

УДК 552.98(262.81)+551.762

DOI 10.47148/0016-7894-2025-2-73-90

## Результаты био- и литостратиграфических исследований карбонатных верхнеюрско-нижнемеловых продуктивных отложений Прикумско-Центрально-Каспийской системы прогибов и поднятий (Северный Каспий)

© 2025 г. | Е.Ю. Барабошкин<sup>1</sup>, А.Ю. Гужиков<sup>2</sup>, А.Б. Кузнецов<sup>3</sup>, Е.С. Платонов<sup>4</sup>, М.В. Смирнов<sup>5</sup>, А.Г. Федяевский<sup>6</sup>, А.А. Федорова<sup>4</sup>, А.С. Штунь<sup>7</sup>, О.В. Шурекова<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; EJBaraboshkin@mail.ru;

<sup>2</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия; aguzhikov@yandex.ru

<sup>3</sup>ФГБУН «Институт геологии и геохронологии докембрия РАН», Санкт-Петербург, Россия; adm@ipgg.ru

<sup>4</sup>Санкт-Петербургский филиал ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», Санкт-Петербург, Россия; fedorova@vnigni.ru

<sup>5</sup>ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Волгоград, Россия; Mikhail.Smirnov@lukoil.com

<sup>6</sup>Лаборатория палинологии и стратиграфии «PalyStrat», Санкт-Петербург, Россия; PalyStrat@yandex.ru.

<sup>7</sup>ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», Астрахань, Россия; Artem.Shtun@lukoil.com

<sup>8</sup>ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского», Санкт-Петербург, Россия; Olga\_Shurekova@karpinskyinstitute.ru

Поступила 19.02.2025 г.

Доработана 26.02.2025 г.

Принята к печати 05.03.2025 г.

**Ключевые слова:** *стратиграфия; Каспийское море; микропалеонтология; макропалеонтология; палинология; палеомагнетизм; петромагнетизм; седиментология; стабильные изотопы; секвентный анализ; корреляция; юра; мел.*

**Аннотация:** В статье приведены результаты комплексного изучения керна скважин, пробуренных в акватории Северного и Центрального Каспия. Получены детальные данные о строении разреза, макро- и микрофациях и условиях седиментации отложений. Комплекс стратиграфических работ включал микро-, макрофаунистические и палинологическое изучение, получение сведений о палео- и петромагнитном строении разреза, а также об изменении отношений стабильных изотопов  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  по разрезу. Кроме того, на основе седиментологических материалов был проведен секвентный анализ разреза. В результате обобщения данных установлен возраст отложений, проведена сопоставительная корреляция разрезов изученных скважин. Последовательность включает нижнетитонский подъярус (или его бореальный аналог — нижний и нижняя часть средневолжского подъярговярус), верхнетитонский подъярус (или его бореальный аналог — верхняя часть средневолжского и нижняя часть верхневолжского подъярговярус), берриасский ярус (или его бореальные аналоги — верхняя часть верхневолжского подъярговяруса и рязанский рговярус). Верхняя часть карбонатного разреза сильно изменена и поэтому ее возраст достоверно не обоснован. В основании разреза подтвержден кимериджский возраст отложений, но точное положение границы титона и кимериджа не установлено ввиду отсутствия керна.

Для цитирования: Барабошкин Е.Ю., Гужиков А.Ю., Кузнецов А.Б., Платонов Е.С., Смирнов М.В., Федяевский А.Г., Федорова А.А., Штунь А.С., Шурекова О.В. Результаты био- и литостратиграфических исследований карбонатных верхнеюрско-нижнемеловых продуктивных отложений Прикумско-Центрально-Каспийской системы прогибов и поднятий (Северный Каспий) // Геология нефти и газа. — 2025. — № 2. — С. 73–90. DOI: 10.47148/0016-7894-2025-2-73-90.

## Results of bio- and lithostratigraphic studies of carbonate Upper Jurassic-Lower Cretaceous productive deposits of the Prikumsko-Central-Caspian system of troughs and uplifts (Northern Caspian)

© 2025 | E.Yu. Baraboshkin<sup>1</sup>, A.Yu. Guzhikov<sup>2</sup>, A.B. Kuznetsov<sup>3</sup>, E.S. Platonov<sup>4</sup>, M.V. Smirnov<sup>5</sup>, A.G. Fedyaevskiy<sup>6</sup>, A.A. Fedorova<sup>4</sup>, A.S. Shtun<sup>7</sup>, O.V. Shurekova<sup>8</sup>

<sup>1</sup>M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; EJBaraboshkin@mail.ru;

<sup>2</sup>Saratov Chernyshevsky State University, Saratov, Russia; aguzhikov@yandex.ru

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution Institute of Precambrian Geology and Geochronology of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia; adm@ipgg.ru

<sup>4</sup>St. Petersburg branch of the Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Geological Oil Institute", Saint-Petersburg, Russia; fedorova@vnigni.ru

<sup>5</sup>LUKOIL-Engineering LLC, Volgograd, Russia; Mikhail.Smirnov@lukoil.com

<sup>6</sup>Laboratory of Palynology and Stratigraphy "PalyStrat", Saint-Petersburg, Russia; PalyStrat@yandex.ru

<sup>7</sup>LUKOIL-Nizhnevolskneft LLC, Astrakhan, Russia; Artem.Shtun@lukoil.com

<sup>8</sup>A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russia; Olga\_Shurekova@karpinskyinstitute.ru

Received 19.02.2025

Revised 26.02.2025

Accepted for publication 05.03.2025

**Key words:** *stratigraphy; Caspian Sea; micropaleontology; macropaleontology; palynology; paleomagnetism; petromagnetism; sedimentology; stable isotopes; sequence analysis; correlation; Jurassic; Cretaceous.*

**Abstract:** A comprehensive study of the core of wells drilled in the water area of the Northern and Central Caspian Sea was carried out. Detailed data on the structure of the section, macro- and microfacies, and sedimentation conditions of deposits were obtained. The integrated of stratigraphic works included micro-, macrofaunal and palynological studies, obtaining information on the paleo- and petromagnetic structure of the section, as well as on changes in the ratios of stable isotopes  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ . In addition, based on sedimentological materials, a sequential analysis of the section was carried out. As a result of data generalization, the age of the deposits was established; a section-by-section correlation of the studied boreholes was carried out. The sequence includes the Lower Tithonian substage (or its Boreal analogue – the lower and lower part of the Middle Volgian regional Substages), the Upper Tithonian Substage (or its Boreal analogue – the upper part of the Middle Volgian and the lower part of the Upper Volgian regional Substages), the Berriasian stage (or its boreal analogues – the upper part of the Upper Volgian regional Substage and the Ryazan regional Stage). The upper part of the carbonate section is strongly altered and therefore its age is not reliably substantiated. The Kimmeridgian age of the deposits at the base of the section is confirmed, but the exact position of the Tithonian and Kimmeridgian boundary has not been established due to the absence of a core.

For citation: Baraboshkin E.Yu., Guzhikov A.Yu., Kuznetsov A.B., Platonov E.S., Smirnov M.V., Fedyayevskii A.G., Fedorova A.A., Shtun' A.S., Shurekova O.V. Results of bio- and lithostratigraphic studies of carbonate Upper Jurassic-Lower Cretaceous productive deposits of the Prikumsko-Central-Caspian system of troughs and uplifts (Northern Caspian). *Geologiya nefti i gaza*. 2025;(2):73–90. DOI: 10.47148/0016-7894-2025-2-73-90. In Russ.

## Введение

Одним из перспективных регионов страны для поисков месторождений УВ-сырья является российский сектор Каспийского моря. Лидирующее положение в изучении этого региона занимает ПАО «ЛУКОЙЛ». Результаты, полученные после обработки материалов сейсмофациальных, литологических, геофизических, петрофизических и других исследований, свидетельствуют о том, что значительные перспективы связаны с карбонатным верхнеюрско-нижнемеловым комплексом отложений. На начальном этапе исследований прогнозировалось широкое развитие в этом комплексе (ранее отнесенном к образованиям титона) ловушек рифогенного типа. Но эта гипотеза не нашла подтверждения и поиск перспективных объектов потребовал более глубокого изучения литолого-фациального строения отложений, что вызвало необходимость создания детально разработанной схемы стратификации.

На сегодняшний день удовлетворительная региональная схема сопоставления юрско-меловых отложений акватории Каспия отсутствует. Все проведенные работы касались лишь обоснования присутствия крупных стратон (как правило не детальнее яруса) и поверхностного анализа разрозненного палеонтологического материала. Обязательные стратиграфические исследования имели узкопрактический характер и были направлены на создание «системы координат» для петрофизических, гидродинамических и геохимических исследований.

## Материалы и методы

Основной целью стратиграфических исследований продуктивных отложений Прикумско-Центрально-Каспийской системы прогибов и поднятий было получение комплексных данных о строении и стратиграфической принадлежности пограничного юрско-мелового интервала. В качестве объектов изучения использовались керн и шлам из отложений, ранее отнесенных к образованиям титонского яруса. В настоящей статье рассмотрены скважины с высокой охарактеризованностью керновым материалом. Продиктовано это решение как ограниченностью применения некоторых методов, использованных при изучении шлама, так и желанием на первом этапе отсеять ожидаемые разногласия относительно корректности использования данных, полученных по шламовому материалу.

Работы включали как традиционное литолого-седиментологическое исследование керна и шлама, макро-, микрофаунистическое и палинологическое изучение, так и получение магнитостратиграфических (палеомагнитных и петромагнитных) данных, а также изотопно-стратиграфическое исследование с определением вариаций изотопных отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ . На основе полученных материалов проведены детальное расчленение и корреляция разрезов скважин в целевом интервале, обоснован возраст стратиграфических подразделений.

