

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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Серия: Науки о Земле

2021

Том 21

Выпуск 2



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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Научный журнал
2021 Том 21
ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)
Издается с 2006 года

Серия Науки о Земле, выпуск 2

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

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Конопацкова О. М., Макаров В. З., Кузинова Я. К., Решетарова Д. А.

Распространенность неходжкинских лимфом в Саратове
(медико-географический анализ)

78

Уставщикова С. В. Динамика численности населения Волгоградской,
Самарской и Саратовской областей: вклад миграции

82

Геология

**Осипова Е. П., Астаркина А. Г., Астаркин С. В., Стрельников Д. А.,
Решетников М. В.** Влияние цеолитизации на миграцию пластовых флюидов
на примере юрских и неокомских отложений
(Ямальский нефтегазоносный район)

88

Писаренко Ю. А., Гончаренко О. П., Писаренко В. Ю.

Особенности строения нижнепермской соленосной толщи и характер
проявления соляного тектогенеза на территории Прикаспийской впадины.
Статья II

93

Первушов Е. М. Род Tremabolites Zittel, 1878 (Porifera, Hexactinellida)

103

Савельева Ю. Н., Гужиков А. Ю. Кимериджские – волжские остракоды
Самарской Луки: палеоэкологический анализ и отражение условий
осадконакопления в магнетизме пород

118

Хасанов Д. И., Лоншаков М. А. Исследование масштабного эффекта
пористости в образцах известняков башкирского яруса

137

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

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

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (специальности: 25.00.01; 25.00.02; 25.00.10; 25.00.23; 25.00.24; 25.00.30; 25.00.35; 25.00.36)

Индекс издания в объединенном каталоге «Пресса России» 36010, раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов». Журнал выходит 4 раза в год

Директор издательства

Бучко Ирина Юрьевна

Редактор

Малютина Елена Анатольевна

Художник

Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист

Кочкаева Инна Анатольевна

Верстка

Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор

Каргин Игорь Анатольевич

Корректор

Малютина Елена Анатольевна

Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):

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

Подписано в печать 24.06.2021.
Подписано в свет 30.06.2021.
Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 8,6 (9,25).
Тираж 500 экз. Заказ 63-Т.
Цена свободная

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.

Адрес типографии:

410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2021



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: farik26@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

Konopatskova O. M., Makarov V. Z., Kuzinova Ya. K., Reshetarova D. A.
The prevalence of non-Hodgkin's lymphomas in Saratov
(medico-geographical analysis) 78

Ustavshchikova S. V. Population dynamics of Volgograd, Samara
and Saratov regions: Contribution of migration 82

Geology

Osipova E. P., Astarkina A. G., Astarkin S. V., Strelnikov D. A., Reshetnikov M. V. Influence of zeolitization on the migration of reservoir
fluids on the example of jurassic and neocomian deposits
(Yamal oil and gas region) 88

Pisarenko Yu. A., Goncharenko O. P., Pisarenko V. Yu.
Structural features of the lower Permian salt-bearing series and the character
of salt-tectogenesis manifestations in the Caspian Depression. Paper II 93

Pervushov E. M. Genus Tremabolites Zittel, 1878 (Porifera, Hexactinellida) 103

Savelieva Ju. N., Guzhikov A. Yu. Kimmeridgian–Volgian ostracods
of Samarskaya Luka: Paleocological analysis and reflection of sedimentation
conditions in rock magnetism 118

Khassanov D. I., Lonshakov M. A. The investigation of the scale effect
on porosity in Bashkirian limestones 137



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

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь

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

Члены редакционной коллегии:

Валашиц Иренеуш, действительный член Польской академии наук, профессор (Варшава, Польша)

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

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

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

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

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

Рыхлов Александр Богданович, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Members of the Editorial Board:

Ireneusz P. Walaszczyk (Warsaw, Poland)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

Aleksandr B. Rikhlov (Saratov, Russia)

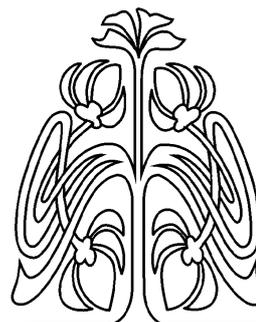
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

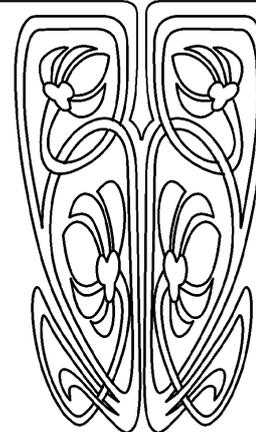
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 78–81

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 78–81

Научная статья

УДК [502:911.375]:616.441

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-78-81>

Распространенность неходжкинских лимфом в Саратове (медико-географический анализ)

О. М. Конопацкова¹, В. З. Макаров², Я. К. Кузинова¹, Д. А. Решетарова²✉

¹ Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112

² Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Конопацкова Ольга Михайловна, доктор медицинских наук, профессор, o.konopatskova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2123-4730>

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

Кузинова Яна Константиновна, лаборант, yan.prokhorova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6879-5714>

Решетарова Даниэлла Александровна, старший преподаватель, reshetarova_dana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7335-5051>

Аннотация. Лимфомами называют злокачественные новообразования лимфатической системы, которые характеризуются поражением групп лимфатических узлов и/или внутренних органов. Анализ статистических данных показал, что отсутствует полная информация о заболеваемости в конкретных регионах. Изучение распространенности лимфом, необходимость мониторинга заболеваемости, выявление и анализ возможной связи патологии с градоэкологическими особенностями являются актуальной проблемой. В статье дана динамика заболеваемости неходжкинскими лимфомами в Саратове с 2009 по 2019 год.

Ключевые слова: онкология, градоэкология, неходжкинские лимфомы, заболеваемость, ГИС-технологии

Для цитирования: Конопацкова О. М., Макаров В. З., Кузинова Я. К., Решетарова Д. А. Распространенность неходжкинских лимфом в Саратове (медико-географический анализ) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 78–81. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-78-81>

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

Article

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-78-81>

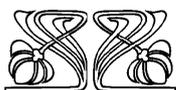
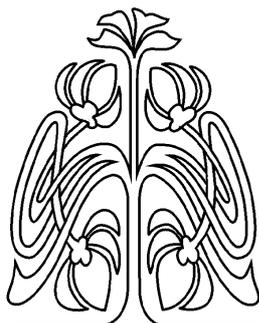
**The prevalence of non-Hodgkin's lymphomas in Saratov
(medico-geographical analysis)**

О. М. Konopatskova¹, V. Z. Makarov², Y. K. Kuzinova¹, D. A. Reshetarova²✉

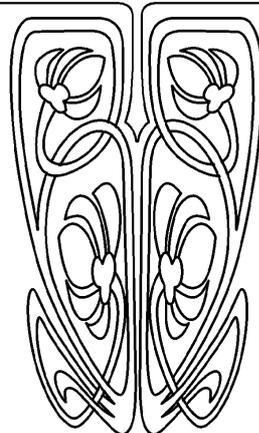
¹ Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, 112 Bolshaya Kazachia St., Saratov 410012, Russia

² Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

© Конопацкова О. М., Макаров В. З., Кузинова Я. К., Решетарова Д. А., 2021



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Olga M. Konopatskova, o.konopatskova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2123-4730>

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

Yana K. Kuzinova, yan.prokhorova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6879-5714>

Daniella A. Reshetarova, reshetarova_dana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7335-5051>

Abstract. Malignant neoplasms of the lymphatic system, which are characterized by damage to groups of lymph nodes and/or damage to internal organs are called lymphomas. The analysis of statistical data shows that there is incomplete information about the incidence in specific regions. The study of the prevalence of lymphomas, the need to monitor the incidence, and the identification and analysis of possible links between pathology and urban environmental features are an urgent problem. The paper analyzes the dynamics of the incidence of non-Hodgkin's lymphoma in Saratov from 2009 to 2019.

Keywords: oncology, urban ecology, non-Hodgkin's lymphoma, morbidity, GIS technologies

For citation: Konopatskova O. M., Makarov V. Z., Kuzinova Y. K., Reshetarova D. A. Prevalence of non-hodgkin's lymphoma lymphomas in Saratov (medico-geographical analysis). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 78–81 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-78-81>

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

Постановка проблемы

Согласно статистическим данным, число онкологических больных постоянно растет. В 2018 г. в Российской Федерации впервые выявлено 624 709 случаев злокачественных новообразований (в том числе 285 949 и 338 760 у пациентов мужского и женского пола соответственно). Прирост данного показателя по сравнению с 2017 г. составил 1,2%. Ведущими локализациями в общей (оба пола) структуре заболеваемости являются: кожа (12,6%, с меланомой 14,4%), молочная железа (11,4%), трахея, бронхи, легкие (9,9%). Заболевания лимфатической и кроветворной тканей составляют 4,8% [1].

В настоящее время особое внимание уделяется первичной профилактике новообразований, включающей своевременное выявление и лечение предопухолевых заболеваний. При этом важным является создание территориальных программ, которые могут быть использованы для принятия определенных организационных решений. Для разработки таких программ необходим анализ динамики показателей заболеваемости, а также запущенности онкологических заболеваний, так как выявление новообразования в первой стадии – залог не только успешного лечения, но и хорошего прогноза. Предлагаемая статья рассматривает онкоситуацию в Саратове по одному из редких заболеваний – неходжкинской лимфоме (НХЛ).

В последние годы в Российской Федерации наблюдается достаточно выраженный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями лимфотической, кроветворной тканей. Максимальный темп прироста отмечен у неходжкинских лимфом – за 9 лет заболеваемость выросла на 38,2%. В 2018 г. в России выявлено 10181 случай злокачественных НХЛ, что в структуре злокачественных новообразований составило 1,63%. Средний возраст таких больных в России составлял 57,6 лет (оба пола) [1].

Заболеваемость злокачественными новообразованиями в Саратовской области (на 100 тыс. населения) в 2013–2018 гг. составляла 427,1–454,7.

Ведущими локализациями являются новообразования кожи (14,1%, с меланомой 15,8%), молочной железы (11%), новообразования легких (9,8%), предстательной железы (7,0%), ободочной кишки (6,7%), желудка (5,4%), тела матки (5,1%). Заболевания лимфатической и кроветворной тканей составляют 4,5%. Динамика стандартизованных показателей заболеваемости лимфомами за период с 2008 по 2018 г. показывает постоянный рост – с 16,65 до 20,20% соответственно. Среднегодовой темп прироста – 2,02%. Злокачественные лимфомы (С81–С85, С88, С90, С96) в 2018 г. выявлены у 301 пациента (в 2017 г. – 300). Показатель заболеваемости составил 12,3 на 100 тыс. населения (в 2017 г. – 12,1). При профилактических осмотрах выявлено 3,2% патологии (в 2017 г. – 1,8%, РФ – 9,6%). Диагноз злокачественной лимфомы был подтвержден морфологически в 100% (в 2017 г. – 100%, РФ – 100%). Количество больных, умерших в течение года с момента установления диагноза лимфомы, в Саратовской области в 2013–2018 гг. колебалось от 21,1 до 27,5% (РФ – 21,6%).

Неходжкинские лимфомы – это гетерогенные злокачественные лимфопролиферативные опухоли, различающиеся по биологическим свойствам, морфологическому строению, проявлениям, ответу на терапию и прогнозу [2]. НХЛ имеют много подвидов, отличающихся по гистологической картине, клиническим признакам и тактике лечения. При некоторых типах НХЛ заболевание протекает медленно и имеет благоприятный исход. Диагноз устанавливают на основании морфологического, иммуногистохимического исследования, иногда проводится молекулярно-биологическое и генетическое тестирование. Диагноз должен состоять из верифицированного диагноза опухоли (морфологическое и иммуногистохимическое исследование), соответствующего классификации ВОЗ (2017 г.), и установления распространенности процесса в соответствии с принятыми классификационными системами [1, 3, 4].

Поскольку в имеющейся литературе нет убедительных данных о возможной связи заболеваемости с факторами внешней среды, целью



данного исследования явилось изучение онкогеографических особенностей распространения НХЛ на примере Саратова за период с 2009 по 2019 г.

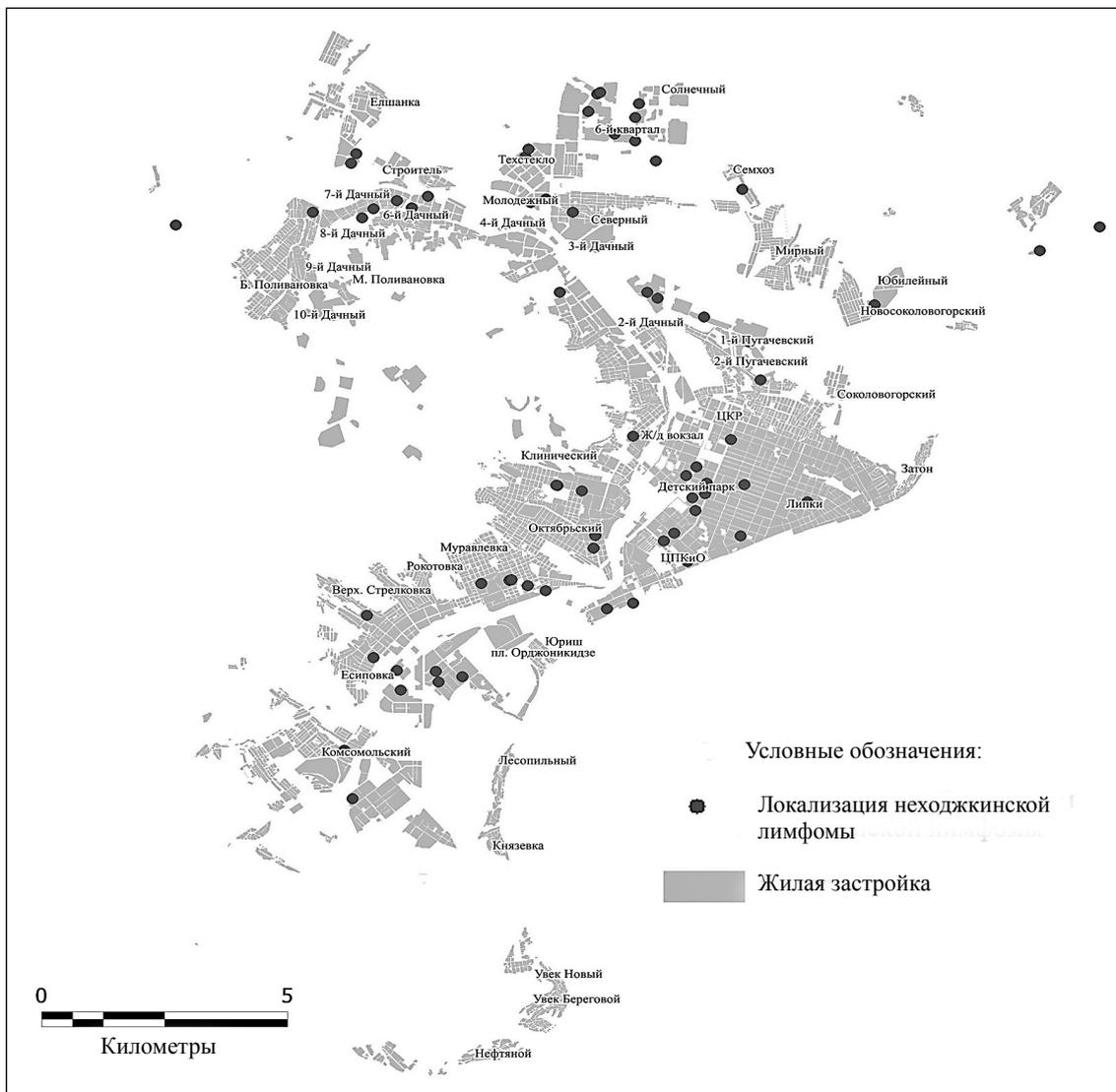
Материалы и методы

В основу исследования положены данные о заболеваемости населения Саратова неходжкинскими лимфомами, о местоположении домов, в которых отмечено наибольшее число случаев распространения НХЛ (рисунок). Были тщательно проанализированы атмосферные условия в местах проживания больных НХЛ. На основании полученных данных составлены онкоэкологические карты заболеваемости НХЛ. Проанализированы амбулаторные карты и истории болезни. Всего были учтены данные о 139 пациентах, больных лимфомами, находящихся на учете в областном онкологическом диспансере г. Саратова: 82 (59%) женщины и 57 (41%) мужчин. По

возрасту преобладают пациенты старше 60 лет – 55%, 40–60 лет – 30%, 20–40 лет – 15%. Распределение по стадиям: 1-я – 18 человек (21%), 2-я – 18 (21%), 3-я – 31 (37%), 4-я – 18 (21%). По гистологическому типу преобладают В-клеточные лимфомы – 46 человек (54%). Далее следуют фолликулярные лимфомы – 22 пациента (26%) – и иные разновидности (лимфосаркомы, МАЛТ-лимфомы и др.) – 21 пациент (17%).

Результаты исследования

Одним из факторов, способствующих возникновению НХЛ, являются плохие экологические, точнее, атмосферные условия [5]. Качество приземного слоя городского воздуха, несомненно, влияет на снижение иммунного статуса человека и увеличивает онкологический риск. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – пирен, бенз(а)пирен, бенз(а)ан-



Распространение лимфомы на территории г. Саратова



трацен, хлорорганические соединения (диоксин и диоксиноподобные соединения), фенолы, формальдегид, кадмий, мышьяк, шестивалентный хром, никель, асбест – обладают канцерогенными и мутагенными свойствами [6, 7]. Сотрудниками лаборатории урбоэкологии и регионального анализа Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского в 2018 г. и 2019 г. было проведено инструментальное исследование среднесуточных концентраций бенз(а)пирена на улицах г. Саратова и г. Балаково. Обнаружено превышение ПДКсс бенз(а)пирена на многих улицах и в жилых кварталах, особенно расположенных близ магистралей с плотным транспортным потоком, в пониженных участках рельефа, в местах с постоянными автомобильными пробками, рядом с железной дорогой [8]. Анализ данных показал, что случаи распространения НХЛ отмечены на 103 улицах Саратова на урболандшафтных участках с разной экологической ситуацией (см. рисунок).

По числу заболевших выделяются центральные районы города с плотной застройкой и густой сетью улиц, особенно улицы Рабочая, Вавилова и Рахова, которые являются важными транспортными магистралями. Улицы Рабочая и Вавилова – весьма протяженные и довольно узкие (не более 7 м). Они большую часть суток буквально забиты автомобилями. Улица Рахова, хотя и является бульваром с прогулочной зоной, также почти круглосуточно перегружена транспортом. Названные улицы находятся в Северной субкотловине Приволжской котловины г. Саратова. Это центральная, историческая часть города с наиболее плотной застройкой и домами, как правило, низкой и средней этажности. Северная субкотловина плохо проветривается. Все дома, в которых чаще всего наблюдаются больные НХЛ, испытывают прямое воздействие выхлопных газов, являющихся источником бенз(а)пирена.

Заключение

Сопряженный экологический и медико-экологический анализы онкогеографической ситуации в Саратове позволяет специалистам-онкологам более корректно проводить

онкоэкологический мониторинг, организовывать работу поликлинических врачей по выявлению патологии у людей, в частности нозологии НХЛ, проживающих на урболандшафтных участках с повышенным онкологическим риском.

Библиографический список

1. Каприн А. Д. Состояние онкологической помощи населению России в 2017 году / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, Г. В. Петровой. Москва : МНИОИ им. П. А. Герцена филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. 236 с.
2. World Health Organization Classification of Tumors. Tumors of Hematopoietic and Lymphoid Tissues / eds. E. S. Jaffe, N. L. Harris, H. Stein, J. W. Vardiman. Lyon : IARC Press, 2001. 351 p.
3. Неходжкинские лимфомы : учеб. пособие / Л. А. Филатова, Т. Ю. Семиглазова, С. М. Алексеев [и др.] ; Министерство здравоохранения Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова», кафедра онкологии. Санкт-Петербург : Издательство ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И. И. Мечникова» Минздрава РФ, 2017. 39 с.
4. Поддубная И. В. Неходжкинские лимфомы // Клиническая онкогематология / под ред. М. А. Волковой. Москва : Медицина, 2007. С. 724–770.
5. Lauby-Secretan B., Loomis D., Grosse Y, El Ghissassi F., Bouvard V., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., Baan R., Mattock H., Straif K. Carcinogenicity of polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls // The Lancet journal. Elsevier. 2013. Vol. 14, № 4. P. 287–288. [https://doi.org/10.1016/s1470-2045\(13\)70104-9](https://doi.org/10.1016/s1470-2045(13)70104-9)
6. Галстян Г. А., Макаров В. З. Анализ экологической ситуации в Саратове и оценка ее возможного развития // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 74–79. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-2-74-79>
7. Дмитриев В. В., Фрумин Г. Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. Санкт-Петербург : Наука, 2004. 294 с.
8. Макаров В. З., Гусев В. А., Волков Ю. В., Затонский В. А., Неверюев А. М. Бенз(а)пирен в атмосфере городов Саратовской области // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 13–16. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>

Поступила в редакцию 01.02.2021, после рецензирования 01.03.2021, принята к публикации 15.03.2021
Received 01.02.2021, revised 01.03.2021, accepted 15.03.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 82–87
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 82–87

Научная статья
УДК 911.3:314
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-82-87>



Динамика численности населения Волгоградской, Самарской и Саратовской областей: вклад миграции

С. В. Уставщикова

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

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

Аннотация. Волгоградская, Самарская и Саратовская области – соседние регионы. Демографическое развитие в них имеет общие тенденции. Основным компонентом, влияющим на различия в динамике численности населения по областям, становится миграция. Самарская область продолжает привлекать как межрегиональных российских, так и международных мигрантов.

Ключевые слова: демографическое развитие, рождаемость, смертность, миграция населения

Для цитирования: Уставщикова С. В. Динамика численности населения Волгоградской, Самарской и Саратовской областей: вклад миграции // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 82–87. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-82-87>

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

Article
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-82-87>

Population dynamics of Volgograd, Samara and Saratov regions: Contribution of migration

S. V. Ustavshchikova

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

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

Abstract. Volgograd, Samara and Saratov regions are neighboring regions. Demographic development in the regions has general trends. Migration is becoming the main component influencing the differences in population dynamics in the regions. The Samara region continues to attract both interregional Russian and international migrants.

Keywords: demographic development, fertility, mortality, population migration

For citation: Ustavshchikova S. V. Population dynamics of Volgograd, Samara and Saratov regions: Contribution of migration. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 82–87 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-82-87>

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

Введение. Численность населения в России продолжает сокращаться. Естественный прирост в большей части регионов отрицательный. Именно поэтому только миграция в последние годы вносит значительный вклад в динамику численности населения. На многих территориях миграция способствует демографическому развитию, противодействуя депопуляции [1]. Но во многих регионах интенсивный миграционный отток ведет к быстрому сокращению демографического потенциала и, соответственно, возможностей социально-экономического развития.

Материалы и методы. Анализ демографического развития и влияния миграции на динамику численности населения в Волгоградской, Самар-

ской и Саратовской областях за 2010–2020 гг. проведен по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) [2], территориальных органов Федеральной службы государственной статистики. Проанализированы тенденции (направление движения) следующих показателей: коэффициента суммарной рождаемости, ожидаемой продолжительности жизни, возрастной структуры и миграционного прироста за 2000–2020 гг. Графический анализ выполнен в программе MS Excel-2013.

Результаты и их обсуждение. Три области на Волге имеют общие черты: расположены по соседству, каждая граничит с Казахстаном, у них схожая структура экономики. Но уровень социально-эко-



номического развития Самарской области в 2 раза выше, чем в Волгоградской и Саратовской (ВРП Самарской области 1510,5 млрд руб. (2018 г.), Волгоградской – 852,0 и Саратовской – 712,5). ВРП на душу населения в Самарской области выше на 1,3 и 1,6 раза соответственно. Доля русских в населении областей велика (всюду более 85%), доля городского населения составляет более 75%. По показателю численности населения Саратовская и Волгоградская области сопоставимы (Саратовская – 2421,9 тыс. чел. на 2020 г., Волгоградская – 2491,0), в Самарской области более чем на 700 тыс. чел. больше (3179,5 тыс. чел.). За последние 20 лет численность населения Самарской области сократилась на 2,9%, Волгоградской – на 8,6%, Саратовской – на 10,3%.

Показателями, обуславливающими изменение численности населения за определенный интервал времени, являются соотношение рождаемости и смертности (естественный прирост), а также разность между числом прибывших и выбывших (миграционный прирост). Определенные изменения также могут быть связаны с административно-территориальными преобразованиями. В последние десятилетия существенного изменения внешних границ областей не происходило.

Прирост численности населения по каждой области за последние 20 лет был отрицательным. Показатели численности населения Самарской области имели лучшую динамику (рис. 1).

В 2000–2018 гг. коэффициент суммарной рождаемости (число детей, рожденных одной женщиной на протяжении ее репродуктивного периода в условном поколении) в Самарской области в 2012–2018 гг. вырос по сравнению с другими областями более чем на 0,1–0,2 пункта. На этот показатель повлияли наличие значительного числа женщин детородного периода и проводимая демографическая политика в стране.

Одним из важнейших показателей, характеризующих уровень смертности, является ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) при рождении – чем дольше в среднем живут люди, тем ниже смертность [3]. С середины 2000-х в областях начался быстрый рост продолжительности жизни. Тем не менее в Самарской области базовый уровень был чуть ниже, чем в других областях, темп же роста выше, поэтому в 2018 г. разрыв с Волгоградской областью достиг значения в 1,16 года, с Саратовской – 0,64 (рис. 2).

В результате естественных и миграционных процессов складывается возрастная структура



Рис. 1. Прирост численности населения Волгоградской, Самарской и Саратовской областей в 2000–2018 гг., за год, %. Сост. по: [2]

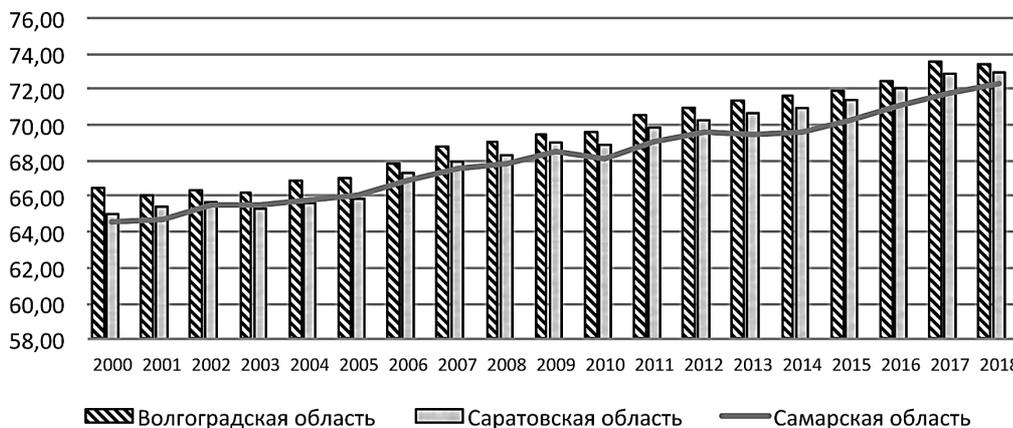


Рис. 2. Динамика ожидаемой продолжительности жизни в Волгоградской, Самарской и Саратовской областях в 2000–2018 гг. Сост. по: [2]



населения в регионах, которая, в свою очередь, начинает влиять на указанные процессы. Сокращение рождаемости и отток более молодого населения влияют на постарение населения. В итоге мы видим рост доли населения в возрасте старше трудоспособного (рис. 3, а). Самарская область по данному показателю практически сравнялась с двумя другими областями. Доля лиц трудоспособного возраста стремительно падает (рис. 3, б), Самарская область «догнала» Волгоградскую и Саратовскую. Это следствие более позднего по времени сокращения числа как внутрirosсийских, так и международных мигрантов в Самарскую область.

В качестве характеристики миграционных процессов, влияющих на динамику численности населения, можно использовать коэффициент миграционного прироста, рассчитанный как превышение числа прибывших над выбывшими в результате внешней по отношению к субъекту Российской Федерации миграции (т. е. международной и внутрirosсийской межрегиональной) на 10 тыс. постоянных жителей. В Волгоградской и Саратовской областях показатель внешней для региона миграции уже начиная с 2003 г. был то

слабоположительный, то слабоотрицательный. В последние годы Саратовская область теряет население в результате миграции [4]. Самарская область имеет лучший показатель миграционного прироста: в 2005 г. он доходил до 65 человек на каждые 10 000 населения, к 2018 г. – снизился до -1 (рис. 4).

Волгоградская область уже с 2011 г. имеет отрицательные значения данного коэффициента, в то время как Саратовская – с 2016 г.

К настоящему времени только в Самарской области сохранился миграционный прирост населения. Однако он не перекрывает величину естественной убыли – область теряет население. Волгоградская и Саратовская области также теряют население в результате отрицательного естественного прироста и отрицательного миграционного сальдо (рис. 5). Величина внутрirosсийской миграции, направленной из регионов, так велика, что перекрывает международный приток, который слабеет, становится отрицательным (рис. 6). Это говорит о том, что Волгоградская и Саратовская области перестают быть привлекательными для мигрантов из СНГ, которые составляют абсолютное большинство в России.

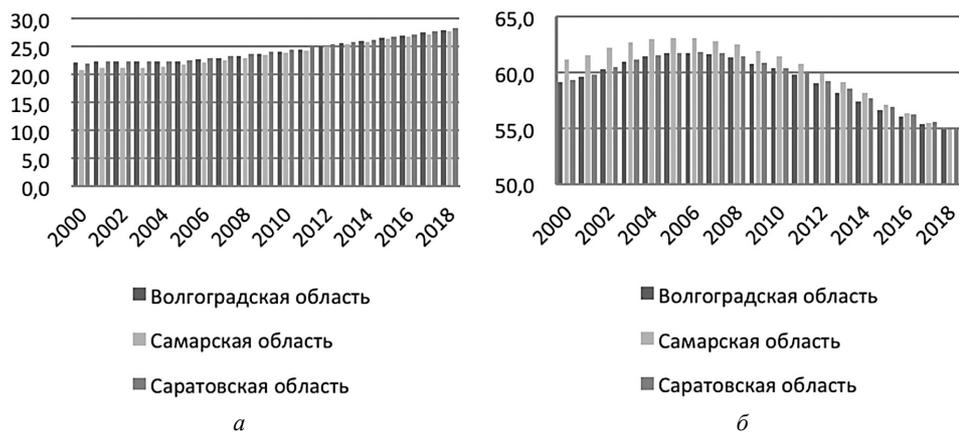


Рис. 3. Динамика доли лиц старше трудоспособного (а) и трудоспособного (б) возраста во всем населении регионов, %. Сост. по: [2]

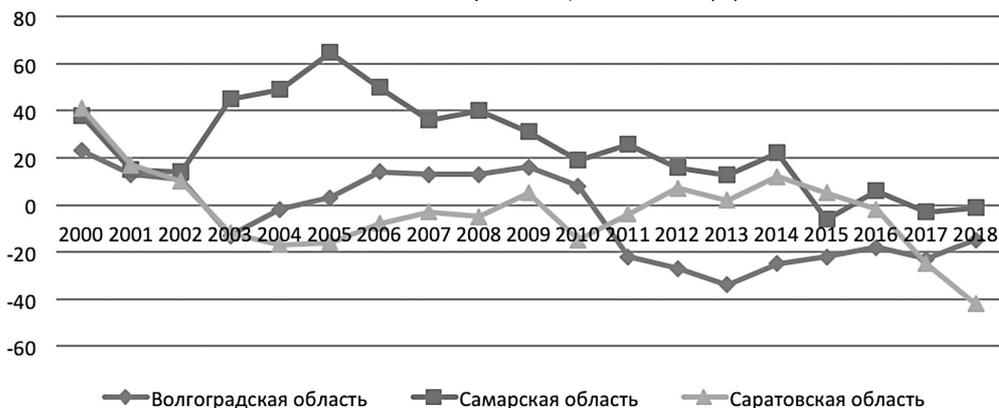


Рис. 4. Динамика коэффициента миграционного прироста (на 10 тыс. чел.) в Волгоградской, Самарской и Саратовской областях в 2010–2018 гг. Сост. по: [2]

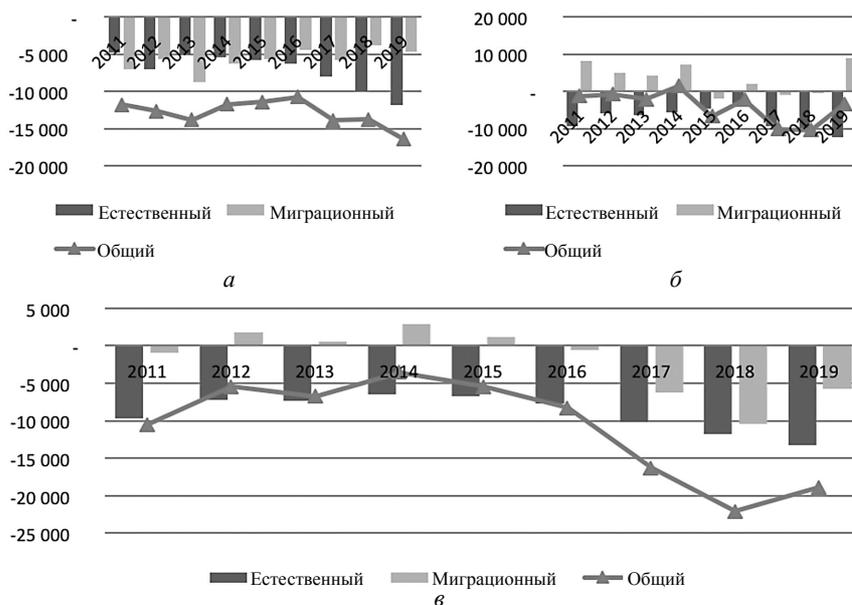


Рис. 5. Компоненты прироста населения Волгоградской (а), Самарской (б) и Саратовской областей (в), чел. Сост. по: [2]

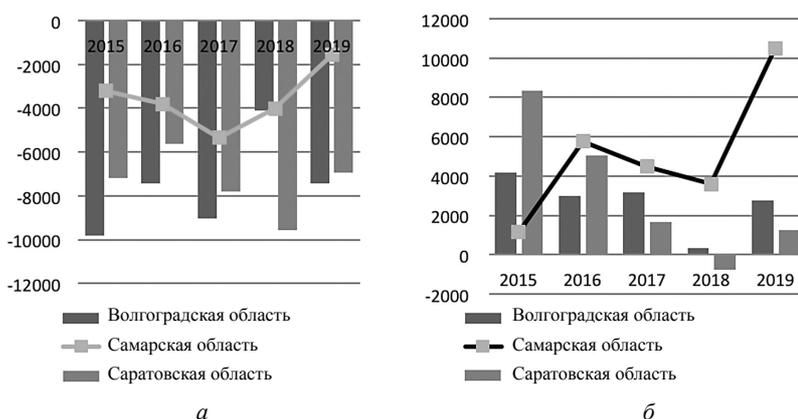


Рис. 6. Динамика межрегионального (а) и международного (б) сальдо миграции по областям, чел. Сост. по: [2]

Основная часть миграционных перемещений связана со сменой места жительства в пределах России. Лидерами по привлечению внутрироссийских мигрантов остаются Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Калининградская область, Краснодарский край, Республика Башкортостан, Свердловская и Ростовская области, Красноярский край. 47 регионов утратили часть своего населения в миграционном обмене с другими регионами [5].

В результате межрегиональной миграции все три области теряют население, в меньшей мере Самарская, в большей Волгоградская. Самарская область наряду с Москвой и Санкт-Петербургом является привлекательной, в частности, для мигрантов из Саратовской области. Мигранты из Волгограда в большей мере ориентированы на Краснодар. Самарская область наиболее привлекательна для международных мигрантов. Тем не менее абсолютное число остающихся в регионе

меньше межрегионального оттока и величины потери численности населения в результате естественной убыли.

Муниципальная и региональная власть адаптируется к современным вызовам. Растет понимание того, что привлекательность области трудовыми мигрантами оценивается на основе развитости рынка труда, доступности дешевого жилья, стоимости патента на миграцию, цифровизации миграционного процесса, а также способности администрации региона решать специфические вопросы финансирования обучения детей и лечения членов семьи мигранта. Благодаря введению патентной системы появилась возможность компенсировать расходы государственного бюджета на предоставление мигрантам социальных услуг за счет доходов от продажи патентов. Программа переселения соотечественников реализуется в Самарской, Саратовской и Волгоградской областях довольно успешно, предпочтительными



территориями для вселения признаны городские округа [6–8]. Соблюдение намеченных программ приводит к большей привлекательности региона для мигрантов.

Согласно последнему на текущий момент официальному прогнозу Росстата до 2035 г., по среднему (наиболее вероятному) варианту численность населения регионов сократится до 2250,2 тыс. чел. в Волгоградской области, до 3015,1 тыс. чел. в Самарской и до 2162,1 тыс. чел. в Саратовской. Численность населения Самарской области будет превышать численность Волгоградской и Саратовской на те же 700 тыс. чел., что и в 2020 г. При этом, по прогнозу, суммарный

коэффициент рождаемости повысится к 2035 г. во всех областях, причем в Самарской на 0,02 пункта, в Волгоградской и Саратовской на 0,07 пункта в каждой [9].

