отложения Вольской структурной зоны Восточно-Европейской платформы: турон–нижний кампан разреза Коммунар. Ст. 1. Описание разреза, бентосные фораминиферы, магнитостратиграфия // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2022. Т. 30, № 2. С. 101–124. <https://doi.org/10.31857/S0869592X22020041>, EDN: ONZBLG
3. Рябов И. П. Бентосные фораминиферы турона-коньяка Правобережного Поволжья : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2023. 198 с. EDN: ETQTVR
4. Беньямовский В. Н. Схема инфразонального расчленения верхнего мела Восточно-Европейской провинции по бентосным фораминиферам. Ст. 1. Сеноман–коньяк // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16, № 3. С. 36–46.
5. Беньямовский В. Н. Схема инфразонального расчленения верхнего мела Восточно-Европейской провинции по бентосным фораминиферам. Ст. 2. Сантон–маастрихт // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16, № 3. С. 62–74.
6. Pervushov E. M., Ryabov I. P., Guzhikova A. Yu., Vishnevskaya V. S., Kopaevich L. F., Guzhikova A. A.,



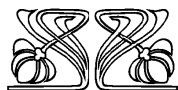
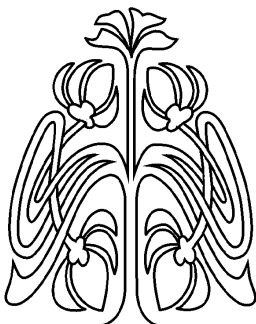
- Kalyakin E. A., Fomin V. A., Sel'tser V. B., Il'inskii E. I., Mirantsev G. V., Proshina P. A. Turonian–Coniacian Deposits of the Kamennyi Brod-1 Section (Southern Ulyanovsk-Saratov Trough) // *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2019. Vol. 27, iss. 7. P. 804–839. <https://doi.org/10.1134/S0869593819070025>, EDN: SOZEYG
7. Первушов Е. М., Рябов И. П., Сельцер В. Б., Валацук И., Калякин Е. А., Гужикова А. А., Ильинский Е. И., Худяков Д. В. Верхнемеловые отложения вольской структурной зоны (турон–нижний кампан разреза Коммунар). Ст. 2. Макрофаунистическая характеристика, выводы // *Стратиграфия. Геол. корреляция*. 2022. Т. 30, № 3. С. 1–28. <https://doi.org/10.1134/S0869593822020046>, EDN: TXHQDI
 8. Lach R., Salamon M. A. Late Cretaceous crinoids (Echinodermata) from the southwestern margin of the Holy Cross Mts. (southern Poland) and phylogenetic relationships among bourgueticrinids // *Pal. Z.* 2016. Vol. 90, № 3. P. 503–520.
 9. Кликушин В. Г. Морские лилии из верхнемеловых отложений СССР // *Бюл. МОИП. Отд. геол.* 1980. Т. 55, № 5. С. 80–84.
 10. Кликушин В. Г. О поздне меловых морских лилиях Мангышлака // *Палеонтол. журн.* 1982. Т. 4. С. 98–103.
 11. Jagt J. W. M. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium. Part 2: Crinoids // *Scripta Geologica*. 1999. № 116. P. 59–255.
 12. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part E. Echinodermata 2, Revised. Crinoidea / ed. P. A. Selden. The University of Kansas Paleontological Institute, 2011. Vol. 3. 261 p.
 13. Storc R., Zitt J. Late Turonian ophiuroids (Echinodermata) from the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic // *Bull. Geosci.* 2008. Vol. 83. P. 123–140.
 14. Jagt J. W. M. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium. Part 3: Ophiuroids // *Scripta Geologica*. 2000. № 121. P. 1–179.
 15. Smith A. B., Wright C. W. British Cretaceous echinoids. Part 4. Stirodonta 3 and Camarodonta // *Monograph of the Palaeontographical Society*. London, 1996. Vol. 150 (602). P. 286–341.
 16. Smith A. B., Wright C. W. British Cretaceous echinoids. Part 1. Introduction and Cidaroida // *Monograph of the Palaeontographical Society*. London, 1989. Vol. 141 (578). P. 1–101.
 17. Первушов Е. М., Иванов А. В., Попов Е. В. Средне- и поздне меловая биота юго-востока Европейской палеобиогеографической области // *Палеонтол. журн.* 1997. № 3. С. 1–7.
 18. Первушов Е. М. Морфогенезы поздне меловых Guettardiscyphia (Porifera, Hexactinellida) // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле*. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 109–116. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2016-16-2-109-116>, EDN: WDCVZV
 19. Первушов Е. М. Представители рода Camerospongia (Porifera, Hexactinellida) из сеномана Поволжья // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле*. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 253–258. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2016-16-4-253-258>, EDN: ХТКВЕН
 20. Первушов Е. М. Род Balantionella Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida) // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле*. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 122–134. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-2-122-134>, EDN: XPILZB
 21. Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Фомин В. А., Рябов И. П., Ильинский Е. И., Гужикова А. А., Бирюков А. В., Суринский А. М. Комплексное био- и магнитостратиграфическое изучение разрезов «Озерки» (верхний мел, Саратовское правобережье). Ст. 1. Характеристика разрезов, результаты петромагнитных и магнито-минералогических исследований // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле*. 2017. Т. 17, вып. 2. С. 105–116. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-2-105-116>, EDN: YLXZKV
 22. Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Фомин В. А., Рябов И. П., Ильинский Е. И., Гужикова А. А., Бирюков А. В., Суринский А. М. Комплексное био- и магнитостратиграфическое изучение разрезов «Озерки» (верхний мел, Саратовское правобережье). Ст. 2. Характеристика ориктокомплексов и биостратиграфия // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле*. 2017. Т. 17, вып. 3. С. 182–199. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-3-182-199>, EDN: ZDNKUD
 23. Первушов Е. М. Геохронология и структура «сантонского» «губкового» горизонта в пределах правобережного Поволжья // *Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии* : сб. науч. тр. / под ред. Е. Ю. Барбошкина. Симферополь : Изд-во Черноморпресс, 2016. С. 205–207.
 24. Первушов Е. М., Рябов И. П., Гужиков А. Ю., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Фомин В. А. Результаты комплексных стратиграфических исследований турона-коньяка Поволжья // *Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии* : материалы XI Всерос. совещ. (г. Томск, 19–24 сентября 2022 г.) / ред. Е. Ю. Барбошкин. Томск : Изд-во Томского ун-та, 2022. С. 200–203.
 25. Первушов Е. М., Рябов И. П., Калякин Е. А., Сельцер В. Б. Биостратиграфия туронских – коньякских отложений Ульяновско-Саратовского прогиба // *Вопросы палеонтологии и региональной стратиграфии фанерозоя европейской части России* : Всерос. науч.-практ. конф. (г. Ульяновск, 22–25 сентября 2023 г.) : сб. науч. тр. / ред. В. П. Морозов, М. А. Рогов, Н. Г. Зверьков. Ундоры : Изд-во Ундор. палеонтол. музея им. С. Е. Бирюкова, 2023. С. 147–150.
 26. Первушов Е. М., Худяков Д. В. Поздне меловые известковые губки юго-востока Восточно-Европейской платформы // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле*. 2020. Т. 20,