## Строение разреза и условия осадконакопления

При седиментологических исследованиях авторы статьи опирались на терминологию, модели

и принципы интерпретации данных, изложенные в работе E. Flügel [1]. Все изученные скважины характеризуются сходным типом строения разреза в верхней части рассматриваемого интервала, близким к подробно описанным в работах ([2, 3] и др.) разрезам верхнеюрско-нижнемеловых карбонатных отложений Северного и Центрального Каспия, хотя полнота разреза и их пачечное строение несколько различаются. Рассматриваемые отложения представляют собой комплекс сульфатно-карбонатных пород с прослоями терригенно-карбонатных. Стратон слагают известняки, в разной степени доломитизированные, ангидритизированные и окремненные, доломиты, а также мергели доломитовые, песчано-алевритистые, терригенно-карбонатные породы (мергели доломитовые, алевритистые, известковистые) и изредка алевролиты с базально-поровой глинисто-карбонатной цементацией.

В изученном керне прослеживается несколько седиментационных циклов, отражающих схожую последовательность фаций от внешнего рампа до внутреннего рампа с надприливной фациальной зоной [4].

Фация внешнего рампа сложена биотурбированными песчаниками, песчанистыми вакстоунами-пакстоунами и алевролитами, переходящими кверху в биотурбированные пелоидные мадстоуны-вакстоуны-пакстоуны.

Фация среднего рампа образована биотурбированными биокластово-пелоидными мадстоунами-вакстоунами-пакстоунами, реже рудстоунами и флоатстоунами (с характерными псевдоколониальными серпулами *Filograna socialis* (Goldfuss), переходящими кверху в биокластово-пелоидные пакстоун-грейнстоуны и рудстоуны, иногда с ооидами.

Фация открыто-морского внутреннего рампа состоит из биотурбированных биокластово- и ооидно-пелоидных пакстоунов-грейнстоунов, реже рудстоунов и флоатстоунов, переходящих кверху в слоистые ооидно-пелоидные грейнстоуны. Биотурбации неопределимы.

Фация песчаного мелководья внутреннего рампа сложена биокластово- и ооидно-пелоидными горизонтально- и косослоистыми грейнстоунами, реже флоатстоунами и байндстоунами, переходящими кверху в горизонтально-слоистые строматолитовые байндстоуны.

Фация приливной зоны внутреннего рампа образована линзовидно- и горизонтально-слоистыми строматолитовыми (с низким рельефом) байндстоунами и биотурбированными мадстоунами, реже горизонтально-слоистыми ооидно-пелоидными грейнстоунами-пакстоунами, нодулярными ангидритами и доломитами. Присутствует алевритовая примесь кварца, отдельные ооиды и пелоиды.

Завершает последовательность фация надприливной зоны/верхнего пляжа внутреннего рампа, состоящая из серо- и красноцветных биотурбированных известковых алевролитов и биотурбированных

алевритистых мадстоунов и алевролитов с песчаной примесью (до песчаников) и ангидритами себхи.

Хорошо прослеживается несколько седиментационных циклов (секвенций), отражающих последовательную смену фаций: от трансгрессивных внешнего рампа до регрессивных внутреннего рампа. Во всех скважинах идентифицированы секвенции Ti3, Ti5, Ti6, Be2 [4, 5]. В остальных случаях присутствуют только фрагменты секвенций или они не установлены из-за перерывов. Наиболее четко представлена секвентная граница SB Ti6, выраженная красноцветными алевритовыми мадстоунами с нодулярными ангидритами надприливной зоны (себхи). Она отвечает максимальному обмелению данного региона.

### Биостратиграфические исследования

Палеонтологические исследования включали макрофаунистический (аммониты, брахиоподы, двустворки), микрофаунистический (фораминиферы и остракоды), палинологический (споры, пыльца и микрофитопланктон) анализы. Объем ярусов и подъярусов и корреляция бореальной и тетической шкал приняты согласно последним публикациям [6–8].

### Макрофаунистический анализ

Находки макрофауны редки. Нижняя часть разреза охарактеризована брахиоподами, определяющими титонский (*Rhactorhynchia* aff. *baksanensis* (Moiss.)) или поздневолжский (*Rhynchonella rouillieri elionica* Makridin, *R. cf. rouillieri eltonica* Makridin) возраст. Остальной комплекс характеризует позднюю юру: *Septaliphoria* (?) aff. *pinguis* (Roem.) и *S. cf. pinguis* (Roem.), *Monticlarella* (?) aff. *striocincta* (Quenst.).

Вышележащий комплекс содержит позднеберриасские брахиоподы *Septaliphoria* cf. *khvalynica* (Moiss.), эндемичные для позднего берриаса Каспийско-Кавказского региона. Выше встречены брахиоподы *Praecyclothyris gracilis* P. cf. *gracilis* Lob., *Cyclothyris kiparisovae* (Moiss.) и *Septaliphoria ornata* Lob. и двустворки *Myophorella loewinsonlessingi* (Renng.) (рис. 1), характеризующие верхнюю часть нижнего берриаса и верхний берриас. В этом же интервале найден верхнеберриасский аммонит средней сохранности, ранее определенный авторами статьи как *Transcaspiites* sp.ind., напоминающий *T. transfigurabilis* (Bogosl.) (рис. 2). Таксономические признаки аммонита не очень хорошо сохранились, поэтому нельзя исключить, что это представитель рода *Riasanites* sp., что, впрочем, не влияет на вывод о возрасте. Несколько выше этих находок в той же секвенции встречены брахиоподы *Cyclothyris irregularis* (Pict.), *Cyclothyris kiparisovae* (Moiss.) и бухии *Buchia uncitoides* (Pavlow), типичные для рязанского региояруса (верхнего берриаса). Таким образом, находки макрофауны позволяют предполагать, что надсредне- и верхневолжскими отложениями в рассматриваемых скважинах с перерывом залегают отложения рязанского региояруса (верхний берриас).



Рис. 1. *Myophorella loewinsonlessingi* (Renng.)

Fig. 1. *Myophorella loewinsonlessingi* (Renng.)



Рис. 2. *Transcspiites* sp. или *Riasanites* sp.

Fig. 2. *Transcspiites* sp. or *Riasanites* sp.



### Микрофаунистический анализ

Микрофауна изучена более чем в 20 скважинах. При микрофаунистическом анализе применялось два методических подхода: традиционный для исследования мезозойского интервала разреза в отмытых порошках (более 200 образцов) и в шлифах по случайно ориентированным срезам (порядка 1500). Наиболее многочисленны и информативны фораминиферы; остракоды, радиолярии, нанофоссилии и зубы встречаются редко в единичных экземплярах.

В интервале средняя – верхняя юра – нижний мел по фораминиферам выделено 11 стратиграфических уровней: байос – бат, верхний келловей – средний оксфорд, кимеридж, верхний кимеридж – титон, титон, средняя волга – нижняя часть рязани, берриас, валанжин, верхний баррем, верхний баррем – средний апт, средний альб. Наиболее детально изучены приграничные отложения верхней юры/нижнего мела двух типов разреза: субтетического (титон/берриас) и бореального (волга/рязань), хорошо прослеживаемых по ряду скважин.

В зависимости от типа встреченной фауны фораминифер (тетического или бореального) используются титонский или волжский, берриасский или рязанский ярусы.

Всего было выявлено четыре стратиграфических уровня в ранге слоев с фораминиферами: *Protopeneroplis* cf. *striata*, *Melathrokerion eospirialis*, *Meandrospira* aff. *favrei* (jurassica) – титон; *Protopeneroplis ultragranulata* – берриас (рис. 3); *Globuligerina oxfordiana*, *Globuligerina bathoniana* – кимеридж(?); *Spiroplectammina vicinalis*, *Recurvoides* cf. *excellens* средняя волга – рязань (рис. 4).

Нижняя часть сульфатно-карбонатной толщи менее насыщена микрофауной. В шлифах здесь чаще других встречаются мелкие секреторные формы *Nodosariidae* (*Lenticulina*, *Astacolus*, *Dentalina*, *Planularia*, *Nodosaria*). Среди стратиграфически значимых видов – *Protopeneroplis* cf. *striata* Weyn. имеет широкое распространение в кимеридж-титонских

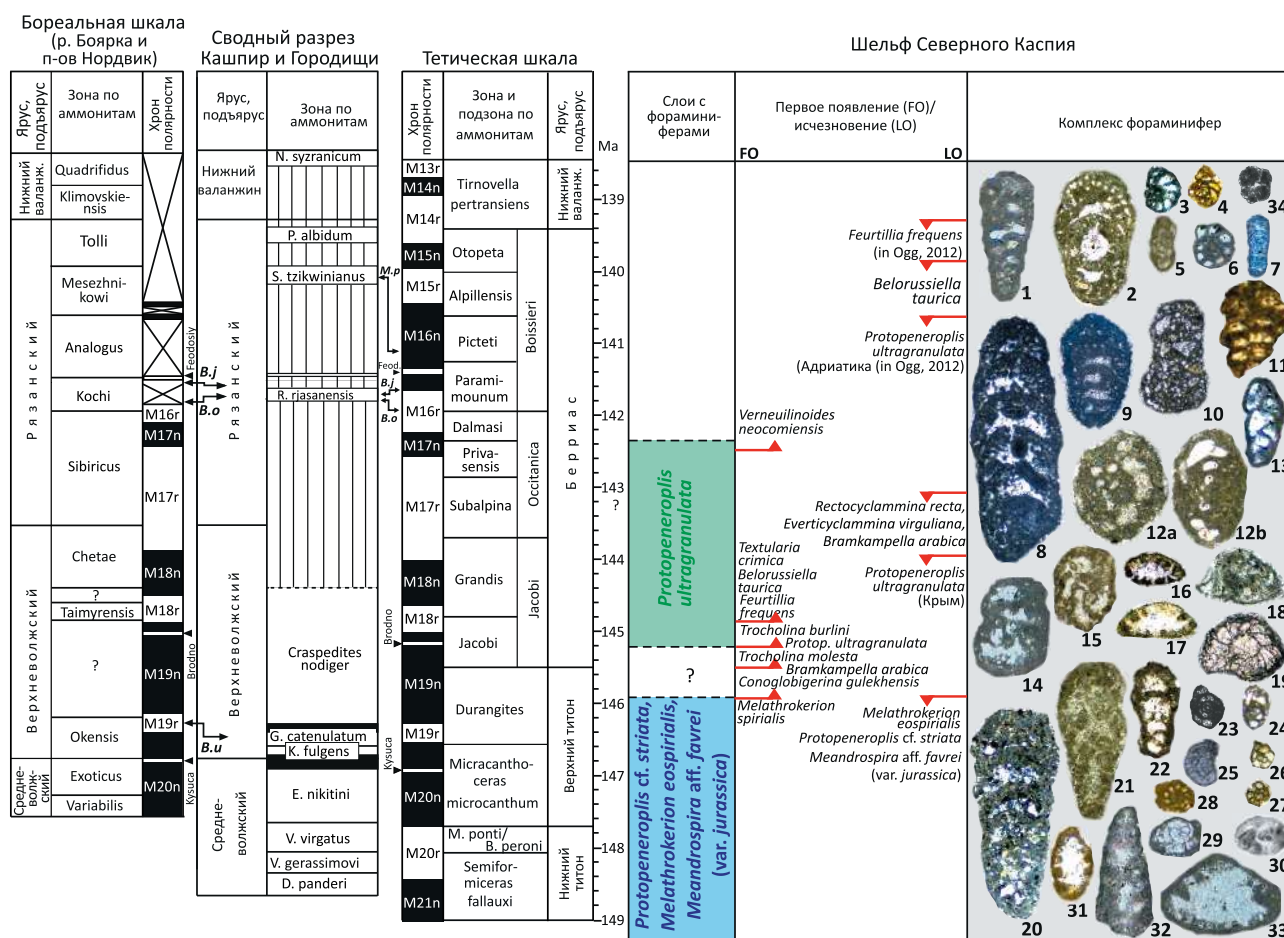
отложениях Тетиса и Субтетиса (Марокко, Испания, Франция, Швейцария, Австрия, Италия, Греция, Турция, Израиль, Иран, Пакистан, Крым, Балканы, Кавказ) и вымирает в конце позднего титона. Вид *Melathrokerion eospirialis* Gorb. описан из титонских отложений Крыма. Вид *Meandrospira favrei* (Char, Brönn. et Zan.) описан из верхнего валанжина – нижнего готерива Франции [10], известен из отложений верхнего валанжина – нижнего готерива Болгарии, Турции [11, 12]. В каспийском материале, а также в разрезах Крыма близкая форма «*Meandrospira* aff. *favrei* (var. *jurassica*)» встречается в отложениях верхней юры (титона).