В сохранении разницы в численности населения областей, по мнению составивших прогноз, главная роль отводится миграционному приросту (средний вариант прогноза) (рис. 7). В расчетах учитывается миграция населения между городскими поселениями и сельской местностью, между субъектами Российской Федерации внутри России, а также внешняя. Сценарии учитывают особенности динамики процессов в субъектах Российской Федерации, влияние социально-эко-

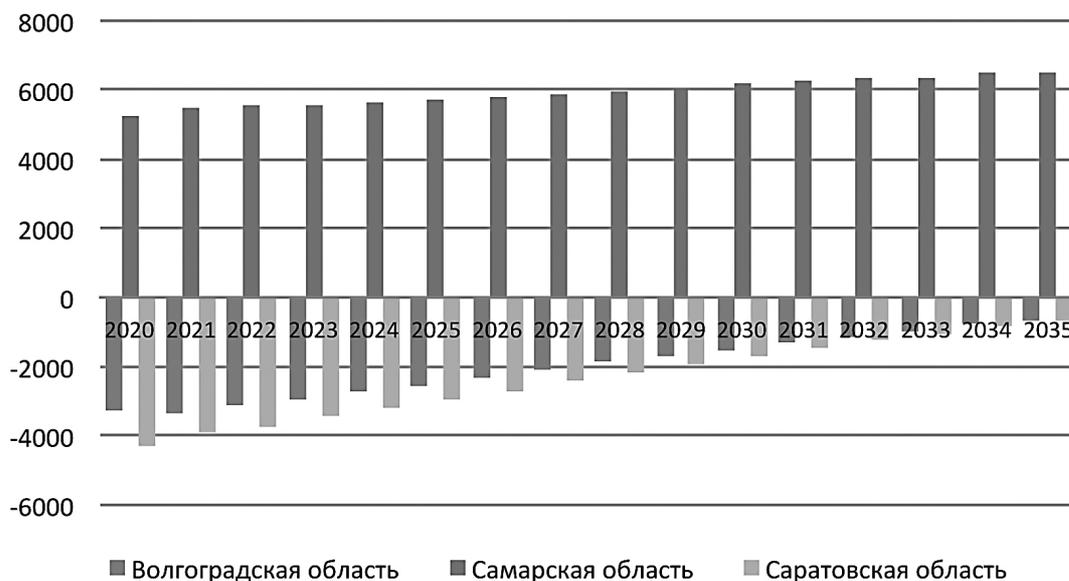


Рис. 7. Миграционный прирост по областям, чел. Прогноз. Средний вариант. Сост. по: [9]

номической ситуации на ход демографических процессов [9].

В итоге можно сделать следующие выводы:

– миграция продолжает вносить определяющий вклад в динамику численности населения регионов;

– в рассмотренных областях на динамику численности (сокращение) населения в большей мере оказывает влияние межрегиональная российская миграция, регионы являются донорами;

– международная миграция в указанных областях в настоящее время лишь незначительно компенсирует величину убыли населения;

– Самарская область остается более привлекательной как для российских, так и международных мигрантов.

Библиографический список

1. Симагин Ю. А. Вклад миграций в динамику численности населения регионов России // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера : материалы Пятого Всероссийского научного

семинара : в 2 ч. Сыктывкар : ООО «Коми республиканская типография», 2016. Ч. 1. С. 88–94.

2. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 12.01.2021).

3. Абылкаликов С. И. Динамика численности населения Башкортостана и Татарстана : вклад миграции // Международный демографический форум : материалы заседания / отв. ред. д-р геогр. наук, проф. Н. В. Яковенко. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2020. С. 309–314.

4. Уставщикова С. В. Некоторые проблемы трудовых ресурсов Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 1. С. 27–30.

5. Демоскоп Weekly. Миграция в России, итоги первого полугодия 2020 года. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2020/0871/index.php> (дата обращения: 08.01.2021).

6. Косякова И. В., Гагаринская Г. П. Миграционная привлекательность региона // Наука и образование : хозяйство и экономика ; предпринимательство ; право и управление. 2019. № 12 (115). С. 33–37.

7. Об утверждении Концепции миграционной политики в Саратовской области на период до 2025 года. URL:



<http://docs.cntd.ru/document/933022559> (дата обращения: 08.01.2021).

8. О Стратегии социально-экономического развития Волгоградской области до 2025 года. URL : <http://docs.cntd.ru/document/819076044> (дата обращения: 08.01.2021).

9. Предположительная численность населения Российской Федерации до 2035 года : статистический бюллетень. Москва : Росстат, 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13285> (дата обращения: 15.01.2021).

Поступила в редакцию 13.01.2021, после рецензирования 23.02.2021, принята к публикации 15.03.2021

Received 13.01.2021, revised 23.02.2021, accepted 15.03.2021



ГЕОЛОГИЯ

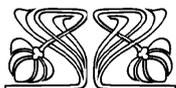
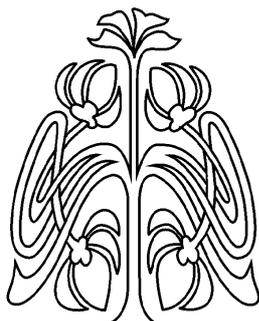
Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 88–92

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 88–92

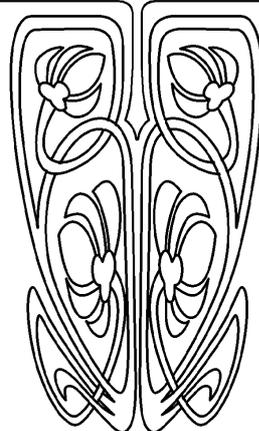
Научная статья

УДК 551.263

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-88-92>



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Влияние цеолитизации на миграцию пластовых флюидов на примере юрских и неокомских отложений (Ямальский нефтегазоносный район)

Е. П. Осипова¹, А. Г. Астаркина¹, С. В. Астаркин¹, Д. А. Стрельников²,
М. В. Решетников¹ ✉

¹ Центр исследований керн и пластовых флюидов филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИНефть» в г. Тюмени, Россия, 628481, г. Тюмень, ул. Центральная, д. 19/18

² ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», Россия, 628486, г. Когалым, ул. Прибалтийская, д. 20

Осипова Елена Петровна, инженер 1-й категории Отдела минералогических исследований Управления комплексных исследований керн, OsipovaEP@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-9005-0145>

Астаркина Анжела Гавриловна, начальник Отдела проектного и технологического сопровождения лабораторных исследований, AstarkinaAG@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-0992-4811>

Астаркин Сергей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук начальник Центра исследований керн и пластовых флюидов, AstarkinSV@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-5758-2123>

Стрельников Даниил Александрович, начальник Отдела геологоразведочных работ по Ямальскому региону, Daniil.Strelnikov@lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-2486-6138>

Решетников Михаил Владимирович, кандидат географических наук начальник Управления комплексных исследований, ReshetnikovMV@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>

Аннотация. Для оценки влияния минералов группы цеолита на миграцию пластовых флюидов в терригенных отложениях проведены комплексные (рентгенографические и газогеохимические) исследования кернового материала ряда месторождений Ямальского нефтегазоносного района. Изучены 54 образца керн Пякяхинского и Южно-Мессояхского месторождений, из них 43 образца цеолитизированные и 11 нецеолитизированные. Образцы керн изучались методом газовой хроматографии для определения содержания углеводородов, адсорбированных в поровом пространстве керн, а также методом рентгеновской дифрактометрии для определения минерального состава исследуемых образцов. Установлены закономерности распределения углеводородов в изучаемых образцах в зависимости от степени их цеолитизации. Различия в распределении углеводородов в цеолитизированных и нецеолитизированных алевролитах имеют свое объяснение. Цеолиты, обладая упорядоченной кристаллической структурой и определенным размером входных окон, способны сорбировать углеводороды. Адсорбция носит избирательный характер, сорбируются молекулы углеводородов, критический диаметр которых меньше эффективного диаметра окон.

Ключевые слова: цеолиты, углеводороды, адсорбция, метан, нефтегазоаккумуляция, Ямальский нефтегазоносный район

Для цитирования: Осипова Е. П., Астаркина А. Г., Астаркин С. В., Стрельников Д. А., Решетников М. В. Влияние цеолитизации на миграцию пластовых флюидов на примере юрских



и неокомских отложений (Ямальский нефтегазоносный район) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 88–92. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-88-92>

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

Article

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-88-92>

Influence of zeolitization on the migration of reservoir fluids on the example of jurassic and neocomian deposits (Yamal oil and gas region)

E. P. Osipova¹, A. G. Astarkina¹, S. V. Astarkin¹, D. A. Strelnikov², M. V. Reshetnikov^{1✉}

¹ Branch of LLC "LUKOIL-Engineering" "KogalymNIPIneft" in Tyumen, 19/18 St. Central, Tyumen 628481, Russia

² LLC "LUKOIL-Western Siberia", 20 St. Pribaltiskaya, Kogalym 628486, Russia

Elena P. Osipova, OsipovaEP@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-9005-0145>

Angela G. Astarkina, AstarkinaAG@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-0992-4811>

Sergey V. Astarkin, AstarkinSV@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-5758-2123>

Daniil A. Strelnikov, Daniil.Strelnikov@lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0002-2486-6138>

Mikhail V. Reshetnikov, ReshetnikovMV@tmn.lukoil.com, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>

Abstract. To assess the influence of zeolite group minerals on the migration of reservoir fluids in terrigenous deposits, complex (X-ray and gas-geochemical) studies of core material in the Yamal oil and gas region field were conducted. 54 core samples from the Pyakyakhinsky and Yuzhno-Messoyakhsky deposits were studied including 43 zeolitized and 11 non-zeolitized samples. The core samples were studied by gas chromatography to determine the content of hydrocarbons adsorbed in the pore space of the core, as well as by X-ray diffractometry to determine the mineral composition of the samples under study. The regularities of hydrocarbons distribution in the studied samples depending on the degree of their zeolitization are established. The differences in the distribution of hydrocarbons in zeolitized and non-zeolitized siltstones have their own explanation. Having an ordered crystal structure and a certain size of the entrance windows zeolites are able to sorb.

Keywords: zeolites, hydrocarbons, adsorption, methane, oil and gas accumulations, Yamal oil and gas region

For citation: Osipova E. P., Astarkina A. G., Astarkin S. V., Strelnikov D. A., Reshetnikov M. V. Influence of zeolitization on the migration of reservoir fluids on the example of jurassic and neocomian deposits (Yamal oil and gas region). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 88–92 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-88-92>

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

Введение. Цеолитизация пород юрских и неокомских отложений в пределах Ямальского нефтегазоносного района является одним из основных постдиagenетических процессов. Процесс цеолитизации выражается в ломитизации песчаников и алевропесчаников и нередко накладывается на участки, испытавшие хлоритизацию, окварцевание, карбонатизацию, эпидотизацию, пиритизацию и лейкоксенизацию [1]. Роль цеолитов в формировании коллекторских свойств юрских и неокомских отложений северных территорий Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, содержащих скопления углеводородов, достаточно подробно освещена в работах многих исследователей [1–5]. Несмотря на это, изучение влияния цеолитов на фильтрационно-емкостные свойства терригенно-осадочных пород, на аккумуляцию и миграцию пластовых флюидов и на процессы разработки остается актуальным вопросом.

При разработке геолого-технологических мероприятий по освоению цеолитизированных коллекторов необходимо учитывать как физико-химические свойства цеолитов, так и зоны развития и распределения цеолитизированных пород в пределах месторождения. Это связано с тем, что цеолиты, обладая упорядоченной кристалличе-

ской структурой и определенным размером входных окон, способны адсорбировать углеводороды. В работе рассматривается вопрос взаимосвязи между цеолитсодержащими образцами терригенно-осадочных горных пород и концентрацией углеводородных флюидов.

Методика проведения исследований. Из образцов керна была выделена мономинеральная фракция цеолитов при помощи смеси бромформа со спиртом плотностью, равной $\rho = 2,4 \text{ г/см}^3$. Минеральный состав выделенной фракции определялся при помощи рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре Phillips PW-1800.

Определение концентрации углеводородов проводилось при помощи хроматографического метода на хроматографе Agilent Technologies 7890A. Исследовались углеводороды, адсорбированные в поровом пространстве керна от C_1 до C_{23} , полученные данные подвергались детальному изучению.

Результаты исследования и их обсуждение

Литологическая характеристика отобранных образцов. Пласт БУ₁₆⁰ скважины 301 Пякяхинского месторождения (8 образцов) представлен алевро-



литами мелко-, крупнозернистыми, песчаными, цеолитизированными, слоистыми, слюдястыми.

Пласт БУ₁₆ скважины 2000 Пякяхинского месторождения (5 образцов) сложен алевролитами мелко-, крупнозернистыми, песчаными, цеолитизированными.

Пласт БУ₁₅² скважины 2016 Пякяхинского месторождения (10 образцов) представлен алевролитами мелко-, крупнозернистыми, песчаными, участками слоистыми, слюдястыми, цеолитизированными.

Пласт БУ₁₅¹ скважины 32Р Южно-Мессояхского месторождения (6 образцов) представлен алевролитами мелко-, крупнозернистыми, песчаными, участками слабопелитистыми, слабокарбонатистыми, слоистыми, слюдястыми, цеолитизированными.

Пласт БУ₁₄ скважины 32Р Южно-Мессояхского месторождения (14 образцов) представлен алевролитами мелко-, крупнозернистыми, песчаными, участками слабопелитистыми, слоистыми, слюдястыми, цеолитизированными.

Пласт БУ₁₃ скважины 301 Пякяхинского месторождения (6 образцов) представлен алевролитами мелко-, крупнозернистыми, песчаными, участками слабопелитистыми, слоистыми, слюдястыми.

Пласт БУ₁₄ скважины 2015 Пякяхинского месторождения (5 образцов) представлен алевролитами мелко-, крупнозернистыми, песчаными, слабопелитистыми, слоистыми.

Рентгеноструктурный анализ показал, что мономинеральная фракция представлена в основном ломонтитом, межплоскостные расстояния имеют диаметр 9,46, 6,83 и 4,15 Å [6, 7].

Газохроматографический анализ. Для изучения содержания углеводородов проведен хроматографический анализ 54 образцов керн Пякяхинского и Южно-Мессояхского месторождений. Из них 43 образца цеолитизированных и 11 нецеолитизированных. Полученные хроматографические данные подвергались детальному изучению: исследовались углеводороды, адсорбированные в поровом пространстве керн от С₁ до С₂₃.

Особенности распределения углеводородов в цеолитизированных и нецеолитизированных породах. График распределения концентрации углеводородов С₁–С₂₃ в образцах керн, типичный для исследуемых цеолитизированных пород, представлен на рисунке, а. Исследуемые образцы, отобранные из пластов БУ₁₆⁰, БУ₁₆, БУ₁₅², БУ₁₅¹, БУ₁₄, имеют сходные литотипы: это алевролиты мелко-, крупнозернистые, песчаные-песчаные, слоистые, слюдястые и цеолитизированные. Кроме того, они имеют примерно одинаковые фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС): относятся к 6-му классу коллекторов по классификации Ханина.

Три зоны распределения углеводородов видно на рисунке, а. Первая зона – содержание мета-

на. Молекула метана, имея наименьшие размеры и обладая наибольшей подвижностью, свободно диффундирует в пределах пласта, накапливаясь благодаря флюидоупорам. Вторая зона – содержание углеводородов от С₂ до н-С₅. Эти гомологи метана имеют большую по сравнению с метаном сорбционную способность и низкий коэффициент диффузии, что позволяет им концентрироваться в пределах пласта. Наибольшее содержание приходится на изобутан и изопентан. Третья зона – содержание тяжелых углеводородов от С₆ до С₂₃. Содержание этих углеводородов очень незначительное по сравнению с рассмотренными. В целом важно отметить, что углеводороды С₁₁–С₂₃ отсутствуют, образцы насыщены углеводородными газами и содержат незначительное количество жидких углеводородов С₆–С₁₀.

График распределения концентрации углеводородов С₁–С₂₃ в образцах керн, типичный для исследуемых нецеолитизированных пород, представлен на рисунке, б. Исследуемые образцы, отобранные из пластов БУ₁₃, БУ₁₄, имеют сходные литотипы: это алевролиты мелко-, крупнозернистые, песчаные-песчаные, слоистые, слюдястые и нецеолитизированные. Кроме того, они относятся к 6-му классу коллекторов по классификации Ханина.

Как видно из рисунка, б, характер распределения углеводородов отличается от рассмотренного выше. Содержание углеводородов от С₁ до С₁₂ меняется скачкообразно: наибольшее содержание приходится на изобутан и изопентан, метилциклопентан, метилциклогексан и октан. Содержание углеводородов от С₁₂ до С₂₃ незначительное. Необходимо отметить, что содержание углеводородов ряда С₂₀–С₂₃ соизмеримо с содержанием остальных углеводородов, а образцы насыщены как газообразными, так и жидкими углеводородами.

Влияние структуры кристалла цеолита на избирательное накопление углеводородов. Различия в распределении углеводородов в цеолитизированных и нецеолитизированных алевролитах имеют свое объяснение. Цеолиты, обладая упорядоченной кристаллической структурой и определенным размером входных окон, способны сорбировать углеводороды. Адсорбция носит избирательный характер. Сорбируются только те молекулы углеводородов, критический диаметр которых меньше эффективного диаметра окон. Гидратированный ломонтит имеет следующие размеры окон: 4,6×6,3 Å с долей свободного объема в структуре 34 % [8–11].

Для нахождения корреляций между кристаллографическими размерами окон цеолитов и размерами молекул разных адсорбатов следует составить шкалу размеров молекул. Наиболее эффективно использовать кинетический диаметр молекул σ, который равен наименьшему расстоянию между двумя молекулами, сталкивающимися с нулевой начальной кинетической энергией. Для таких длинных молекул, как углеводороды

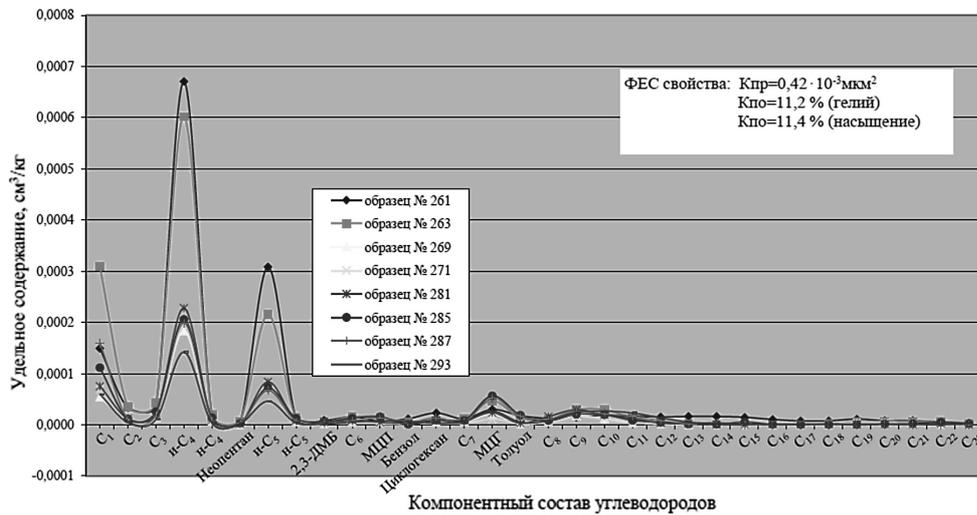


кинетический диаметр принимается равным наименьшему поперечному диаметру.

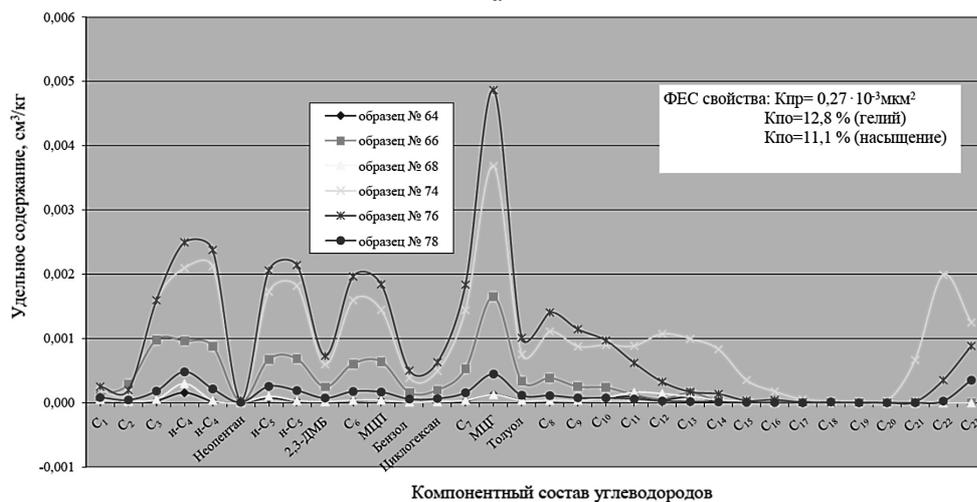
Таким образом, в соответствии с критическими размерами молекул и диаметром окон цеолиты адсорбируют углеводороды C_1-C_6 . Для проникновения в каналы цеолита более крупных молекул углеводородов требуется их дополнительная активация для преодоления ими потенциального барьера, образуемого адсорбированными на внутренней поверхности цеолита гидратированными обменными катионами. Следует отметить, что цеолиты обладают упорядоченной системой внутренних пор и адсорбция на них описывается изотермой I типа по классификации Брунауэра или изотермой Ленгмюра. Изотермы адсорбции на кристаллических цеолитах не имеют гистерезиса, характерного для изотерм адсорбции на аморфных микропористых адсорбентах. Адсорбция и десорбция полностью обратимы, так что десорбционная ветвь совпадает с адсорбционной.

Адсорбированные молекулы определенным образом связаны друг с другом. В рассматриваемом случае эта связь осуществляется силами Ван-дер-Ваальса (дисперсионное, ориентационное, индукционное воздействие). Она ослабевает с повышением температуры, так как усиливаются колебания молекул. Данный факт необходимо учитывать при разработке методов повышения нефтеотдачи на месторождениях этого региона.

Заключение. Природные цеолиты оказывают существенное влияние на формирование резервуаров углеводородов как в вулканогенно-осадочном комплексе, так и в магматических породах. Несомненна роль этих минералов и в процессах миграции, аккумуляции нефти и газа, а также в изменении их состава и физико-химических свойств залежи. Цеолиты являются не только «геологическим термометром» термобарической обстановки постмагматических процессов, но и индикатором зон возможного нефтегазоаккумуляции. С этих



а



б

Концентрация углеводородов: а – в цеолитизированных образцах ядра Пяяхинского месторождения, пласт БУ₁₆⁰, б – в нецеолитизированных образцах ядра Пяяхинского месторождения, пласт БУ₁₃ (цвет online)



позиций оправдана постановка более глубоких комплексных исследований цеолитов и процессов цеолитизации в разных нефтегазоносных бассейнах, и прежде всего в районах Западной Сибири.

Библиографический список

1. Коробов А. Д., Коробова Л. А., Колотухин А. Т., Мухин В. М., Елисеєва Л. В. Гидротермальный литогенез и его роль в формировании рифтогенно-осадочного нефтегазоносного комплекса платформ // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 47–57.
2. О зависимости результативности испытания пластов от накопленных знаний о геологическом строении залежей нефти и газа / А. В. Ершов, А. А. Дорошенко (ст.), М. В. Карымова, А. В. Орлов // Проблемы развития газовой промышленности Сибири : сб. тез. докл. XVII НПК молодых ученых и специалистов. Тюмень : ТюменНИИГипрогаз, 2012. С. 19–20.
3. Коробов А. Д., Коробова Л. А., Ахлестина Е. Ф. Минералогические и палеогеотермические критерии нефтегазоносности рифтогенных осадочных бассейнов нефтегазоносного комплекса платформ // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 2. С. 28–35.
4. Поспелов В. И., Шнип О. А. Цеолиты нефтесодержащих пород шельфа Южного Вьетнама // Геология нефти и газа. 1995. № 8. С. 15–20.
5. Саэтгалеев Я. Х., Мазитов М. Р. Оценка продуктивности способом статистической корреляции лабораторных данных (Пяяхинское месторождение, скважина 2020) // Георесурсы. 2012. № 2. С. 46–50.
6. Количественное определение содержания цеолитов в горных породах. Термохимический метод / И. А. Белицкий, А. В. Горбунов, В. А. Дребущак [и др.] Новосибирск : Наука, 1988. 10 с.
7. Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Москва : Недра, 1957. 870 с.
8. Ахалбадашвили Л. Г. Каталитические и ионообменные свойства модифицированных цеолитов и сверхпроводящих купратов : дис. ... д-ра хим. наук. Тбилиси, 2006. 195 с.
9. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. Москва : Мир, 1976. 781 с.
10. Термический анализ минералов и горных пород / В. П. Иванова [и др.] Ленинград : Недра, 1974. 399 с.
11. Свит Дж. В. Структура цеолитов // Химия цеолитов и катализ на цеолитах / под ред. Дж. Рабо. Москва : Мир, 1980. 506 с.

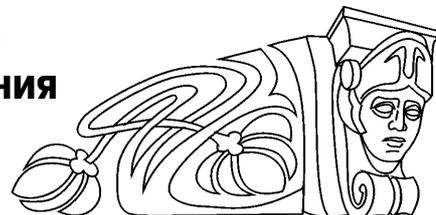
Поступила в редакцию 13.02.2021, после рецензирования 01.03.2021, принята к публикации 15.03.2021
Received 13.02.2021, revised 01.03.2021, accepted 15.03.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 93–102
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 93–102

Научная статья
УДК 550.85:553.632
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-93-102>

Особенности строения нижнепермской соленосной толщи и характер проявления соляного тектогенеза на территории Прикаспийской впадины. Статья II



Ю. А. Писаренко¹, О. П. Гончаренко²✉, В. Ю. Писаренко¹

¹АО НВНИИГТ, Россия, 410600, г. Саратов, ул. Московская, д. 70

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, 410012, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Писаренко Юрий Алексеевич, доктор геолого-минералогических наук, PisarenkoYA@rusgeology.ru

Гончаренко Ольга Павловна, доктор геолого-минералогических наук, goncharenkoop@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4731-8740>

Писаренко Владимир Юрьевич, старший научный сотрудник, PisarenkoYA@rusgeology.ru

Аннотация. В статье приводится анализ внутреннего строения соленосной толщи территории Прикаспийской впадины с выделением разных по возрасту, составу и пластическим свойствам соленосных комплексов. Оцениваются их структурные соотношения и особенности проявления соляного тектогенеза. До настоящего времени в российском секторе Прикаспийской впадины не подтверждено присутствие подсоловых поднятий и тем более не открыто ни одного месторождения углеводородов. Поэтому поиск дополнительных критериев прогноза строения подсолового ложа по характеру проявления соляного тектогенеза позволяет прогнозировать зоны развития подсоловых структур на территории Прикаспийской впадины.

Ключевые слова: Прикаспийская впадина, соленосная толща, тектогенез, подсоловое ложе, соляное зеркало

Для цитирования: Писаренко Ю. А., Гончаренко О. П., Писаренко В. Ю. Особенности строения нижнепермской соленосной толщи и характер проявления соляного тектогенеза на территории Прикаспийской впадины. Статья II // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 93–102. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-93-102>

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

Article
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-93-102>

Structural features of the lower Permian salt-bearing series and the character of salt-tectogenesis manifestations in the Caspian Depression. Paper II

Yu. A. Pisarenko¹, O. P. Goncharenko²✉, V. Yu. Pisarenko¹

¹LVSRIIGG, 70 Moskovskaya St., Saratov 410600, Russia

²Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Yuri A. Pisarenko, PisarenkoYA@rusgeology.ru

Olga P. Goncharenko, goncharenkoop@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4731-8740>

Vladimir Yu. Pisarenko, PisarenkoYA@rusgeology.ru

Abstract. The article presents the analysis of the inner structure of the salt-bearing series within the Caspian Depression. Certain salt-bearing complexes of various ages, compositions and plastic properties are distinguished. Their structural relations and the features of salt-tectogenesis manifestation are evaluated. Up to the present no subsalt uplifts have been confirmed in the Russian sector of the Caspian Depression and no HC fields have been discovered. Therefore, any search for additional criteria for predicting the salt-bed structure from the character of salt-tectogenesis manifestation is conducive to predicting the zones of subsalt structure development over the Caspian Depression area.

Keywords: Caspian Depression, salt-bearing complexes, subsalt structures, salt tectogenesis

For citation: Pisarenko Yu. A., Goncharenko O. P., Pisarenko V. Yu. Structural features of the lower Permian salt-bearing series and the character of salt-tectogenesis manifestations in the Caspian Depression. Paper II. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 93–102 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-93-102>

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



Окончание. Начало см.: 2021. Т. 21, вып. 1. С. 58–64.
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-1-58-64>

Введение

Сопоставление разрезов соленосных толщ обрамления и впадины позволяет предположить, что первоначально впадина выполнялась соленосными породами волгоградской свиты, затем накапливалась слоистая «армированная» сульфатными и калийно-магниевыми пластами кунгурская свита, а на конечном этапе в локальном бассейне формировалась верхнепермская соленосная толща (рис. 1, 2).

Выполненный анализ данных бурения и сейсморазведки показывает, что в северном секторе Прикаспийской впадины соляные тела первой прибортовой, реже и второй соляных гряд сложены в основном верхнепермскими соленосными породами, существенно обогащенными терригенно-сульфатным, галопелитовым материалом и иногда калийно-магниевыми солями. Южнее соляные тела слагаются преимущественно кунгурскими соленосными, чистыми от терригенных красноцветных пород толщами.

Особенности строения и вещественного состава соленосной толщи на территории Прикаспийской впадины

В оренбургском секторе впадины Базыровская гряда по результатам бурения скв. 8

Линевской и скв. 2 Каинсайской сложена терригенно-соленосными породами уфимского и казанского возрастов. В разрезе скв. 8 Линевской Ш. Ф. Юльметовым и Л. М. Попониной (1974 г.) палентологически обосновано присутствие уфимских (650 м), казанских (3582 м) отложений и солей кунгурского возраста (инт. 4890–5050 м забой). Западнее, на Карачаганакском куполе, выделяется толща переслаивания каменной соли, ангидритов и красноцветных глин, алевролитов и аргиллитов. Терригенно-сульфатно-соленосные породы формируют 3–4 пачки мощностью до 350 м каждая. Н. Н. Маркиной по спорово-пыльцевым комплексам, обнаруженным в глинистых породах в разрезе скв. 1 Карачаганакской, выделены кунгурские (до 230 м), уфимские (до 1700 м) и казанские (до 2500 м) отложения (рис. 2, IV). Южнее расположенный Кончебайский купол (скв. 4) сложен кунгурской соленосной толщей, чистой от терригенного материала [1]. В уральско-оренбургском секторе Прикаспийской впадины вторая соляная гряда сложена уже соленосными породами кунгурского возраста, не содержащими красноцветный терригенный материал (скв. 1 Буранная, скважины Кончебайского купола, скв. 1 Жаик).

Западнее Карачаганакского месторождения в прогибе, осложняющем вторую соляную гряду, в скв. 3 Долинской (УГС 3) и скв. 1 Долинской вскрыты соленосные породы на глубинах 2440 м и 1488 м соответственно. В первой мощность

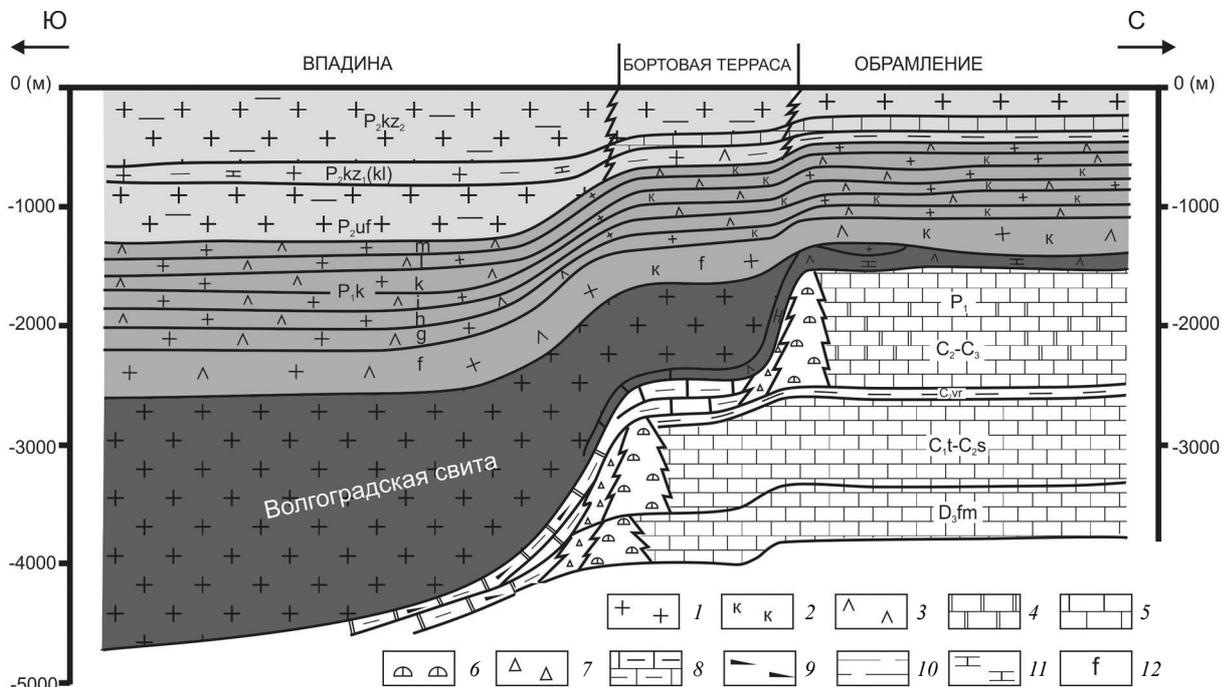


Рис. 1. Принципиальная модель пермской соленосной толщи северной бортовой зоны Прикаспийской впадины на конец казанского времени: 1 – каменная соль; 2 – калийная соль; 3 – ангидрит; 4 – доломит; 5 – известняк; 6 – органогенные тела; 7 – шлейфовые образования; 8 – глинистые карбонаты; 9 – кремнисто-глинистые глубоководные породы; 10 – терригенные породы; 11 – карбонатные породы; 12 – индексы ритмопачек кунгурской соленосной толщи

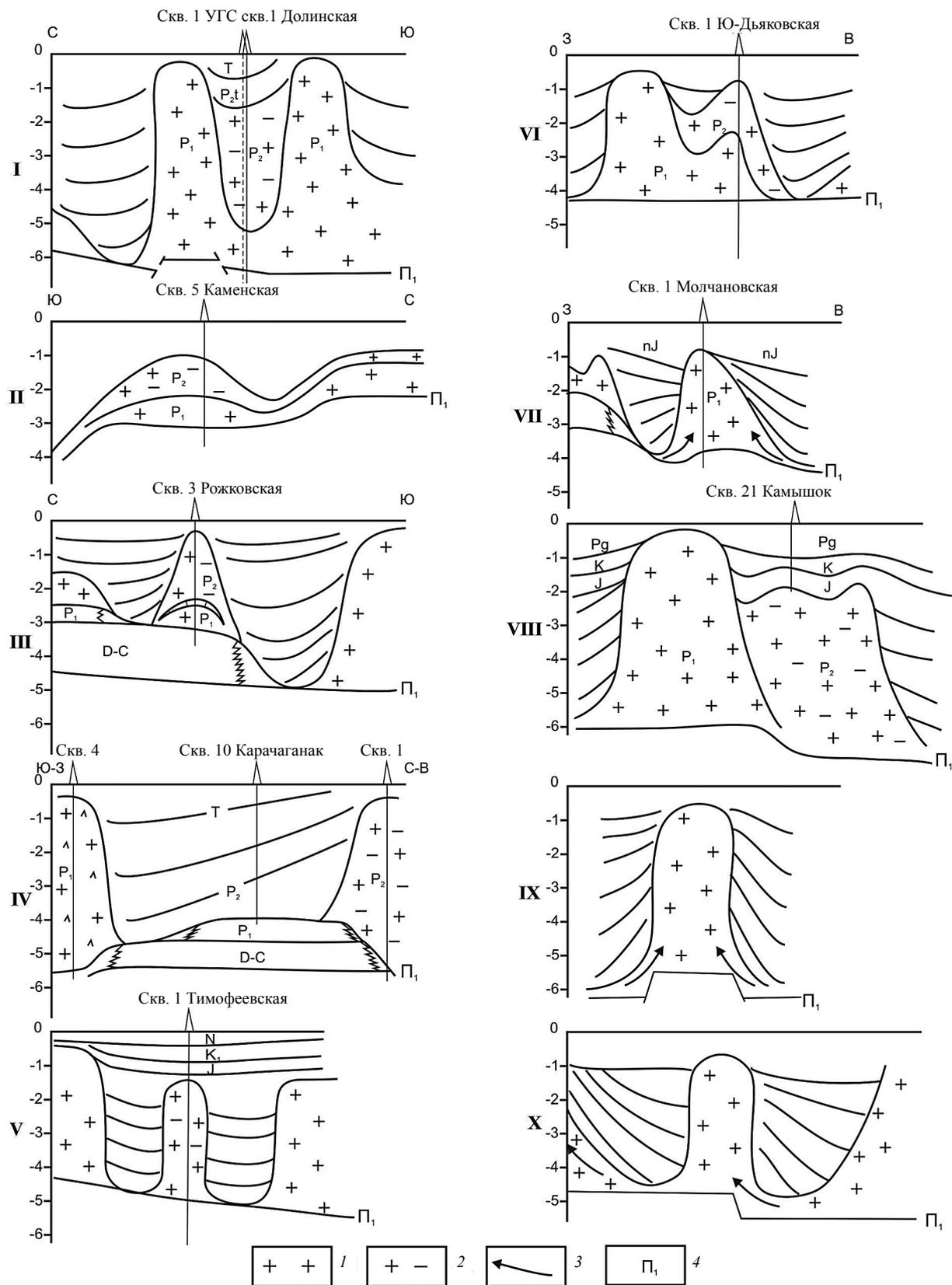


Рис. 2. Примеры разных структурных и фациальных соотношений подсолевых, соленосных и надсолевых осадочных комплексов: 1 – соленосная толща; 2 – соленосно-терригенная толща; 3 – направление пластического перераспределения соленосных пород; 4 – отражающий горизонт, связанный с подошвой соленосной толщи



соленосной толщи составляет 3836 м, во второй – 2271 м с забоем в соли. Б. М. Куандыков с соавторами [2] датирует соленосную толщу позднепермским уфимским и казанским возрастом. Судя по сейсмическому профилю [3] ограничивающие с севера и юга плосковершинные соляные тела сложены кунгурской солью. Формирование двугорбной структуры может быть объяснено пластическим выжиманием кунгурской соли в краевые части соляной гряды, прорывом верхнепермской, менее пластичной сульфатно-соленосной толщи и ее погружением в сформировавшийся прогиб (см. рис. 2, I).