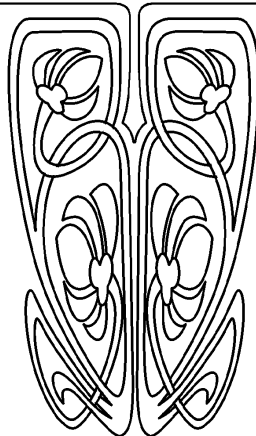
- вып. 3. С. 184–191. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-3-184-191>, EDN: ZRDBDO
27. Кац Ю. И. Тип Brachiopoda // Атлас верхнемеловой фауны Донбасса. М. : Недра, 1974. С. 240–275.
28. Sklenar J., Simon E. Brachiopod Gyrosoria Cooper, 1973 – a comparative palaeoecological, stratigraphical and taxonomical study // Bull. Geosci. 2009. Vol. 84, № 3. P. 437–464.
29. Pettitt N. E. A Monograph of the Rhynchonellidae of the British Chalk. Part 1 / Palaeontographical Society. London, 1950. Vol. 103, № 2. P. 1–26.
30. Нехрикова Н. И Тип Brachiopoda // Атлас беспозвоночных поздне меловых морей Прикаспийской впадины. М. : Наука, 1982. С. 26–49.
31. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda, Revised. Rhynchonelliformea / ed. R. L. Kaesler. The University of Kansas Paleontological Institute. 2006. Vol. 5. 677 p.
32. Первушов Е. М., Сельцер В. Б., Калякин Е. А., Ильинский Е. И., Рябов И. П. Туронские – коньякские отложения юго-западной части Ульяновско-Саратовского прогиба // Известия вузов. Геология и разведка. 2019. № 5. С. 10–27. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-5-10-27>, EDN: ILHSCY
33. Pervushov E. M., Ryabov I. P., Guzhikov A. Yu., Seltser V. B., Kalyakin E. A., Fomin V. A. Bio-Magnetostratigraphy of the Turonian–Coniacian Deposits of the Lower Bannovka Section, South-East of the Russian Plate // Stratigraphy and Geological Correlation. 2023. Vol. 31. Suppl. 1. P. S52–S85. <https://doi.org/10.1134/S0869593824010052>
34. Коромылова А. В., Первушов Е. М. Мшанки верхнего турона Волгоградской области, Нижнее Поволжье // Палеонтология и стратиграфия: современное состояние и пути развития : материалы LXVIII сессии Палеонтол. о-ва при РАН. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. С. 72–73.
35. Гужииков А. А., Первушов Е. М., Рябов И. П., Фомин В. А. Магнитозона обратной полярности в туроне–коньяке северного окончания Доно-Медведицких дислокаций // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 262–277. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-262-277>

Поступила в редакцию 03.04.2024; одобрена после рецензирования 19.04.2024;
принята к публикации 08.08.2024; опубликована 30.09.2024

The article was submitted 03.04.2024; approved after reviewing 19.04.2024;
accepted for publication 08.08.2024; published 30.09.2024



ПОДПИСКА



Подписка на печатную версию

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

Адрес Издательства

Саратовского университета (редакции):

410012, Саратов, Астраханская, 83

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

Факс: +7(845-2) 27-85-29

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

Адрес редколлегии серии:

410012, Саратов, Астраханская, 83,

СГУ имени Н. Г. Чернышевского,

Географический факультет

Тел.: +7(845-2) 21-07-95

Факс: +7(845-2) 51-54-49

E-mail: farik26@yandex.ru

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



ISSN 1819-7663 (Print). ISSN 2542-1921 (Online)
Известия Саратовского университета. Новая серия.
Серия: Науки о Земле. 2024. Том 24, выпуск 3

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА Новая серия

Серия: Акмеология образования. Психология развития
Серия: История. Международные отношения
Серия: Математика. Механика. Информатика

Серия: Науки о Земле

Серия: Социология. Политология
Серия: Физика
Серия: Филология. Журналистика
Серия: Философия. Психология. Педагогика
Серия: Химия. Биология. Экология
Серия: Экономика. Управление. Право