В верхней части сульфатно-карбонатной толщи, относительно богатой фораминиферами, встречаются *Bulbobaculites inconstans* (Bart. et Brand), *Rectocyclammina chouberti* Hött., *R. recta* Gorb., *Everticyclammina* cf. *virguliana* (Koech.), *Nautiloculina oolithica* Mohler, *Pseudocyclammina lituus* (Yok.), *Melathrokerion spirialis* Gorb., *Charentia evoluta* Gorb., *Feurtillia frequens* Maync, *Amijiella amiji* (Henson), *Belorussiella taurica* Gorb., *Textularia crimica* Gorb., *Quinqueloculina mitchurini* Dain, *Q. verbizhiensis* Dulub, *Planularia madagascariensis* Esp. et Sigal, *Tristix arcer* Mjatl., *Protopeneroplis ultragranulata* (Gorb.), *Trocholina alpina* (Leup.), *T. elongata* (Leup.), *T. burlini* Gorb., *T. molesta* Gorb. и прочие виды, характерные для нижней части берриасских отложений Крыма и в целом для Тетической провинции.

F-зона *Protopeneroplis ultragranulata*, прослеживаемая в карбонатных и терригенно-карбонатных разрезах Тетиса и Субтетиса, наиболее четко сопоставлена с аммонитами на территории Крыма и соотнесена с интервалом аммонитовых зон Jacobi (без нижней части) – нижняя часть Occitanica [13–17]. На территории Хвалынской площади комплекс с *Protopeneroplis ultragranulata* встречен совместно с двустворками, брахиоподами и сопоставлен с зоной Euthymi [2]. В других регионах данный вид распространен, как минимум, до валанжина – готерива [18].

Рис. 3. Фораминиферы титон-берриасских отложений северной части шельфа Каспийского моря (по [4, 9])

Fig. 3. Foraminifera of the Tithonian-Berriasian deposits in the northern part of the Caspian shelf [4, 9]



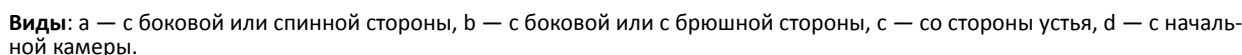
1 — *Verneuilinoides neocomiensis* (Mjatl, 1939); 2 — *Pseudocyclammina lituus* (Yok., 1890); 3, 4 — *Feurtillia frequens* Maync, 1958; 5 — *Charentia evoluta* (Gorb., 1968); 6 — *Nautiloculina oolithica* Mohler, 1938; 7 — *Bulbobaculites inconstans* (Bart. et Brand, 1951); 8, 9 — *Amijiella amiji* (Henson, 1948); 10 — *Ammobaculites aff. prosper* Mjatl., 1973; 11 — *Textularia crimica* (Gorb., 1971); 12 — *Melathrokerion spiralis* Gorb., 1968; 13 — *Belorussiella taurica* Gorb., 1971; 14, 15 — *Everticyclammina virguliana* (Koech., 1943); 16 — *Trocholina molesta* Gorb., 1956; 17 — *Trocholina burlini* Gorbachik, 1956; 18, 19 — *Protopeneroplus ultragranulata* (Gorb., 1971); 20 — *Rectocyclammina chouberti* Hottinger, 1967; 21, 22 — *Rectocyclammina recta* Gorb. et Moh., 1997; 23, 24 — *Melathrokerion eospiralis* Gorb., 1985; 25–27 — *Meandrospira aff. favrei* (Char., Brönn. et Zan.i, 1966) (var. jurassica); 28 — *Recurvoides* sp.; 29, 30 — *Protopeneroplus striata* Weyn., 1950; 31, 32 — *Trocholina elongata* (Leup., 1936); 33 — *Trocholina alpina* (Leup., 1936); 34 — *Conoglobigerina gulekhensis* (Gorb. et Porosh., 1979)

1 — *Verneuilinoides neocomiensis* (Mjatl, 1939); 2 — *Pseudocyclammina lituus* (Yok., 1890); 3, 4 — *Feurtillia frequens* Maync, 1958; 5 — *Charentia evoluta* (Gorb., 1968); 6 — *Nautiloculina oolithica* Mohler, 1938; 7 — *Bulbobaculites inconstans* (Bart. et Brand, 1951); 8, 9 — *Amijiella amiji* (Henson, 1948); 10 — *Ammobaculites aff. prosper* Mjatl., 1973; 11 — *Textularia crimica* (Gorb., 1971); 12 — *Melathrokerion spiralis* Gorb., 1968; 13 — *Belorussiella taurica* Gorb., 1971; 14, 15 — *Everticyclammina virguliana* (Koech., 1943); 16 — *Trocholina molesta* Gorb., 1956; 17 — *Trocholina burlini* Gorbachik, 1956; 18, 19 — *Protopeneroplus ultragranulata* (Gorb., 1971); 20 — *Rectocyclammina chouberti* Hottinger, 1967; 21, 22 — *Rectocyclammina recta* Gorb. et Moh., 1997; 23, 24 — *Melathrokerion eospiralis* Gorb., 1985; 25–27 — *Meandrospira aff. favrei* (Char., Brönn. et Zan.i, 1966) (var. jurassica); 28 — *Recurvoides* sp.; 29, 30 — *Protopeneroplus striata* Weyn., 1950; 31, 32 — *Trocholina elongata* (Leup., 1936); 33 — *Trocholina alpina* (Leup., 1936); 34 — *Conoglobigerina gulekhensis* (Gorb. et Porosh., 1979)

В терригенно-карбонатном разрезе выделен комплекс, содержащий в основном бореальный бентос и единичные тетические формы. Общим фоном в комплексе идут примитивные формы; доминируют *Trochammina*, представленные более чем восемью видами; регулярно встречаются раковины двух-четырех видов *Recurvoides*, *Cribrostomoides*, *Haplophragmoides*, *Kutsevelia*; единичны *Spiroplectammina* и *Ataxophragmiidae*. В целом в комплекс входят следующие виды: *Lagenammina diffugiformis* (Brady), *Reophax adaptatus* Dain, *R. sterkii*

Häusler, *Thalmanammina paucus* (Dubr.), *Recurvoides* cf. *excellens* Rygina, *R. transitorius* Bul., крупные *Evolutinella* (в том числе *Evolutinella volossatovi* (Schar.) и *Evolutinella emeljanzevi* (Schl.), *Cribrostomoides* cf. *umbonatus* (Rom.), *C. ex gr. romanovae* Bulyn., *Haplophragmoides* ex gr. *volgensis* Mjatl., *Kutsevelia praegoodlandensis* (Bulyn.), *K. haplophragmoides* (Furs. et Pol.), *Pseudocyclammina lituus* (Yok.), *Ammobaculites infravolgensis* Mjatl., *A. planus* Mjatl., *Bulbobaculites inconstans* (Bart. et Brand), *B. cf. pokrovkaensis* Kosyr., *Haplophragmium elenae* (Dain), *H. cf. disseptum*

**Fig. 4.** Foraminifera of the Kimmeridgian-Ryazanian deposits in the northern part of the Caspian Sea shelf [4, 9]



1 — *Recurvoides excellens* Rygina, 1961; 2 — *Recurvoides* aff. *princeps* (Kurb. et Mam., 1970) (= *R. princeps* в [19] фиг. 3, 5); 3 — *Recurvoides stschekuriensis* Dain, 1972; 4 — *Recurvoides* cf. *transitorius* Bul., 1973; 5 — *Haplophragmoides* ex gr. *volgensis* Mjatl., 1939; 6 — *Thalmanammina paucus* (Dub., 1962); 7 — *Cribrostomoides* cf. *umbonatus* (Rom., 1960); 8 — *Evolutinella* cf. *vollossatoi* (Schar., 1966); 9 — *Evolutinella* cf. *emeljanzevi* (Schl., 1966); 10, 11 — *Ammobaculites infravolgensis* Mjatl., 1939; 12 — *Kutsevela praegodlandensis* (Bul., 1972); 13 — *Pseudocyclammmina lituus* (Yok., 1890); 14 — *Haplophragmium elenae* (Dain, 1958); 15 — *Trochammina* cf. *pseudoinflata* Rygina, 1971; 16 — *Trochammina rosacea* Zasp., 1948; 17 — *Trochammina* ex gr. *misinovi* Levina, 1972; 18 — *Trochammina kondaensis* Levina, 1972; 19 — *Dorothia* cf. *tortuosa* Dain et Komiss., 1972; 20 — *Verneuilinoides* cf. *kirillae* Dain, 1971; 21 — *Spiroplectammina tobolskensis* Beljaev. et Komiss., 1972; 22, 23 — *Spiroplectammina* ex gr. *vicinalis* Dain, 1967; 24 — *Recurvoides* aff. *embaensis* Rygina, 1971; 25 — *Globuligerina oxfordiana* (Grigelis, 1958); 26 — *Globuligerina bathoniana* (Pazdrowa, 1969)