На Каменской площади уральской территории первая соляная антиклинальная складка сложена верхнепермскими и кунгурскими солями (см. рис. 2, II). Из внутрисолевых карбонатных пород калиновской свиты, мощность которой изменяется от 43 до 230 м по комплексу фораминифер, остракод, брахиопод, спорово-пыльцевого анализа установлен казанский возраст [4]. Калиновская свита перекрыта мощной (до 1296 м) соленосной толщей, представленной чередованием пластов каменной соли, ангидритов, красноцветных аргиллитов и алевролитов. Вверх по разрезу отмечается увеличение красноцветных терригенных пород, что затрудняет выделение кровли соленосной толщи в сейсмическом поле. Калиновскую свиту подстилает толща переслаивания соленосных и пестроцветных глин с повышенным содержанием сульфатов, с редкими прослоями доломитов и мергелей уфимского возраста мощностью до 120–270 м. Аналогичное соотношение разновозрастных соленосных пород мы наблюдаем на Рожковском пересечении бортового уступа (см. рис. 2, III).

В саратовском секторе Прикаспийской впадины пробурен ряд глубоких скважин в районе первой и второй соляных гряд.

В северной части первой прибортовой соляной гряды на Алтатинской площади пробурены скважины 4, 5, 6, обогащенные сульфатно-терригенным красноцветным материалом, что позволяет стратифицировать соленосный разрез позднепермским возрастом. На данной площади, как и на восточнее расположенной Озинской, кровля соленосной толщи по сейсмическим материалам отбивается условно ввиду отсутствия четкой акустической границы и повышенной насыщенности соленосного разреза терригенным материалом. Сложным является выделение склонов соляных тел, определение глубин мутьевых пространств и прогибов. Все это затрудняет прогноз строения подсолевого ложа.

Западнее скв. 14 Карпенская скважины 25, 2, 8 Краснокутские пробурены на склоне первой соляной гряды (рис. 3) и вскрывают тело бокового прилегания, которое в восточном направлении переходит в антиклинальную складку. В пределах последней пробурена скв. 1 Графовская, южнее в прогибе – скв. 1 Солнечная, еще южнее в сводовой

части гряды – скв. 2 Черная Падина. Скв. 1 Черная Падина вскрывает разрез второй соляной гряды. По строению соленосного разреза в этих скважинах можно привести следующую информацию.

В скв. 14 Карпенской, скважинах 25, 2, 8 Краснокутских соленосный разрез насыщен красноцветным терригенным и галопелитовым материалом. В кровельной части соленосной толщи встречены пласты бишофита. В скв. 14 соленосная толща (инт. 1470–3450 м) обогащена красноцветным глинистым материалом. В верхней части (инт. 1735–2300 м) присутствуют 6 пластов бишофита. В инт. 2300–3400 м отмечается слоистая тонкоритмичная толща, представляющая переслаивание пластов каменной соли, ангидритов и галопелитов. По радиоактивному каротажу (НГК, ГК) разрез отличается характерной дифференцированной записью, напоминающей «гребенку».

В скв. 1 Солнечной выделена в инт. 1940–3480 м. В верхней части (инт. 1940–2106 м) разрез сложен каменной солью с прослоями калийных солей. Ниже по характеристике ГИС выделяется разрез типа «гребенки». В инт. 2583–2955 м встречены пласты карналлитового состава мощностью до 50 м. По керну в инт. 3386–3391 м, кроме каменной соли и ангидрита, присутствует коричневый терригенный материал. В инт. 3432–3438 м встречен красноцветный аргиллит, перемешанный с ангидритом и каменной солью.

В скв. 1 Графовской верхняя часть соленосного разреза (инт. 630–1440 м) сложена монотонной толщей каменной соли. Ниже (инт. 1440–2795 м) ритмично построенный разрез представлен переслаиванием пластов каменной соли, ангидритов и калийных солей. Далее до подошвы соленосной толщи (инт. 2795–3478 м) встречаем разрез типа «гребенки».

В скв. 2 Черная Падина, расположенной на первой соляной гряде, разрез представлен в верхней части (инт. 1265–1765 м) относительно чистой каменной солью. В инт. 1605–1691 м встречены пласты карналлита и бишофита. В инт. 1765–3810 м соленосная толща обогащена глинистым красноцветным галопелитовым и сульфатным материалом («гребенка»). Из шлама, отобранного из 11 интервалов, в красноцветных глинах выявлены миоспоры позднепермского возраста [4]. Соотношение разновозрастных соленосных толщ приведено на временном разрезе (рис. 4). Скважина 1 Графовская и скв. 2 Черная Падина снесены на линию профиля.

В пределах второй соляной гряды пробурена скв. 1 Черная Падина, соленосный разрез в которой не содержит терригенной примеси, что позволяет предполагать кунгурский возраст пород. В скв. 16 Орловской, пробуренной на южном склоне второй соляной гряды, южнее скв. 1 Черная Падина, соленосная толща вскрыта в инт. 1115–1880 м. Разрез сложен каменной солью с редкими прослоями сульфатов, что позволяет стратифицировать ее кунгурским возрастом.

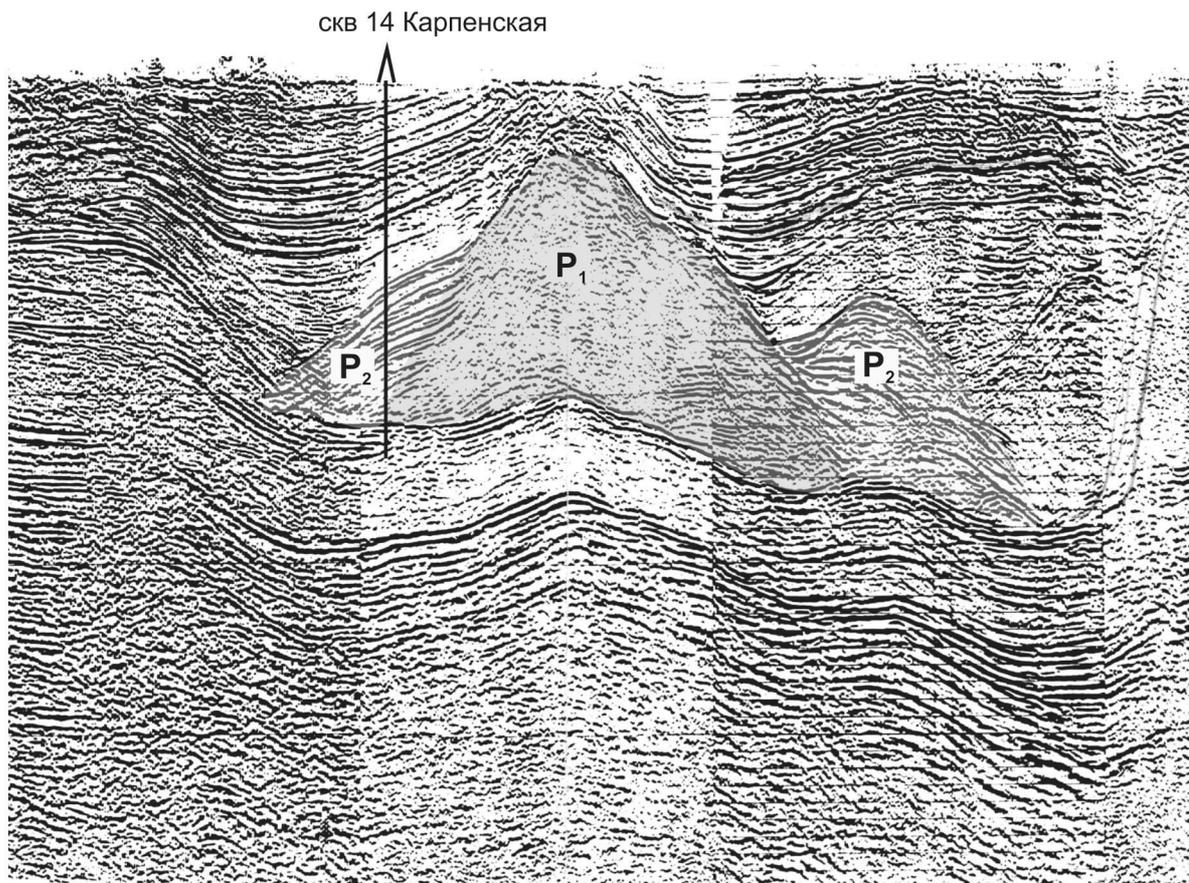


Рис. 3. Отражение соотношений нижнепермской (P_1) и верхнепермской (P_2) соленосных толщ в сейсмическом поле. Карпенское пересечение бортовой зоны Прикаспийской впадины

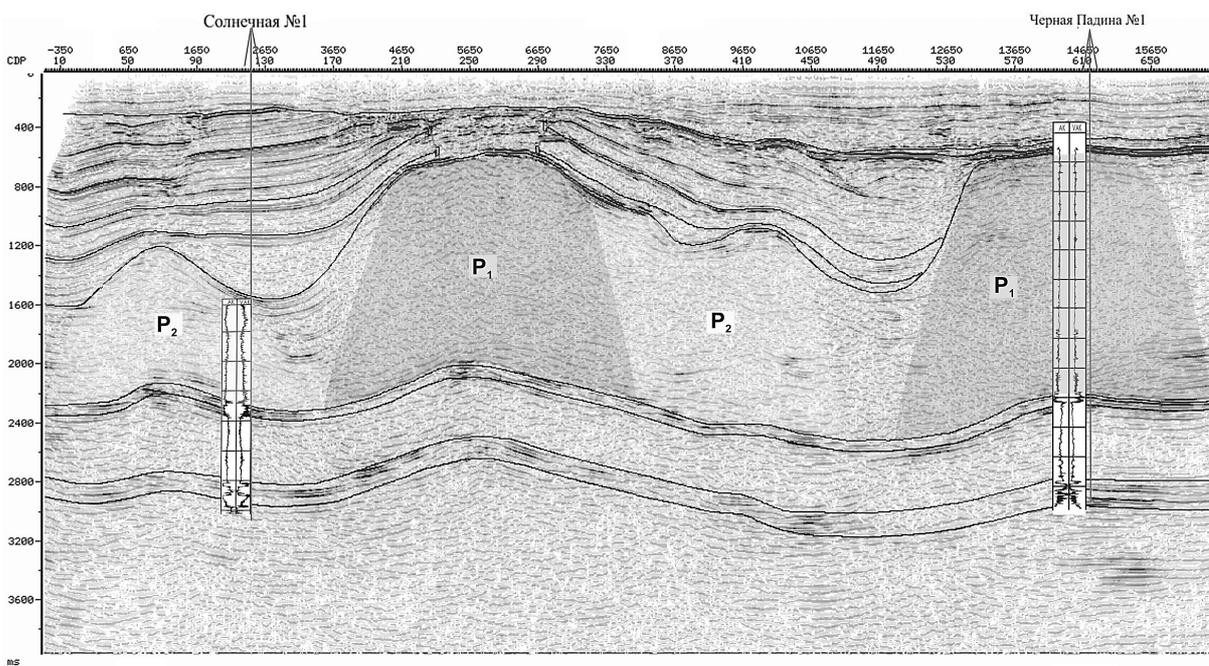


Рис. 4. Временной разрез профиля 0785100 с привязкой подсолевых отложений к данным акустического каротажа и вертикального сейсмического профилирования по скв. 1 Солнечная и скв. 1 Черная Падина



Следует обратить внимание на то, что если на уральской территории в скв. 1 Долинской, скв. 3 УГС, на Каменной площади верхнепермский разрез характеризуется только «гребенчатым» типом, то на саратовском участке выше данного типа располагается соленосная толща, обогащенная бишофитом, карналлитом и сильвинитом. Вполне вероятно, что эта часть разреза сформировалась позднее, когда площадь соленакопления на территории впадины сократилась и произошло отмирание соленосного бассейна в конце казанского времени.

Западнее, в скв. 1 СГ Саратовской, пробуренной на северном склоне первой соляной гряды, отделенной от бортового уступа узким прогибом более 2,5 км шириной, соленосная толща (инт. 2020–2900 м), по данным ГИС и описанию шлама, отобранного через каждые 4 м, обогащена красноцветным глинистым галопелитовым материалом.

Подобный тип разреза встречен в южнее расположенной скв. 1 Дьяковской. Верхняя часть соленосной толщи в этой скважине (инт. 1273–2372 м) представлена переслаиванием галитовых, сульфатных и красноцветных терригенных пород. Ниже по разрезу до глубины 3500 м вскрыты соленосные ритмопачки, которые по своим реперным каротажным характеристикам идентичны соленосным ритмопачкам кунгурского возраста, распространенным в обрамлении впадины. Еще ниже, до глубины 3816 м (забой) выделяется монотонно построенная толща каменной соли, вероятно, волгоградской свиты.

Сходный тип соленосного разреза встречен и на южном склоне этой гряды в скв. 1 Южно-Дьяковской (инт. 758–4090 м). В инт. 1700–2018 м встречены глинисто-сульфатные отложения уфимского и казанского возраста, разделяющие верхнепермские и кунгурские соленосные толщи. На сейсмическом разрезе верхнепермская соленосная толща формирует тело бокового прилегания к кунгурскому ядру (см. рис. 2, VI).

Таким образом, в саратовском секторе Прикаспийской впадины первая прибортовая гряда характеризуется широким распространением верхнепермских соленосно-терригенных пород, которые в сочетании с прорывающей ее кунгурской соленосной толщей формируют сложно построенные геологические тела.

В южной части саратовского сектора Прикаспийской впадины соленосная толща изучена единичными скважинами. Кровля соленосной толщи в сводовых частях соляных куполов выделяется на глубинах 500–800 м. В скважинах с более глубоким залеганием кровли соли выделяется специфичный тип разреза. Так, в скв. 4 Куриловской (инт. соленосной толщи 2216–4450 м), в скв. 17 (инт. 2170–3590 м), в скв. 1 Спортивной (инт. 1300–2000 м), в скв. 19 Питерской (инт. 1210–4000 м), в скв. 4 Таловской (инт. 1387–3060 м), в скв. 17 Камышок (инт. 1700–2500 м) разрез характеризуется повы-

шенной насыщенностью пластами и пачками калийно-магниевого солей и сульфатно-глинистого материала. В отличие от верхнепермского разреза Карпенско-Краснокутского участка, в котором присутствуют бишофиты, в данных разрезах преобладают карналлит-сильвинитовые породы. На сейсмических разрезах данная соленосная толща представляет тела бокового прилегания к соляному ядру, сложенному кунгурской соленосной толщей (см. рис. 2, VIII).

В волгоградском секторе Прикаспийской впадины признаки присутствия красноцветных галопелитов в изученных разрезах скважин не отмечаются. Можно предположить, что позднепермский соленосный бассейн на эту территорию не распространялся, что подтверждается и палеонтологическим обоснованием верхнепермских отложений в терригенно-карбонатных фациях в надсолевом комплексе отложений.

Присутствие верхнепермских соленосных пород на территории Прикаспийской впадины объясняется тем, что Бугурусланский позднеказанский соленосный бассейн имел свое продолжение и на территории Прикаспийской впадины. Вероятно, как в обрамлении впадины, так и в пределах последней позднепермский соленосный бассейн имел ограниченное распространение, отражая завершающий этап пермского соленакопления. Судя по имеющейся палеонтологической информации он охватывал Центрально-Прикаспийский прогиб и располагался севернее скв. 1 СГ Аралсорской, в которой среди красноцветных аргиллитов в известковистых прослоях встречены фораминиферы и остракоды нижнеказанского подъяруса (инт. 5500–6000 м).

Обогащенность верхнепермской соленосной толщи терригенным материалом объясняется привнесением его со стороны палеосуш горного Палео-Урала и обрамления впадины. Присутствие терригенного материала и калийно-магниевого солей на саратовском и частично волгоградском секторах объясняется размывом в предтатарское время кунгурских соленосных пород южного склона Пугачевского свода, в частности бишофитов, а также уфимских красноцветных терригенных пород и нижнеказанских карбонатных. На Приволжской моноклинали размыв соленосных пород был незначительным. К числу специфичных, сформированных на более позднем этапе соленакопления (татарский век), можно отнести Тимофеевский (скв. 1 Тимофеевская) и Гмелинский (скв. 3 Гмелинская) соляные «купола» пальчикового типа. Последние выделены по сейсмическим данным в центральных частях обширных мульд, сложенных соленосно-терригенными породами. Строение надсолевых отложений в мульдах позволяет утверждать, что соленосные породы этих куполов сформировались в позднепермское время в результате размыва сводовых частей соседних плосковершинных соленосных гряд и куполов и стекания соленосных рассолов в наи-



более опущенные участки мульды (см. рис. 2, V). Горизонтальная слоистость пород в керне скв. 1 Тимофеевской свидетельствует о том, что соляной тектогенез не влиял на формирование этих соляных «куполов» [4].

Обобщая изложенные материалы, можно констатировать, что в северной части Прикаспийской впадины первые прибортовые гряды могут быть сложены преимущественно верхнепермскими соленосно-терригенными породами (Линевская площадь, Карачаганакский купол, Каменская гряда, Алтатинско-Озинская зона соляных тел). Верхнепермские отложения формируют тела бокового прилегания к активно деформированным ядрам, представленным кунгурскими отложениями (см. рис. 2, I, VI, VIII, 4, 5). При этом кунгурская соленосная толща может прорывать верхнепермскую, формируя сложно построенные по морфологии соляные тела.

Характер проявления соляного тектогенеза на территории Прикаспийской впадины

Приведенные выше результаты позволяют сделать вывод о характере проявления соляного тектогенеза на территории Прикаспийской впадины. На фоне формировавшегося моноклиального наклона и возникающих напряжений в районе склона нижнепермского бортового уступа волгоградская и «армированная» кунгурская толщи как наиболее погруженные и пластичные в позднепермско-триасовое время с началом этапа терригенного осадконакопления перетекали в сторону центральных частей Прикаспийской впадины. При этом менее пластичные верхнепермские соленосно-терригенные отложения принимали участие в формировании первой соляной гряды. Кунгурские породы формировали второй эшелон соляных тел. В пользу горизонтального оттока соленосных пород свидетельствуют асимметричное, часто конседиментационное выполнение надсолевыми пермо-триасовыми терригенными отложениями мульды и межсолевых прогибов, разная крутизна склонов соляных гряд, что позволяет определять направление горизонтального перераспределения соленосных пород. Часто на территории впадины ввиду более активного тектогенеза кунгурской соли верхнепермская соленосная толща может занимать более погруженное залегание (см. рис. 2, VIII, 4, 5).

Попытаемся ответить на вопрос: насколько проявление соляного тектогенеза на территории Прикаспийской впадины может быть связано со структурой подсолевого ложа? Отсутствие надежных структурных сейсмических построений по подошве соленосного комплекса осложняет детальное решение данного вопроса. Вместе с тем можно отметить следующие особенности.

По подошве соленосного комплекса выделяется структурное осложнение, связанное с

Уральской палеотеррасой, обусловленной трансгрессивным смещением на 15–20 км нижнепермского бортового карбонатного уступа относительно визейско-башкирского [5]. Перепад глубин подсолевого ложа в краевой части палеотеррасы достигает порядка 1000 м. То, что в пределах Уральской палеотеррасы сформировалась соляная гряда, сложенная преимущественно казанскими соленосными отложениями (см. рис. 2, II, III), позволяет предполагать, что ее возникновение обусловлено нарушением равновесия в соленосной толще в краевой части террасы и нагнетанием верхнепермских соленосных пород на приподнятый блок подсолевого ложа на фоне оттока кунгурской соли в сторону центральной части впадины. Аналогичную особенность мы уже отмечали в районе Соль-Илецкого выступа, когда волгоградская соль прорывает «армированную» в районе флексурных перегибов подсолевого ложа. Под этой соляной грядой в башкирской части разреза открыт ряд месторождений углеводородов (Дарьинское, Рожковское, Чаганское, Ростошинское), связанных со структурными ловушками. Непосредственно по подсолевому ложу участки месторождений характеризуются более выположенным структурным планом.

Аналогичное объяснение можно дать и отраженности Карачаганакского подсолевого карбонатного массива в соляно-купольной тектонике (см. рис. 2, IV). Сводовая часть массива расположена в мульде. Перепад глубин подсолевого ложа на краях башкирской постройки достигает 1000 м, площадь постройки достаточно значительная (465 км²). Нижнепермская карбонатная постройка имеет амплитуду 700–800 м. Склоны карбонатной постройки как зоны неустойчивого равновесия соленосной толщи инициировали течение соли в приподнятые блоки и формирование над ними соляных куполов. На фоне регионального наклона над северным склоном карбонатной постройки сформировался Карачаганакский купол, сложенный преимущественно верхнепермскими соленосно-терригенной толщей, а над южным – Кончебайский купол, представленный кунгурскими соленосными породами. Увеличенная мощность надсолевых пермо-триасовых отложений в северной части мульды свидетельствует о горизонтальном оттоке кунгурских соленосных пород в южном направлении.

Случайно или нет, но южная граница Ершовско-Алтатинско-Озинской приподнятой зоны, фиксируемая сокращением мощности терригенных отложений верейско-мелекесского комплекса (0–500 м) и увеличением мощности перекрывающего подсолевого карбонатного комплекса (до 540 м), совпадает с положением сложно построенной соляной гряды и обширного прибортового бессолевого прогиба [6]. Юго-западнее мощность терригенного комплекса, по данным сейсморазведки, возрастает до 1200–1500 м. Сокращенная мощность терригенного комплекса

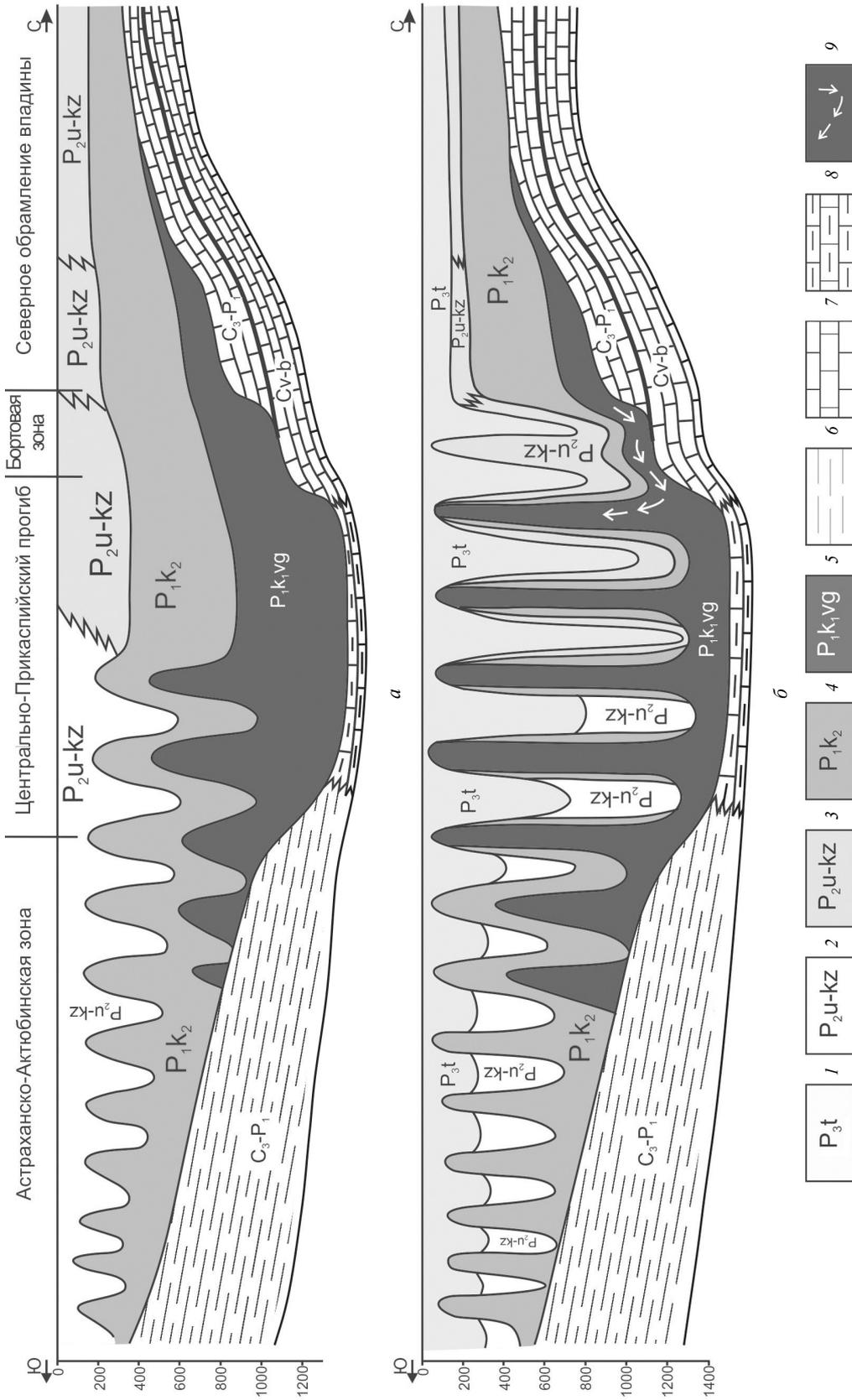


Рис. 5. Принципиальная модель начальной стадии тектогенеза на территории Прикаспийской впадины: *A* – палеофиль на завершение казанского этапа осадконакопления; *B* – палеофиль на конец татарского этапа терригенной седиментации: осадочные комплексы: 1 – татарский терригенный; 2 – уфимско-казанский терригенный; 3 – уфимско-казанский соленосный; 4 – верхнекурганский «армированный»; 5 – нижнекурганский (волгоградская свита); 6 – флишодно-молассовый подолоевоый; 7 – карбонатный подолоевоый; 8 – терригенно-карбонатный подолоевоый; 9 – направление течения соленосных пород



или его отсутствие обычно отвечают приподнятым в палеоплане зонам, в пределах которых подстилающий визейско-башкирский комплекс увеличивается в мощности и представлен мелководными фациями. Возможно, унаследованное «дыхание» этой структурно-фациальной границы в саратовском секторе впадины оказывало влияние на расположение соляной гряды. Не исключено, что Уральская палеотерраса имеет продолжение и в саратовском секторе Прикаспийской впадины.

В саратовском сегменте Прикаспийской впадины выделенный Ерусланский протяженный подсоловый вал соответствует южной части первой соляной гряды, прогнозируемая Мироновская приподнятая зона – району второй соляной гряды. По построениям ОАО «Саратовнефтегеофизика» выделяемые по подошве соленосной толщи 8 перспективных объектов расположены под соляными грядами и куполами.

На Карасальской палеотеррасе по данным бурения соленосная толща сложена только породами кунгурского возраста. Значительная по размерам соленосная гряда контролирует положение девонско-каменноугольного карбонатного тренда, как и на Уральской палеотеррасе. В пределах самой палеотеррасы под соляной грядой остается открытым вопрос о существовании Южно-Плодовитенской подсоловой структуры (см. рис. 2, VII).

Таким образом, мы не исключаем, что ориентировка крупных линейных соленосных гряд или систем куполов связана со структурными и литолого-фациальными неоднородностями подсолового ложа и подсоловых комплексов отложений. В качестве дополнительного примера можно привести соотношение структуры подсолового ложа и соляных тел по Каратон-Тенгизской зоне. По данным В. Н. Михальковой и К. Г. Агзямова [7], Каратонскому своду соответствует соляной купол, склонам Королевского свода, как и Карачаганского, – соляные купола.

Отмеченные структурно выраженные неоднородности подсолового ложа (тектонической или седиментационной природы) могли провоцировать начало соляного тектогенеза и формирование соляных тел над приподнятыми блоками и их склонами. Вместе с тем приподнятые блоки, особенно их южные части, являются благоприятными для формирования подсоловых структурных ловушек углеводородов, чем и объясняется развитие последних под соляными телами. Изменение мощностей надсолового пермо-триасового комплекса и его структурного положения указывает направление перераспределения соленосных пород. Значительная мощность соленосной толщи, большие глубины ее погружения определили ослабление генетических взаимосвязей между структурой подсолового ложа и характером соляно-купольной тектоники. Ослабление взаимосвязи обусловлено более активным проявлением гравитационного фактора при пластическом перераспределении соленосных пород.

Таким образом, мы считаем, что нарушение гравитационного равновесия соленосной толщи происходит в районе тектонически ослабленных зон, по которым осуществляется перераспределение соли в зону приподнятых блоков подсолового ложа, и предполагаем существование генетической связи между структурой подсолового ложа и строением соляных тел.

Сторонники гравитационной модели [8–10] считают, что образование куполов связано с изостатической неустойчивостью, обусловленной неравномерным накоплением пермо-триасовых отложений мощностью не менее 1500 м. При более высокой плотности надсоловых отложений менее плотная каменная соль начинает «идти вверх» на участках наименьшего давления и мощности надсоловых отложений. Такая позиция исключает существование генетических взаимосвязей между структурой подсолового ложа и проявлениями соляного тектогенеза.

Оценивая начальную стадию пластического перераспределения в районе Соль-Илецкого свода, мы отмечаем преобладание тектонического фактора, провоцировавшего возникновение зон неустойчивого равновесия в соленосной толще и предопределявшего районы, в которых началось пластическое перераспределение соленосных пород. В сторону центральных районов Прикаспийской впадины преобладающим становился гравитационный фактор.

Выводы

В целом мы считаем, что наиболее вероятным расположением подсоловых нефтегазоносных объектов являются соляные гряды и линейные системы соляных куполов. Расположение подсоловых структур и соляных тел определялось общим фактором – пластическим перераспределением соленосных пород в районы приподнятых блоков подсолового ложа. При этом следует учитывать, что на территории впадины подсоловые структурные осложнения должны отражаться в первую очередь положением соляных тел, сложенных кунгурскими, наиболее пластичными породами (см. рис. 2, VIII). Положение соленосных тел, сложенных верхнепермскими породами, контролируется соляным тектогенезом нижнепермских пород и в меньшей мере структурными осложнениями подсолового ложа. При прогнозе структурных осложнений подсолового ложа необходимо анализировать характер залегания надсоловых отложений, выполняющих мульды и прогибы. Флексурные перегибы могут быть отражены конседиментационным и однонаправленным залеганием надсоловых отложений (см. рис. 2, X). Одиночные блоки подсолового ложа будут отражены противоположным залеганием надсоловых отложений за счет притока соли с сопредельных мульд (см. рис. 2, IX).



Если считать, что соляной тектогенез в Прикаспийской впадине начался с этапа позднепермской терригенной седиментации, то, вероятно, течение солей в северной части впадины стало осуществляться позднее, чем в южной (см. рис. 5).

Дальнейшие исследования, посвященные прогнозу наиболее вероятного положения подсололевых структурных объектов, должны опираться на детальный анализ внутреннего строения соленосных тел с выделением разных по возрасту, составу и скоростным параметрам соленосных толщ, с определением направлений перетока соленосных пород по строению надсололевых отложений, выполняющих мульды и прогибы. Полученные модельные представления должны учитываться при интерпретации сейсмических материалов и выполнении глубинных построений по подошве соленосного комплекса, особенно в случае их неоднозначной интерпретации. В целом складывается впечатление, что положительные подсололевые структуры должны тяготеть к районам соляных гряд и куполов. Вместе с тем не под каждым куполом и грядой следует ожидать присутствия подсололевого поднятия.

Библиографический список

1. Писаренко Ю. А., Замаренов А. К., Маркина Н. Н., Белоножко В. С. Пермские галогенные отложения северной окраины Прикаспийской впадины (на примере Карачаганакского участка) // Новые данные по геологии соленосных бассейнов Советского Союза. Москва : Наука, 1986. С. 87–94.
2. Нефтегазоносность палеозойской шельфовой окраины севера Прикаспийской впадины / Б. М. Куандыков, Н. Г. Маглошинский, К. Сентгиорги [и др.]. Алматы : Гылым, 2011. 280 с.
3. Марченко О. Н., Жолумбаев М. Т. Верность расчетов – путь к открытию. Уральск : ИПК «Дастан», 2010. 204 с.
4. Писаренко Ю. А., Прохорова Н. П., Кухтинов Д. А., Левина В. И. Местные стратиграфические подразделения верхней перми Прикаспийского региона // Недра Поволжья и Прикаспия. 1999. Вып. 20. С. 3–11.
5. Писаренко Ю. А. Генетическая однотипность палеозойских палеотеррас юго-восточной части Русской плиты // Недра Поволжья и Прикаспия. 2014. Вып. 78. С. 3–9.
6. Писаренко Ю. А., Писаренко В. Ю., Дунаева М. Н. Стратиграфические, литолого-фациальные и структурные соотношения разновозрастных соленосных пород и их значение в проявлении процессов соляного тектогенеза, в пределах Прикаспийской впадины // Недра Поволжья и Прикаспия. 2017. Вып. 91. С. 21–35.
7. Михалькова В. Н., Агзямов К. Г. О формировании скоплений УВ в подсололевых отложениях северо-восточной части побережья Каспийского моря // Геология нефти и газа. 1988. № 4. С. 36–38.
8. Косыгин Ю. А. Механизм образования соляных куполов // Бюл. МОИП. Сер. Геология. 1945. Т. 20, № 5–6. С. 23–34.
9. Косыгин Ю. А. Типы соляных структур платформенных и геосинклинальных областей // Труды / Геологический институт АН СССР. 1960. Вып. 29. С. 3–88.
10. Неволин Н. В. Тектоника Западного Казахстана и перспективы его нефтегазоносности. Москва : Гостоптехиздат, 1961. 316 с.

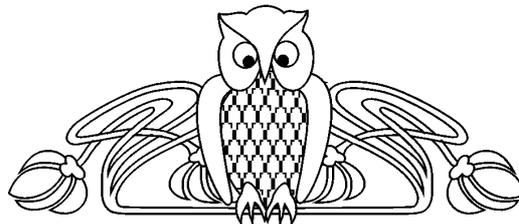
Поступила в редакцию 28.10.2020, после рецензирования 11.01.2021, принята к публикации 15.03.2021
Received 28.10.2020, revised 11.01.2021, accepted 15.03.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 103–117
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 103–117

Научная статья
УДК 563.45(116.3:470.4)
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-103-117>

Род *Tremabolites* Zittel, 1878 (Porifera, Hexactinellida)



Е. М. Первушов

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

Первушов Евгений Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, pervushovem@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

Аннотация. Губки *Tremabolites*, известные из средне-, позднекрейдовыми отложениями Европы, уверенно идентифицируются благодаря многочисленным отверстиям на гладкой верхней поверхности скелета. Представления об уровне организации этих губок и о характеристике видов не столь однозначны. Рассмотрено видовое разнообразие *Tremabolites*, распространенных в коньякских – сантонских породах Поволжья. Приведены примеры регенерации и почкования среди представителей группы.

Ключевые слова: губки, гексактинеллиды, *Tremabolites*, транзиторные колонии, регенерация, почкование, верхний мел

Для цитирования: Первушов Е. М. Род *Tremabolites* Zittel, 1878 (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 103–117. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-103-117>

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

Article
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-103-117>

Genus *Tremabolites* Zittel, 1878 (Porifera, Hexactinellida)

Е. М. Pervushov

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

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

Abstract. *Tremabolites* sponges known among the Middle-Late Cretaceous beds in Europe are reliably identifiable due to the numerous openings against the background of the skeleton smooth upper surface. The ideas of the level of organization in these sponges and of the species characteristics are far from being univocal. The paper deals with the species diversity of *Tremabolites* common in the Coniacian – Santonian rocks from the Volga Region. Examples of regeneration and budding in the representatives of the group are presented.

Keywords: sponges, Hexactinellida, *Tremabolites*, transitory colonies, regeneration, budding, Upper Cretaceous

For citation: Pervushov E. M. Genus *Tremabolites* Zittel, 1878 (Porifera, Hexactinellida). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 103–117 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-103-117>

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

Введение

Из трех десятков местонахождений собрано более двухсот скелетов губок, отнесенных к роду *Tremabolites*. Из них несколько форм выделены из карбонатных пород среднего коньяка, а большая часть фоссилий – из сантонских отложений Поволжья.

Губки *Tremabolites* рассматриваются в качестве настоящих транзиторных колоний [1]. Транзитории – переходные формы между унитарными и колониальными формами, которые характеризуются наличием многочисленных

субоскулюмов (дополнительных оскулюмов) на внешней поверхности элементов скелета губок. От основания скелета *Tremabolites* поднимаются дихотомирующие ветви, которые открываются на общей верхней поверхности многими оскулюмами, что и позволяет относить их к колониальным формам (рис. 1).