**Views:** a — lateral or dorsal, b — lateral or ventral, c — apertural, d — proloculus.

1 — *Recurvoides excellens* Rygina, 1961; 2 — *Recurvoides* aff. *princeps* (Kurb. et Mam., 1970) (= *R. princeps* в [19] фиг. 3, 5); 3 — *Recurvoides stschekuriensis* Dain, 1972; 4 — *Recurvoides* cf. *transitorius* Bul., 1973; 5 — *Haplophragmoides* ex gr. *volgensis* Mjatl., 1939; 6 — *Thalmanammia paucus* (Dub., 1962); 7 — *Cribrostomoides* cf. *umbonatus* (Rom., 1960); 8 — *Evolutinella* cf. *vollosattori* (Schar., 1966); 9 — *Evolutinella* cf. *emeljanzevi* (Schl., 1966); 10, 11 — *Ammobaculites infravolgensis* Mjatl., 1939; 12 — *Kutsevela praegoodlandensis* (Bul., 1972); 13 — *Pseudocyclammia lituus* (Yok., 1890); 14 — *Haplophragmium elenae* (Dain, 1958); 15 — *Trochammia* cf. *pseudoinflata* Rygina, 1971; 16 — *Trochammia rosacea* Zasp., 1948; 17 — *Trochammia* ex gr. *misinovi* Levina, 1972; 18 — *Trochammia kondaensis* Levina, 1972; 19 — *Dorothia* cf. *tortuosa* Dain et Komiss., 1972; 20 — *Verneulinoides* cf. *kirillae* Dain, 1971; 21 — *Spiroplectammia tobolskensis* Beljaev. et Komiss., 1972; 22, 23 — *Spiroplectammia* ex gr. *vicinalis* Dain, 1967; 24 — *Recurvoides* aff. *embaensis* Rygina, 1971; 25 — *Globuligerina oxfordiana* (Grigelis, 1958); 26 — *Globuligerina bathoniana* (Pazdrowa, 1969)

Levina, *T. ex gr. misinovi* Levina, *T. rosacea* Zasp., *T. cf. annae* Levina, *T. minutissima* Dain, *T. cf. pseudoinflata* Rygina, *T. neocomiana* Mjatl., *Spiroplectamina cf. vicinalis* Dain и др. Данная ассоциация состоит из

характерных видов комплексов *f*-зон бореально-го стандарта *Spiroplectammina vicinalis*, *Dorothia tortuosa* и *Ammodiscus veteranus*, *Evolutinella emeljanzevi*, принятых в объеме *a*-зон от *Pectinatus* до *Sibiricus*, а также слоев с “*Ammobaculites granulatum*”, *Lenticulina andromede*, *Lenticulina dzharmyschensis* и *Recurvoides valanginicus*, *Recurvoides embaensis*, распространенных в берриасе Прикаспия, сопоставленных с *a*-зонами *Rjasanensis* и *Tzikwinianus* [15, 19]. На Восточно-Европейской платформе зоны *Spiroplectammina vicinalis*, *Dorothia tortuosa* сопоставляются с объемом аммонитовых зон от *Sokolovi* до *E. nikitini* и наиболее часто встречаются совместно с аммонитами зоны *Panderi*.

Отличительной чертой смешанного сарматско-хвалынского комплекса является отсутствие секреторного бентоса. Похожая картина наблюдается в отложениях средней части баженовского горизонта Западной Сибири (в ряде скважин сонахождение *Spiroplectammina* cf. *vicinalis*, крупных *Evolutinella* и сопутствующего видового ряда *Recurvoides* и *Trochammina* совместно с аммонитами *a*-зон *Maximus*, *Groenlandicus*, *Taimyrensis*) ([20, 21] и многочисленные фондовые материалы). Причем количество и разнообразие *Recurvoides* и *Trochammina* увеличивается в берриасской части разреза. Большинство видов *Recurvoides*, обнаруженных в каспийском материале, встречалось в единичных экземплярах в разрезах Восточного Крыма в верхней части *a*-зоны *Jacobi* и зонах *Occitanica* и *Boissieri* [17, 22]. Исходя из более широкого распространения видов, подтвержденного совместными находками аммонитов в Сибири и Крыму, и принимая вышележащие слои с *Protopeneroplis ultragranulata* в объеме *a*-зон *Jacobi* и нижней части *Occitanica*, стратиграфическое положение «смешанного» комплекса слоев *Spiroplectammina vicinalis*, *Recurvoides* cf. *excellens* рассматривается в интервале от верхней части средней волги до нижней части рязани, примерно сопоставимом с интервалом *a*-зон от *Maximus* до *Sibiricus*.

Планктонные *Globuligerina oxfordiana* (Grigelis, 1958) и *Globuligerina bathoniana* Pazdrowa, 1969 встречены только в одном образце шлама. Эти формы известны в широком диапазоне от байоса до кимериджа с доминированием в оксфорде и кимеридже/бате и кимеридже соответственно. На основании этого возраст уровня с находкой *Globuligerina oxfordiana* и *G. bathoniana* авторы статьи рассматривают не моложе кимериджа. Однако следует учесть мнение, что эти формы могут появляться и в титоне [23].

В ходе микропалеонтологических исследований были встречены единичные остракоды удовлетворительной сохранности. Вид *Reticythère marfenini* (Tesakova et Rachenskaya, 1996) описан из верхней части берриаса Центрального Крыма (зона *Boissieri*). Позднее встречен в средней и верхней частях берриаса Центрального и Юго-Западного Крыма (зона *Occitanica*, подзона *tauricum* и зона *Boissieri*).

### Палинологический анализ

Материалом для палинологического анализа пограничных отложений юры и мела послужили 170 образцов из 15 скважин Северного Каспия. Палинологические спектры образцов верхней юры качественно отличаются от нижнемеловых. Органомацераты из кимериджа – титона содержат аморфное ОВ, деградированные фитокласты и единичные палиноморфы плохой сохранности, тогда как для берриаса характерно обилие палиноморф хорошей сохранности, среди которых доминируют цисты динофлагеллят – морские одноклеточные органикостенные протисты (диноцисты).

Несмотря на обедненность палиноморфами в образцах из отложений верхней юры удалось выявить стратиграфически значимые виды диноцист, по присутствию которых установлено три уровня (рис. 5). Первый – верхний кимеридж, для которого характерно акме видов *Subtilisphaera? inaffecta* (Drugg) Bujak et Davies/S.? *paeminosa* (Drugg) Bujak et Davies, что фиксируется в многочисленных разрезах Европы [24–29]. Второй стратиграфический уровень – нижняя волга – обоснован присутствием вида диноцист *Perisseiasphaeridium pannosum* Davey et Will., распространение которого ограничено поздним кимериджем – ранней волгой. Обилие вида *Systematophora? daveyi* Riding et Thomas, первое частое появление которого типично для нижней части нижней волги [27], сужает датировку уровня до ранней волги. Палинологически неохарактеризованный интервал между верхнекимериджским и нижнетитонским уровнями по диноцистам составляет около 100 м. Третий уровень – средняя волга или верхний титон – выделяется по присутствию видов диноцист *Dichadogonyaulax culmula* (Norris) Loeb. et Loeb., *Leptodinium subtile* Klem., *Gochteodinia mutabilis* (Riley in Fisher et Riley), *Muderongia simplex* sensu Riding et al., 2000, *Glossodinium dimorphum* (Ioann. et al.), *Systematophora? daveyi* (Riding et Thomas), общий возрастной диапазон распространения которых в Северо-Западной Европе соответствует средней волге [27, 30–32].

В меловой (берриасской) части разреза морские диноцисты составляют около 90–100 % остальных палиноморф (спор, пыльцы, акритарх и пражифитов).

В большинстве скважин установлен единый комплекс диноцист *Phoberocysta neocomica* (Gocht) Mill., *Kleithriasphaeridium fasciatum* (Davey et Will.) Davey, *Palaecysta palmula* (Davey) Will. et Fens., в составе которого наряду с видами, появляющимися в берриасе (*Phoberocysta neocomica*, *Kleithriasphaeridium fasciatum*, *Palaecysta palmula*, *Batioladinium pomum* Davey, *Batioladinium? gochtii* (Alb.) Lentin et Will., *Spiculodinium neptuni* (Eisen.) Duxb., *Scriniodinium dictyotum* Cooks. et Eisen., *Systematophora* sp. II Davey, 1982, *Dingodinium cerviculum* Cooks. et Eisen.), присутствуют виды, переотложенные из верхней юры (исчезают в волге – *Systematophora? ovata* Gitm. et Sarj., *Senoniasphaera jurassica* (Gitm. et Sarj.) Lentin



**Рис. 5.** Биостратиграфическая шкала по диноцистам для пограничных отложений юры и мела Северного Каспия

**Fig. 5.** Biostratigraphic scale of dinocysts for the Jurassic-Cretaceous boundary deposits in the North Caspian region

Hesselbo et al., 2020 [42]		Система		Отдел		Ярус		Подъярус		Региональный		Подъярус		Слои с диноцистами Северного Каспия	
														Данная статья	
ЮРСКАЯ	Верхний	Меловая	Нижний	Берриасский						Рязанский				<i>Phoberocysta neocomica</i> , <i>Kleithriasphaeridium fasciatum</i> , <i>Palaecysta palmula</i>	
														?	
	Верхний			Титонский						Волжский				<i>Gochteodinia mutabilis</i>	
														<i>Perisseiasphaeridium pannosum</i>	
	Верхний			Киммериджский										<i>Subtilisphaera? inaffecta / paeminosa</i>	
														?	

et Will., *Kalyptea stegasta* (Sarj.) Wigg., *Gochteodinia antennata* (Gitm. et Sarj.) Below). Постоянно встречаются *Muderongia endovata* Riding et al., *Tehamadinium* spp., *Kleithriasphaeridium eoinodes* (Eisen.) Davey, *Hystrichodinium pulchrum* Defl., *Exochosphaeridium* spp. Спорадически встречаются *Amphorulacysta? expirata* (Davey) Will. et Fens., *A. metaelliptica* (Dodek.) Will. et Fens., *Ctenidodinium elegantulum* Mill., *Downiesphaeridium tribuliferum* (Sarj.) Masure in Fauc. et Masure, *Epiplosphaera reticulospinosa* Klem., *Gochteodinia villosa* subsp. *villosa* (Vozzh.) Norris, *Isthmocystis distincta* Duxb., *Sentusidinium echinatum* (Gitm. et Sarj.) Sarj. et Stover, *Tubotuberella apatela* (Cooks. et Eisen.) Ioann. et al., *T. rhombiformis* Vozzh.

Появление *Palaecysta palmula* зафиксировано в аммонитовой зоне Rjasanensis нижнерязанского подъяруса бассейна р. Волга (разрез Кашпир) [33], в аммонитовой зоне Runctoni нижнерязанского подъяруса Дании [34] и в *a*-зоне *Stenomphalus* верхнерязанского подъяруса Англии [27, 35]. В Крыму присутствие *Palaecysta palmula* отмечено в верхней части аммонитовой зоны *Alpillensis* верхнего берриаса (уровень подзоны *Otopeta*) [23]. Появление этого вида в разрезе на р. Урух (Северный Кавказ) зафиксировано в основании аммонитовой зоны *Boissieri* (подзона *R. rjasanensis*–*S. cautleyi*) [36].

*Kleithriasphaeridium fasciatum* появляется в аммонитовой зоне *Icenii* верхнерязанского подъяруса Дании [34].

*Phoberocysta neocomica* встречен в средней части берриаса (зона *Occitanica*) Горного Крыма [37, 38], в зоне *Tzikwinianus* верхней рязани бассейна р. Волга (разрез Кашпир) [33], в верхнем берриасе Нидерландов [39] в верхнем берриасе Англии [27, 35, 40].

В позднем берриасе исчезают виды *Amphorulacysta? expirata* (Горный Крым и бассейн

р. Волга [33, 37, 38]), *Systematophora areolata* (Тетис [41] и Горный Крым [37]).

Описываемый комплекс диноцист обнаруживает наибольшее сходство с комплексами, установленными в аммонитовой зоне *Boissieri* верхнего берриаса Северного Кавказа [36] и Восточного Крыма [22].

Результатом палинологического исследования пограничного интервала юры и мела является предлагаемая шкала по диноцистам (см. рис. 5), созданная с учетом детально разработанных шкал с известными событиями появления и исчезновения видов-индексов Франции, Крыма, Русской платформы, Англии и Дании. Подразделения киммериджа – берриаса, выделенные по комплексам диноцист (рис. 6), обладают уникальными палинологическими характеристиками, в связи с чем предлагаются авторами статьи в ранге слоев с диноцистами.

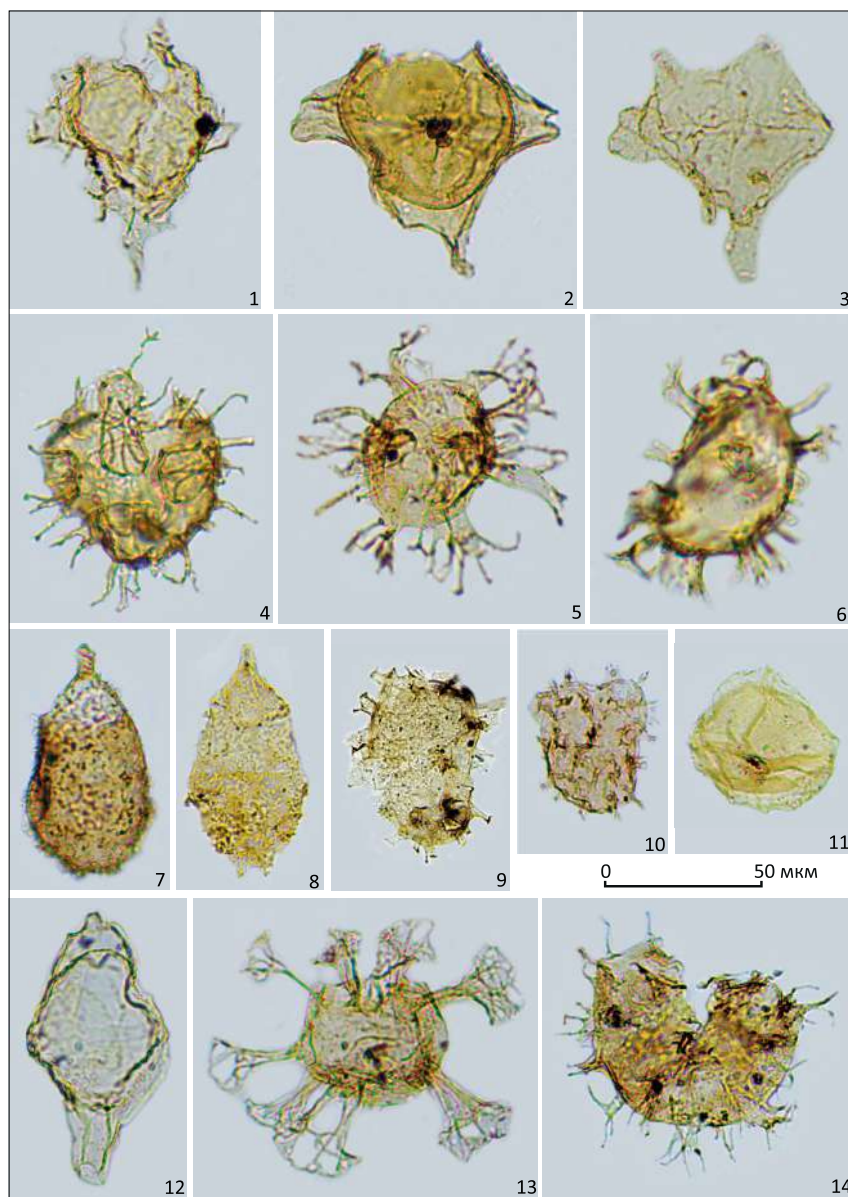
### Палео- и петромагнитные исследования

В процессе исследований установлено, что в отложениях доминирует намагниченность, соответствующая нормальной геомагнитной полярности. Обратная полярность фиксируется как правило на единичных уровнях, которые спорадически рассеяны по разрезам. Возможно, породы перемагничены современным полем, но не менее вероятной выглядит версия о приобретении осадками намагниченности на стадии диагенеза. Если изученные отложения не древнее хрона M20n, соответствующего низам верхнего титона и не моложе хрона M18n, характеризующего подзону *Grandis* зоны *Jacobi* (нижнего берриаса) [38, 43], то осадки могли не успевать литифицироваться в кратковременные эпохи обратной полярности: M20n1r (0,056 млн лет), M19r (0,227 млн лет), M19n.1r (0,038 млн лет) и M18r (0,320 млн лет) [5], и фиксация намагниченности могла происходить позже, в более длительные хроны нормальной полярности.

Ориентируясь в первую очередь на результаты измерений удельной магнитной восприимчивости (*Km*), в изученных разрезах было выделено пять петромагнитных комплексов (ПК): два с повышенной магнитной восприимчивостью (ПК<sup>+</sup>) и три самых слабомагнитных (ПК<sup>-</sup>). Все петромагнитные комплексы и их границы дополнительно индивидуализируются особенностями распределения других петромагнитных характеристик. Выделение магнитостратиграфических подразделений петромагнитного обоснования проводилось в соответствии со Стратиграфическим кодексом России [44] и принципами геологической интерпретации петромагнитных данных [45–47]. Для удобства описания ПК<sup>+</sup> и ПК<sup>-</sup> были пронумерованы снизу вверх по разрезу (ПК<sup>+</sup>1, ПК<sup>+</sup>1, ПК<sup>+</sup>2 и т. д.). В ряде случаев петромагнитные комплексы можно дополнительно подразделить на петромагнитные интервалы, которые индексируются дополнительной цифрой в названии ПК и тоже нумеруются снизу вверх по разрезу (например, ПК<sup>+</sup>2.1, ПК<sup>+</sup>2.2, ПК<sup>+</sup>2.3 и т. д.).

Рис. 6. Диноцисты титона — берриаса Северного Каспия

Fig. 6. Dinocysts of the Tithonian-Berriasian deposits in the North Caspian region



1 — *Phoberocysta neocomica* (Gocht, 1957) Mill., 1969; 2 — *Muderongia endovata* Riding et al., 2000; 3 — *Muderongia simplex* Alb., 1961 sensu Riding et al., 2000; 4 — *Systematophora areolata* Klem., 1960; 5 — *Palaecysta palmula* (Davey, 1982) Will. et Fens., 2016; 6 — *Kleithrasphaeridium fasciatum* (Davey et Will., 1966) Davey, 1974; 7 — *Gochteodinia mutabilis* Davey, 1982; 8 — *Batioladinium? gochtii* (Alb., 1961) Lent. et Will., 1977; 9 — *Egmontodinium toryna* (Cook. et Eisen., 1960) Davey, 1979; 10 — *Amphorulacysta? expirata* (Davey, 1982) Will. et Fens., 2016; 11 — *Subtilisphaera? inaffecta* (Drugg, 1978) Bujak et Davies, 1983; 12 — *Tubotuberella rhombiformis* Vozzh., 1967; 13 — *Stiphrosphaeridium dictyophorum* (Cook. et Eisen., 1958) Lent. et Will., 1985; 14 — *Systematophora? ovata* Gitm. et Sarj., 1972

1 — *Phoberocysta neocomica* (Gocht, 1957) Mill., 1969; 2 — *Muderongia endovata* Riding et al., 2000; 3 — *Muderongia simplex* Alb., 1961 sensu Riding et al., 2000; 4 — *Systematophora areolata* Klem., 1960; 5 — *Palaecysta palmula* (Davey, 1982) Will. et Fens., 2016; 6 — *Kleithrasphaeridium fasciatum* (Davey et Will., 1966) Davey, 1974; 7 — *Gochteodinia mutabilis* Davey, 1982; 8 — *Batioladinium? gochtii* (Alb., 1961) Lent. et Will., 1977; 9 — *Egmontodinium toryna* (Cook. et Eisen., 1960) Davey, 1979; 10 — *Amphorulacysta? expirata* (Davey, 1982) Will. et Fens., 2016; 11 — *Subtilisphaera? inaffecta* (Drugg, 1978) Bujak et Davies, 1983; 12 — *Tubotuberella rhombiformis* Vozzh., 1967; 13 — *Stiphrosphaeridium dictyophorum* (Cook. et Eisen., 1958) Lent. et Will., 1985; 14 — *Systematophora? ovata* Gitm. et Sarj., 1972

Все петромагнитные комплексы и интервалы уверенно опознаются и прослеживаются в изученных скважинах рассматриваемого района (рис. 7).