Многочисленные круглые оскулюмы на ровной верхней поверхности – характерная черта скелетов *Tremabolites*, что позволяет достоверно идентифицировать этих представителей гексактинеллид на уровне рода. Для описания скелетов данных губок не разработан терминологический

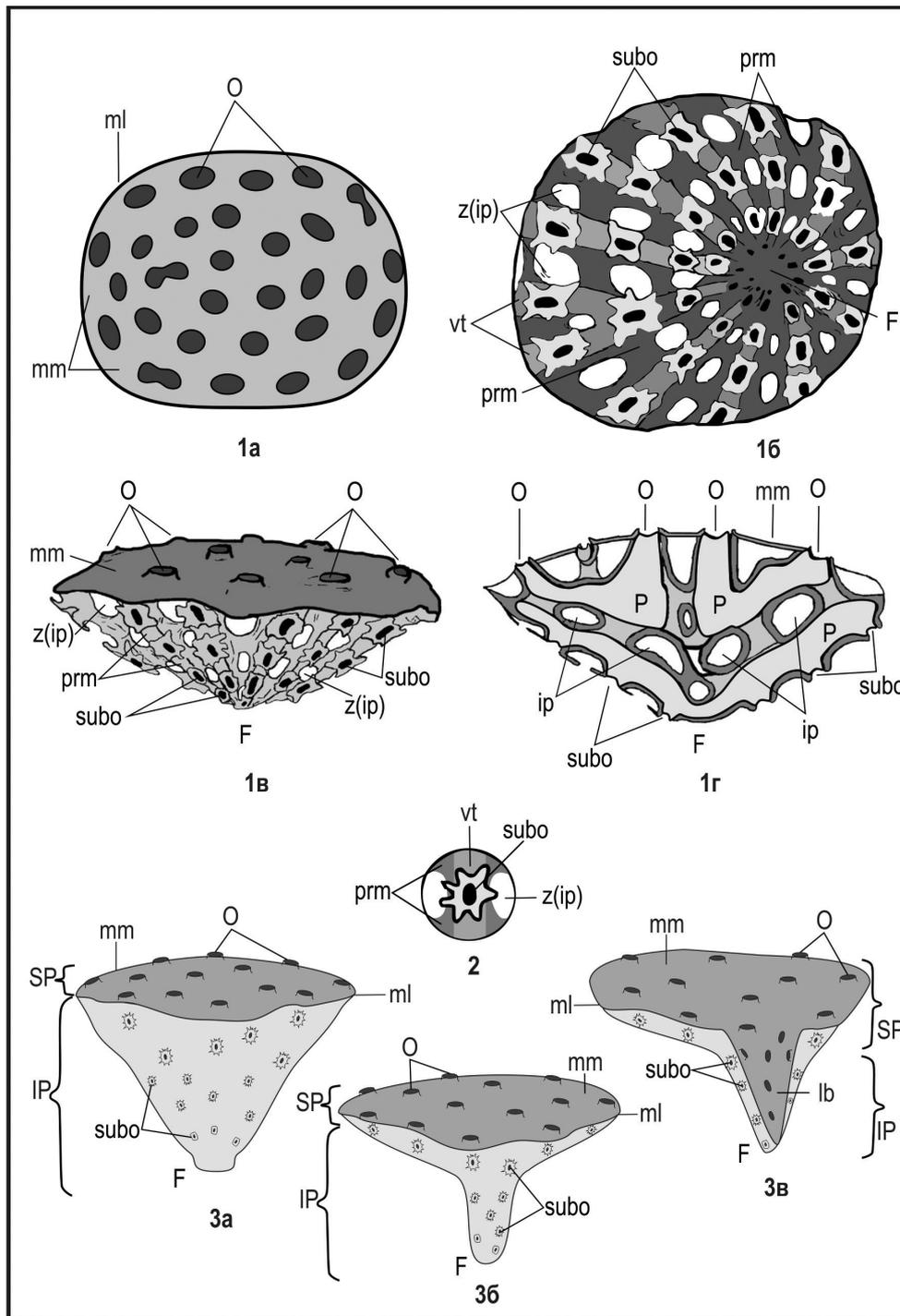


Рис. 1. Морфология скелета представителей рода *Tremabolites* Zittel, 1877. Фиг. 1. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841): 1a – вид сверху, 1б – снизу, 1в – сбоку, 1г – схема внутреннего строения скелета при вертикальном его сечении. Фиг. 2. Внешнее обрамление одного из субоскулумов, расположенных на внешней поверхности ветвей в нижнем сегменте скелета. Фиг. 3. Строение верхнего и нижнего сегментов и их соотношение в структуре скелета *Tremabolites* Zittel, 1877: 3а – высокое ширококоническое основание и субплоская кортикальная мембрана, 3б – центральное положение узкого высокого основания при изометричном строении кортикальной мембраны, 3в – смещенное к периферии положение узкого основания и асимметричное строение кортикальной мембраны, спускающейся до основания скелета. Условные обозначения: F – основание скелета, IP – нижний сегмент скелета, O – оскулюмы, P – сегменты парагастральной полости, SP – верхний сегмент скелета, mm – кортикальная мембрана (верхняя поверхность), ip – интерлабиринтовое пространство, lb – ложбина, ml – маргинальная линия (верхний край), prm – перемычки, subo – субоскулумы, vt – ветви, z(ip) – зияния. Черный цвет – оскулюмы и субоскулумы, темно-серый оттенок – кортикальная мембрана, светло-серый оттенок – нижний сегмент скелета, белый цвет – зияния и сегменты интерлабиринтового пространства



аппарат, а используемый предшествующими исследователями при характеристике фоссилий иллюстративный материал несет информацию лишь о принадлежности к роду *Tremabolites*.

Помимо представления реалистичных изображений рассматриваемых фоссилий в двух-трех ракурсах (фотогтабл. 1–7), исходя из опыта предыдущих изысканий [1, 2], текст их описаний актуально сопровождать схематичными рисунками известных в составе рода видов (рис. 2). В строении *Tremabolites* отчетливо выделяются верхняя и нижняя части скелета. Верхняя часть – это кортикальная мембрана с окулумами, которая у некоторых форм спускается до основания губки (см. рис. 1). Нижняя часть скелета образована ветвями, на внешней поверхности которых расположены субоскулюмы. Граница между этими частями скелета морфологически четко очерчена верхним краем – контуром кортикальной мембраны. Выше верхнего края субоскулюмы отсутствуют, а ниже нет оскулюмов. На кортикальной мембране, близ ее верхнего края, встречаются не успевшие отделиться почки, а от ветвей нижней части скелета формируются дополнительные опорные выросты.

Для скелетов овальных очертаний, которые могут быть охарактеризованы одной или двумя плоскостями симметрии, используются понятия латусных (широких) и ангулатных (узких) сторон. Одна из латусных сторон при асимметричном строении скелета рассматривается как фронтальная, предположительно ориентированная на направление течения, а противоположная – как тыльная. На фронтальной стороне скелета некоторых форм развивается ложбина, спускающаяся до основания губки, которое разделяет два фронтальных периферийных выроста (см. рис. 2).

При описании фоссилий использованы материалы отечественных [3–7] и зарубежных исследователей [8–24].

Описание

Тип Hexactinellida

Подотряд *Lychniscosa* A. Schrammen, 1903

Семейство *Camerospongiidae* A. Schrammen, 1912

Диагноз. Скелеты образованы тонкостенными (до 1 – 2 мм) дихотомирующими ветвями или сателлитами, составляющими скелеты лабиринтового строения, колониальной и транзитной организации.

Состав. *Camerospongiini*, *Tremabolitini*, *Becksiini*, *Plocoscyphiini*.

Подсемейство *Tremabolitini* Zittel, 1877

Диагноз. Губки транзитного уровня организации – на внешней поверхности ветвей скелета расположены овальные субоскулюмы.

Состав. *Tremabolites* Zittel, 1877; ? *Camerospongia* Krupp, 2010.

Сравнение. От *Camerospongiini* отличается наличием субоскулюмов.

Род *Tremabolites* Zittel, 1877

Manon – Roemer, 1841, с. 3.

Cephalites – T. Smith, 1848, с. 294; – Treathis ..., 2004, с. 524.

Coeloptychium – Fischer von Waldheim, 1843, с. 669.

Etheridgia – Tate, 1864, с. 42–43; – Основы ..., 1962, с. 44.

Camerospongia – Schluter, 1872, с. 19, 27.

Tremabolites – Zittel, 1877, с. 56; – Leonard, 1897, с. 36; – Defretin-Lefranc, 1958, с. 93; – Трестьян, 1973, с. 10; – König, 1988, с. 39; – Swierczewska-Gladysz, 2006, с. 269.

Maecandroptychium – Синцов, 1879, с. 10.

Plocoscyphia – Dunicowski, 1888, с. 83.

Типовой вид – *Manon megastoma* Roemer, 1841, верхний мел. Германия.

Диагноз. Скелет образован несколькими ветвями, дихотомирующими в вертикальной плоскости, за счет чего его диаметр увеличивается по направлению вверх. Тонкая гладкая кортикальная мембрана перекрывает интерлабиринтовое пространство скелета сверху. Кортикальная мембрана оконтуривает оскулюмы, порой возвышающиеся над ней. Оскулюмы округлых очертаний, а при объединении двух полостей – гантевидные, расположены концентрически или хаотично. Количество оскулюмов соотносится с размерами скелета, площадью верхней его части и достигает максимально 30. Диаметр оскулюмов изменяется в пределах 2–5 мм. У единичных форм, обитавших в условиях активной гидродинамики, диаметр многочисленных оскулюмов достигает 10–12 мм. Диаметр оскулюмов различен в строении одного скелета, и обычно самые мелкие из них приурочены к периферии верхней поверхности.

Под верхним краем кортикальной мембраны расположена нижняя часть скелета. Это трубковидные ветви (модули), поднимающиеся вверх от точечного основания, дихотомирующие и соединяющиеся между собой одинаковыми по размерам перемычками. На внешней поверхности ветвей расположены многочисленные овальные субоскулюмы, диаметр которых возрастает от основания скелета (1–3 мм). Между ветвями и перемычками прослеживаются зияния, ведущие в интерлабиринтовое пространство внутри скелета губки. Ажурная сеть выростов, исходящих от субоскулюмов, расположенных на соседних ветвях, прикрывает зияния и образует поверхность нижней части скелета.

Ризоиды не выявлены. Многие представители рода свободно находились на поверхности осадка. Для этих форм характерно коническое основание скелета, редко стержнеобразное. Распространено прикрепление губок к твердым элементам субстрата – фрагментам скелетов погибших губок (*Guettardiscyphia*, *Zittelispongia*) или абиогенным



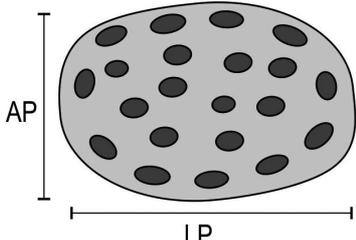
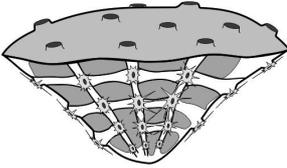
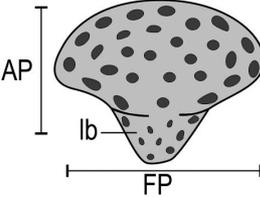
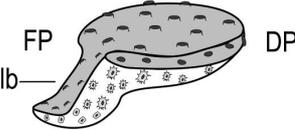
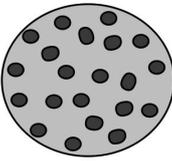
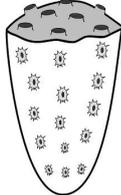
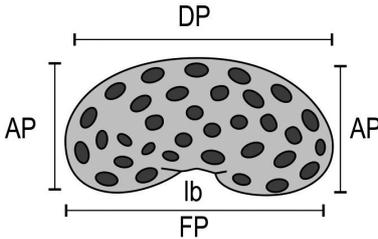
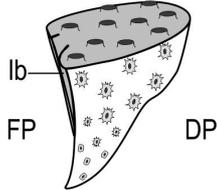
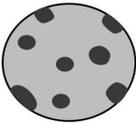
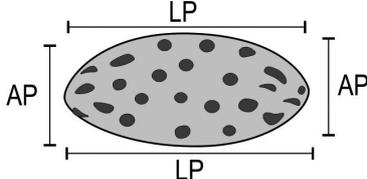
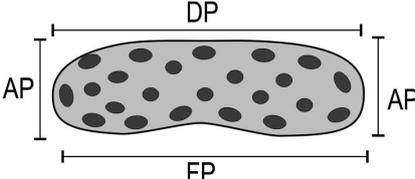
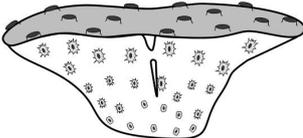
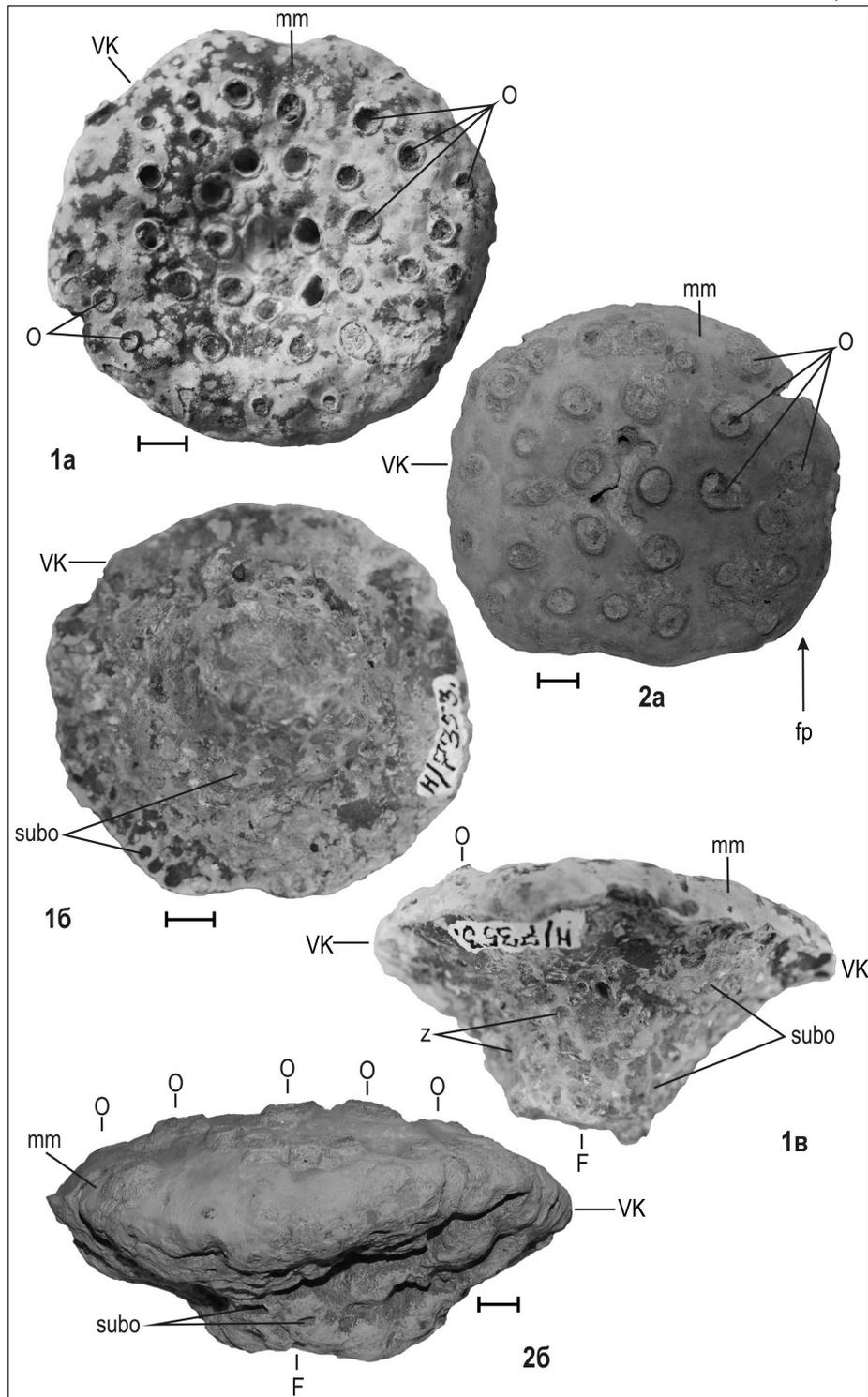
Представители рода	Очертания скелета сверху	Очертания скелета сбоку
Tremabolites megastome (Roemer, 1841)		
Tremabolites confluens (Fisher de Waldheim, 1835)		
Tremabolites perforatus (T. Smith, 1848)		
Tremabolites polymorphum (Sinzov, 1879)		
Tremabolites ? cerebialis (Dunikowski, 1889)		
Tremabolites arcuatus sp.nov.		
Tremabolites oblongus sp.nov.		

Рис. 2. Особенности строения скелета представителей рода Tremabolites Zittel, 1877. Условные обозначения: AP – ангулатные поверхности (стороны) билатерально-симметричного скелета; FP – фронтальная и DP – тыльная поверхности, LP – латусные поверхности скелета, lb – ложбина. Черный цвет – оскуломы, темно-серый оттенок – кортикальная мембрана, светло-серый оттенок – нижний сегмент скелета



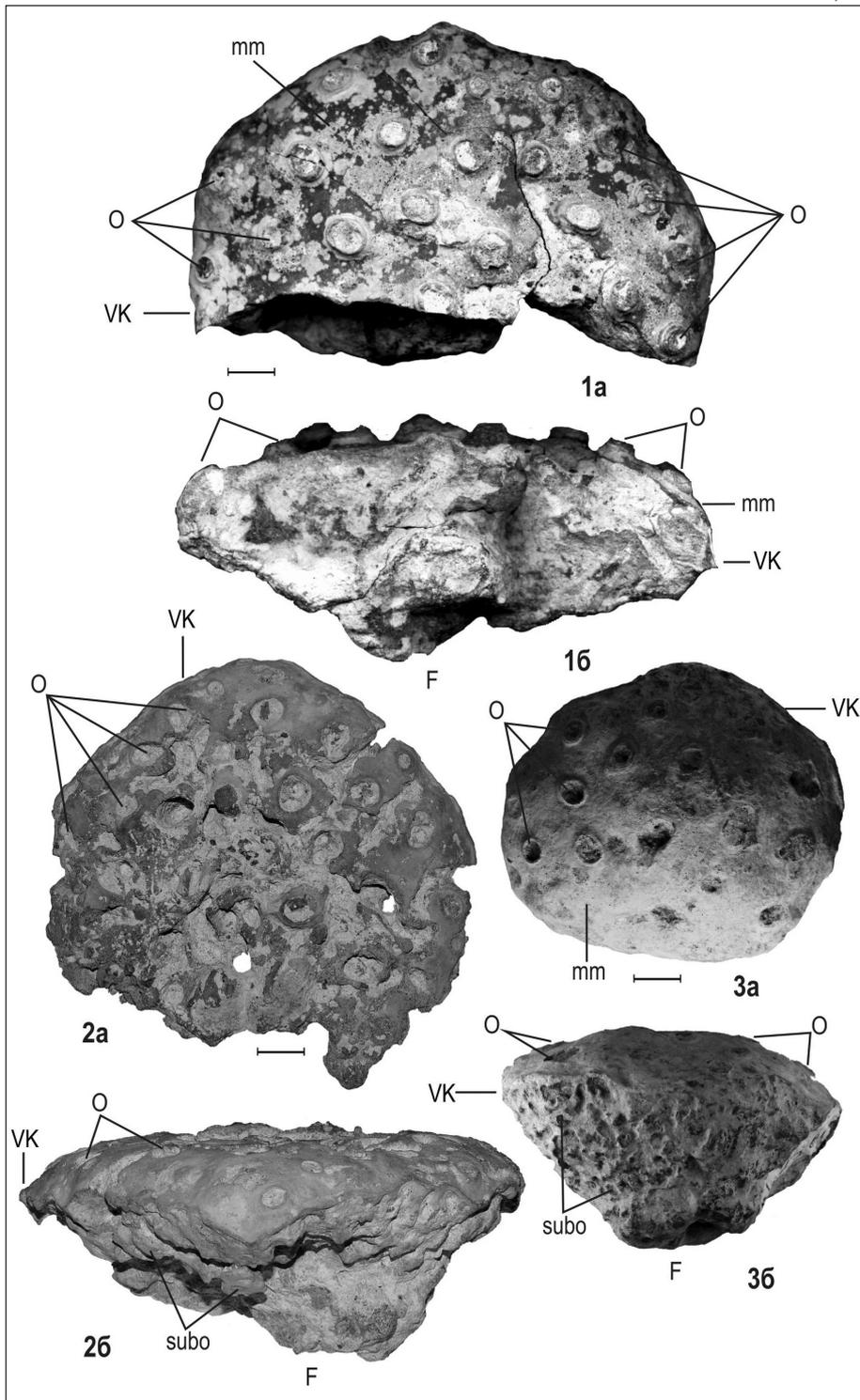
Фототаблица 1



Фототабл. 1. Фиг. 1. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. РЕМ, № 122/7353: изометричный скелет с вогнутой верхней поверхностью; 1а – вид сверху, 1б – снизу, на площадку прикрепления, 1в – сбоку; Саратовская область, Озерки-4; нижний сантон. Фиг. 2. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. РЕМ, № 121/183: диссимметричный скелет с пологовыпуклой верхней поверхностью, 2а – вид сверху, 2б – сбоку; г. Саратов, Агафоновка; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулом, VK – верхний край, mm – кортикальная мембрана, subo – субоскулом, z – зияние, fp – фронтальный сектор скелета, стрелка отображает предполагаемое направление течения. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



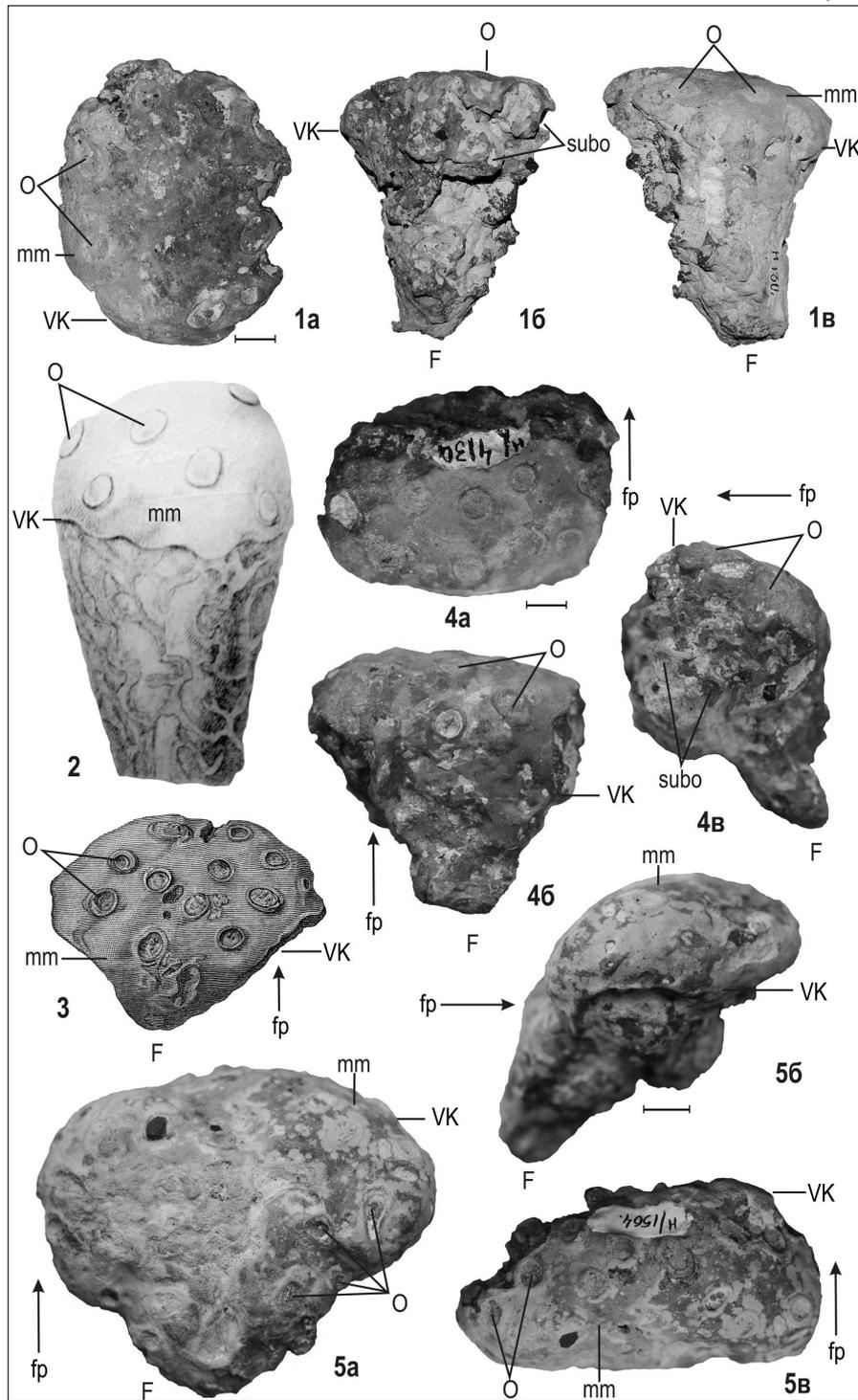
Фототаблица 2



Фототабл. 2. Фиг. 1. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. РЕМ, № 122/436: фрагментированный скелет с пологовыпуклой верхней поверхностью и обособленными оскулюмами: 1а – вид сверху, 1б – сбоку; Саратовская область, Багаевка; нижний сантон. Фиг. 2. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. РЕМ, № 121/829: фрагментированный скелет с плоской верхней поверхностью: 2а – вид сверху, 2б – сбоку; г. Саратов, Агафонова; нижний сантон. Фиг. 3. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. РЕМ, № 122/4336: изометричный скелет с выпуклой верхней поверхностью: 3а – вид сверху, 3б – сбоку; Саратовская область, Эстонцы; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулюм, VK – верхний край, mm – кортикальная мембрана, subo – субоскулюм. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



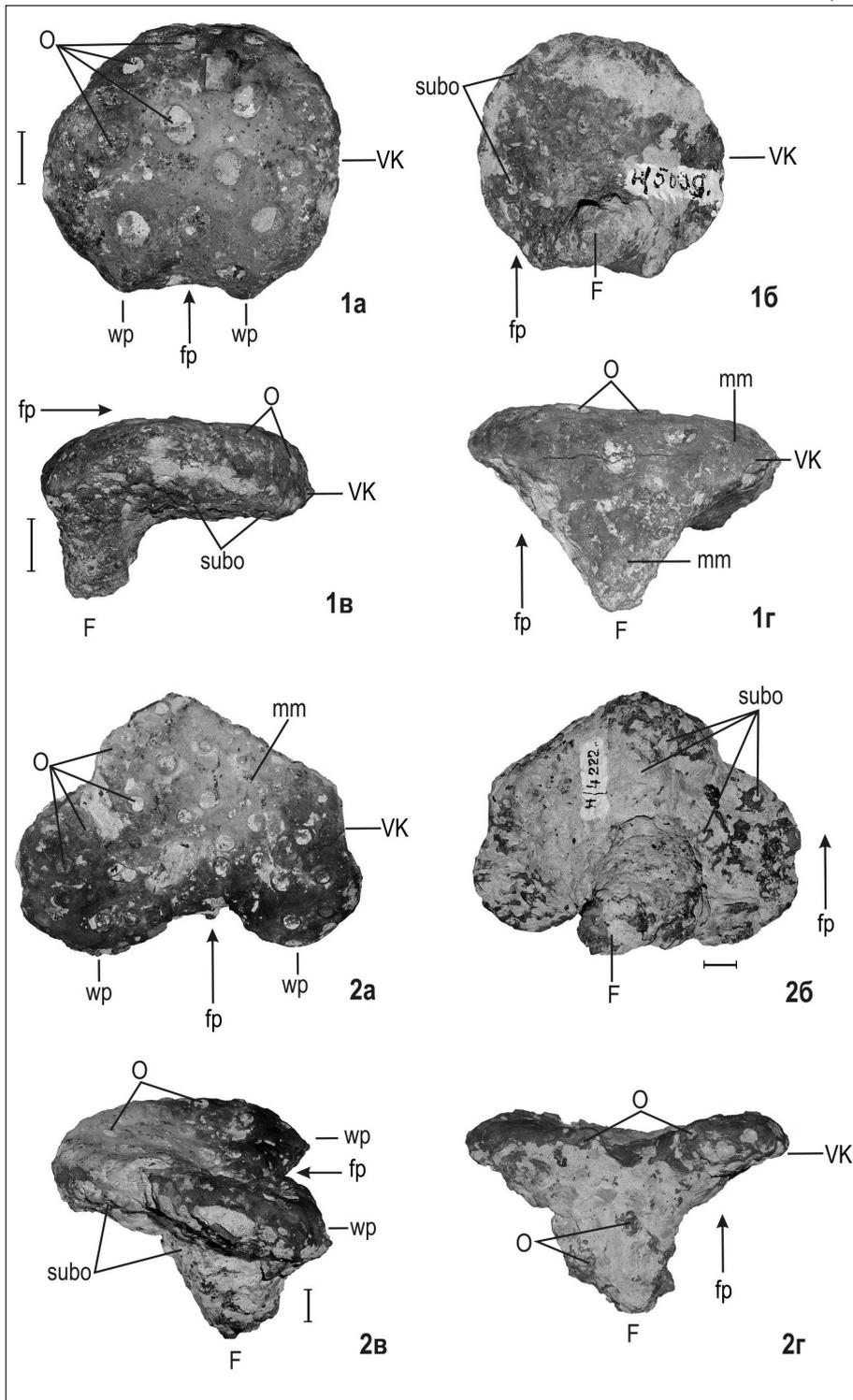
Фототаблица 3



Фототабл. 3. Фиг. 1. *Tremabolites perforatus* (Т. Smith, 1848). Экз. РЕМ, № 122/130: 1а – вид сверху, 1б, 1в – сбоку, с противоположных сторон; г. Саратов; нижний сантон. Фиг. 2. *Tremabolites perforatus* (Т. Smith, 1848): общий вид скелета (по Т. Smith, 1848, Т. 15, с. 294, фиг. 2); Англия; верхний мел. Фиг. 3. *Tremabolites confluens* (Fisher de Waldheim, 1835): общий вид скелета (по: Лагузен, 1895, с. 83, фиг. 93); г. Саратов; нижний сантон. Фиг. 4. *Tremabolites confluens* (Fisher de Waldheim, 1835). Экз. РЕМ, № 122/4130: 4а – вид сверху, 4б – на фронтальную поверхность, 4в – сбоку; Саратовская область, Александровка-3; нижний сантон. Фиг. 5. *Tremabolites confluens* (Fisher de Waldheim, 1835). Экз. РЕМ, № 122/1564: 5а – вид на фронтальную поверхность, 5б – сбоку, 5в – сверху; Саратовская область, Багаевка; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулом, VK – верхний край, mm – кортикальная мембрана, subo – субоскулом, fp – фронтальный сектор скелета, стрелка отображает предполагаемое направление течения. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



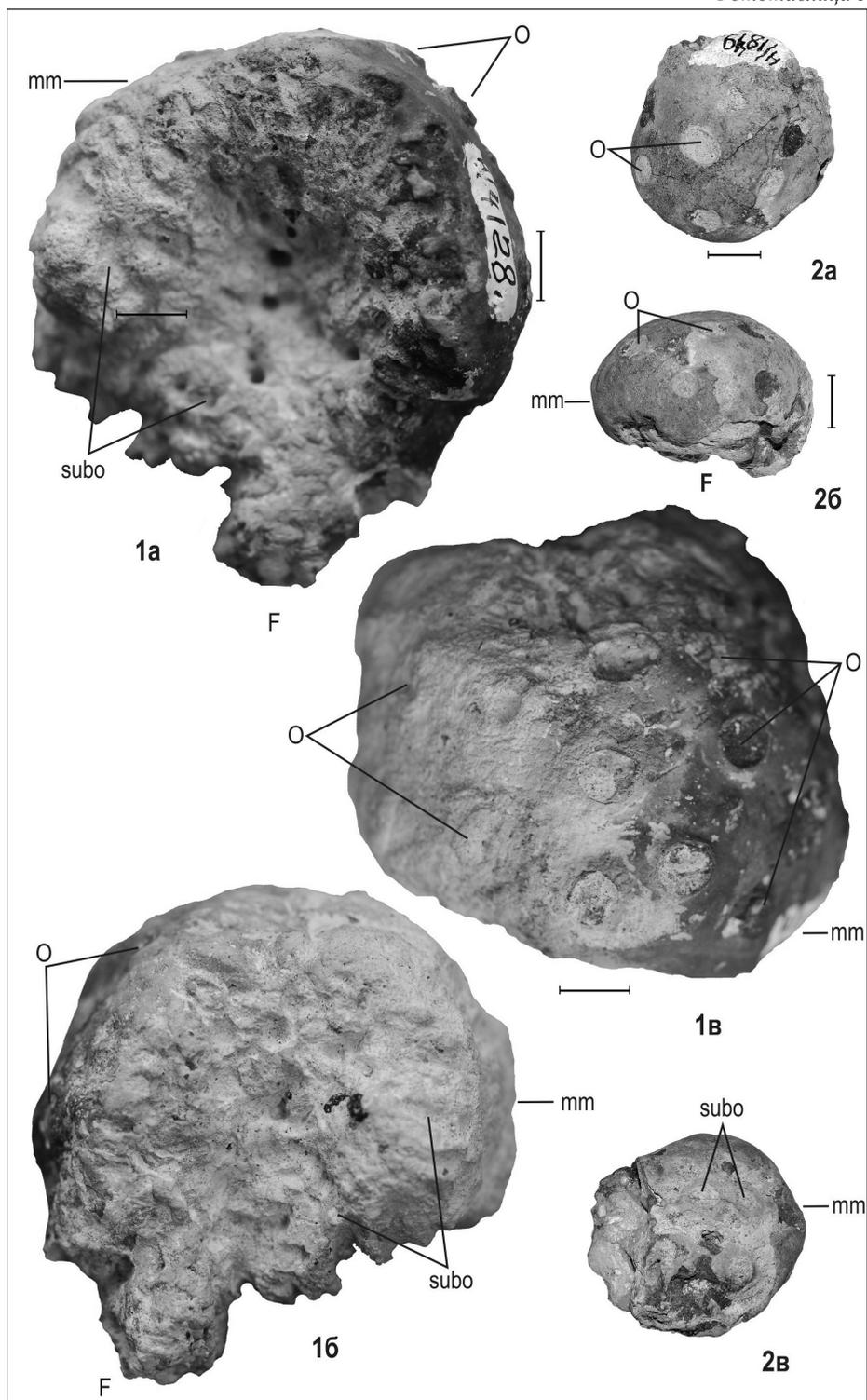
Фототаблица 4



Фототабл. 4. Фиг. 1. *Tremabolites polymorphum* (Sinzov, 1879). Экз. РЕМ, № 122/5009: 1а – вид сверху, 1б – снизу, 1в – сбоку, 1г – на фронтальную поверхность; Саратовская область, Багаевка; нижний сантон. Фиг. 2. *Tremabolites polymorphum* (Sinzov, 1879). Экз. РЕМ, № 122/4222: 2а – вид сверху, 2б – снизу, 2в – сбоку, 2г – на фронтальную поверхность; Саратовская область, Александровка-1; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулом, VK – верхний край, mm – кортикальная мембрана, subo – субоскулом, fp – фронтальный сектор скелета, стрелка отображает предполагаемое направление течения, wp – периферийные крыловидные выросты. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



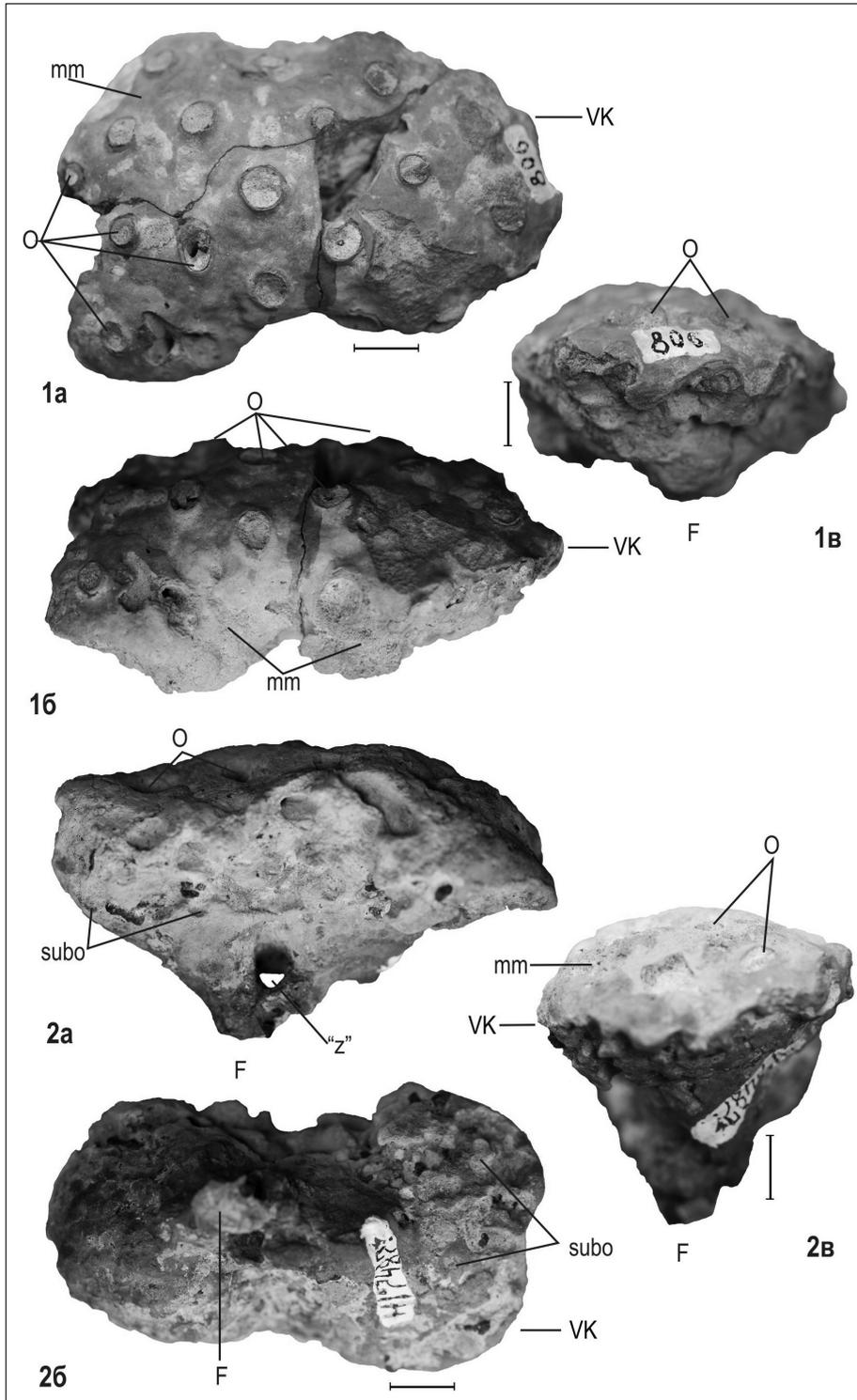
Фототаблица 5



Фототабл. 5. Фиг. 1. *Tremabolites arcuatus* sp. nov. Экз. РЕМ, № 122/4128: 1а, 1б – противоположные латусные поверхности, 1в – вид на ангулатную поверхность; Саратовская область, Александровка-3; нижний сантон. Фиг. 2. *Tremabolites ? cerebralis* (Dunikowski, 1888). Экз. РЕМ, № 122/1849: скелет ювенильной особи: 2а – вид сверху, 2б – сбоку, 2в – снизу; г. Саратов; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулом, mm – кортикальная мембрана, subo – субоскулом. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