Петромагнитный комплекс ПК<sup>1</sup> отвечает зоне Panderi средневожского подъяруса. Совокупность комплексов ПК<sup>1</sup> и ПК<sup>2</sup>, за исключением верхов ПК<sup>2</sup>, сопоставляется с аммонитовыми зонами Fulgens – Subditus – Taimyrensis – Mauryniensis верхневожского подъяруса. Кровля ПК<sup>2</sup>, петромагнитные комплексы ПК<sup>2</sup> и ПК<sup>3</sup>, присутствующие во всех изученных скважинах, относятся к рязанскому региоярсу нижнего мела. Уникальным, легко опознаваемым петромагнитным репером в пределах Прикумско-Центрально-Каспийской системы прогибов и поднятий, является интервал ПК<sup>2.2</sup>, установленный в одной из скважин и предположитель-

но соответствующий верхам зоны Jacobi (подзоны grandis) тетического берриаса.

Материалы детальных петромагнитных исследований позволили дополнительно расчленить исследуемые разрезы и провести их детальную корреляцию. Результаты петромагнитной и биостратиграфической корреляции хорошо согласуются между собой несмотря на то, что базируются на различных принципах.

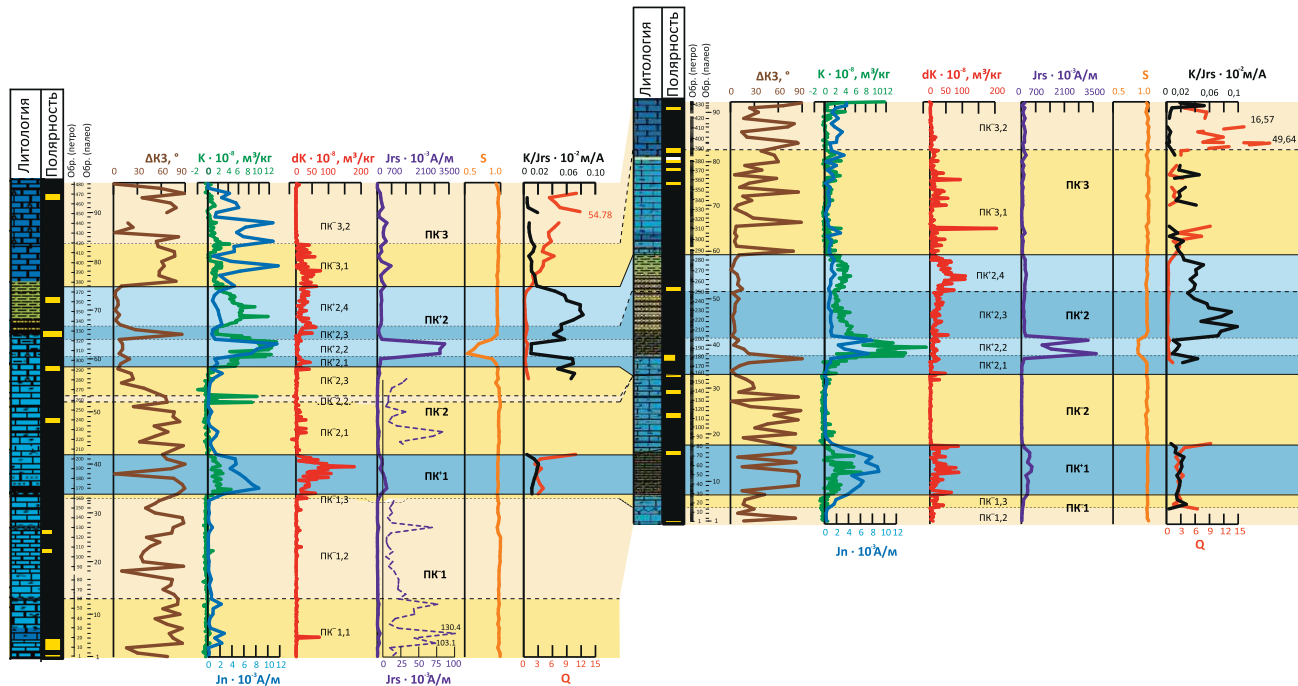
#### Стронций-хемотратиграфические исследования

Авторы статьи в исследованиях использовали данные, полученные еще одним непалеонтологическим стратиграфическим методом — стронциевой изотопной хемотратиграфией (SIS). Данный метод



Рис. 7. Фрагмент схемы корреляции разрезов пограничного интервала юры – мела, вскрытых скважинами, корреляция по петромагнитным данным

Fig. 7. Fragment of the correlation chart based on petromagnetic data for the Jurassic – Cretaceous boundary interval exposed in the wells



$\Delta K_3$  — отклонение минимальной оси эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости от вертикали;  $K_m$  — удельная магнитная восприимчивость;  $dK_m$  — прирост удельной магнитной восприимчивости образцов после их прогрева при температуре 500 °С в течение 1 ч;  $J_n$  — естественная остаточная намагниченность;  $J_{rs}$  — остаточная намагниченность насыщения (за которую условно принята намагниченность после воздействия полем 700 мТл). Параметр  $S = -J_{r(-300)}/J_{rs}$ , где  $J_{r(-300)}$  — остаточная намагниченность после воздействия полем 300 мТл, обратным полем насыщения (значения  $S < 1$  свидетельствуют о доминировании в образце магнитоупорной фазы, а значения, близкие к 1, о преобладании магнетомягких минералов);  $Q_n$  — параметр Кенигсбергера (отношение  $J_n$  к индуктивной намагниченности). Значение отношения  $K/J_{rs}$  пропорционально среднему размеру ферромагнитных зерен при условии постоянства состава минерала-носителя  $J_n$

$\Delta K_3$  — deviation of the minimum axis of the magnetic susceptibility anisotropy ellipsoid from the vertical;  $K_m$  — mass magnetic susceptibility;  $dK_m$  — mass magnetic susceptibility growth in the samples after they were heated at 500 °C during 1 hour;  $J_n$  — natural remanent magnetization;  $J_{rs}$  — remanent saturation magnetization (which is conventionally taken as the magnetization after exposure to the field of 700 mT). Parameter  $S = -J_{r(-300)}/J_{rs}$ , where  $J_{r(-300)}$  — remanent magnetization after exposure to the field of 300 mT reverse to saturation field ( $S$  values less than 1 are indicative of the dominance of a magnetically hard phase in the sample, while values close to 1 — of the prevalence of magnetically soft minerals);  $Q_n$  — Koenigsberger ratio ( $J_n$  to induced magnetization ratio). The value of the  $K/J_{rs}$  ratio is proportional to the average size of ferromagnetic grains on condition that composition of  $J_n$ -bearing mineral remains constant

представляет собой один из способов непрямого датирования пород, позволяющий проводить межрегиональную корреляцию морских карбонатных отложений и карбонатных ископаемых остатков на основе изотопного состава Sr в них [48].

Согласно результатам исследований, содержания Mn и Fe в большинстве образцов карбонатных пород находятся в пределах 25–100 и 106–1650 мкг/г соответственно. Концентрация этих элементов увеличивается в образцах с повышенной долей силикатной примеси до 250 мкг/г по Mn и 9600 мкг/г по Fe. Содержание Sr в известняках варьирует от 180 до 450 мкг/г, в доломитистых известняках — от 105 до 240 мкг/г, а в доломитах обычно понижается до 54–100 мкг/г. Концентрация Sr контролируется минеральным составом породы. Наиболее высокая концентрация Sr до 550–610 мкг/г отмечается в нескольких образцах из верхних горизонтов, со-

держащих примесь ангидрита. Среди изученных образцов большинство известняков удовлетворяют геохимическим критериям сохранности:  $Mg/Ca < 0,03$ ,  $Mn/Sr < 0,2$ ,  $Fe/Sr < 3$ , принимаемых для выбора мезозойских образцов при оценке изотопного состава стронция в морской воде [48–50].

Отношение  $^{87}Sr/^{86}Sr$  в большинстве известняков варьирует от 0,70696 до 0,70735. В случае присутствия в породе доломита это отношение повышается до 0,70720 и 0,70760. В доломитах отношение  $^{87}Sr/^{86}Sr$  составляет 0,70733–0,70748. Максимальные значения  $^{87}Sr/^{86}Sr$  фиксируются в карбонатном цементе алевролитов — 0,70839. Положительная корреляция отношения  $^{87}Sr/^{86}Sr$  и количество доломита свидетельствуют о поступлении радиогенного  $^{87}Sr$  вместе с доломитизирующим раствором. На основании полученных изотопно-геохимических данных можно заключить, что изученные породы

подверглись диагенетической перекристаллизации при участии магнезиальных растворов во время поднятия толщ в ходе инфильтрации эвапоритовых рассолов, образовавшихся при испарении морской воды в лагунах мелового времени.

Была выполнена оценка степени измененности образцов с последующим отбором наименее измененных. Значительная часть таких образцов присутствует в каждой изученной скважине, но обычно в нижней части разреза.

Отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в известняках и доломитистых известняках в большинстве образцов согласуется с трендом этого показателя в океане позднеюрско-раннемелового времени (рис. 8) [51].

Используя метод стронциевой изотопной стратиграфии (SIS), значения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в изученных образцах могут быть сопоставлены со значениями в осадках различных аммонитовых зон из стратотипических разрезов. Образцы, удовлетворяющие геохимическим критериям сохранности, в наибольшей степени отражают изотопный состав Sr в океане и, таким образом, пригодны для оценки возраста хемогенных карбонатов методом SIS.

Проведенные на имеющемся керновом материале исследования показали, что значения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в наименее измененных известняках, равные 0,70714–0,70721, вероятно соответствуют верхневожскому подъярсу (аммонитовые зоны Fulgens – Subdites – Taimyrensis – Mauryniensis). Верхние горизонты скважин характеризуются более высокими значениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,70732–0,70749), что может соответствовать рязанскому региоярсу нижнего мела. Таким образом, хеостратиграфический метод SIS в целом не противоречит биостратиграфическим данным, но пока уступает в детальной корреляции.

## Выводы и перспективы

1. Рассматриваемый район расположен на стыке двух палеобиогеографических поясов – бореального и тетического, поэтому в комплексах микро-, макрофауны и альгофлоры присутствуют мигранты из того и другого пояса, что позволяет пользоваться стратиграфическими шкалами обоих поясов.

2. Общий стратиграфический охват изученного керна соответствует средневожскому подъярсу – рязанскому региоярсу бореальной шкалы или титону – берриасу тетической шкалы. Возможно, в кровле разреза присутствует основание валанжина. Соотношение бореальной шкалы (вожский ярус, рязанский региоярус) и тетической шкалы (титон, берриас) авторы статьи принимают в соответствии с [7, 8]. При этом необходимо учесть, что решение международной стратиграфической комиссии по проведению границы юры и мела (и, следовательно, титонского/берриасского яруса) до сих пор не принято. Авторы статьи придерживаются традиционной точки зрения и проводят границу юры и мела в основании аммонитовой зоны Berriasella jacobii

тетической шкалы [7, 8].

3. Анализ палеомагнитных данных позволяет предположить, что намагниченность в большинстве изученных пород имеет химический генезис и приобретена на стадии диагенеза. Запись геомагнитных инверсий при этом может быть существенно искажена, но преобладающие в разрезах направления намагниченности указывают на формирование отложений в период преимущественно прямой полярности геомагнитного поля. На рубеже титонского и берриасского веков режим нормальной полярности доминировал в хронах M20n–M18n. Вероятно, в нижней части разреза нет отложений древнее хрона M20n (верхнего титона) и моложе хрона M18n (подзоны grandis нижеберриасской зоны Jacobi). Более точная магнитостратиграфическая интерпретация данных невозможна. В целом это не противоречит биостратиграфическим данным. Изучение петромагнитной характеристики позволило уточнить и детализировать корреляцию на уровне пачек.

4. Метод стронциевой изотопной стратиграфии (SIS) в целом подтверждает биостратиграфические данные, полученные по макро- и микрофауне. Полученные отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в известняках (0,70714–0,70721 и 0,70732–0,70749) характерны для карбонатных пород титон-берриасского интервала тетической шкалы.

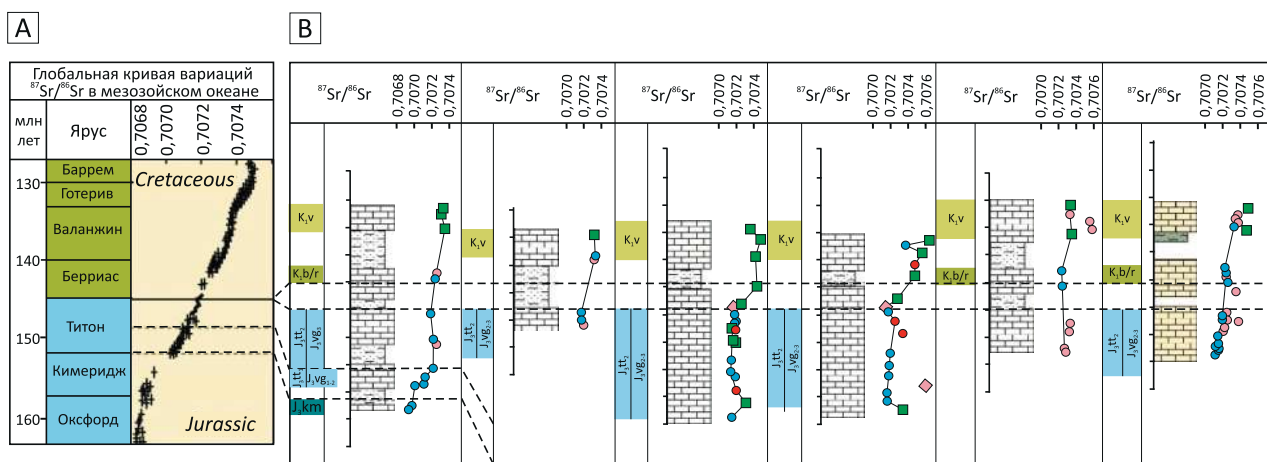
5. Согласно проведенному комплексу исследований установлено, что сульфатно-карбонатную толщу, ранее относимую к образованиям титонского яруса, следует рассматривать как переходную титон-берриасскую. По трем независимым методам выполнена межскважинная корреляция уточненной кровли отложений юрской системы. Установить конкретную границу в разрезах этих скважин не позволяет природа отложений. Узкий пограничный интервал между достоверно установленными верхнеюрскими и нижнемеловыми отложениями, сложенный красноцветными доломитовыми мергелями, не содержит фаунистических остатков, но циклитовое строение изученного интервала, а также базирующийся на нем и биостратиграфических датировках секвентный анализ не позволяют идентифицировать секвентные границы Ti3–Be2 с максимальным падением уровня моря SB Ti6 вблизи кровли «красной пачки». Это также вполне соответствует остальным результатам, в частности, согласуется с палеомагнитными данными об отсутствии в изученном разрезе хрона M17r. При этом своеобразие внешнего облика и состава пород слоя позволяет уверенно диагностировать их даже при доступности только шламового материала и (или) материалов ГИС. По мнению авторов статьи, наиболее обосновано предложение проводить верхнюю границу юрской системы именно по кровле обсуждаемого слоя.

6. Проведенное одномерное моделирование с учетом вертикального сейсмического профилирования и данных бурения позволило корректно



**Рис. 8.** Фрагмент схемы корреляция карбонатных пород изученных скважин на основе значений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

**Fig. 8.** Fragment of the correlation chart for carbonate rocks in the studied wells based on  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  values



А — сравнение с кривой вариаций отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в позднюрско-раннемеловом океане [51, 52], В — значения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . Известняки (1–4): 1 — чистый, 2 — с повышенной примесью железа ( $> 1700 \text{ мкг/г}$ ), 3 — доломитовый, 4 — с ангидритом; 5 — доломит

$J_3vg_{1-2}$  — волжский региоярус, нижний — средний подъярус;  $J_3vg_{2-3}$  — волжский региоярус, средний — верхний подъярус;  $J_3tt_2$  — титонский ярус, средний подъярус;  $J_3tt_1$  — титонский ярус, нижний подъярус;  $K_1b/r$  — берриасский ярус/рязанский региоярус;  $J_3km$  — кимериджский ярус;  $K_1v$  — валанжинский ярус

A — comparison with the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio variation curve in Late Jurassic-Early Cretaceous ocean [51, 52], B —  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  values.

Limestone (1–4): 1 — pure, 2 — with higher iron content ( $> 1700 \text{ }\mu\text{g/g}$ ), 3 — dolomitic, 4 — with anhydrite; 5 — dolomite

$J_3vg_{1-2}$  — Volgian Regional Stage, Lower – Middle substage;  $J_3vg_{2-3}$  — Volgian Regional Stage, Middle – Upper Substage;  $J_3tt_2$  — Tithonian Stage, Middle Substage;  $J_3tt_1$  — Tithonian Stage, Lower Substage;  $K_1b/r$  — Berriasian Stage/Ryazanian Regional Stage;  $J_3km$  — Kimmeridgian Stage;  $K_1v$  — Valanginsky Stage

провести стратиграфическую привязку опорных горизонтов к скважинным данным и однозначно прокоррелировать целевые горизонты. Открываются широкие перспективы для использования теоретических разработок системного анализа слоевых

ассоциаций в практических целях: при выяснении закономерностей размещения и условий формирования месторождений нефти и газа, прогнозирования, поисках, разведке и оценке запасов.

### Литература

1. Flügel E. Microfacies Analysis of Limestones. Analysis, Interpretation, and Application. Berlin: Springer, 2010. — 894 с.
2. Смирнов М.В., Барабошкин Е.Ю., Богданова Т.Н., Лобачева С.В., Федорова А.А., Смирнова О.И., Кудинова Е.В. Титон и неокм Северного Каспия // Бюллетень МОИП. Отд. Геол. — 2004. — Т. 79. — Вып. 2. — С. 30–39.
3. Смирнов М.В., Штунь С.Ю., Смирнова О.И., Попова П.Ф. Пограничные юрско-меловые отложения акватории Среднего Каспия: строение, стратификация и перспективы нефтегазоносности (на примере Сарматско-Хвалынской зоны поднятий) // Нефтяное хозяйство. — 2019. — № 8. — С. 22–26.
4. Барабошкин Е.Ю., Штунь С.Ю., Гужигов А.Ю., Кузнецов А.Б., Федорова А.А., Шурекова О.В., Смирнов М.В. Седиментология и стратиграфия пограничного юрско-мелового интервала карбонатного рампа Северного Каспия // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : мат-лы IX Всероссийского совещания (17–21 сентября 2018 г.). — Белгород, 2018. — С. 54–58.
5. Смирнова О.И., Алексеев А.Г., Барабошкин Е.Ю., Смирнов М.В. Литолого-фациальные и палеогеографические особенности верхнеюрских-нижнемеловых отложений акватории Центрального Каспия // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2024. — Т. 394. — № 10. — С. 5–14.
6. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. Geologic Time Scale 2020. 1st Edition. 2 vol. — Amsterdam, Oxford, Cambridge : Elsevier, 2020. — 1390 с.
7. Барабошкин Е.Ю., Гужигов А.Ю. Бореальный нижний мел России: ревизия ярусных границ на основе непалеонтологических данных // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : мат-лы IX Всерос. совещания (Белгород, 17–23 сентября 2018 г.). — Белгород, 2018. — С. 47–53.
8. Rogov M.A. Аммониты и инфразональная стратиграфия кимериджского и волжского ярусов Панбореальной надобласти // Труды Геологического института. — 2021. — Вып. 627. — 732 с.