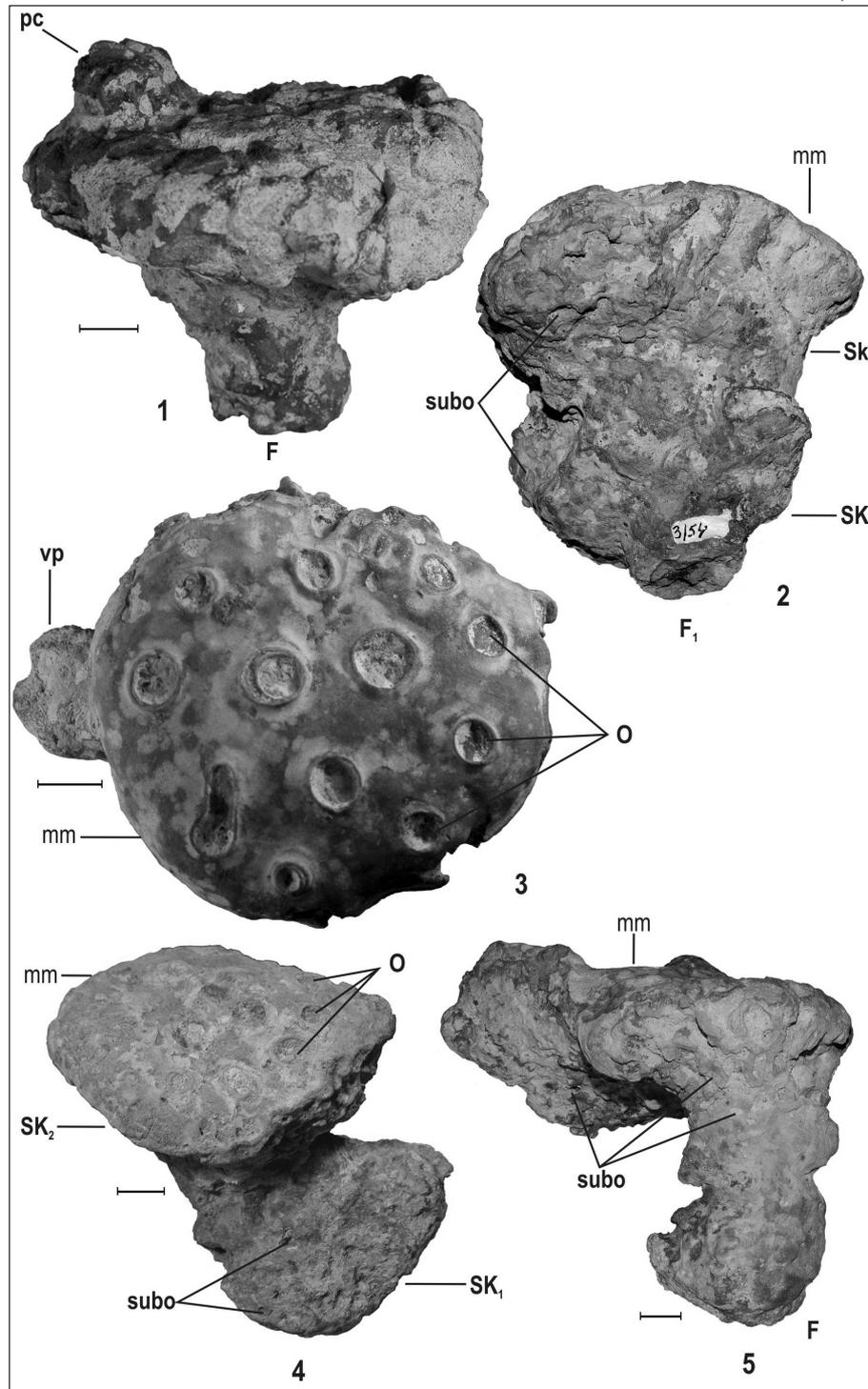
Фототаблица 6



Фототабл. 6. Фиг. 1. *Tremabolites oblongus* sp. nov. Экз. РЕМ, № 121/806: 1а – вид сверху, 1б – латусная поверхность, 1в – ангулатная поверхность; г. Саратов, Заплатиновка; нижний сантон. Фиг. 2. *Tremabolites oblongus* sp. nov. Экз. РЕМ, № 122/7487: 2а – латусная поверхность, 2б – вид снизу, 2в – ангулатная поверхность; Саратовская область, Александровка-1; нижний сантон. Условные обозначения: F – основание скелета, O – оскулюм, VK – верхний край, mm – кортикальная мембрана, subo – субоскулюм. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



Фототаблица 7



Фототабл. 7. Фиг. 1. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. РЕМ, № 122/3553: вид сбоку; г. Саратов, Заплатиновка; нижний сантон. Фиг. 2. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. РЕМ, № 3/54: вид сбоку, первичный скелет внизу; г. Саратов; нижний сантон. Фиг. 3. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. РЕМ, № 122/3343: вид сверху; Саратовская область, Александровка-1; нижний сантон. Фиг. 4. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841). Экз. ЦНИГРМ, № 10982/177: вид сбоку, первичный скелет внизу; г. Саратов; нижний сантон. Коллекция И. Ф. Синцова. Фиг. 5. *Tremabolites* sp. Экз. РЕМ, 122/1377: вид сбоку; г. Саратов; нижний сантон. Условные обозначения: O – оскулюм, SK₁ – первичный скелет, SK₂ – вторичный скелет, F (F₁) – основание (первичного) скелета, mm – кортикальная мембрана, pc – почка, subo – субоскулюм, vp – вырост. Отрезок масштабной линейки соответствует 10 мм



терригенным элементам. В этом случае площадка прикрепления достигала 40–50 мм. Вариации горизонтального или вертикального положения площадки прикрепления позволяют предположить, что губки либо крепились к вертикальным объектам, выступающим над поверхностью осадка, либо продольная ось скелета располагалась субгоризонтально.

Онтогенез. Среди *Tremabolites* установлено проявление почкования. Единичные крупные круглые почки (до 10–15 мм) расположены по периферии верхней поверхности [2]. На их поверхности дермальный кортекс не сохранился (см. фототабл. 7, фиг. 1). В индивидуальном развитии губок меняются соотношение верхней и нижней частей скелета, морфология его верхней части и количество оскулюмов. Скелеты ювенильных губок напоминают нераскрывшиеся бутоны – они небольшие и шарообразные, их поверхность скрыта гладкой кортикальной мембраной с мелкими оскулюмами (см. фототабл. 5, фиг. 2). Лишь в центре основания едва прослеживаются радиально ориентированные мелкие субоскулюмы. На зрелых стадиях развития особей возрастает диаметр верхней поверхности, увеличиваются высота и объем нижней части скелета. Верхняя поверхность становится пологовыпуклой, а в последующем – плоской или вогнутой, количество оскулюмов увеличивается за счет дихотомии несущих ветвей скелета. У некоторых форм обособливаются отдельные элементы скелета – периферийные фронтальные выросты (*T. polymorphum*).

Филогенез. Формирование морфологически обособленных представителей рода от исходно изометричных форм (*T. megastome*, *T. perforatus*) предполагается за счет адаптации к условиям ламинарных течений и бокового крепления к твердым элементам субстрата. Асимметрия скелета в этом случае (*T. confluentis*, *T. polymorphum*) проявлялась в разном строении его противоположных лагусных сторон. На фронтальном секторе отчетливо выраженный желоб разделяет крупные периферийные крыловидные элементы скелета.

Регенерационные возможности. Выделены скелеты губок, переживших какаклизмы, обусловленные резким изменением гидродинамики придонной среды. Частичная регенерация проявляется при фрагментации скелета и кратковременном прекращении роста организма, с последующим восстановлением его развития (см. фототабл. 7, фиг. 2). Полная регенерация в данном случае происходила после отрыва губки от поверхности субстрата и при ее переворачивании. От базальной части первичного скелета, которая оказывалась наиболее приподнятой над осадком, формировался новый скелет того же организма (см. фототабл. 7, фиг. 4).

Тафономия. Фоссилии полной хорошей сохранности редки. Основание скелета часто раз-

рушено и закрыто фосфатным или кремнистым цементом. Редко и фрагментарно сохраняются субоскулюмы и ажурная сеть выростов нижней поверхности. При разрушении кортикальной мембраны строение сохранившихся фоссилий *Tremabolites* сходно с морфологией губок *Plocoscyphia*. Сантонские скелеты *Tremabolites* фосфатизированы и фрагментированы, в той или иной степени окатаны. Присутствие на поверхности скелетов почкообразных образований свидетельствует о мгновенной фоссилизации губок, послужившей причиной их гибели. На скелетах погибших губок селились мелкие устрицы и брахиоподы.

Сравнение. Типовой род. В работе [11] представлено изображение скелета губки *Camerospongia fungiformis* Goldfuss, 1831 с одним центральным оскулюмом и многими субоскулюмами на нижней поверхности, наличие которых не соответствует содержанию рода *Camerospongia*. Наличие субоскулюмов позволяет предполагать, что эта форма может рассматриваться в составе подсемейства *Tremabolitini*.

Состав. *Tremabolites megastome* (Roemer, 1841); *T. confluentis* (Fisher de Waldheim, 1843); *T. perforatus* (T. Smith, 1848), *T. polymorphum* (Sinzov, 1879); *T. cerebralis* (Dunikowski, 1889); *T. ? leonardi* Schrammen, 1910–12; *T. ? ophioides* (Defretin-Lefranc, 1958); *T. arcuatus* sp. nov.; *T. oblongus* sp. nov.

Распространение. Средний – верхний мел Европы.

***Tremabolites megastome* (Roemer, 1841)**

Табл. 1, 2; рис. 2.

Manon megastoma – Roemer, 1841, с. 3, табл. 1, фиг. 9.

Camerospongia megastoma – Schluter, 1872, с. 19; – Leonard, 1897, с. 36.

Tremabolites megastoma – Zittel, 1877, с. 56; – Schrammen, 1912, с. 317, табл. 39, фиг. 3–5; – Defretin-Lefranc, 1958, с. 93, табл. 14, фиг. 3; – Lagneau-Herenger, 1962, с. 115, табл. 17, фиг. 5; – Ulbrich, 1974, с. 65–66; – Malecky, 1980, табл. 10, фиг. 2; – Konig, 1988, с. 39, табл. 5, фиг. 2; Swierczewska-Gladysz, 2006, с. 269–270, фиг. 35с, h; – 2010, с. 269, фиг. 10H, I.

Tremabolites leonardi – Schrammen, 1910–12, с. 317.

Описание. Верхняя часть изометричного скелета круглых и широкоовальных очертаний, основание расположено в центре его нижней невысокой конической части. У крупных форм диаметр скелета по верхнему краю составляет 86–100/90–105 мм, что в 2 раза превышает его высоту (40–47 мм), при количестве оскулюмов до 20–30. Верхняя поверхность ровная плоская или пологовыпуклая, в редких случаях вогнутая. Скелеты мелкогабаритных форм, рассматриваемых как ювенильные, сферических очертаний, большая часть поверхности закрыта кортикальной



мембраной. Высота скелета этих губок (37–52 мм) немногим меньше его диаметра (45–52/54–62 мм), количество оскулюмов 8–12.

Сравнение. Среди представителей рода выделяется изометричным строением, а от *T. perforatus* – невысокой ширококонической нижней частью.

Распространение. Неоднозначное понимание содержания вида способствовало формированию представлений о его широком стратиграфическом распространении: апт – альб Испании, апт – коньяк Франции, верхний сеноман – кампан Германии, сеноман Чехии, коньяк – кампан Польши, средний коньяк – сантон Поволжья.

Материал. Более 90 экз. из разрезов: Агафоновка, Лысая гора, Заплатиновка, Новоузенское, Усиевича (г. Саратов); Александровка, Багаевка, Большой Мелик, Карамышка, Мезино-Лапшиновка, Нижняя Банновка, Озерки, Пудовкино, Репная Вершина, Хмелевка, Эстонцы (Саратовская область); Алешники (Волгоградская область); Никольское (Тамбовская область); Новоульяновск (Ульяновская область).

***Tremabolites confluens* (Fisher de Waldheim, 1843)**

Табл. 3, фиг. 3–5; рис. 2.

Camerospungia megastoma – Schluter, 1872, с. 19, 27, табл. 33, фиг. 6.

Tremabolites confluens – Лагузен, 1895, фиг. 93, с. 83.

Non Coeloptychium confluens – Fisher de Waldheim, 1843, с. 669, табл. 16, фиг. 1.

Описание. Скелет каплевидных очертаний, часто искажен. От верхней части скелета, округлой и субплоской, кортикальная мембрана по наклонному узкому фронтальному сектору спускается до его конусовидного основания. Фронтальная поверхность порой осложнена флексурным изгибом. Значения параметров скелета изменяются в широких пределах. Размер верхней части скелета 55–70/70–90 мм, количество оскулюмов 12–23. Высота скелета при его субгоризонтальном положении составляет 40–55 мм. При этом положении скелета площадка приростания к скелетам погибших гексактинеллид ориентирована почти вертикально.

Сравнение. От *T. polymorphum* отличается пологим наклоном верхней поверхности фронтального сектора скелета, где расположено его основание, отсутствием периферийных крыловидных выростов.

Замечание. Фишер Вальдхайм представил изображение основания скелета губки, которое все последующее время рассматривается как *Etheridgia ex gr. goldfussi* (Fischer). Название вида сохранено за формой, изображенной И. Лагузеном [3], со ссылкой на Фишера Вальдхайма.

Распространение. Сантон правобережно-го Поволжья.

Материал. 62 экз. (аншлифы) из разрезов: Александровка, Багаевка, Большой Мелик, Кара-

мышка, Мезино-Лапшиновка, Нижняя Банновка, Озерки, Репная Вершина, Эстонцы (Саратовская область); Агафоновка, Лысая гора, Поливановка и Усиевича (г. Саратов); Алешники (Волгоградская область); Никольское (Тамбовская область); Климовка (Самарская область).

***Tremabolites perforatus* (T. Smith, 1848)**

Табл. 3, фиг. 1, 2; рис. 2.

Cephalites perforatus – T. Smith, 1848, с. 294, табл. 15, фиг. 2; – Treathis ..., 2004, с. 524, фиг. 344-4.

Описание. Скелет высокий (до 76–80 мм) узкоконический. Верхняя поверхность округлая, диаметром до 53–57/65 мм, плоская и пологовыпуклая. Верхний край нависает над нижней частью скелета. Количество оскулюмов изменяется от 10 до 15.

Сравнение. Среди родственных форм выделяется субцилиндрическим габитусом скелета, округлой верхней поверхностью небольшого диаметра.

Распространение. Альб – сеноман южной Англии, сантон Поволжья.

Материал. 6 экз. из разрезов Саратовской области: Саратов, Александровка, Озерки.

***Tremabolites polymorphum* (Sinzov, 1879)**

Табл. 4, фиг. 1, 2; рис. 2.

Maecandroptychium polymorphum – Синцов, 1879, с. 10–11, табл. 1, фиг. 7, табл. 2, фиг. 1.

Описание. Скелет билатерально симметричный, кресловидный, верхняя часть фасоле-видных симметричных очертаний. Кортикальная мембрана слагает верхнюю часть скелета и прослеживается по крутонаклонной ложбине в центре фронтального сектора, вплоть до основания скелета. Ложбина разделяет два периферийных крыловидных выроста. Морфологическая выраженность ложбины и обособленность периферийных выростов отчетливо прослеживаются в строении крупных скелетов. Значения параметров скелета также заметно варьируют. Мелкорослые формы высотой 31–35 мм и диаметром выпуклой верхней поверхности 40–50/48–59 мм, с 8–13 оскулюмами. Высота форм средней размерности 45–50 мм, диаметр субплоской неровной верхней поверхности 50–66/62–83 мм, с 14–15 оскулюмами. Крупные скелеты высотой 60–80 мм, диаметр вогнутой верхней поверхности 75–85/106–120 мм, с 18–26 оскулюмами. Высота нижней части занимает 75–95 % всей высоты скелета. Дополнительные опорные элементы отмечены на нижней поверхности скелета, основание которого приурочено к его фронтальному сектору.

Сравнение. От *T. confluens* отличается периферийными фронтальными выростами, разделенными субвертикальным желобом.

Распространение. Средний коньяк – сантон Поволжья.

Материал. 36 экз. (аншлифы) из разрезов:



Александровка, Багаевка, Большой Мелик, Карамышка, Мезино-Лапшиновка, Озерки, Репная Вершина (Саратовская область); Каменный Брод (Волгоградская область); Климовка (Самарская область).

***Tremabolites cerebralis* (Dunikowski, 1889)**

Табл. 5, фиг. 2; рис. 2.

Plocoscyphia cerebralis – Dunikowski, 1889, с. 83.

Tremabolites cerebralis – Третьяков, 1973, с. 10–11, табл. 1, фиг. 3, 4.

Tremabolites ophioides – Defretin-Lefranc, 1958, с. 94–95, табл. 14, фиг. 4–7.

Описание. Скелет мелкий, размером с грецкий орех, высотой до 14 мм и диаметром 31/40 мм, количество оскулюмов варьирует от 8 до 20. Очертания скелета полусферические и дисковидные, с выпуклой, реже плоской или вогнутой верхней поверхностью.

Сравнение. От *T. megastome* отличается меньшими размерами скелета и оскулюмов.

Замечание. Предполагаем, что в данном случае описаны губки пионерских поселений в сукцессии средне-, позднемиоценовых спонгиозообществ. Единичные поволжские губки рассматриваются как ювенильные формы: мелкие, округлых очертаний и полностью, за исключением центра основания скелета, закрыты кортикальной мембраной.

Распространение. Верхний сеноман Среднего Приднестровья (71 экз.), верхний турон – средний коньяк Франции, сантон Поволжья.

Материал. 4 экз. из разрезов: Поливановка (г. Саратов); Александровка, Мезино-Лапшиновка, Шклово (Саратовская область).

***Tremabolites arcuatus* sp. nov.**

Табл. 5, фиг. 1; рис. 2.

Название вида от *arcuatus* (лат.) – дугообразный.

Голотип – SSU PEM, № 122/4128; Александровка, нижний сантон.

Паратип – SSU PEM, № 122/8732; Александровка, нижний сантон.

Описание. Дугообразные очертания скелета обусловлены сферическим изгибом верхней поверхности, при котором узкие ее сектора почти соприкасаются. Высота скелета 60–80 мм, диаметр 66–75 мм. Протяженность изогнутой верхней поверхности 130–170 мм. Количество оскулюмов изменяется от 20 до 30. Протяженные латусные сектора верхней поверхности нависают над вогнутыми во внутрь участками нижней части скелета. В основании скелета короткий стержнеобразный вырост.

Сравнение. От родственных форм отличается изогнутым, подковообразным строением скелета.

Распространение. Нижний сантон Саратовской области.

Материал. 12 экз. из разрезов: Александровка, Багаевка, Карамышка, Озерки (Саратовская область); Заплатиновка, Поливановка (г. Саратов).

***Tremabolites oblongus* sp. nov.**

Табл. 6, фиг. 1, 2; рис. 2.

Название вида от *oblongus* (лат.) – продолговатый.

Голотип – SSU PEM, № 121/806; г. Саратов, нижний сантон.

Паратип – SSU PEM, № 122/6532; Александровка; нижний сантон.

Описание. Очертания верхней части низкого (до 40–55 мм) и протяженного в горизонтальной плоскости скелета напоминают батон багет. Высота верхней части до 10–20 мм. Длина продольной оси верхней поверхности достигает 90–105 мм, а короткой – 50–65 мм. Верхняя поверхность пологовыпуклая и неровная, иногда гантелевидных очертаний. Узкие сектора верхней поверхности выпуклые, а широкие сектора протяженные. У некоторых форм по одной латусной стороне кортикальная мембрана спускается вниз. Количество оскулюмов изменяется от 14–15 до 20–25. Нижняя часть скелета коническая, иногда асимметричная и даже скошенная, основание слабо обособлено.

Сравнение. От *T. megastome* отличается овально-вытянутыми очертаниями.

Распространение. Нижний сантон Саратовской области.

Материал. 20 экз. из разрезов: Александровка, Озерки, Багаевка (Саратовская область); Алтынка, Заплатиновка, Новоузенское (г. Саратов).

Библиографический список

1. Первушов Е. М. Морфотипы и модульная организация позднемиоценовых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida). Саратов : Издательство Саратовского университета, 2018. 208 с.
2. Первушов Е. М. Проявления почкования среди позднемиоценовых скелетных губок – гексактинеллид // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 1. С. 51–64.
3. Лагузен И. Краткий курс палеонтологии. Палеозоология. Выпуск первый. Санкт-Петербург : Типография Императорской Академии наук, 1895. 326 с.
4. Основы палеонтологии. Губки. Археопориферы. Москва : Издательство АН СССР, 1962. 485 с.
5. Синцов И. Ф. О меловых губках Саратовской губернии // Записки Новороссийского общества естествоиспытателей. Т. 6, вып. 1. Одесса : Издательство Ульриха, 1879. С. 1–40.
6. Третьяков Г. Н. Характеристика позднемиоценовых губок Среднего Приднестровья // Палеонтология и стратиграфия мезокайнозой южных окраин Русской платформы. Кишинев : Издательство «Штиинца», 1973. С. 3–15.
7. Fischer de Waldheim G. Sur Quelques polypiers fossiles du gouvernement de Moscou // Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. 1843. Т. 16, № 4. Р. 663–670.



8. *Defretin-Lefranc S.* Contribution a l'etude des spongiaires siliceux du Cretace superieur du Nord de la France – These Presentee a la Faculté des sciences de Lille pour obtenir le grade de Docteur es sciences Naturelles. Lille : Universite de Lille, 1958. 178 p.
9. *Dunikowski E.* O gabkach cenomanskich z warstwy fosforytowej Podola Calicyiskiego // Pamietnik Akademii umiejtnosci, Krakowie. 1888. T. 16. P. 70–87.
10. *Konig W.* Die Schwamme des Campans von Misburg und Hover // Arbeitskreis Palaontologie Hannover. 1988. Bd. 16. S. 35–49.
11. *Krupp R.* Cameroptychium scharnhorsti n.sp., ein hexactinellider Schwamm aus dem Unteren Campan von Höver, Niedersachsen // Arbeitskreis Paläontologie Hannover. 2010. Bd. 38. S. 46–58.
12. *Lagneau-Herenger L.* Contribution a l'etude des spongiaires siliceux du Cretace infrieur // Memoire de la Societe Geologique de France, Nouvelle Serie, Paris. 1962. T. 41, № 95. 252 p.
13. *Leonard R.* Die Fauna der Kreideformation in Oberschlesien // Paleontographica, Stuttgart. 1897. T. 44. S. 11–70.
14. *Malecki J.* Santonian siliceous sponges from Korzkiew near Krakow (Poland) // Rocznik Polskiego towarzystwa geologicznego. 1980. № 3–4. P. 409–430.
15. *Roemer F. A.* Die Versteinerungen des norddeutschen Kreidegebirges. Hannover, 1841. 145 s.
16. *Schluter C.* Über die Spongitarienbanke der oberen Qadrate- und unteren Mucronaten-Schichten des Munsterlandes // Festschrift für 20 Hauptvers der Deutschen Geologischen Gesellschaft zu Bonn. Bonn, 1872. S. 71–82.
17. *Schrammen A.* Die Kieselspongien der Oberen Krede von Nordwest-Deutschland – Paleontographica. Stuttgart, 1912. Bd. 5. 385 s.
18. *Smith T.* On the Ventriculitidae of the Chalk their classification // Annals and Magazine of Natural History. Ser. 2, London. 1848. Vol. VI. P. 279–295.
19. *Swierczewska-Gladysz E.* Late Cretaceous siliceous sponges from the Middle Vistula River Valley (Central Poland) and their palaeoecological significance // Annales Societatis Geologorum Poloniae. 2006. Vol. 76. P. 227–296.
20. *Swierczewska-Gladysz E.* Hexactinellid sponges from the Santonian deposits of the Krakow area (Southern Poland) // Annales Societatis Geologorum Poloniae. 2010. Vol. 80. P. 253–284.
21. *Tate R.* On the correlation of the Cretaceous formations of the north-east of Ireland // Quarterly Journal of the Geological Society of London, London. 1864. Vol. 21. P. 15–46.
22. *Treathis* on Invertebrate Paleontology. Part E (Revised), Porifera. Porifera // The Geological Society of America & The University of Kansas. 2004. Vol. 3. 872 p.
23. *Ulbrich H.* Die Spongien der Usenburger-Entwicklung (obers unter-Campan) der Subherzynen Kreidemulde // Paleontologi, Leipzig. 1974. Bd. 291. 173 s.
24. *Zittel K. A.* Studien über fossile Spongien. Hexactinellidae // Abhandlungen der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Physische Klasse, München. 1877. Bd. 13. 63 s.

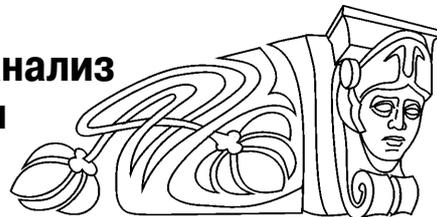
Поступила в редакцию 12.01.2021, после рецензирования 11.01.2021, принята к публикации 15.03.2021
Received 12.01.2021, revised 11.01.2021, accepted 15.03.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 118–136
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 118–136

Научная статья
УДК 565.33:551.762.33(470.43)
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-118-136>

Кимериджские – волжские остракоды Самарской Луки: палеоэкологический анализ и отражение условий осадконакопления в магнетизме пород



Ю. Н. Савельева¹, А. Ю. Гужиков² ✉

¹ АО «Геологоразведка», Россия, 192019, г. Санкт-Петербург, ул. Фаянсовая, д. 20

² Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Савельева Юлия Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, julia-savelieva7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1064-4734>

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

Аннотация. Анализ распределения кимериджских–волжских остракод в разрезе у с. Вали позволил установить последовательность из восьми сообществ, смена которых отражает изменение палеоэкологических условий в бассейне. Реконструировано изменение колебаний уровня моря, основных физико-химических параметров среды обитания остракод – температуры, солености воды, содержания в ней кислорода, эвтрофии, концентрации органического вещества в осадке. Получены сведения о магнитной восприимчивости пород и ее приросте после нагрева, установлена статистически значимая связь между петромагнитными характеристиками и некоторыми условиями осадконакопления, сделан вывод об актуальности проведения совместных микрофаунистических и петромагнитных исследований.

Ключевые слова: палеоэкология, остракодовый анализ, кимеридж, волжский регион, магнитная восприимчивость, термокаппаметрия, Среднее Поволжье

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность М. А. Рогову (ГИН РАН) за проведенную геологическую экскурсию, А. Г. Маникину (СГУ) за помощь в опробовании разреза, Р. А. Ракитову (ПИН РАН) за содействие при фотографировании остракод, Е. М. Тесаковой (МГУ) за консультации и обсуждение результатов микрофаунистических исследований, Е. С. Очкасову (АО «Геологоразведка») за техническую помощь.

Для цитирования: Савельева Ю. Н., Гужиков А. Ю. Кимериджские – волжские остракоды Самарской Луки: палеоэкологический анализ и отражение условий осадконакопления в магнетизме пород // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 118–136. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-118-136>

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

Article
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-118-136>

Kimmeridgian–Volgian ostracods of Samarskaya Luka: Paleoecological analysis and reflection of sedimentation conditions in rock magnetism

Ju. N. Savelieva¹, A. Yu. Guzhikov² ✉

¹ JSC “Geologorazvedka”, Fayansovaya 20, Saint Petersburg 192019, Russia

² Saratov State University, Astrakhanskaya 83, Saratov 410012, Russia

Julia N. Savelieva, julia-savelieva7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1064-4734>

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

Abstract. The analysis of the distribution of the Kimmeridgian–Volgian ostracods in the section near the village Vally made it possible to establish a sequence of eight communities, the change of which reflects changes in the ecological conditions in the basin. Changes in sea level fluctuations, the main physical and chemical parameters of the ostracod habitat – temperature, salinity of water, oxygen content in it, eutrophy and concentration of organic matter in sediment – are reconstructed. Information on the magnetic susceptibility and its increase after



heating was obtained. Statistically significant relationships between the petromagnetic characteristics and some conditions of sedimentation were established. The conclusion about the relevance of continuing such studies at objects of different ages and genesis was made.

Keywords: palaeoecology, ostracod analysis, Kimmeridgian, Volgian, magnetic susceptibility, increase of magnetic susceptibility after heating, Middle Volga region

Acknowledgments: The authors express their sincere gratitude to Mikhail A. Rogov (GIN RAS) for the geological excursion, Aleksey G. Manikin (Saratov State University) for help in testing the section, Roman A. Rakitov (PIN RAS) for assistance in photographing ostracods, Ekaterina M. Tesakova (Moscow State University) for consultations and discussion of microfaunistic studies results, Elena S. Ochkasova (JSC "Geologorazvedka") for technical assistance.

For citation: Savelieva Ju. N., Guzhikov A. Yu. Kimmeridgian–Volgian ostracods of Samarckaya Luka: Paleoeological analysis and reflection of sedimentation conditions in rock magnetism. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 118–136 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-118-136>

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

Введение

Карьер по добыче верхнеюрских глин расположен примерно в 1 км северо-восточнее с. Валы Ставропольского района Самарской области (рис. 1). До недавнего времени этот разрез не был известен по публикациям. О присутствии в окрестностях с. Валы киммериджского и волжского ярусов лишь вкратце упоминалось в записке к геологической карте масштаба 1:200000 [1]. Описание разреза киммериджских и волжских отложений у с. Валы и предварительные стратиграфические разбивки были выполнены М. А. Роговым в 2015 г. во время полевой экскурсии, проведенной в рамках международной научной конференции по проблеме границы юрской и меловой систем (7–13 сент. 2015 г., Самара). Тогда же нами был проведен рекогносцировочный отбор проб для микропалеонтологического (остракоды и диноцисты) и петромагнитного анализа. В дальнейшем планировалось детальное опробование разреза, но в 2017 г. карьер был рекультивирован.

В разрезе, видимой мощностью ~ 22 м, представлены оба киммериджских подъяруса, нижний и средневолжский подъярус. Киммериджские и средневолжские отложения сложены глинами серыми и темно-серыми с редкими горизонтами фосфоритов и включениями известковых конкреций; средневолжские (зона *Dorsoplanites panderi*) состоят из глин преимущественно бурых и темно-серых до черных, выше с размывом они перекрываются песками, содержащими переотложенные аммониты средневолжского – рязанского возраста. Послойное описание и подробные результаты комплексного биостратиграфического изучения (аммониты, остракоды, палиноморфы) киммериджских и волжских отложений разреза Валы будут опубликованы в дальнейшем.

При анализе микрофаунистических и петромагнитных материалов по разрезу были обнаружены значимые корреляции между величинами магнитной восприимчивости пород (до и после нагрева) и количественными характеристиками остракод (количество экземпляров, родов, видов и т. д.), что послужило стимулом к поиску взаимосвязи палеоэкологических условий и магнитных свойств отложений. В настоящей

статье представлены результаты детального палеоэкологического анализа встреченных остракод и совместного статистического анализа микрофаунистических и петромагнитных данных.

Остракоды и палеоэкологический анализ

Современные остракоды успешно используются как индикаторы состояния и прослеживаемой динамики экосистем морских акваторий [2]. Являясь по образу жизни слабоподвижным бентосом, они чутко реагируют на изменение параметров среды в придонных слоях бассейна. Анализ ископаемых остракод давно применяется при палеоэкологических и палеогеографических построениях [3–6].

В разрезе Валы были отобраны 26 образцов весом 0,5 кг для микропалеонтологического изучения: 5 (с интервалом 0,4–5 м) из киммериджских глин и 21 (с интервалом 0,4–0,5 м) из средневолжских глин. Образцы из волжской части разреза взяты по системе «образец в образец» с пробами для петромагнитного изучения.

Полученная микропалеонтологическая коллекция № РП-О-15 хранится в отделе стратиграфии АО «Геологоразведка» (Санкт-Петербург). Фотографии остракод выполнены Ю. Н. Савельевой на электронном сканирующем микроскопе Tescan Vega 2 (ПИН РАН).

Всего в разрезе Валы встречены представители 72 видов, принадлежащие 21 роду (фототабл. 1, 2). Среди них есть как новые, так и неопределенной родовой принадлежности формы (рис. 2). Остракоды обнаружены во всех образцах, кроме верхних пяти (обр. 3073-1-17–3073-21). При проведении таксономического анализа велся количественный подсчет родов, видов и форм неопределенной родовой принадлежности, а также раковин, створок и их обломков (табл. 1). Это позволило выявить доминирующие и субдоминирующие таксоны, определить их изменение по разрезу. В количественном отношении доминируют представители рода *Galliaecytheridea* (957 экз., 8 видов), субдоминируют *Cytherella* (368 экз., 6 видов), много *Eucytherura* (215 экз., 13 видов). Последние преобладают и по количеству видов. Сохранность раковин средняя и хорошая. Ракови-

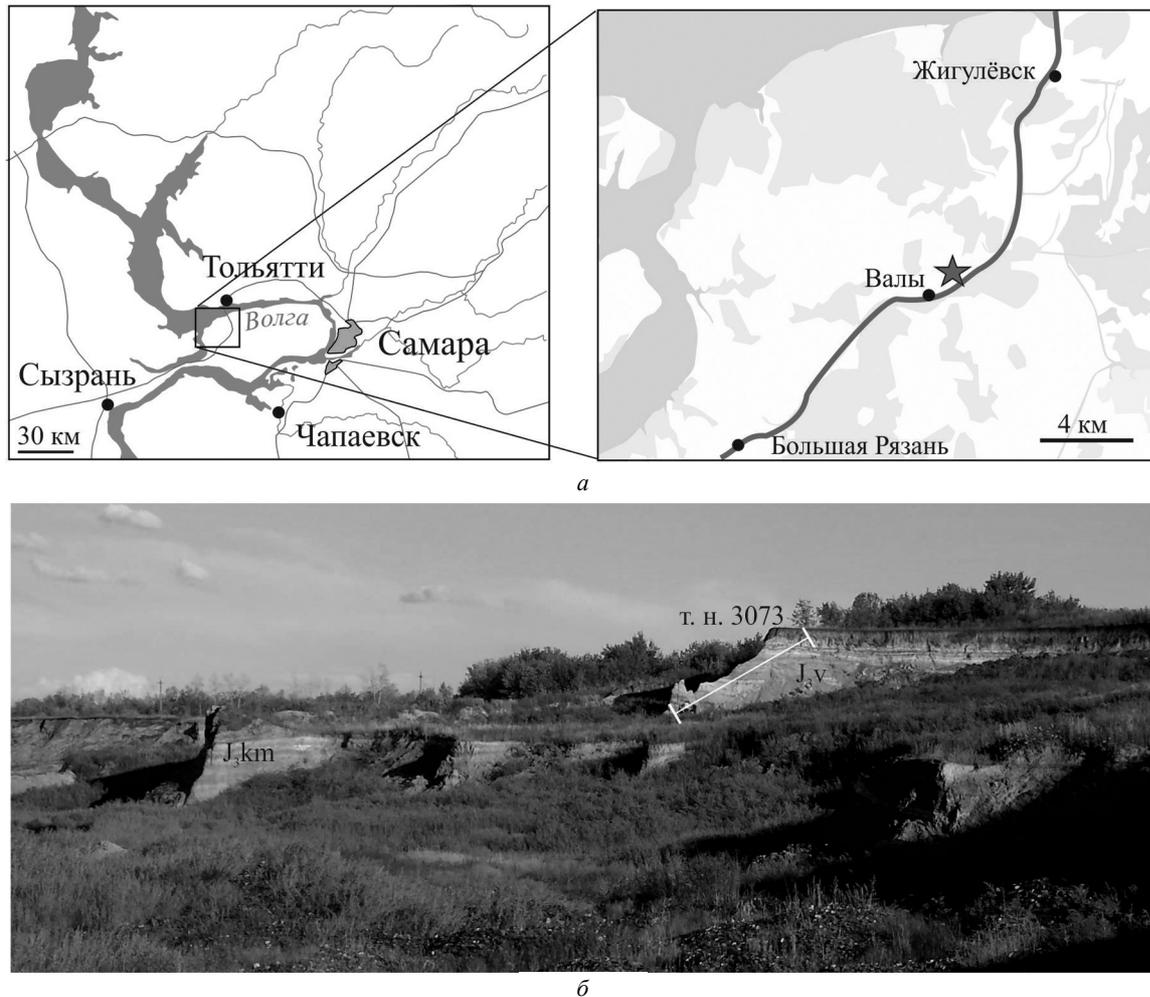


Рис. 1. Местоположение разреза карьера Валы (а) и его общий вид (б) (фото Ю. Н. Савельевой) (цвет online)

ны тонко-, средне- и толстостенные, как правило, целые, но встречаются и обломки. Хорошая сохранность остракод, отсутствие размерной дифференциации и совместная встречаемость взрослых и личиночных экземпляров разных возрастных генераций у многих видов позволяют говорить об их автохтонном захоронении.

Остракодовый анализ проводился на родовом уровне. Для всех установленных в разрезе Валы родов остракод в табл. 2 по литературным данным (в том числе с учетом результатов авторских исследований) указаны основные параметры среды их обитания: температура, глубина, соленость, эвтрофия [3, 6–9]. При описании сообществ используются палеоэкологические термины: «Schuleridea-сигнал» – маркер прибрежной обстановки [5], «Galliaecytheridea-сигнал» – индикатор распределения и «Eucythera-сигнал» – индекс глубинности [3]. Известно, что *Cytherella* за счет способности прогонять воду сквозь раковину вдвое быстрее других остракод наиболее приспособлены к диксидным обстановкам. Их монокомплексы или существенное преобладание в комплексах указывают на возрастание эвтрофии и называются «*Cytherella*-сигнал» [10]. Показателем высокой эвтрофии бассейна также считается существенное

преобладание представителей родов *Eucytherura*, *Galliaecytheridea* и *Mandelstamia* на фоне снижения общего разнообразия [3]. Как видно из табл. 1, все встреченные остракоды характерны для нормально-морских вод, некоторые из них выдерживают опреснение. Большинство из них эвритермных родов, но присутствие теплолюбивых говорит о наличии теплого палеобассейна. Гладкостенные *Cytherella*, *Paracypris*, *Pontocyprina*, *Pontocypris*, *Macrocyparis* обитают на разных глубинах, но предпочитают спокойные, удаленные от берега обстановки, поэтому включены в группу родов «обязательный компонент глубоководной фауны» [11]. Рост их количества в комплексах говорит об увеличении глубины бассейна. Представители рода *Bythoceratina* типично морские (стенобионты), хотя некоторые из ныне живущих проникают в опресненные моря. Они включены в табл. 1 в группу «мелководные», в современных морях обитают на разных глубинах, в холодных и умеренных водах сосредоточены в основном на глубинах от 30–50 до 500 м, а в тропиках наибольшее видовое разнообразие имеют на мелководье [12]. По изменению родового состава, количественных характеристик с привлечением данных об известных экологических предпочтениях встреченных родов выделено 8 со-

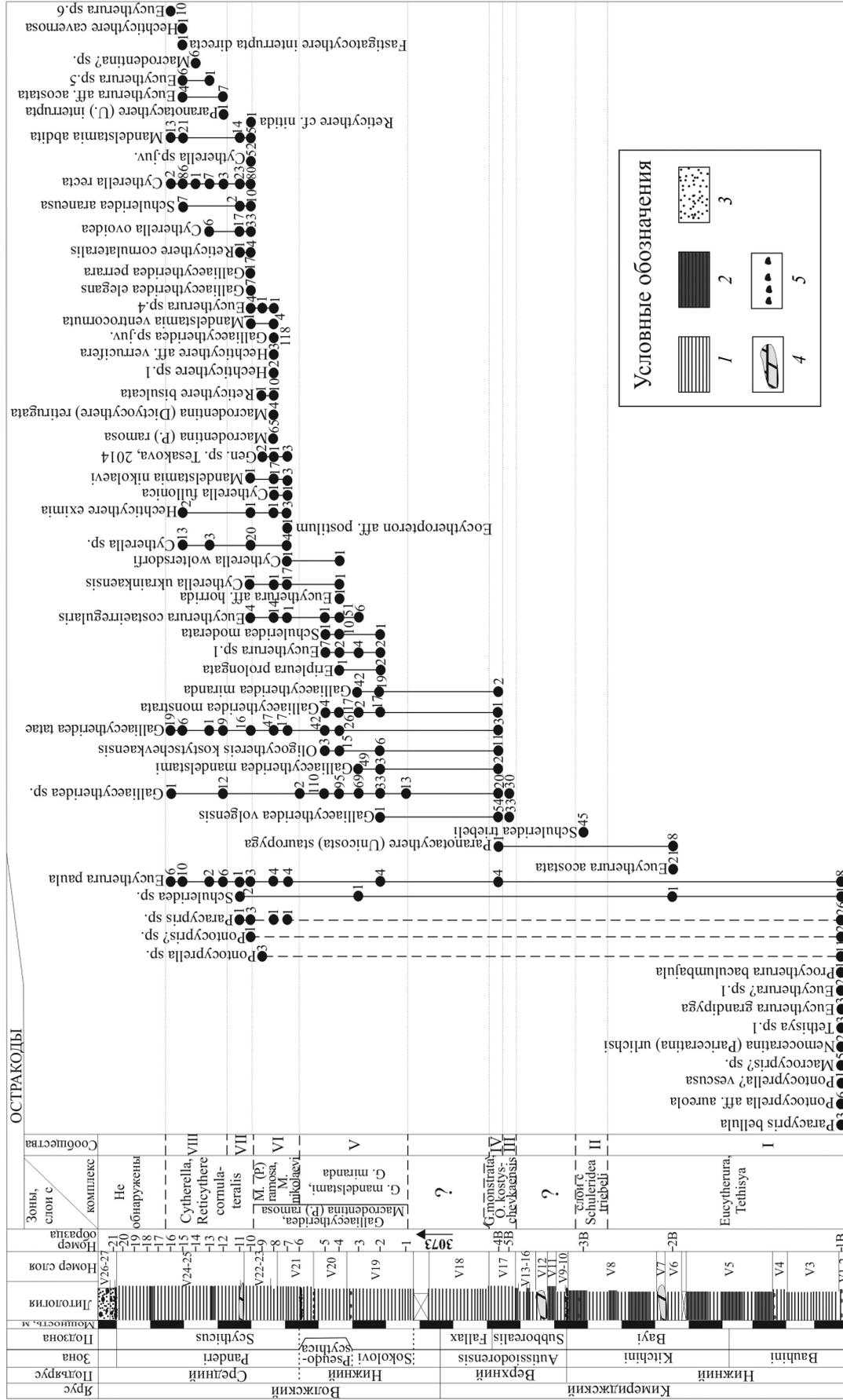


Рис. 2. Распространение основных видов остракод по разрезу Валу: 1 – светло-серые глины; 2 – темно-серые глины; 3 – пески; 4 – конкреции мергеля; 5 – конкреции фосфорита; ● 3 – присутствие остракод и количество экземпляров в образце; juv. – ювенильные экземпляры



Таблица 2

Встреченные роды остракод в кимериджских–волжских отложениях разреза Валаы и их отношение к температуре, глубине, солености и эвтрофии

Таксономический состав остракод		Отношение изученных родов к экологическим параметрам													
Отряд	Семейство	Род	Температура		Соленость			Глубина			Эвтрофия				
			Т	эвритермный	морская	соленость, %	эвригалинная	мелководные	обязательный компонент глубок. фауны	глубоководные	эврибентальные	эвтрофные	олиготрофные		
Platycopida	Cytherellidae	Cytherella	2 - > 20			10 - 40									
Podocopida	Macrocyprididae	Macrocypris	5 - 10												
	Pontocyprididae	Pontocyprilla	2 - > 20			28 - 35									
	Paracyprididae	Pontocypris	2 - 20												
		Paracypris	2 - > 20			9 - 35									
	Bythocytheridae	Bythoceratina	2 - > 20												
	Cytheruridae	Eucytherura	2 - > 20												
		Procytherura	5 - > 20												
		Paranoctacythere	2 - 18			28 - 40									
		Eocytheropteron	2 - 20			5 - 30									
		Eripleura	>20												
	Loxochonchidae	Mandelstamia													
	Progonocytheridae	Macrodentina	>20			5 - 30									
		Fastigatocythere	10 - 20												
	Neurocytheridae	Fumtbergiella	2 - 15												
	Protocytheridae	Hechticythere	14 - 20			10 - 30									
		Reticythere	14 - 20			10 - 30									
	Trachyleberidacea	Tethysia	2-17												
		Oligocythereis	>20												
	Cytherideidae	Galliaacytheridea	12 - >20												
	Schulerideidae	Schuleridea				5 - 37									

Примечание. Сост. по: [3,6–9].

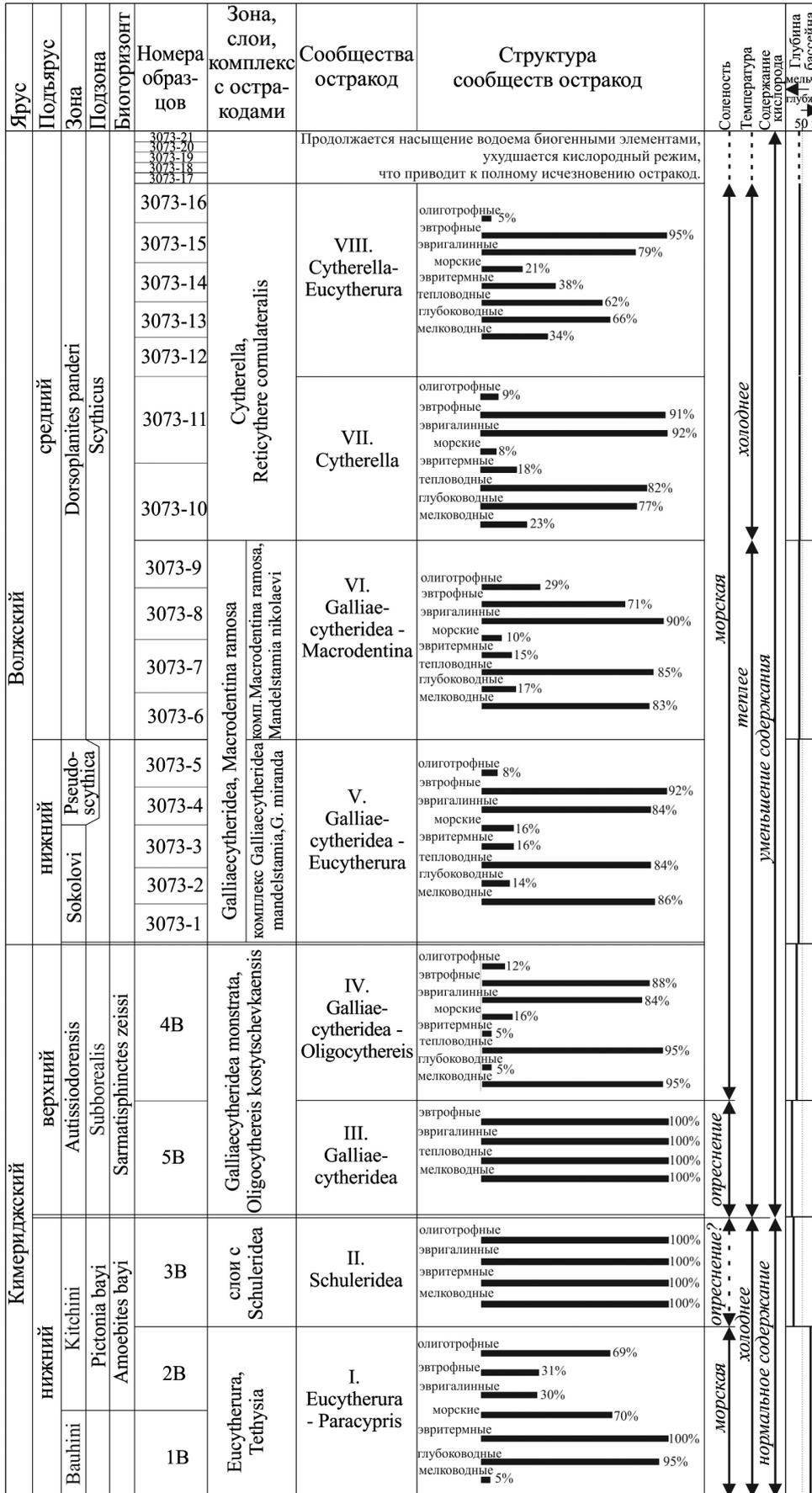


Рис. 3. Структура сообществ остракод из киммериджских-волжских отложений разреза Валы



обществ остракод (I–VIII), названия которых даны по доминирующим родам (рис. 3).

В низах разреза (обр. 1В, 2В) установлено **I сообщество** – *Eucytherura* – *Paracypriis* (нижний кимеридж, зоны *Vauhini* и *Kitchini*, подзона *Baui*, биогоризонт *baui*). В ассоциации встречены представители 16 видов, принадлежащих 10 родам. Раковины в основном тонкостенные хорошей сохранности. Доминируют морские, эвритермные, эвтрофные *Eucytherura* (34 экз.), которые являются «индексом-глубоководности» [3], субдоминируют глубоководные *Paracypriis* (24 экз.). Все обнаруженные роды эвритермные. Много гладкостенных, преимущественно морских родов *Macrocypris*, *Paracypriis*, *Pontocyprella*, *Pontocypriis*, которые относятся к группе «обязательный компонент глубоководной фауны» [6, 11]. Представители рода *Tethysia* считаются обитателями суббатинальных и батинальных глубин [13]; при изучении юрских отложений Русской плиты (РП) Е. М. Тесакова их отнесла к характерным обитателям верхней части сублиторали [3]. Сообщество формировалось в нормально-морской обстановке, со спокойным гидродинамическим режимом в условиях средней сублиторали (более 50 м).

При ухудшении условий структуры комплексов меняются, снижаются их разнообразие и численность вплоть до полного исчезновения или происходит значительное увеличение численности доминирующего таксона, иногда образующего моновидовое сообщество. Выше по разрезу установлены два монокомплекса (см. рис. 3).

В моновидовом **II сообществе** обнаружены представители только одного вида *Schuleridea triebeli* (обр. 3В, нижний кимеридж, зона *Kitchini*, подзона *Baui*, биогоризонт *baui*). Раковины достаточно толстостенные, встречаются как целые, так и обломки. Род шулеридеи – эвритермные, эвригалинные, олиготрофные и предпочитают мелководье [3]. Комплекс, в котором они резко преобладают, вплоть до образования монокомплекса, называется «*Schuleridea*-сигнал» обмеления. Скорее всего, произошло не только уменьшение глубины бассейна, приближение береговой линии и увеличение подвижности придонных вод, но, возможно, и опреснение до 17%. Такую соленость указывают для аналогичной ситуации при формировании кимериджских отложений Северо-Западной Швейцарии [14]. Присутствие аммонитов исключает опреснение в целом, но, возможно, оно носило кратковременный характер в верхней части слоя V8 (см. рис. 2).

Выше выделяется **III сообщество** – монокомплекс *Galliaecytheridea* (обр. 5В, верхний кимеридж, зона *Autissiodorensis*, подзона *Subborealis*, биогоризонт *zeissi*). Представители этого рода предпочитают теплые небольшие глубины, они выдерживают опреснение и понижение уровня кислорода в воде и считаются показателем высокой эвтрофии бассейна [3, 15]. По-видимому, произошло повышение температуры воды и насыщение

бассейна биогенными элементами, что привело к нарушению кислородного режима, при сохранении небольших глубин, так как галлиецитеридеи и шулеридеи предпочитают мелководье. Поскольку и те и другие выдерживают опреснение, солевой режим мог измениться незначительно. Но если II сообщество формировалось в обстановке нормальной солености, то III – в условиях опреснения водоема.

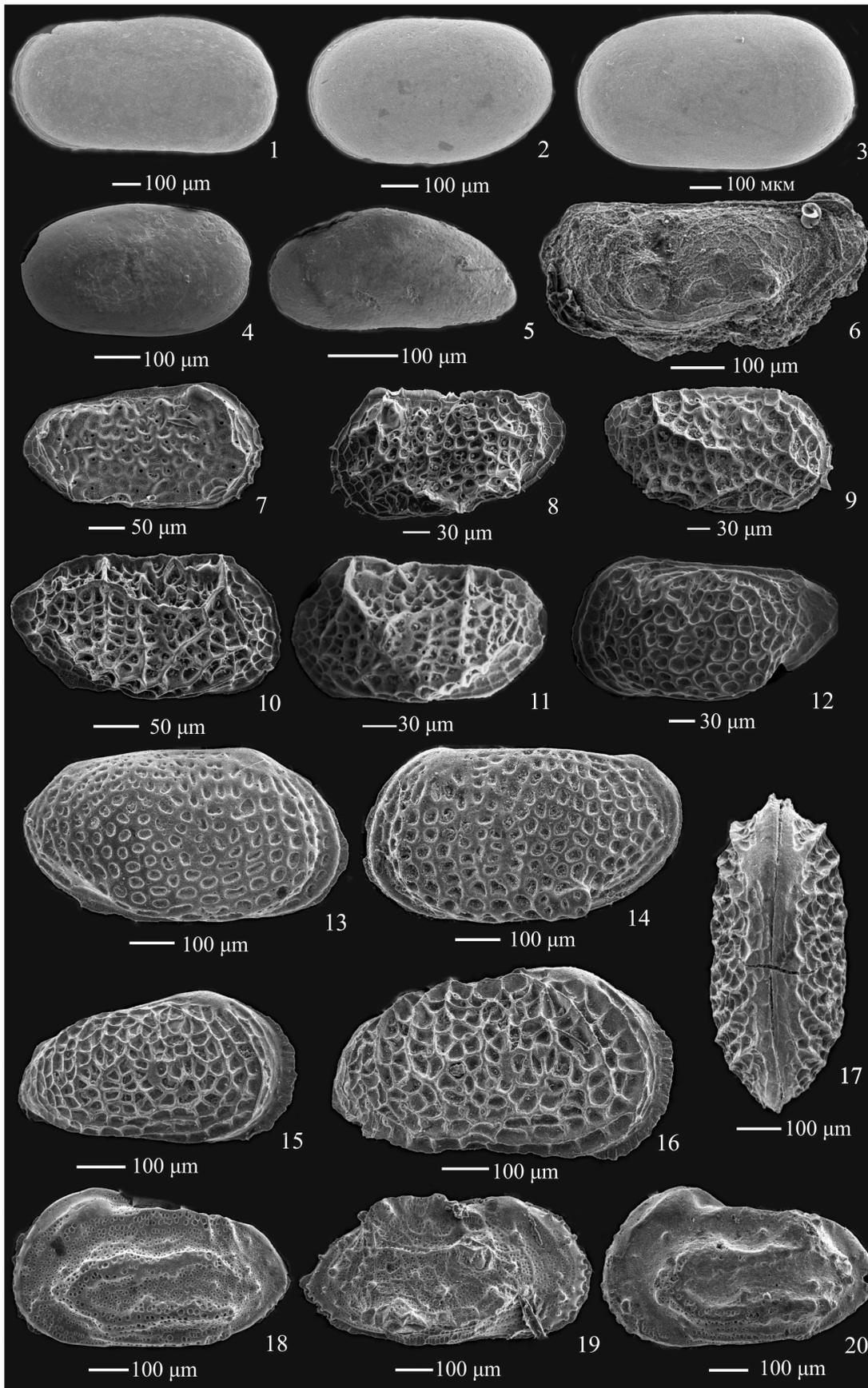
Выше по разрезу фиксируется **IV сообщество** – *Galliaecytheridea* – *Oligocythereis* (обр. 4В, верхний кимеридж, зона *Autissiodorensis*, подзона *Subborealis*, биогоризонт *zeissi*), которое указывает на постепенное восстановление морских условий в бассейне. В комплексе, несмотря на небольшое таксономическое разнообразие (7 видов 4 родов) и абсолютное доминирование эвригалинных и эвтрофных *Galliaecytheridea* (81 экз.), обнаружены исключительно морские роды *Eucytherura*, *Paranotacythere*, *Oligocythereis* (11 экз.). Сохранность раковин, преимущественно средне- и толстостенных, хорошая. При сохранении тепловодного бассейна, умеренной гидродинамики происходит незначительное увеличение глубины и восстановление нормально-морской солености воды, по-видимому, уменьшается степень эвтрофии и улучшается кислородный режим.

Далее выделяется **V сообщество** – *Galliaecytheridea* – *Eucytherura* (обр. 3071-1-3073-5, нижняя волга, зоны *Sokolovi* и *Pseudoscythica*). Таксономическое разнообразие увеличивается, встречены представители 23 видов, принадлежавших к 11 родам. Продолжается абсолютное доминирование *Galliaecytheridea* (545 экз.), много морских «индекс-глубоководности» *Eucytherura* (78 экз.). Процент глубоководных родов увеличился почти в 3 раза (с 5 до 14%), тепловодных уменьшился (с 95 до 84%). Вероятно, условия жизни становятся более благоприятными: происходит незначительное увеличение глубины бассейна, небольшое снижение температуры воды при сохранении умеренной гидродинамики и нормальной солености умеренно эвтрофного бассейна.

Самым таксономически разнообразным является **VI сообщество** – *Galliaecytheridea* – *Macrodentina* (обр. 3073-6 – 3073-9, средняя волга, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*). Встречены представители 26 видов, принадлежащих 13 родам. Доминируют все также *Galliaecytheridea* (184 экз.), но по количеству экземпляров их становится значительно меньше, среди них есть как взрослые особи, так и много личинок разных возрастных генераций. Появляются представители родов *Cytherella* и мелководных – *Reticythere*, *Hechticythere*, *Mandelstamia* и *Macrodentina*, последние занимают субдоминирующее положение (69 экз.). Присутствуют глубоководные *Paracypriis* и *Pontocyprella*. Установились самые благоприятные условия для жизни остракод. Палеобассейн был теплый (тепловодных родов 85%), с небольшими глубинами, с нормальной соленостью, умеренной насыщенностью биогенными элементами



Фототаблица 1





(уменьшилось количество эвтрофных родов) и благоприятным уровнем кислорода.

Выше в остракодовых сообществах происходит смена доминантов, *Galliaecytheridea* становится значительно меньше, а *Cytherella* – больше. На РП в ранней волге (зоны *Sokolovi* и *Pseudoscythica*) и в начале средней волги фиксируется резкое доминирование рода *Galliaecytheridea*, а выше (в первой половине *Panderi*) доминируют *Cytherella*. Оба эти рода одинаково толерантны к повышению эвтрофии, но, по предположению Е. М. Тесаковой, галлиецитеридеи более теплолюбивы, чем цитереллы [3].

В VII сообществе (обр. 3073-10–3073-11, подзона *Scythicus*) наблюдается абсолютное доминирование *Cytherella* (222 экз.), встречаются как взрослые особи, так и личинки. Процент глубоководных родов резко увеличился (с 17 до 77%) за счет цитерелл, которые здесь отнесены к группе «обязательный компонент глубоководной фауны». Видимо, глубина бассейна значительно не изменилась, так же как и соленость. Сообщество формировалось в условиях более низких температур и более высокой степени эвтрофии. Факт похолодания подтверждается и исчезновением теплолюбивого *Macrodentina*, который в VI сообществе занимал субдоминирующее положение.

Выше таксономическое разнообразие уменьшается. В VIII сообществе *Cytherella* – *Eucytherura* (обр. 3073-12 до 3073-16, подзона *Scythicus*) обнаружены представители 17 видов, относящиеся к 8 родам. Доминируют все те же *Cytherella*, но количество их существенно меньше (120 экз.). Субдоминируют глубоководные *Eucytherura* (57 экз.), много теплолю-

бивых и мелководных *Galliaecytheridea* (48 экз.), немного меньше мелководных *Mandelstamia* (35 экз.). Существенное преобладание всех этих четырех родов в комплексах на фоне снижения разнообразия и количества других считается показателем высокой эвтрофии водоема. Вероятно, при сохранении небольшой глубины бассейна и нормальной солености идет дальнейшее понижение температуры воды и насыщение водоема биогенными элементами, что приводит к ухудшению кислородного режима. Как следствие, уменьшается таксономическое разнообразие и доминирование родов, способных обитать при пониженном уровне кислорода. В обр. 3073-16 обнаружены представители только этих четырех родов.

Дальнейший рост биологической продуктивности бассейна привел к скоплению на дне органического вещества в еще больших количествах, которое не успевало перерабатываться, что и обусловило образование аноксидной обстановки, выше в образцах с 3073-17 по 3073-21 остракоды не обнаружены.

На формирование осадка в условиях открытого шельфа (средняя-нижняя сублитораль) в кимериджское время указывают данные О. В. Шурековой (АО «Геологоразведка», Санкт-Петербург) о процентном соотношении групп палиноморф в спектре (обр. 1В и 5В). Кроме того, значительное количество прازیнофитов (14%) в образце 5В (биогоризонт *zeissi*) свидетельствует о морских условиях с низким содержанием кислорода [16]. Повышение количества прازیнофитовых водорослей вверх по разрезу до 50% и снижение раз-

Фототабл. 1. Остракоды кимериджских – волжских отложений карьера Валы: пс – правая створка; лс – левая створка; рак. – раковина; juv. – ювенильная особь

Фиг. 1. *Cytherella fullonica* Jones et Sherbon, 1888, экз. № РП-О-15/51, лс; обр. 3073-10, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 2. *Cytherella ovoidea* Donze, 1962, экз. № РП-О-15/52, лс; обр. 3073-10, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 3. *Cytherella recta* (Sharapova, 1939), экз. № РП-О-15/53, лс; обр. 3073-15, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 4. *Cytherella ukrainkaensis* Lyubimova, 1955, экз. № РП-О-15/54, пс; обр. 3073-7, слой V21, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 5. *Pontocypris?* sp., экз. № РП-О-15/55, лс; обр. 1В, слой V1-2, зона *Bauhini*.

Фиг. 6. *Bythoceratina* sp., экз. № РП-О-15/56, лс; обр. 1В, слой V1-2, зона *Bauhini*.

Фиг. 7. *Eucytherura acostata* (Tesakova, 2003), экз. № РП-О-15/57, пс; обр. 2В, слой V6, зона *Kitchini*, подзона *Bayi*, биогоризонт *bayi*.

Фиг. 8. *Eucytherura paula* (Lyubimova, 1955), экз. № РП-О-15/58, лс; обр. 3073-7, слой V21, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 9. *Eucytherura ex gr. paula* (Lyubimova, 1955), экз. № РП-О-15/59, пс; обр. 3073-8, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 10–11. *Paranotacythere* (*Unicosta*) *stauropyga*

Tesakova, 2003, обр. 2В, 10. экз. № РП-О-15/60, пс, 11; экз. № РП-О-15/61, лс; зона *Kitchini*, подзона *Bayi*, биогоризонт *bayi*.

Фиг. 12. *Eripleura prolongata* (Sharapova, 1939), экз. № РП-О-15/62, лс; обр. 3073-2, слой V19, зоны *Sokolovi* – *Pseudoscythica*.

Фиг. 13. *Mandelstamia ventrocornuta* Lyubimova, 1955, экз. № РП-О-15/63, пс; обр. 3073-8, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 14. *Mandelstamia abdita* Lyubimova, 1955, экз. № РП-О-15/64, лс; обр. 3073-10, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 15–17. *Macrodentina* (*Polydentina*) *ramosa* (Lyubimova, 1955) : 15 – экз. № РП-О-15/65, пс juv.; 16 – экз. № РП-О-15/24, пс, самка; 17 – экз. № РП-О-15/25, рак. со спинной стороны; обр. 3073-8, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

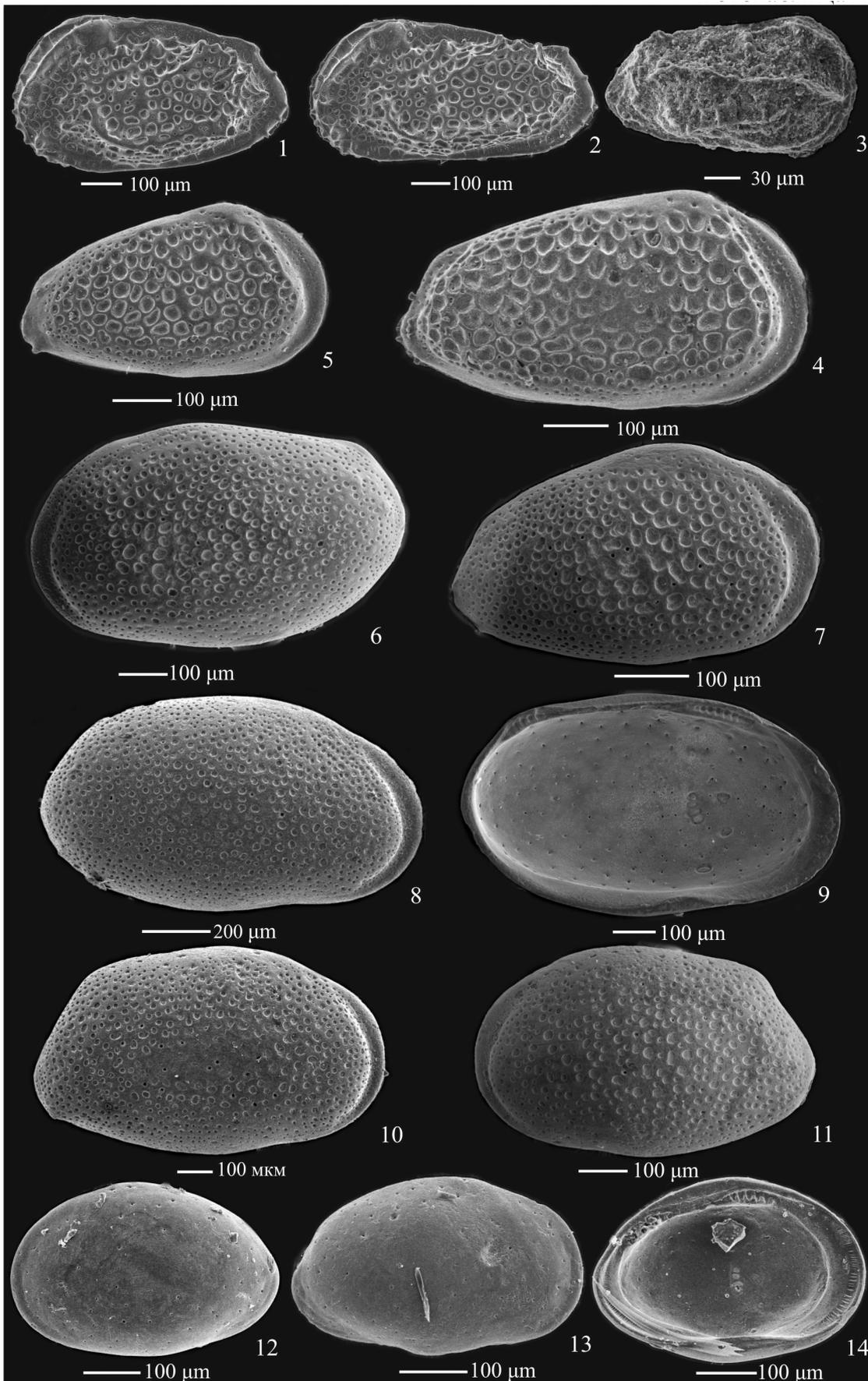
Фиг. 18. *Hechticythere eximia* (Scharapova, 1939), экз. № РП-О-15/66, лс; обр. 3073-8, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 19. *Hechticythere cornulateralis* (Lyubimova, 1955), экз. № РП-О-15/67, пс; обр. 3073-10, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.

Фиг. 20. *Reticicythere bisulcata* (Scharapova, 1939), экз. № РП-О-15/68, лс; обр. 3073-8, слой V22-23, зона *Panderi*, подзона *Scythicus*.



Фототаблица 2





нообразия диноцист (обр. 4В, биогоризонт *zeissi*) указывают на увеличение степени аноксичности бассейна [17]. В двух образцах (2В и 3В, биогоризонт *bayi*) обнаружено только сильно деградированное аморфное органическое вещество. В ниже- и средневолжских образцах палиноморфы не выявлены.

В разрезе встречено большое количество аммонитов. По данным М. А. Рогова [18], на отдельных уровнях вместе с бореальными и суббореальными аммонитами встречаются также таксоны тетического происхождения. Наиболее интересен в этом отношении линзовидный прослой мергеля (слой V7) (см. рис. 2), в котором найден обломок аммонита тетического происхождения (*Taramelliceras*). Вместе с ним найдены белемниты средиземноморского происхождения (*Hibolites*), а также несколько одиночных кораллов, условно отнесённых к роду *Trochocyathus*. Еще один тетический аммонит был встречен в более высокой части биогоризонта *bayi* (в 0,3 м ниже кровли слоя V8). Так как были найдены аммониты тетического происхождения в биогоризонте *bayi* других разрезов европейской части России, то, по мнению М. А. Рогова, это может говорить о существовании одного-двух эпизодов кратковременного потепления, что привело к инвазии в Среднерусское море теплолюбивых таксонов [19].

В период второго потепления (верхняя часть слоя V8), вероятно, глубина и температура бассейна изменились незначительно, так как в обр. 3В встречены эвритермные *Schuleridea*, предпочитающие небольшие глубины. Появление моновидового сообщества с *Schuleridea triebeli* – западноевропейским таксоном – обозначает начало трансгрессивного этапа [3]. Кратковременное потепление отмечено и в верхнем кимеридже (слои V13-16), где также обнаружены тетические аммониты. Во всех 26 микрофаунистических пробах встречены зубы акул. По устному сообщению Ф. А. Триколиди (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург), акулы довольно часто заходят на мелководье.

Проведенный палеоэкологический анализ остракод позволил установить, что в раннекимериджское время (фаза *bayi*) осадконакопление шло в условиях морского нормально-соленого бассейна с глубинами более 50 м (средняя сублитораль), с умеренными температурами, со спокойным гидродинамическим режимом. К концу фазы *bayi* происходят уменьшение глубины бассейна (менее 50 м, верхняя сублитораль), приближение к береговой линии, как следствие, повышение гидродинамического режима и, возможно, кратковременное опреснение воды, так как присутствие аммонитов исключает длительное опреснение. Начиная с позднекимериджского времени глубина бассейна оставалась в пределах верхней сублиторали (до 50 м), шло обогащение бассейна органическими веществами, приведшее к ухудшению кислородного режима и образованию диоксидных, а потом и аноксидных обстановок. Во второй половине фазы *subborealis* происходит опреснение (до 17 ‰), но уже более тепловодного бассейна. Далее солевой режим становится нормально-морским с сохранением прежних температур, но примерно с середины фазы *randei* температура воды вновь понижается.

Полученные результаты согласуются с выводами Е. М. Тесаковой, базирующимися на анализе остракод РП [3]. В раннем кимеридже началась обширная трансгрессия через Польско-Украинский пролив. Появление в слоях с *Schuleridea triebeli* западноевропейского таксона отмечает конец изоляции РП и начало трансгрессивного этапа. К этому же времени приурочено появление представителей рода *Galliaecytheridea*, в изобилии представленного в Западной Европе с начала оксфорда, а на РП достигшего расцвета в волге. Обилие тетических цитерурид на РП с начала волги связано с усилением притока вод из Крымско-Кавказского региона и развитием диоксидных обстановок. Во второй половине фазы *randei* началась регрессия, которая постепенно нарастала и привела в начале фазы *Virgatus* к ра-

Фотогтабл. 2. Остракоды кимериджских – волжских отложений карьера Валы

Фиг. 1–2. *Oligocythereis kostytschevkaensis* (Lyubimova, 1955): 1 – экз. № РП-О-15/69, лс, самка; 2 – экз. № РП-О-15/70, лс, самец; обр. 4В, слой V17, зона *Autissiodorensis*, подзона *Subborealis*, биогоризонт *zeissi*.

Фиг. 3. *Tethysia* sp. 1, экз. № РП-О-15/71, пс; обр. 1В, слой V1, зона *Bauhini*.

Фиг. 4–5. *Galliaecytheridea volgaensis* (Lyubimova, 1955): 4 – экз. № РП-О-15/72, пс; 5 – экз. № РП-О-15/73, пс *juv.*; обр. 4В, слой V17, зона *Autissiodorensis*, подзона *Subborealis*, биогоризонт *zeissi*.

Фиг. 6. *Galliaecytheridea monstrata* (Lyubimova, 1955), экз. № РП-О-15/74, лс; обр. 3073-2, слой V19, зоны *Sokolovi* и *Pseudoscythica*.

Фиг. 7. *Galliaecytheridea miranda* (Lyubimova, 1955), экз. № РП-О-15/75, пс; обр. 3073-2, слой V19, зоны *Sokolovi* – *Pseudoscythica*.

Фиг. 8. *Galliaecytheridea mandelstami* (Lyubimova,

1955), экз. № РП-О-15/76, пс; обр. 3073-4, слой V20, зоны *Sokolovi* – *Pseudoscythica*.

Фиг. 9. *Galliaecytheridea mandelstami* (Lyubimova, 1955), экз. № РП-О-15/77, лс *изнутри*; обр. 4В, слой V17, зона *Autissiodorensis*, подзона *Subborealis*, биогоризонт *zeissi*.

Фиг. 10. *Galliaecytheridea tatae* Kolpenskaya, 1993, экз. № РП-О-15/78, пс; обр. 3073-5, слой V20, зоны *Sokolovi* – *Pseudoscythica*.

Фиг. 11. *Galliaecytheridea tatae* Kolpenskaya, 1993, экз. № РП-О-15/79, лс; обр. 4В, слой V17, зона *Autissiodorensis*, подзона *Subborealis*, биогоризонт *zeissi*.

Фиг. 12–14. *Schuleridea triebeli* (Steghaus, 1951): 12 – экз. № РП-О-15/80, лс; 13 – экз. № РП-О-15/81, пс; 14 – экз. № РП-О-15/82, лс *изнутри*; обр. 3В, слой V8, зона *Kitchini*, подзона *Bayi*, биогоризонт *bayi*.



зобщиению разных областей палеобассейна РП. В поздней волге (фазы Nikitini, Fulgens, Subditus и Nodiger) морской бассейн, пригодный для жизни остракод и захоронения их раковин, сохранялся только на востоке РП (Тимано-Печорской провинции и Заволжье) [3].

В целом комплексы остракод в изученном разрезе в таксономическом отношении беднее, чем в известных одновозрастных комплексах РП, в том числе и в стратотипическом разрезе Городищи. Интересно, что в изученных сообществах отсутствует род *Cytherelloidea* – индикатор мелких теплых вод, современные представители которого обитают на мелководье в тропиках и субтропиках [14, 20, 21 и др.]. Однако в волжских комплексах из разрезов восточной части РП *Cytherelloidea* встречаются [3, 22]. Вероятно, волжский бассейн на территории Самарской Луки в целом был более холодноводным.

Магнитные свойства пород и анализ их связи с микрофаунистическими характеристиками

Магнитные свойства осадочных пород обусловлены условиями осадконакопления и поэтому широко используются для палеогеографических реконструкций [22–24 и др.]. Выявление закономерностей, определяющих петромагнитный облик пород в зависимости от тех или иных параметров среды осадконакопления, обеспечивает получение полезной и нетривиальной геологической информации при минимальных затратах времени и средств.

Отдельные аспекты отражения палеоэкологических условий в петромагнетизме изучались ранее путем комплексного анализа петромагнитных и микрофаунистических данных по перми Приуралья [25], юре Русской плиты [26–28], мелу Горного Крыма [26], палеогену Прикаспия [29]. Результаты этих работ показали целесообразность продолжения подобных исследований.

Наибольший интерес при обсуждении взаимосвязи петромагнитных и микрофаунистических материалов представляют каппаметрические и термокаппаметрические данные (измерение магнитной восприимчивости пород до и после их нагрева) как наиболее экспрессные и доступные в получении [23].

Магнитная восприимчивость (K) зависит от концентрации ферромагнитных минералов в породе, например магнетита.

Прирост магнитной восприимчивости после нагрева до 500°C в воздушной среде ($dK = K_t - K_0$, где K_t – магнитная восприимчивость после нагрева, а K_0 – исходная магнитная восприимчивость) фиксирует наличие тонкодисперсного пирита, связанного обычно с повышенными концентрациями органического вещества в исходном осадке, образовавшимся в дизоксидной или аноксидной средах. Изначально немагнитный пирит при температурах $430\text{--}480^{\circ}\text{C}$ превращается

в сильномагнитный магнетит, таким образом, вариации dK по разрезу отражают концентрации новообразованного Fe_3O_4 , по которым можно судить о наличии FeS_2 в породах.

В разрезе Валы из волжских отложений мощностью ~ 9 м по системе «образец в образце» отобраны пробы с 21 уровня для микропалеонтологических и петромагнитных (каппаметрических и термокаппаметрических) исследований. Каждая петромагнитная проба состояла из 4 образцов, взятых из одного слоя. Измерения магнитной восприимчивости до и после нагрева проводились по каждому образцу, а затем осреднялись на уровне слоя. При последующем анализе и геологической интерпретации петромагнитных данных использовались только осредненные (средние арифметические) значения K и dK (см. табл. 1).

На каппабридже МФК-1В у каждого образца измерялись удельная (нормированная на массу) магнитная восприимчивость (K_m) и ее прирост после прогрева образца при температуре 500°C (dK_m). Как правило, прогрев образцов при термокаппаметрических исследованиях ведется в течение часа, но в данном случае часовой прогрев привел не к приросту, а спаду значений K_m во всех взятых пробах. Очевидно, этот эффект связан с химическим выветриванием в изученных отложениях, вследствие которого значительная часть пирита превратилась в гидроксиды железа, а оставшиеся частицы FeS_2 полностью окислились при длительном воздействии температуры. Поэтому опытным путем было подобрано время прогрева (10 минут), при котором фиксировались положительные значения dK_m .

Выборочные образцы подверглись магнитному насыщению в поле до 700 мТл с последующими замерами остаточной намагниченности на спин-магнитометре JR-6, а также термомагнитному анализу – исследованию зависимости индуктивной намагниченности от температуры с помощью термомагнитного анализатора фракций (ТАФ-2), использующего принцип «магнитных весов». Результаты магнитного насыщения зафиксировали магнитомягкую фазу, типичную для тонкодисперсного магнетита. Подтвердить наличие Fe_3O_4 по данным термомагнитного анализа невозможно, потому что на кривых терморазмагничивания фиксируется возрастание после 400°C , обусловленное фазовым переходом $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$, и перегиб в районе температуры 578°C соответствует новообразованному магнетиту, на фоне которого невозможно различить изначально присутствующий в отложениях Fe_3O_4 .

Небольшое количество образцов, скудность спектра петромагнитных параметров, наличие гипергенных изменений образцов искажают первичные магнитные свойства пород. Тем не менее корреляционный анализ (см. табл. 1) выявил значимые зависимости между рядом параметров. Матрица парных коэффициентов линейной корреляции (табл. 3) рассчитана по 16 образцам (с 3073-

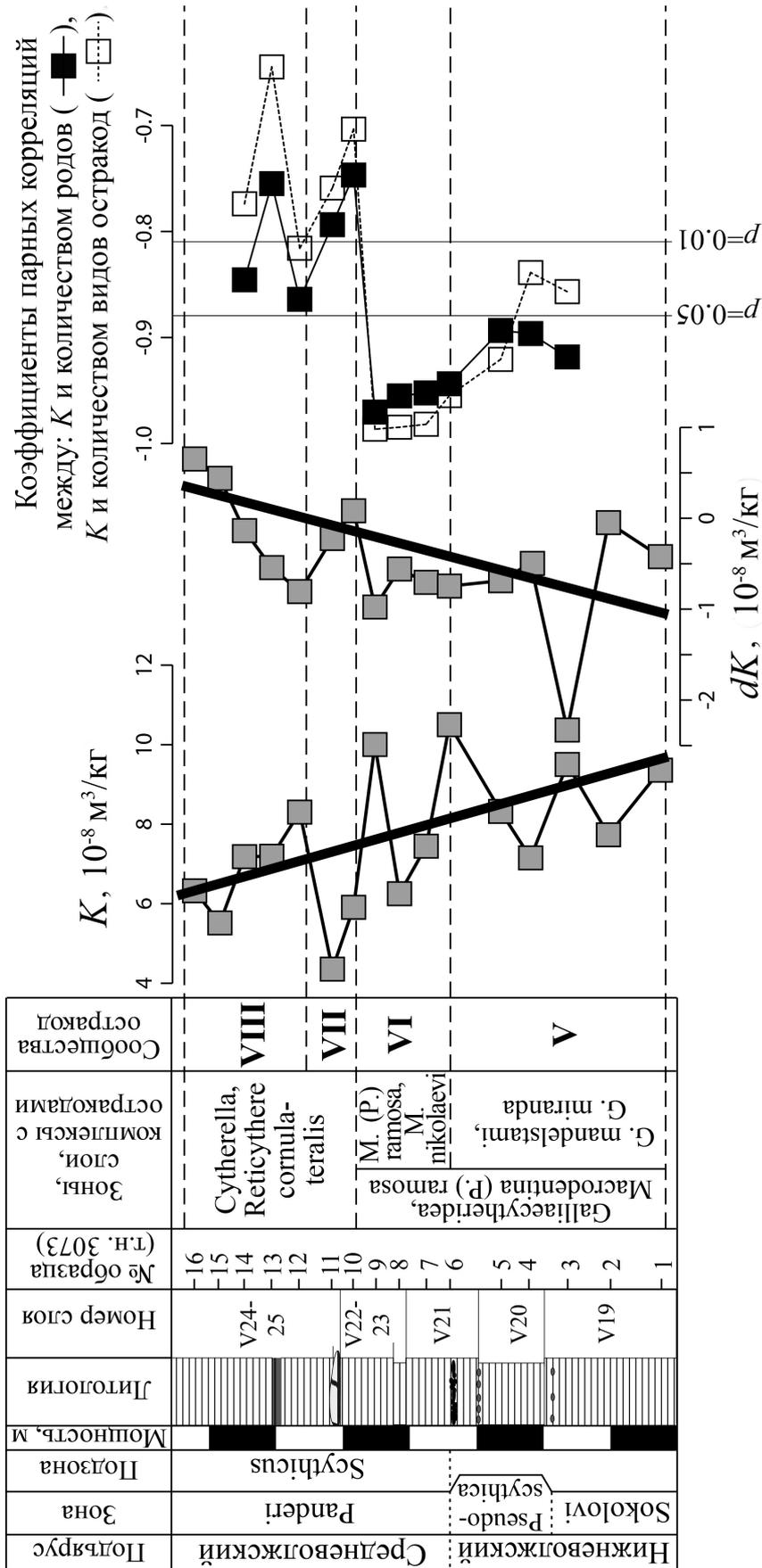


Рис. 4. Петромагнитные характеристики вожжских отложений разреза Вали. Жирными линиями показаны линейные тренды K и dK . Коэффициенты корреляции между магнитной восприимчивостью и разнообразием родов и видов остракод рассчитывались в окне размером в 5 образцов, перемещаемых по разрезу с шагом в один образец. Условные обозначения см. рис. 2



Подобные разнонаправленные тренды в изменениях магнитной восприимчивости и ее прироста по разрезу характерны для стратотипа волжского яруса у с. Городищи [31], баженовской свиты [32], других объектов разного возраста и генезиса, например альба Северного Кавказа [33]. Они отражают тесную связь баланса пирита и магнетита с геохимической обстановкой в палеобассейне. Магнетит образуется в слабоокислительной среде, а пирит (и другие сульфиды железа типа пирротина, грейгита) – в восстановительной обстановке при дефиците кислорода (дизоксии). Поэтому при уменьшении кислорода в осадке оксидов железа образуется меньше, а доля сульфидов, напротив, возрастает.

Результаты магнитоминералогического анализа в совокупности со статистически значимой обратной корреляцией между петромагнитными параметрами (см. табл. 3) позволяют нам принять модель, согласно которой величины магнитной восприимчивости и ее прироста в волжских отложениях разреза Валы обусловлены тонкодисперсными аутигенными магнетитом и пиритом. С этой точки зрения выявленные в исследуемом разрезе петромагнитные тренды (см. рис. 4) документируют тенденцию к снижению уровня кислорода в придонных слоях палеобассейна, что в целом согласуется с результатами остракодового анализа. Возникновение дизоксидных обстановок связано с захоронением органического вещества, возрастание количества которого вверх по разрезу фиксируется в литологии по смене светло-серых и серых глин (слои V19-23) на преимущественно темно-серые, черные и бурые (слои V24-25) (см. рис. 4).

Весьма показательны связи количества родов *Mandelstamia* и *Cytherella* с петромагнитными параметрами – положительные с dK и обратные с K (см. табл. 3), из которых на основе принятой модели следует заключить, что представители этих родов наиболее приспособлены к недостатку кислорода. Действительно, представители рода *Cytherella*, как уже указывалось, наиболее приспособлены к дизоксидным обстановкам благодаря способности прогонять воду сквозь раковину вдвое быстрее других остракод. Коэффициент корреляции между dK и *Mandelstamia*, значимый на более высоком уровне, чем коэффициент для пары dK – *Cytherella*, позволяет предположить, что представители рода *Mandelstamia* в волжском веке были приспособлены к дефициту кислорода не хуже, чем *Cytherella*.

Ранее [27] в келловее – оксфорде разреза Дубки (г. Саратов) была обнаружена значимая положительная связь термокаппаметрических показателей с общим количеством остракод и количеством видов (статистический анализ других количественных характеристик ассоциаций остракод и значений магнитной восприимчивости по разрезу Дубки, к сожалению, не проводился). В Валах аналогичная связь зафиксирована только

для двух родов, но зависимостей dK от общего обилия остракод и их видового разнообразия не наблюдается. Тем не менее определенное сходство данных, полученных по разновозрастным отложениям как Саратовского, так и Самарского Поволжья, свидетельствует в пользу того, что отмеченные прямые корреляции не случайны, а в петромагнетизме, как и в особенностях состава остракодовых сообществ, адекватно отражаются некоторые факторы палеоэкологической обстановки (в частности, изменение уровня кислорода в воде). Положительная корреляция между K и количеством представителей рода *Pontocyprilla* в случае ее подтверждения (пока она значима только на уровне $p = 0.15$) (см. табл. 3) была бы веским доказательством этого тезиса, потому что *Pontocyprilla* – это морской род, обитающий в водах, насыщенных кислородом.

В разрезе Валы присутствует большое количество эвтрофных родов (*Galliaecytheridea*, *Mandelstamia*, *Cytherella*, *Eucytherura*), которое увеличивается при нарушении кислородного режима и обогащении осадка органическим веществом. В целом возрастание эвтрофии вверх по разрезу, устанавливаемое по данным остракодового анализа, сопровождается трендами к уменьшению значений магнитной восприимчивости и увеличению ее прироста. Отсутствие значимых корреляций представителей эвтрофных родов, кроме *Mandelstamia* и *Cytherella*, с петромагнитными параметрами (обратных с K и прямых с dK) не противоречит на данном этапе исследований намеченной закономерности, потому что, как отмечалось выше, корреляции могут быть искажены по ряду причин, не связанных с палеоэкологическими условиями. Однако сильная ($p = 0.10$) обратная корреляция, наблюдаемая между dK и числом остракод рода *Galliaecytheridea* (см. табл. 3), предполагает, что данное отклонение от общей закономерности обусловлено не малым объемом анализируемой выборки, а особенностями осадкоотложения.

По данным Е. М. Тесаковой [3], в стратотипе волжского яруса у с. Городищи представители родов *Galliaecytheridea* и *Cytherella* являются «антиподами» в плане совместного нахождения в одном слое (т. е. если количество остракод одного рода увеличивается, то другого уменьшается, и наоборот). Коэффициент парной корреляции между процентными соотношениями этих родов, рассчитанный по данным, приведенным в [3], составляет (-0.65) при объеме выборки $n = 38$, что говорит о наличии обратной зависимости на уровне значимости $p = 0.01$. Подобный эффект можно объяснить тем, что в нормально-соленом бассейне тепловодные *Galliaecytheridea* в отличие от *Cytherella* больше зависят от температуры воды, чем от содержания кислорода в ней. В Валах наблюдается слабая тенденция к «антиподальности»: коэффициент корреляции между количеством остракод *Galliaecytheridea* и



Cytherella равен (-0.23) (см. табл. 3) и, несмотря на отрицательный знак, не позволяет статистически обосновать наличие обратной корреляции между представителями этих родов. Однако отсутствие значимой корреляции в малой выборке не исключает возможности ее обнаружения при анализе более представительного количества образцов.

Определенные закономерности выявляются при анализе изменений по разрезу коэффициентов корреляций, рассчитанных методом скользящего окна, между магнитной восприимчивостью и показателями родового и видового разнообразия остракод. На соответствующем графике (см. рис. 4) видно, что значимая (на уровне $p = 0.05$) обратная корреляция между K и количеством родов устойчиво сохраняется в нижней части разреза (обр. 3073-1 – 3073-9), а выше (обр. 3073-10 – 3073-16) достоверность корреляции снижается. Рубеж в изменении характера корреляции совпадает с нижней границей сообщества остракод VII, знаменующего похолодание. Сходным образом изменяется характер корреляции по разрезу между K и количеством видов, причем по совокупности обоих графиков интервал, отвечающий сообществу VI, дополнительно дифференцируется по самым высоким абсолютным величинам коэффициентов корреляции (см. рис. 4). Возможно, климатический фактор влияет на адекватность зависимости магнитных свойств отложений от условий осадконакопления и при определенной температуре среды обитания остракод создаются наиболее благоприятные предпосылки для отражения палеоэкологической обстановки в петромагнетизме. Пока подобный тезис носит характер допущения, правомерность которого интересно проверить на более представительном материале.

Заключение

В результате проведенного анализа распределения кимериджских-волжских остракод в разрезе Вали с привлечением данных об экологических предпочтениях встреченных родов выявлена последовательность из восьми сообществ, смена которых обусловлена изменением палеоэкологических условий в бассейне. Установлено, что развитие остракод проходило в условиях тепловодного нормально-морского мелководного бассейна (верхняя – средняя сублитераль). Эти условия временами нарушались эпизодами значительного обмеления (в раннем кимеридже) и небольшого опреснения (в позднем кимеридже), показателями которых служат монокомплексы *Schuleridea* и *Galliaesytheridea* соответственно. Начиная с позднего кимериджа шло насыщение бассейна биогенными элементами, которое влекло за собой дефицит кислорода и недостаточную аэрацию придонных вод. На последовательное развитие дизоксигенной обстановки, вплоть до наступления аноксии в конце фазы *panderi*, указывают возрастающее вверх по разрезу преобладание в верх-

некимериджских–средневожских отложениях остракод, толерантных к недостатку кислорода, и полное их исчезновение в верхах разреза.

Корреляционный анализ петромагнитных и микрофаунистических характеристик выявил несколько значимых взаимосвязей между ними, наличие которых подтверждает гипотезу об отражении в магнетизме пород важных условий осадконакопления. Устойчивые тренды к уменьшению магнитной восприимчивости и повышению значений термокаппаметрического параметра обусловлены снижением уровня кислорода в придонных слоях палеобассейна и возрастанием эвтрофии вследствие захоронений большого количества органического вещества. Доказательством тому служит обратная корреляция между магнитной восприимчивостью и общим количеством остракод, их родовым и видовым разнообразием, количеством представителей родов *Mandelstamia* и *Cytherella* и прямая корреляция между термокаппаметрическим эффектом и количеством остракод *Mandelstamia* и *Cytherella*. Судя по тому, что самые сильные корреляционные связи петромагнитных параметров установлены с представителями *Mandelstamia*, именно этот род является наиболее чувствительным показателем содержания кислорода в придонных слоях, но это нетривиальное предположение нуждается в дополнительной проверке.

Число достоверно установленных парных корреляций невелико, но факт их выявления указывает на устойчивость корреляционных связей между петромагнитными и микрофаунистическими показателями.

Говорить об адекватном отражении палеоэкологических условий в магнетизме пород на основе полученных результатов преждевременно, но вывод об актуальности проведения микрофаунистических петромагнитных исследований представляется безусловным.

В перспективе каппаметрические и термокаппаметрические сведения, получаемые в массовом порядке (практически по неограниченному числу проб) при минимальных затратах времени и средств, могут стать полезным (с точки зрения соотношения цена–качество) дополнением к материалам трудоемкого количественного анализа остракод. Разумеется, при реконструкции условий осадконакопления петромагнитный метод не может полностью заменить микрофаунистический. Но результаты проведенных исследований позволяют обоснованно надеяться, что анализ магнитных свойств отложений в сочетании с минимумом микропалеонтологических данных позволит извлекать максимум геологической информации.

Библиографический список

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Серия Средневожская. Лист N-39-XXVI (Новокуйбышевск) : объяснительная записка. Санкт-Петербург. : Издательство ВСЕГЕИ, 2000. 110 с.



2. Шорников Е. И., Зенина М. А. Остракоды как индикаторы состояния и динамики водных экосистем (на примере залива Петра Великого Японского моря). Владивосток : Дальнаука, 2014. 334 с.
3. Тесакова Е. М. Юрские остракоды Русской плиты : стратиграфическое значение, палеоэкология и палеогеография : дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Москва, 2014. 295 с.
4. Тесакова Е. М., Rogov M. A. Палеоэкологический анализ верхнеюрских ассоциаций остракод и аммонитов Поволжья (разрез Городищи) // Проблемы региональной геологии : музейный ракурс. Москва : Акрополь, 2004. С. 182–184.
5. Тесакова Е. М., Глинских Л. А. Келловейские остракоды Центрального Дагестана : биостратиграфия, палеоэкология и хронологический анализ // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2020. Т. 28, № 4. С. 96–110.
6. Saveliya J. N. Paleocological Analysis of Berriasian Ostracods of the Central Crimea // Volumina Jurassica. 2014. Vol. XII, № 1. P. 163–174.
7. Morkhoven F. P. C. M. Post-Paleozoic Ostracoda, I, II. Amsterdam ; London ; New York : Elsevier Publishing Company, 1963. 478 p.
8. Карук М. С. Остракоды верхнего баррема – апта Горного Крыма : стратиграфическое значение и палеоэкология : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Москва, 2016. 320 с.
9. Тесакова Е. М., Шурупова Я. А. Основы остракодового анализа на примере келловей и нижнего оксфорда разреза Михайловцемент (Рязанская область) // Труды / XVII Всероссийское микропалеонтологическое совещание «Современная микропалеонтология – проблемы и перспективы» : сб. тез. / сост. В. В. Жаринова ; под ред. А. С. Алексеева, Д. К. Нургалиева, В. В. Силантьева. Казань : Издательство Казанского университета, 2018. С. 265–270.
10. Corbari L., Mesmer-Dudons N., Carbonel P., Massabuau J.-C. Cytherella as a tool to reconstruct deep-sea paleo-oxygen levels : the respiratory physiology of the platycopid ostracod Cytherella cf. abyssorum // Marine Biology. 2005. Vol. 147. P. 1377–1386.
11. Николаева И. А. Глубоководные группы остракод в палеогене юга СССР и их значение для палеогеографии // Стратиграфия кайнозоя северного Причерноморья и Крыма / ред. М. Ф. Носовский. Днепропетровск : Издательство Днепропетровского государственного университета, 1984. С. 40–48.
12. Шорников Е. И. Остракоды Vuthocytheridae дальневосточных морей. Москва : Наука, 1981. 200 с.
13. Donze P. Tethysia, nouveau genre d'Ostracode bathyal du Jurassique supérieur – Crétacé inférieur mésogéen // Geobios. 1975. Vol. 8, № 3. P. 185–190.
14. Schudack U., Schudack M., Marty D., Comment G. Kimmeridgian (Late Jurassic) ostracods from Highway A16 (NW Switzerland) : taxonomy, stratigraphy, ecology, and biogeography // Swiss Journal of Geosciences. 2013. Vol. 106. P. 371–395.
15. Преображенская В. Н. Условия существования и захоронения фораминифер и остракод в юрское и нижнемеловое время на территории ЦЧО // Труды / Третье совещание по проблемам изучения Воронежской антеклизы. Воронеж : Издательство Воронежского государственного университета, 1966. С. 261–272.
16. Раевская Е. Г., Куликова Н. К., Шурекова О. В. Микроальгологические особенности отложений баженовского горизонта Западной Сибири // Юрская система России : проблемы стратиграфии и палеогеографии : Пятое Всероссийское совещание. Научные материалы / ред. В. А. Захаров. Екатеринбург : ИздатНаукаСервис, 2013. С. 178–180.
17. Лебедева Н. К. Диноцисты и биостратиграфия верхнемеловых отложений севера Сибири : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Новосибирск, 2008. 33 с.
18. Rogov M. A. Аммониты и инфразональная стратиграфия кимериджского и волжского ярусов Панбореальной надобласти : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Москва, 2019. 46 с.
19. Rogov M. A. Аммониты и инфразональная стратиграфия кимериджского и волжского ярусов юга Московской синеклизы // Труды / ГИН РАН. 2017. Вып. 615. С. 7–160.
20. Sohn I. G. The ostracode genus Cytherelloidea, a possible indicator of paleotemperature // United States Geological Survey. Professional Paper 450-D. 1962. P. 144–147.
21. Колтенская Н. Н. Юра // Практическое руководство по микрофауне. Т. 7. Остракоды мезозоя. Санкт-Петербург : Издательство ВСЕГЕИ, 1999. С. 125–129.
22. Молоствовский Э. А., Храмов А. Н. Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1997. 180 с.
23. Гужиков А. Ю. Геологическая информативность магнетизма керна и шлама осадочных пород, полученных при бурении разведочных скважин // Приборы и системы разведочной геофизики. 2013. № 4. С. 51–61.
24. Evans M. E., Heller F. Environmental magnetism. Principles and applications of enviromagnetics. San Diego : Academic Press, 2003. 311 p.
25. Гришанов А. Н., Гужиков А. Ю., Молостовская И. И., Харитонов Т. В. Использование петромагнитных критериев для детального расчленения разрезов уфимского яруса и обоснования границы между соликамским и шешминским горизонтами в пределах Соликамской впадины Предуральского прогиба // Известия вузов. Геология и разведка. 1997. № 1. С. 19–25.
26. Гужикова А. А., Грищенко В. А., Глинских Л. А. Отражение особенностей минерального заполнения фораминифер в анизотропии магнитной восприимчивости // Материалы Всероссийской молодежной научной конференции / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука. Новосибирск, 2017. С. 19–22.
27. Пименов М. В., Глинских Л. А., Гужиков А. Ю., Михайлов А. М., Rogov M. A., Тесакова Е. М. О возможном отражении палеоэкологических условий в петромагнетизме келловейских – оксфордских отложений разреза п. Дубки (г. Саратов) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 1. С. 70–75.
28. Степанов И. А., Казанский А. Ю., Киселев Д. Н., Косарева Л. Р., Rogov M. A., Тесакова Е. М., Щенетова Е. В., Шурупова Я. А. Возможности петромагнитных методов при палеоэкологических реконструкциях на примере юрских отложений (келловей – нижний оксфорд) разреза Михайловцемент (Рязанская область) // Вестник



Московского университета. Серия 4, Геология. 2019. № 2. С. 30–38.

29. Барaboшкин Е. Ю., Гужиков А. Ю., Беньямовский В. Н., Александрова Г. Н., Барaboшкин Е. Е., Суринский А. М. Новые данные о стратиграфии и условиях формирования эоценовых отложений на плато Актологай (Западный Казахстан) // Вестник Московского университета. Серия 4, Геология. 2015. № 2. С. 67–76.

30. Пименов М. В., Маникин А. Г., Ямпольская О. Б., Гужикова А. А., Жуков А. Н. Предварительные результаты исследований по оценке возможности количественной интерпретации термокаппаметрических данных // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 1. С. 39–44.

31. Гужиков А. Ю., Барaboшкин Е. Ю., Гаврилов Ю. О., Щепетова Е. В., Букина Т. Ф., Яночкина З. А. Магнитные

свойства волжских отложений как индикаторы железосодержащих минералов и их значение для реконструкции условий седиментации в позднеюрском палеобассейне Поволжья // Геологические науки-99 : избранные труды межведомственной научной конференции. Саратов : Издательство ГосУНЦ «Колледж», 1999. С. 38–42.

32. Manikin A. G., Grishchenko V. A., Guzhikov A. Yu., Korpakov V. V. Magnetic Stratigraphy of the Bazhenov Suite of Western Siberia and the Surrounding Deposits // Recent Advances in Rock Magnetism, Environmental Magnetism and Paleomagnetism. Springer Geophysics / eds. D. Nurgaliev, V. Shcherbakov, A. Kosterov, S. Spassov. Cham. : Springer, 2019. P. 411–423.

33. Барaboшкин Е. Ю., Гужиков А. Ю., Еремин В. Н. Био- и магнитостратиграфия альба в разрезе Акуша (Дагестан). Ст. 2. Магнитостратиграфия // Бюл. МОИП, отд-ние геол. 1997. Т. 72, вып. 3. С. 41–51.

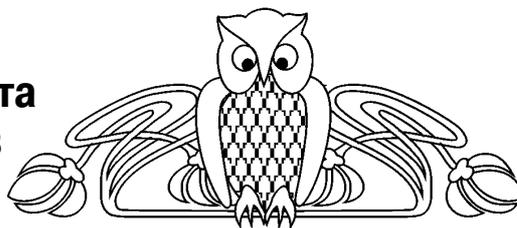
Поступила в редакцию 30.12.2020, после рецензирования 10.02.2021, принята к публикации 15.03.2021
Received 30.12.2020, revised 10.02.2021, accepted 15.03.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 137–147
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 137–147

Научная статья
УДК 553.98
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-137-147>

Исследование масштабного эффекта пористости в образцах известняков башкирского яруса



Д. И. Хасанов, М. А. Лоншаков 

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

Хасанов Дамир Ирекович, кандидат геолого-минералогических наук, damir.khassanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8168-3848>
Лоншаков Марат Андреевич, магистрант, maratlonsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0439-7514>

Аннотация. В статье представлен алгоритм определения представительных элементов объемов двух интервалов керна длиной 1 м по значениям пористости. Изучена литература, посвященная вопросу практического определения представительного объема керна по флуктуации пористости. Проведено сравнение значений коэффициента открытой пористости одномерного интервала керна, установленных по данным пористости отобранных кернов большого диаметра (7.3 см) и цилиндрических образцов диаметром 3 см для двух интервалов. Проанализированы особенности проявления масштабного эффекта в образцах известняков башкирского яруса в зависимости от их представительных размеров и преобладающего вида пористости. Установлена причина изменения коэффициентов пористости образцов с увеличением их объемов, заключающаяся в проявлении трещинной пористости в образцах большого диаметра. Осуществлено сопоставление лабораторных величин пористости образцов керна и ее значений, установленных по данным метода нейтронного гамма-каротажа. Сформулированы основные факторы совпадения/несовпадения лабораторных данных и значений кривой пористости, связанные с особенностями метода нейтронного гамма-каротажа при исследовании высокопористых интервалов коллектора. Выявлена необходимость учета масштабного эффекта при анализе корреляционной зависимости «кern – геофизические исследования скважин».

Ключевые слова: представительный элемент объема (элементарный представительный объем), межформенная пористость, трещинная пористость, коэффициент открытой пористости, масштабный эффект, метод жидкостенасыщения, образец керна стандартного размера, kern большого диаметра, грейнстоун, пакстоун

Для цитирования: Хасанов Д. И., Лоншаков М. А. Исследование масштабного эффекта пористости в образцах известняков башкирского яруса // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 137–147. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-137-147>

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

Article
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-137-147>

The investigation of the scale effect on porosity in Bashkirian limestones

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 the methodology of the representative elementary volume definition for two 1 m long whole core segments. Scientific articles focused on practical methods of representative volume calculations using various physical parameter fluctuations have been studied. Porosity values of every whole core fragment evaluated in two ways using the 7.3 cm diameter core samples in the first approach and the 3 cm diameter core samples in the second one have been compared. Particularities of the scale effect occurring in core samples and depending on core size and porosity type have been analyzed. The cause of porosity increase in big core samples has been determined. The reason due to which porosity changes are explained by fracture porosity occurring in core samples having big volumes has been found. The comparison between neutron log porosity and core porosity has been made. Reasons of similarities or differences of core and log data have been established.

Keywords: representative elementary volume, intergranular porosity, fracture porosity, connected porosity, scale effect, buoyancy method, core plug, core sample of big diameter, grainstone, packstone



For citation: Khassanov D. I., Lonshakov M. A. The investigation of the scale effect on porosity in Bashkirian limestones. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 137–147 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-2-137-147>

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

Введение

Актуальность рассматриваемой проблемы заключается в том, что в зависимости от объемов изучаемых в лабораторных условиях образцов керн и частоты их отбора для одного и того же интервала пласта-коллектора могут быть определены разные значения коэффициента открытой пористости. Данное явление получило определение «масштабный эффект», а причины, его вызывающие, называются масштабными факторами [1]. Пренебрежение масштабным эффектом при проведении лабораторного анализа керн может привести к установлению недостоверных значений коэффициента открытой пористости образцов и, как следствие, некорректной корреляционной зависимости «кern–геофизические исследования скважин».

Цель статьи заключается в исследовании флуктуации коэффициентов открытой пористости образцов известняков каменноугольного возраста, отобранных в пределах двух интервалов керн длиной 1 м, при изменении геометрических размеров цилиндрических образцов.

Стандартный анализ керн (от англ. *RCA – routine core analysis*) проводится в петрофизических лабораториях с целью определения пористости и других свойств исследуемых образцов горных пород [2]. Изучаемые небольшие образцы керн отбираются из фрагментов интервалов керн с определенной частотой.

В зарубежных лабораториях при определении фильтрационно-емкостных свойств однородного коллектора цилиндрические образцы диаметром 2.54 см (1 дюйм) или 3.8 см (1.5 дюйма), длиной 5.08–7.62 см (2–3 дюйма) отбираются через каждые 25 см (30 см) из фрагментов полноразмерного керн длиной 3 фута [3]. В компании «Schlumberger» для проведения стандартного анализа однородного керн применяются образцы высотой около 6.4 см при диаметре 2.54 см или 3.8 см [2].

В отечественных петрофизических лабораториях образцы керн отбираются согласно требованиям, представленным в «Методических рекомендациях по исследованию пород-коллекторов нефти и газа физическими и петрографическими методами» [4] и в ГОСТе 26450.0-85 [5]. Цилиндрические образцы длиной 3 см и высотой 3 см, выбуренные из интервалов керн длиной 1 м через каждые 25–30 см, признаны оптимальными для определения пористости и абсолютной газопроницаемости однородных коллекторов. Для исследования коллекторов со сложным строением порового пространства в российских петрофизических лабораториях используют образцы керн диаметром 60–90 мм [4]. Зарубежный подход к

анализу неоднородных пород коллекторов заключается в исследовании образцов керн длиной до 15 см (6 дюймов) и диаметром 4.4–13.3 см (1.75–5.25 дюйма) [6].

Анализ образцов большого диаметра (60–90 мм), выбуренных из одного интервала керн, в настоящее время является способом получения наиболее точных значений пористости неоднородного карбонатного или терригенного коллектора [4]. Однако одновременное исследование нескольких больших образцов керн диаметром 60–90 мм приводит к значительным временным и финансовым затратам, поэтому крайне важной является задача установления «истинных» величин пористости интервала керн заданной длины при анализе единственного (цельного) образца керн минимального объема.

Понятие элементарного представительного объема (от англ. *REV – representative elementary volume*) горных пород применительно к аддитивным свойствам было сформулировано в работах J. Bear [7] и Б. И. Прилоуса [8]. В результате анализа указанных работ П. Ю. Томин уточнил практический способ определения элементарного представительного объема (ЭПО) (представительного элемента объема) керн путем построения графика флуктуации изучаемого свойства образца (пористости) с изменением объема керн (рис. 1) [9]. Очевидно, что значение измеряемого свойства не испытывает значительных флуктуаций лишь на конкретном интервале размеров. Данный подход был использован при исследовании образцов известняков каменноугольного возраста.

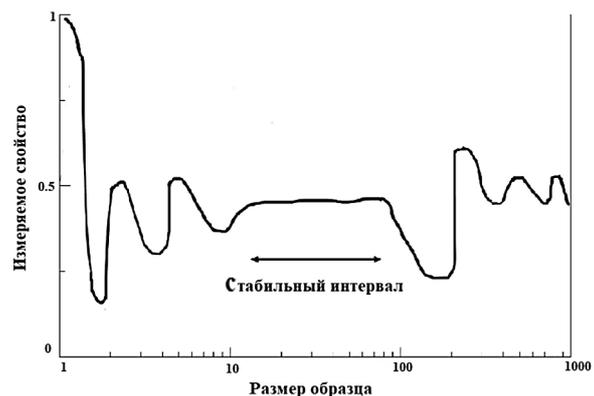


Рис. 1. Оценка элементарного представительного объема [9]

Объекты исследования

Изучаемые интервалы керн длиной 1 метр были отобраны из скважины № А месторождения N, относящегося к группе малоэффективных нефтяных месторождений [10].



Скважина № А в интервале глубин 935.0–1008.0 м вскрывает осадочные отложения среднекаменноугольного возраста. Нижняя часть пройденного интервала (952.0–1008.0 м) представлена породами башкирского яруса. Первый керн длиной 1 м, отобранный в интервале глубин 962.0–963.0 м, представлен грейнстоуном. Второй керн длиной 1 м, извлеченный в интервале глубин 974.0–975.0 м, – грейнстоуном и пакстоуном. Литотипы известняков были установлены в результате микроскопического исследования пород-коллекторов в шлифах, согласно классификации R. J. Dunham [11].

Методика исследования

На первом этапе работ было проведено литолого-минералогическое исследование образцов известняков каменноугольного возраста, отобранных из изучаемых интервалов. На втором этапе было осуществлено экстрагирование образцов с помощью аппарата Соклета и определение коэффициентов открытой пористости образцов керна методом жидкостенасыщения.

Из керна длиной 1 м (интервал отбора 962.0–963.0 м) были отобраны шесть образцов керна большого диаметра (7.3 см) высотой 5.2–5.4 см и пять цилиндрических образцов диаметром 3 см и высотой 6 см, выбуренных через каждые 20–30 см перпендикулярно оси исходного керна.

Из керна длиной 1 м (интервал отбора 974.0–975.0 м) были отобраны семь образцов керна большого диаметра (7.3 см) и четыре цилиндрических образца диаметром 3 см и высотой 10 см, выбуренных через каждые 20–30 см перпендикулярно оси исходного керна. Первоначальный диаметр интервалов керна, по данным буровых работ на глубине 962.0–963.0 м, составляет 100 мм, на глубине 974.0–975.0 м – 131 мм.

По итогам исследования всех образцов проводится расчет коэффициентов открытой пористости двух кернов длиной 1 м путем усреднения значений открытой пористости кернов большого диаметра и образцов керна диаметром 3 см, высотой 6(10) см, отобранных через каждые 20–30 см.

Эталонным («истинным») значением коэффициента открытой пористости интервала керна длиной 1 метр в данном случае будет являться среднее геометрическое (среднее арифметическое) значение пористости кернов большого диаметра. Определение коэффициента открытой пористости методом жидкостенасыщения, подробно описанным в работе [12], было проведено с помощью установки насыщения образцов «Напор-РМ», согласно ГОСТу 26450.1-85 [5].

Практические результаты

Коэффициенты открытой пористости $\phi_{\text{con}} = K_{\text{о.п}}$ кернов большого диаметра (7.3 см) и ци-

линдрических образцов диаметром 3 см приведены в табл. 1, 2. С целью выбора методов осреднения значений пористости исследуемых образцов для четырех выборок (керны большого диаметра и цилиндрические образцы диаметром 3 см) были рассчитаны коэффициенты Дикстра–Парсонса V_k [13]. Рассчитанные коэффициенты открытой пористости двух интервалов керна также представлены в табл. 1, 2. Далее были построены общие графики зависимости коэффициента открытой пористости от объема образца для интервалов 962.0–963.0 м (рис. 2) и 974.0–975.0 м (рис. 3).

Для каждого объема образца в интервалах 962.0–963.0 м и 974.0–975.0 м было определено среднее значение пористости, множество средних значений на рис. 2 и 3 соединены зелеными кривыми. В интервале 962.0–963.0 м при объемах от 21.19 до 222.2 см³ средние значения пористости колеблются от 24 до 27.2%, следовательно, распределение межформенных пор является относительно равномерным. Средние значения, превышающие 27%, наблюдаются в диапазоне 222.20–238.44 см³, следовательно, их рост связан с дополнительным проявлением трещинной пористости в образцах большого размера. Фиолетовым цветом на рис. 2 обозначена область проявления межформенной области, желтым – область проявления межформенной и трещинной пористости.

Таким образом, интервал керна на глубине 962.0–963.0 м представлен трещиноватым карбонатным коллектором со сложной структурой порового пространства [14]. Общий график зависимости коэффициента открытой пористости от объема образца с учетом данных пористости интервала керна и его отдельных фрагментов представлен на рис. 4. Соответствующие большим фрагментам метрового керна (диаметром 10 см) коэффициенты открытой пористости были установлены по данным пористости кернов большого диаметра. Определение представительного элемента объема интервала керна длиной 1 м на глубине 962.0–963.0 м сопровождается расчетом максимального отклонения (по модулю) от среднего значения открытой пористости (установленного для каждого рассматриваемого размера) для каждого объема образца. Полученные результаты представлены на рис. 5, 6.

Установление участка минимальной флуктуации пористости было проведено путем определения приращений величин максимального отклонения коэффициента открытой пористости от среднего значения с изменением объема образца (см. рис. 5). Участок нулевых приращений наблюдается в интервале объема от 44 до 94 см³, следовательно, элементарный представительный объем интервала керна на глубине 962.0–963.0 м, при котором возможно исследование межформенных пор и их вклада в открытую пористость, составляет 44 см³, допустимый представительный объем образца варьируется в интервале от 44 до 94 см³.



Таблица 1

Коэффициенты открытой пористости кернов большого диаметра и цилиндрических образцов диаметром 3 см, отобранных в интервале глубин 962.0–963.0 м

Номер выборки	Номер образца	Глубина отбора, м	Объем образца, см ³	$\phi_{\text{кон}}, \%$	V_k	Средние значения пористости интервала керна длиной 100 см и диаметром 10 см, %	Метод осреднения
1	1	962.12	221.91	25.22	0.15	28.08	Арифметический
	2	962.22	220.79	23.83			
	3	962.34	229.84	27.28			
	4	962.49	224.67	29.75			
	5	962.64	221.44	32.57			
	6	962.8	247.05	29.82			
2	I	962.03	44.67	24.27	0.33	22.73	Геометрический
	II	962.19	21.77	15.94			
	III	962.42	44.50	20.78			
	IV	962.59	43.40	27.28			
	V	962.92	31.19	27.69			

Таблица 2

Коэффициенты открытой пористости кернов большого диаметра и цилиндрических образцов диаметром 3 см, отобранных в интервале глубин 974.0–975.0 м

Номер выборки	Номер образца	Глубина отбора, м	Объем образца, см ³	$\phi_{\text{кон}}, \%$	V_k	Средние значения пористости интервала керна длиной 100 см и диаметром 13.1 см, %	Метод осреднения
1	1	974.12	197.236	14.39	0.16	13.22	Арифметический
	2	974.22	245.286	16.01			
	3	974.35	77.326	11.55			
	4	974.45	157.922	14.95			
	5	974.55	255.615	15.50			
	6	974.75	231.003	12.78			
	7	974.94	204.473	11.96			
2	I	974.06	69.653	10.08	0.42	9.6	Геометрический
	II	974.41	22.261	10.83			
	III	974.64	70.456	10.26			
	IV	974.85	70.179	7.58			

По аналогии с рис. 5 анализ графика на рис. 6 дал возможность определить представительный элемент объема интервала керна длиной 100 см и диаметром 10 см, позволяющий исследовать вклад межформенной и трещинной пористости, а также каверн в коэффициент открытой пористости. Участок стабильных значений пористости наблюдается в интервале 3455–6518 см³, следовательно, минимальный представительный объем интервала керна на глубине 962.0–963.0 м равен 3455 см³. Значения представительных объемов в интервале 962.0–963.0 м и соответствующие им линейные размеры образцов представлены в табл. 3. Погрешность определения коэффициентов открытой пористости образцов разного размера не превышает 1.25%.

В результате анализа графика, представленного на рис. 3, было установлено, что при объемах образцов до 90 см³ (желтая область) значения открытой пористости меньше, по сравнению со зна-

чениями больших образцов (синяя область), что объясняется проявлением разных видов пустот. Участок, обозначенный на рис. 3 зеленым цветом, представляет собой область перехода между:

1) межформенной пористостью, которая отчетливо проявляется в небольших образцах объемом менее 90 см³;

2) межформенной в совокупности с трещинной (макротрещины) пористостью (а также с кавернами), которая явно прослеживается в образцах объемом свыше 90 см³.

Справедливость вышеупомянутых выводов была доказана в результате исследования порового пространства в шлифах и составления макроописания образцов керна. В процессе составления макроописания кернового материала в интервале глубин 974.0–975.0 м были обнаружены наглядные макротрещины длиной 2–3 см и шириной (раскрытость) 1–2 мм (рис. 7). Таким образом, рассматриваемый интервал керна 974.0–975.0 м

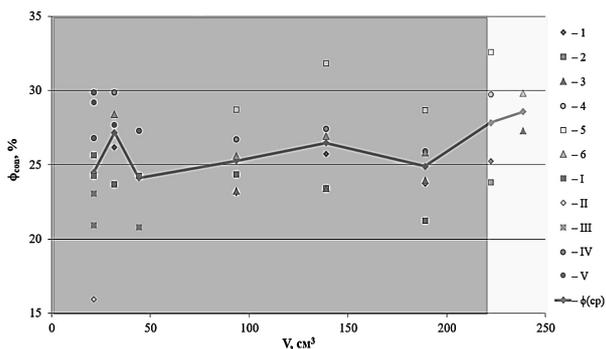


Рис. 2. Кроссплот «коэффициент открытой пористости–объем образца» для интервала 962.0–963.0 м. Справа представлена нумерация образцов в соответствии с табл. 1. Фиолетовым цветом обозначена область проявления межформенной области, желтым – область проявления межформенной пористости в совокупности с трещинной пористостью и кавернами (цвет online)

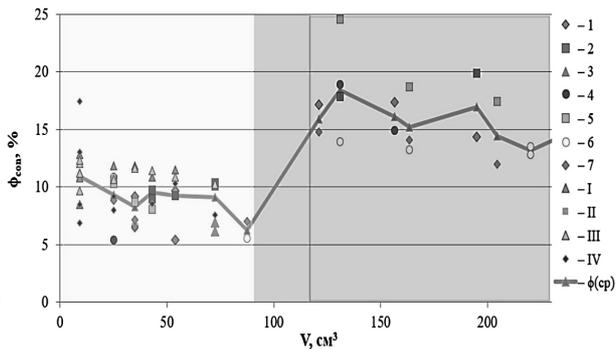


Рис. 3. Общий график зависимости коэффициента открытой пористости от объема образца для интервала 974.0–975.0 м. Справа представлены номера образцов в соответствии с табл. 2. Синим цветом обозначена область проявления межформенной пористости в совокупности с трещинной пористостью, желтым – область проявления межформенной пористости, зеленым – переходная область (цвет online)

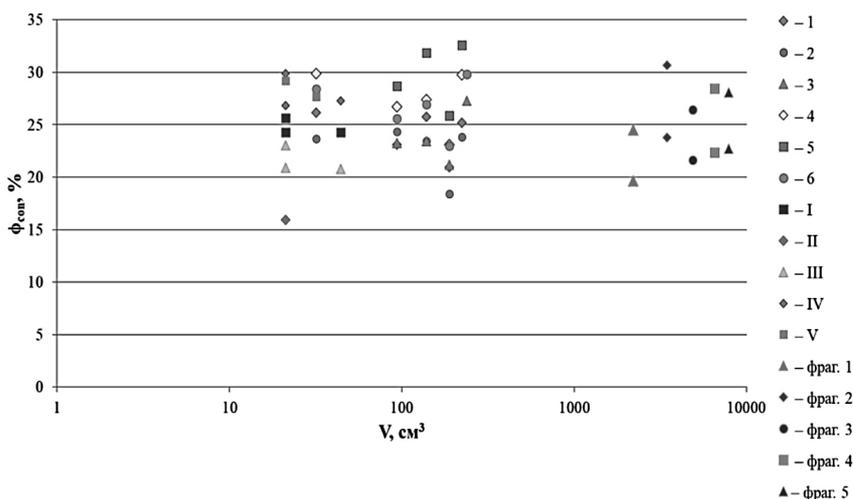


Рис. 4. Кроссплот «коэффициент открытой пористости–объем образца» для интервала 962.0–963.0 м с учетом данных пористости фрагментов интервала керна диаметром 10 см на глубине 962.0–963.0 м (цвет online)

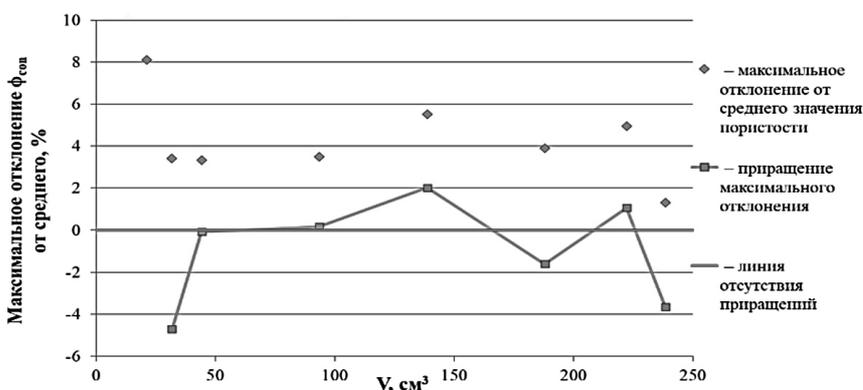


Рис. 5. График изменения максимального отклонения коэффициента открытой пористости относительно среднего значения с приращением объема образца (не превышающего 238.44 см³) для интервала 962.0–963.0 м (цвет online)

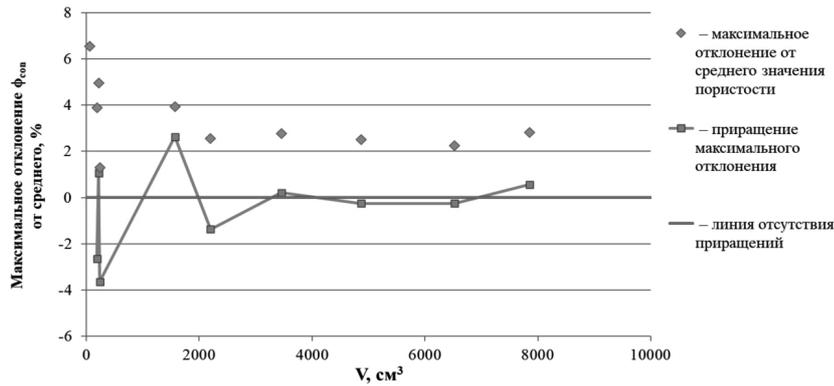


Рис. 6. График изменения максимального отклонения коэффициента открытой пористости относительно среднего значения с приращением объема образца для интервала 962.0–963.0 м (цвет online)

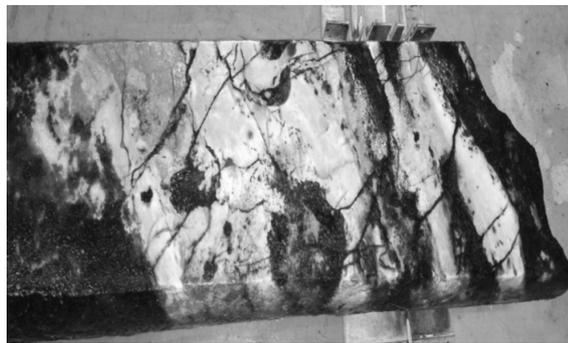


Рис. 7. Макротрещины в образцах известняков в интервале 963.0–964.0 м (М. А. Лоншаков, 2020 г.)

Таблица 3

Значения представительных объемов и соответствующие линейные размеры образцов в интервале 962.0–963.0 м

Исследование	ЭПО, см³	Высота образца, см	Диаметр образца, см	Диапазон представительных объемов, см³
Межформенных пор	44	6	3	44–94
Совокупности межформенных пор, макротрещин и каверн в объеме керна длиной 100 см и диаметром 10 см	3455	44	10	3455–6518

по аналогии с интервалом 962.0–963.0 относится к трещиноватому коллектору со сложной структурой порового пространства [14].

По итогам определения пористости в интервале 974.0–975.0 м для каждого объема образца было определено максимальное отклонение коэффициента открытой пористости $\phi_{\text{кон}}$ от среднего значения. Полученные результаты представлены на рис. 8, 9.

Анализ графиков (см. рис. 8, 9) для интервала 974.0–975.0 м сопровождается предварительными расчетами погрешности определения коэффициентов открытой пористости образцов разного размера, которая в данном случае не превышает 1.4%. График, представленный на рис. 8, позволяет установить элементарный представительный объем при условии, что размер образца не превышает 90 см³. Постоянные (стабильные) значения

пористости не наблюдаются в рассматриваемом диапазоне объемов по причине сложного строения порового пространства образцов керна. Изучение представительных образцов размером не более 90 см³ позволит рассчитать значения коэффициента открытой пористости, обусловленные главным образом наличием межформенных пор (без учета трещин).

Представленный на рис. 9 общий график флуктуации максимального отклонения коэффициента открытой пористости от среднего значения был построен для определения ЭПО керна длиной 1 метр и диаметром 13.1 см, открытая пористость которого связана с распространенностью как межформенных пор, так и трещин длиной 2–3 см с кавернами. Наибольшее приращение максимального отклонения при изменении объема от 6739 до 13478 см³ не превышает 1.15% (по модулю).

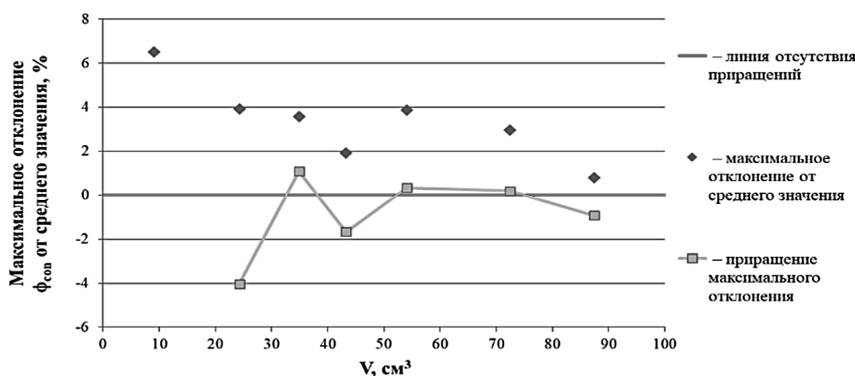


Рис. 8. График флуктуации максимального отклонения коэффициента открытой пористости от среднего значения с изменением объема образца (не превышающего 90 см³) в интервале 974.0–975.0 м

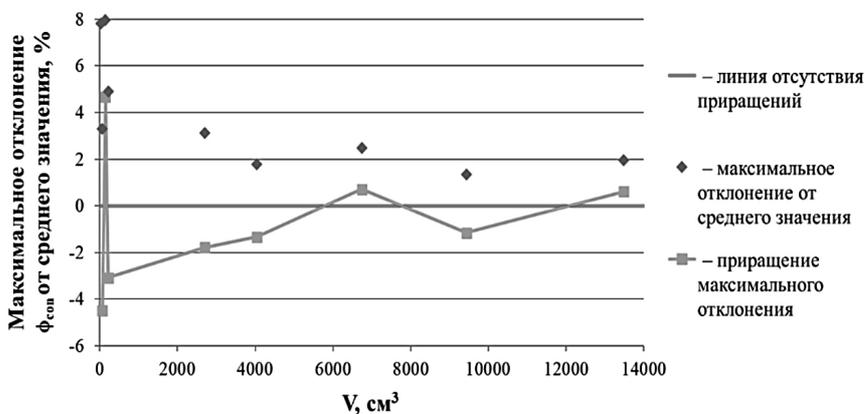


Рис. 9. Общий график флуктуации максимального отклонения коэффициента открытой пористости от среднего значения с изменением объема образца для интервала 974.0–975.0 м

Следовательно, так как при меньших объемах от 66 до 4000 см³ приращения достигают первых процентов, можно утверждать, что участок от 4000 до 13478.22 см³ является интервалом минимальной флуктуации коэффициента открытой пористости рассматриваемого фрагмента керна, ЭПО равен 4000 см³ (табл. 4).

Таким образом, наиболее близкое к «истинному» значение открытой пористости интервала керна диаметром 10 см, отобранного на глубине 962.0–963.0 м, может быть определено при исследовании образца керна диаметром 10 см и высотой 44 см (минимальные параметры). Коэффициент открытой пористости интервала керна (наиболее близкий к «истинному» значению пористости) диаметром 13.1 см, отобранного на глубине 974.0–975.0 м, может быть установлен при ис-

следовании образца керна диаметром 13.1 см и высотой 30 см или образца керна диаметром 10 см и высотой 51 см.

Для проведения оперативного лабораторного анализа предлагается наиболее эффективный алгоритм определения достоверного значения открытой пористости изучаемого интервала керна (длиной 1 м и свыше 1 м) диаметром более 9 см в максимально короткие сроки:

- составление макроописания изучаемого интервала керна и проведение литолого-минералогического исследования горных пород для установления литотипа;
- отбор кернов большого диаметра в направлении, перпендикулярном к главной оси (цилиндрического) интервала керна. На интервале длиной 1 метр необходимо отбирать 5–8 образцов.

Таблица 4

Значения представительных объемов и соответствующие линейные размеры образцов в интервале 974.0–975.0 м

Исследование	ЭПО, см³	Высота образца, см	Диаметр образца, см	Диапазон представительных объемов, см³
Межформенных пор	–	–	–	–
Совокупности межформенных пор, макротрещин и каверн в объеме керна длиной 100 см и диаметром 13.1 см	4000	30	13.1	4000–13478.22
	4000	51	10	



Их диаметр должен составлять не менее 40 мм по причине необходимости рассмотрения ядер объемом свыше 150–200 см³ и не более 8 см для проведения экстракции, высота должна быть максимально возможной;

– экстрагирование отобранных образцов при использовании аппарата Сокслета;

– определение пористости ядер большого диаметра методом жидкостенасыщения (проведение исследований не требует много времени и значительных финансовых затрат);

– аналитический расчет пористости отдельных фрагментов интервала ядра первоначального диаметра 20–90 см;

– построение графика зависимости коэффициента открытой пористости от объема образца, установление интервала минимальной флуктуации пористости.

Дополнительно для двух рассматриваемых интервалов было произведено сравнение коэффициентов общей пористости, установленных по данным методов нейтронного гамма-каротажа (НГК), гамма-гамма-плотностного каротажа

(ГГП_п) и акустического каротажа (АК), с коэффициентами открытой пористости ядер большого диаметра (7.3 см), образцов ядра диаметром и высотой 3 см (рис. 10, 11).

Интервал 962.0–963.0 м, по данным литолого-минералогических исследований горных пород полностью представлен грейнстоуном. Кривая пористости, рассчитанная по данным нейтронного гамма-каротажа (НГК) в интервале 962.0–962.7 м, не испытывает значительных флуктуаций. Разница между минимальным и максимальным значениями пористости в данном интервале не превышает 1.5%, кривая является монотонной, что объясняется незначительным изменением плотности пород (применительно к методу НГК). В интервале 962.7–963.0 м значения пористости уменьшаются, разница между минимальным и максимальным значениями составляет 4.5%. Очевидно, что уменьшение пористости, по данным нейтронного гамма-каротажа, связано с увеличением содержания глины в интервале 962.7–963.0 м (см. рис. 10) [15].

Сопоставление данных пористости, установленных в лабораторных условиях и с помощью

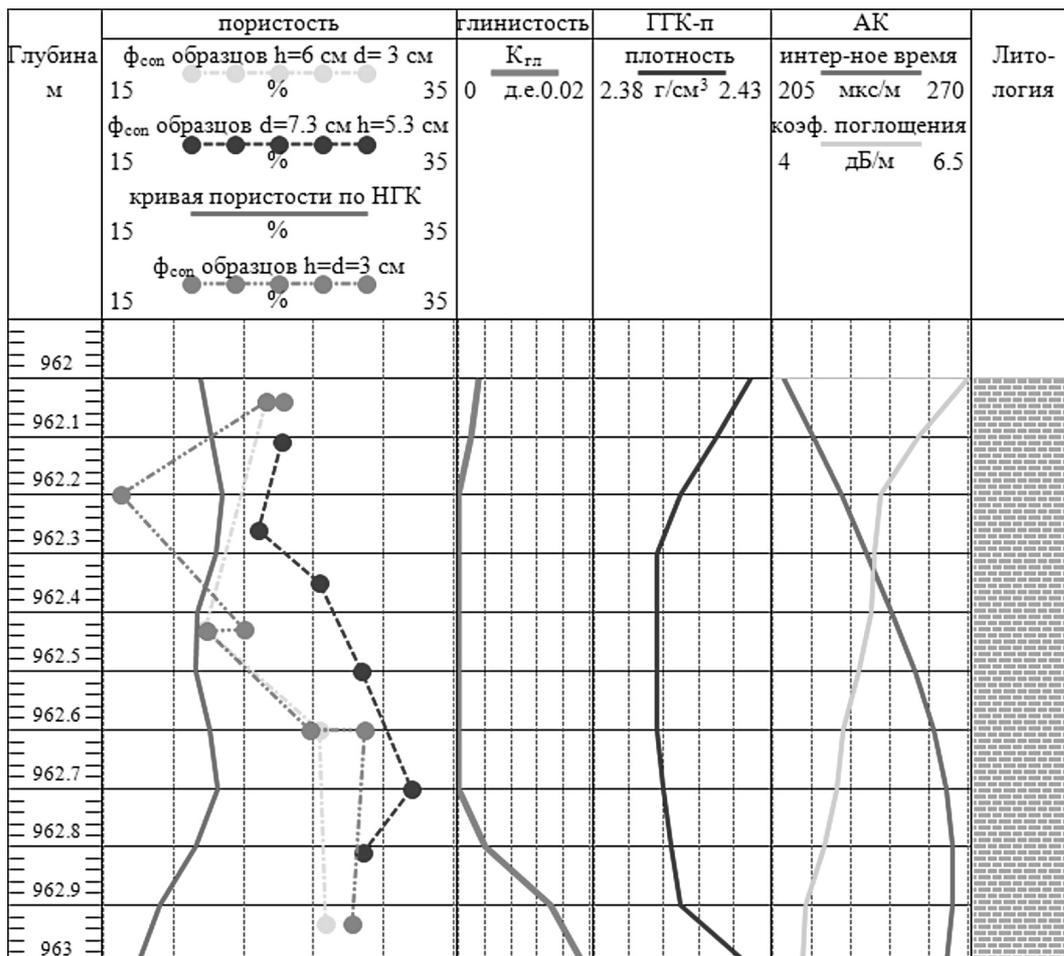


Рис. 10. Сравнение значений общей пористости по данным НГК и коэффициентов открытой пористости ядер большого диаметра, образцов диаметром и высотой 3 см, образцов высотой 6 см и диаметром 3 см в интервале 962.0–963.0 м. В литологической колонке зеленым цветом обозначен интервал грейнстоуна.

Вертикальный масштаб 1:10 (цвет online)

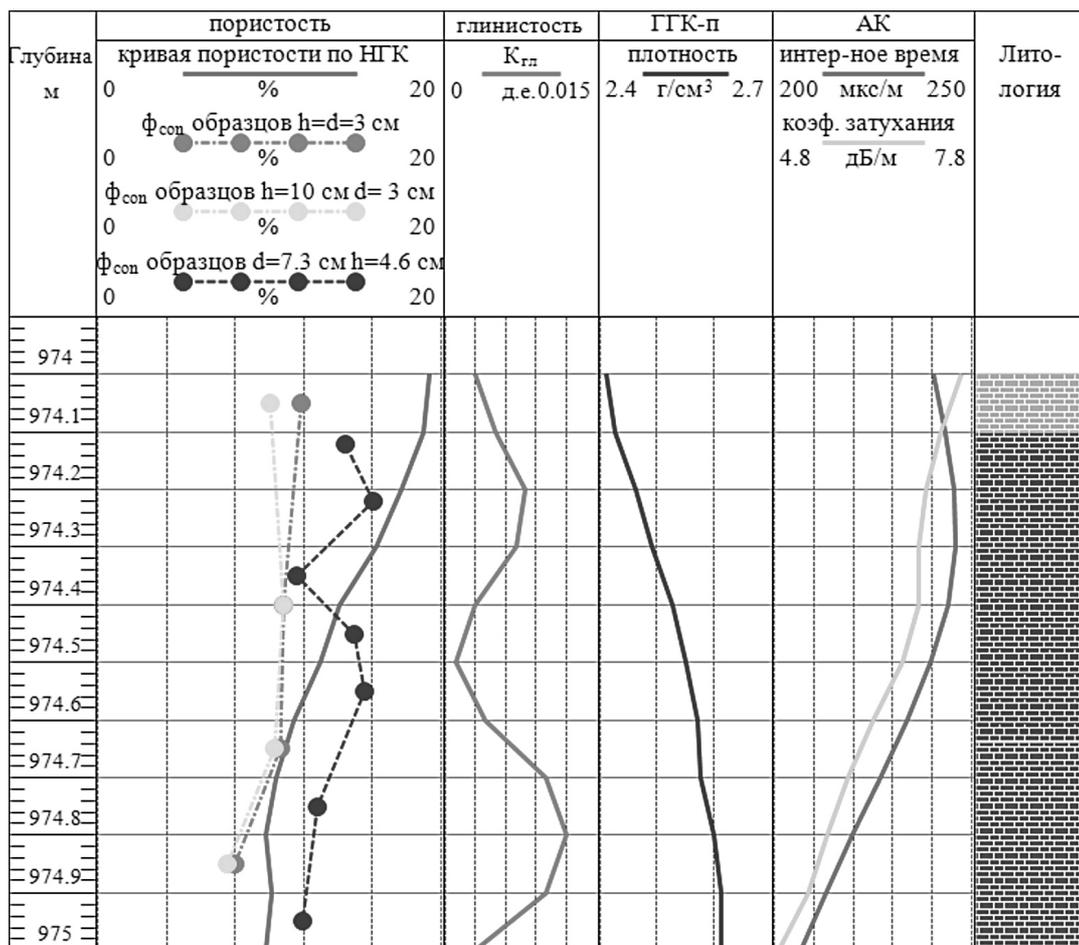


Рис. 11. Сравнение значений общей пористости по данным НГК и коэффициентов открытой пористости кернов большого диаметра, образцов диаметром и высотой 3 см, образцов высотой 10 см и диаметром 3 см в интервале 974.0–975.0 м. В литологической колонке оранжевым цветом обозначены грейстон, зеленым – пакстоун, фиолетовым – переходная зона между двумя литотипами. Вертикальный масштаб 1:10 (цвет online)

метода НГК, позволило выделить три зоны в интервале 962.0–963.0 м:

1) 962.0–962.1 м – зона маленькой разницы между значениями пористости кернов большого диаметра и образцов диаметром 3 см и высотой 3(6) см;

2) 962.1–962.6 м – зона значительной разницы между значениями пористости кернов большого диаметра и образцов диаметром 3 см и высотой 3(6) см (максимальная разница между кривыми пористости, представленными пунктиром, достигает 8%), связанная с проявлением как межформенной, так и трещинной пористости, а также каверн в образцах большого объема, что подтверждается уменьшением плотности пород и увеличением интервального времени (следовательно, повышением общей пористости) [16]. Величины пористости образцов диаметром 3 см и высотой 6 см и образцов стандартного размера практически совпадают;

3) 962.6–963.0 м – зона маленькой разницы между значениями пористости кернов большого диаметра и образцов диаметром 3 см и высотой 3(6) см. Постепенное уменьшение коэффициентов

открытой пористости кернов большого диаметра, образцов диаметром 3 см и высотой 3(6) см объясняется увеличением плотности пород, что подтверждается плавным (незначительным) уменьшением интервального времени (следовательно, понижением общей пористости).

Кривая пористости, рассчитанная по данным метода НГК, отображает недостоверные значения пористости в интервале 962.0–963.0 м, что объясняется:

1) низкой чувствительностью метода нейтронного гамма-каротажа к изменению плотности не более чем на 0.04 г/см³;

2) влиянием глинистости на интенсивность гамма-излучения, которое усиливается с увеличением пористости пород [15].

В нижней части интервала 974.0–975.0 м на глубинах 974.64–975.0 м коэффициенты открытой пористости цилиндрических образцов высотой 3 см и 10 см практически совпадают с кривой пористости, построенной по данным НГК, чего не скажешь о коэффициентах открытой пористости кернов большого диаметра, которые



значительно отличаются от значений пористости, установленных по каротажу (см. рис. 11). В интервале 974.0–974.64 м наблюдается обратная закономерность: значения открытой пористости кернов большого диаметра соответствуют данным кривой пористости наилучшим образом по сравнению со значениями открытой пористости образцов керна высотой 3 см и 10 см. В интервале 974.0–975.0 м величины пористости не превышают 20%, следовательно, влияние глинистости на показания НГК незначительно. По этой причине наблюдается довольно хорошая сопоставимость лабораторных данных и значений пористости, рассчитанных по методу НГК.

Следует отметить, что в интервале 974.64–975.0 м разница между значениями пористости цилиндрических образцов диаметром 3 см и высотой 3(10) см и кернов большого диаметра не превышает 4%, в то время как на глубинах 974.0–974.64 м она может достигать 6%. Следовательно, в нижней части интервала 974.0–975.0 м залегают менее трещиноватые известняки, по сравнению с известняками в верхнем интервале на глубинах 974.0–974.64 м, что подтверждается увеличением плотности пород. Величины пористости образцов диаметром и высотой 3 см, а также образцов диаметром 3 см и высотой 10 см практически совпадают на всем интервале.

Увеличение интервального времени в интервале 974.0–974.3 м и дальнейшее уменьшение в интервале 974.3–975.0 м свидетельствуют о повышении и последующем понижении величин общей пористости пород [16], что соответствует изменению коэффициентов открытой пористости кернов большого диаметра на глубинах от 974.0 до 974.3 м и от 974.3 до 975.0 м. По аналогии с интервалом 962.0–963.0 м трещинная пористость образцов в интервале 974.0–975.0 м проявляется только в кернах большого диаметра, в цилиндрических образцах диаметром 3 см распространены преимущественно межформенные поры.

Изучение корреляционной зависимости «кern–геофизические исследования скважин» по данным пористости для рассматриваемых образцов возможно при использовании значений открытой пористости кернов большого диаметра, так как именно тренд кривой, которая может быть построена по данным пористости кернов этого вида, наилучшим образом соответствует тренду кривой пористости, построенной по данным НГК, на всем интервале исследований (см. рис. 11).

Следует отметить, что уменьшение значений кривой пористости с глубиной происходит неравномерно. В интервалах 974.0–974.1 м и 974.64–975.0 м значения кривой пористости являются практически стабильными: в первом интервале пористость составляет около 19.15%, во втором – около 10%.

Значительное уменьшение пористости в пределах небольшого интервала предположительно может быть объяснено изменением:

- 1) содержания глин с глубиной;
- 2) плотности вследствие смены литотипов башкирского яруса.

Изучение изменений значений коэффициента глинистости горных пород на данном интервале (см. рис. 11) позволило установить их небольшие флуктуации, разность между максимальным (1.2%) и минимальным (0.1%) значениями не превышает 1.1%. Следовательно, объемное содержание глин не может оказывать существенного влияния на данные пористости образцов керна.

По данным литолого-минералогических исследований кернавого материала было установлено, что в интервале 973–975 м отложения башкирского яруса представлены грейнстоунами и пакстоунами. На территории Республики Татарстан пористость грейнстоунов составляет 10–20%, пакстоунов – 3–8% [17]. Таким образом, в интервале 974.0–974.1 м залегают грейнстоуны, на глубинах 974.64–975.0 м – пакстоуны, интервал 974.1–974.64 м является переходной зоной между двумя литотипами. Следовательно, уменьшение пористости с 19.3 до 9.8% связано с ростом плотности пород вследствие смены литотипов башкирского яруса.

Заключение

Представленные в данной статье результаты практического исследования образцов известняков башкирского яруса позволило установить, что проявление масштабного эффекта в обоих интервалах керна объясняется наличием трещинной пористости в кернах большого объема (диаметра). Определение достоверного значения коэффициента открытой пористости интервала керна длиной 1 метр и диаметром 10 см, отобранного на глубине 962.0–963.0 м, возможно при исследовании керна первоначального диаметра (10 см) высотой 44 см. Расчет достоверного значения коэффициента открытой пористости интервала керна длиной 1 м и диаметром 13.1 см, отобранного на глубине 974.0–975.0 м, возможен при анализе керна первоначального диаметра (13.1 см) высотой 30 см. Анализ цельных образцов керна первоначального диаметра, высотой 30–40 см при наличии специальных аппаратов Сокслета значительно повышает точность определения коэффициента открытой пористости керна длиной 1 м.

Значение открытой пористости интервала керна длиной 1 метр и диаметром 10 см, установленное по данным пористости образцов высотой 6 см и диаметром 3 см, на 19% меньше эталонного значения коэффициента открытой пористости интервала керна, отобранного на глубине 962.0–963.0 м. Для интервала керна 974.0–975.0 м коэффициент открытой пористости, рассчитанный по данным пористости образцов высотой 10 см и диаметром 3 см, на 27% меньше эталонного значения.



Изучение корреляционной зависимости «керна–геофизические исследования скважин» для рассматриваемого трещиноватого коллектора смешанного типа в интервале 974.0–975.0 м по данным пористости возможно при использовании значений открытой пористости кернов большого диаметра и кривой пористости, построенной по данным метода нейтронного гамма-каротажа.

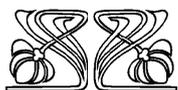
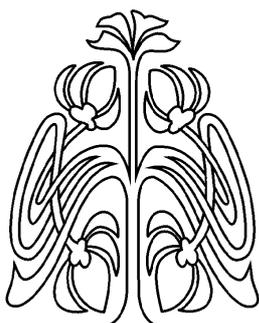
Сопоставление данных пористости по каротажу и керну в интервале 962.0–963.0 м возможно при использовании величин пористости, рассчитанных по данным плотностного гамма-гамма-каротажа или акустического каротажа. Исследование высокопористого интервала по данным метода нейтронного гамма-каротажа, как было показано, приводит к получению недостоверных значений пористости с увеличением глинистости.

Представленный алгоритм оперативного определения представительного элемента объема интервала керна длиной 1 м и более позволит в кратчайшие сроки рассчитать минимальные геометрические размеры репрезентативного образца керна для получения достоверных значений пористости целого интервала.

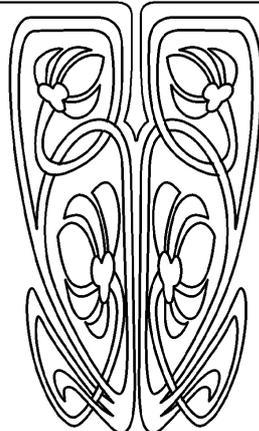
Библиографический список

1. Шашенко А. Н., Сдвижкова Е. А., Кужель С. В. Масштабный эффект в горных породах. Донецк : Норд-Пресс, 2004. 126 с.
2. Andersen M. A., Brent D., McLin R. Core Truth in Formation Evaluation // Oilfield Review. 2013. Vol. 25, № 2. P. 1625–1629.
3. Glover P. Formation Evaluation MSc Course Notes. Aberdeen University, 2001. 141 p.
4. Гороян В. И. Методические рекомендации по исследованию пород-коллекторов нефти и газа физическими и петрографическими методами. Москва : ВНИГНИ, 1978. 395 с.
5. ГОСТ 26450.1–85. Породы горные. Метод определения коэффициента открытой пористости жидкостенасыщенным. Москва : Издательство стандартов, 1985. 8 с.
6. The Oilfield Glossary. URL: https://glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/w/whole_core.aspx, свободный (дата обращения: 13.07.2020).
7. Bear J. Dynamics of Fluids in Porous Media. New York: American Elsevier Publishing Co., 1972. 764 p.
8. Прилуц Б. И. О введении понятия представительного объема элемента в теорию структурированного континуума // ГЕО-Сибирь-2013 : сб. материалов IX Междунар. науч. конгресса. Новосибирск : СГГА, 2013. С. 115–120.
9. Томин П. Ю. О понятии Representative elementary volume // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2011. № 13. С. 1–23.
10. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений : в 2 т. / Р. Г. Адбулмазитов, В. В. Ананьев, Е. Д. Войтович [и др.]. Казань : Издательство «Фен» Академии наук РТ, 2007. 316 с.
11. Мизенс Г. А. Изучение осадочных пород в прозрачных шлифах : учеб.-метод. пособие по дисциплине «Литология» для студ. спец. 130304 – «Геология нефти и газа». Екатеринбург : Издательство УГГУ, 2006. 86 с.
12. Glover P. Petrophysics MSc Course Notes. Aberdeen University, 2009. 376 p.
13. Tiab D., Donaldson E. C. Petrophysics : theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties. Gulf Houston Tx. : Publishing Company, 2012. 950 p.
14. Недоливко Н. М., Ежова А. В. Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов : учеб. пособие. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2012. 172 с.
15. Определение емкостных свойств и литологии пород в разрезах нефтегазовых скважин по данным радиоактивного и акустического каротажа : наставление по интерпретации с комплектом палеток / В. А. Велижанин, И. В. Головацкая, Ю. А. Гулин [и др.]. Калинин : Издательство ВНИГИК, 1984. 111 с.
16. Подборнов Д. А., Тарасов С. В. Краткое пособие по интерпретации основных методов геофизических исследований скважин и их сопоставление с зарубежными аналогами : учеб. пособие. Саратов : ТНК-ВР, 2005. 43 с.
17. Нугманов И. И., Зиганишин Э. Р., Кудусова Д. И. Экспериментальные геомеханические исследования карбонатных массивов горных пород для выбора оптимальной технологии разработки трудноизвлекаемых запасов высоковязкой нефти. Казань : Казанский федеральный университет, 2018. 78 с.

Поступила в редакцию 20.08.2020, после рецензирования 09.01.2021, принята к публикации 15.03.2021
 Received 20.08.2020, revised 09.01.2021, accepted 15.03.2021



ПОДПИСКА



Подписка на 2021 год

Индекс издания в объединенном каталоге «Пресса России» 36010, раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов». Журнал выходит 4 раза в год

Цена свободная

Оформить подписку онлайн можно в Интернет-каталоге «Пресса по подписке» (www.akc.ru)

Адрес Издательства

Саратовского университета (редакции):

410012, Саратов, Астраханская, 83

Тел.: +7(845-2) 51-45-49, 52-26-89

Факс: +7(845-2) 27-85-29

E-mail: izvestiya@info.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/>