9. Baraboshkin E.Yu., Rogov M.A., Guzhikov A.Yu., Dzyuba O.S., Urman O.S., Shurygin B.N., Pestchevitskaya E.B., Manikin A.G. Kashpir section (Volga River, Russia), the proposed auxiliary section for the J/K interval in Subboreal Realm. XIIth Jurassica Conference. Field Trip Guide and Abstracts Book. (19–23 апреля 2016 г.). – Bratislava, 2016. – С. 109–112.
10. Charollais, J., Broennimann, P., Zaninetti, L. Troisième note sur les foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. Remarques stratigraphiques et description de *Pseudotextulariella salevensis*, n. sp.; *Haplophragmoides joukowskyi*, n. sp.; *Citaella? favrei*, n. sp. // Archives des Sciences, Genève. – 1966. Т. – 19. – (№ 1). – С. 23–48.
11. Bucur, I.I., Koch, R., Kirmaci, Z., Tasli, K. Foraminifères du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur (Calcaire de Berdiga) de Kircaova (région de Kale-Gümüşhane, NE Turquie) // Revue de Paléobiologie. – 2004. – Т. 23. – (№ 1). – С. 209–225.
12. Ivanova D., Kołodziej B. Late Jurassic-Early Cretaceous foraminifera from Štramberk-type limestones, Polish Outer Carpathians // Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geologia. – 2010. – 55. – (2). – С. 3 – 31.
13. Septfontaine M. Presence de *Protopeneroplis trochangulata* sp.nov. (Foraminifera) dans le Crétacé inférieur du Jura meridional et revision de *Protopeneroplis Weynschenk*, 1950 // Eclogae geol. Helv. – 1974. – Vol. 67/3. – С. 605 – 628.
14. Кузнецова К.И., Горбачик Т.Н. Стратиграфия и фораминиферы верхней юры и нижнего мела Крыма. – М.: Наука. – 1985. – 136 с.
15. Практическое руководство по микрофауне СССР. Т. 5. Фораминиферы мезозоя / Под ред. Б.С. Соколова. – Ленинград: Недра. – 1991. – 373 с.
16. Федорова А.А. Опорные разрезы пограничных отложений юры и мела Крыма, как основа для детализации расчленения и корреляции продуктивных толщ Каспийского шельфа / Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов России / Ред. В.А. Прозоровский. СПб.: Недра. – 2004. – С. 61–80.
17. Аркадьев В.В., Гужигов А.Ю., Савельева Ю.Н., Федорова А.А., Шурекова О.В., Багаева М.И., Грищенко В.А., Маникин А.Г. Новые данные по био- и магнитостратиграфии разреза верхнего берриаса «Заводская балка» (Восточный Крым, Феодосия) // Вестник СПбГУ. — Серия 7. — Геология, география. — 2015. — Вып. 4. — С. 4–36.
18. Bucur I.I. Representatives of the genus *Protopeneroplis* (Foraminifera) in the Jurassic and Lower Cretaceous deposits in Romania Comparisons with other regions of the Tethyan area // Acta Palaeontologica Romaniaae – 1997. – Т. 1. – С. 65–71.
19. Мятлюк Е.В., Василенко В.П. Атлас характерных фораминифер нижнемеловых отложений Прикаспийской низменности, п-ова Мангышлак и Устьурта. – Ленинград: Недра. – 1988. – 261 с.
20. Никитенко Б.Л. Стратиграфия, палеобиогеография и биофауны юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды) / Под ред. Б.Н. Шурыгина. – Новосибирск : СО РАН, 2009. – 680 с.
21. Найденов Л.Ф., Репин Ю.С., Колпенская Н.Н., Куликова Н.К., Савельева Ю.Н., Федорова А.А., Шурекова О.В. Новые материалы по биостратиграфии верхней юры и нижнего мела севера Западной Сибири // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии : мат-лы 5 Всероссийского совещания (Тюмень, 23–27 сентября 2013 г.). – Екатеринбург : ООО «Издательский дом «ИздатНаукаСервис», 2013. – С. 152–156.
22. Savelieva Yu.N., Shurekova O.V., Feodorova A.A., Arkadiev B.B., Grishchenko V.A., Guzhikov A.Yu. Manikin A.G. Microbiostratigraphy of the Berriasian–Valanginian boundary in eastern Crimea: foraminifers, ostracods, organic-walled dinoflagellate cysts // Geologica Carpathica. – 2017. – Т. 68. – № 6. – С. 517–529.
23. Gradstein F., Gale A., Kopaeich L., Waskowska A., Grigelis A., Glinskikh L. The planktonic foraminifera of the Jurassic. Part I: material and taxonomy. Swiss J. Paleontol. – 2017. – Т. 136. – № 2. – С. 187–257.
24. Partington, M.A., Copestake, P., Mitchener, B.C., Underhill, J.R. Biostratigraphic calibration of genetic stratigraphic sequences in the Jurassic-lowermost Cretaceous (Hettangian to Ryazanian) of the North Sea and adjacent areas // Petroleum Geology of Northwest Europe: Proceedings of the 4th Conference. – London, England. – 1993. – С. 371–386.
25. Riding J.B., Fedorova V.A., Ilyina V.I. Jurassic and lowermost Cretaceous dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Russian Platform and Northern Siberia, Russia. // AASP Contributions Series. – 1999. – № 36. – 191 с.
26. Duxbury S., Kadolsky D., Johansen S. Sequence stratigraphic subdivision of the Humber Group in the Outer Moray Firth area (UKCS, North Sea) // Journal of the Geological Society. – 1999. – Т. 152. – С. 23–54.
27. BioStrat Stratigraphic Consultancy [Электронный ресурс] / David Bailey, Backbarrow, UK – Режим доступа: <http://biostrat.org.uk/LJ%202011%20events%20postcon.pdf> (дата обращения 10.02.2025).
28. Ioannides N.S., Colin J.P., Jan Du Chene R. A preliminary investigation of Kimmeridgian dinoflagellates and ostracodes from Quercy, Southwest France. Bulletin des Centres de Recherches Exploitation – Production Elf-Aquitaine. – 1988. – № 12. – С. 471–491.
29. Dürr G. Palynostratigraphie des Kimmeridgium und Tithoniumvan Süddeutschland und KorrelationmitborealenFloren // Tübinger MikropalaontologischeMitteilungen. – 1988. – № 5. – 1–159.
30. Hardenbol J., Thierry J., Farley M., Jacquin T., De Graciansky P.C., Vail P.R. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European Basins // SEPM (society of sedimentary Geology) Special Publication. – 1998. – № 60. – С. 51–77.
31. Poulsen N.E., Riding J.B. The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe // Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin. – 2003. – № 1. – С. 115–144.
32. Riding, J.B.; Poulsen, N.E.; Bailey, D.A. A taxonomic study of the dinoflagellate cyst *Muderongia simplex* Alberti 1961 and related species // Palynology. – 2000. – Т. 24. – С. 21–35.
33. Harding Ian C., Smith G.A., Riding J.B., Wimbledon W.A.P. Inter-regional correlation of Jurassic/Cretaceous boundary strata based on the Tithonian-Valanginian dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Volga Basin, Western Russia // Rev. Palaeobotany and Palynology. – 2011. – № 167. – С. 82–116.

34. Davey R.J. Dinocyst stratigraphy of the latest Jurassic to Early Cretaceous of the Haldager No. 1 borehole, Denmark. Danmarks Geologiske Undersøgelse. – Serie B, 6. – 1982. – С. 1–57.
35. Costa, L.I., Davey, R.J. Dinoflagellate cysts of the Cretaceous System. In: Powell A.J. A Stratigraphic Index of Dinoflagellate Cysts. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. – 1992. – С. 99–154.
36. Шурекова О.В. Диноцисты берриаса разреза Урух (Северный Кавказ) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: мат-лы IX Всероссийского совещания (Белгород, 17–21 сентября 2018 г.). – Белгород : ПОЛИТЕРРА, 2018. – С. 282–286.
37. Шурекова О.В. Диноцистовая шкала верхнего титона – нижнего валанжина Горного Крыма // Водоросли в эволюции биосферы: мат-лы II палеоальгологической конференции (Новосибирск, 10–16 октября 2016 г.). – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2016. – С. 182–187.
38. Arkadiev V., Guzhikov A., Baraboshkin E., Saveliyeva J., Feodorova A., Shurekova O., Platonov E., Manikin A. Biostratigraphy and magnetostratigraphy of the upper Tithonian–Berriasian of the Crimean Mountains. // Cretaceous Research – 2018. – Т. 87. – С. 5–41.
39. Hengreen, G.F.W., Kerstholt, S.J. and Munsterman, D.K., Callovian-Ryazanian ('Upper Jurassic') palynostratigraphy of the Central North Sea Graben and Vlieland Basin, The Netherlands / Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. – 2000. – Т. 63. – 99 с.
40. Fisher M.J., Riley L.A. The stratigraphic distribution of dinoflagellate cysts at the boreal Jurassic-Cretaceous boundary // Proceeding of the Fourth International Palynological Conference, Lucknow (1976–77). – 1980. – № 2. – С. 313–329.
41. Ogg, J.G., Ogg, I.G., Gradstein, F.M. The Concise Geologic Time Scale. – Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 150 с.
42. Hesselbo S.P., Ogg J.G., Ruhl M., L.A. Hinnov L.A., C.J. Huang C.J. Chapter 26 — The Jurassic Period // Geologic Time Scale – Elsevier, 2020. – С. 955–1021. DOI: 10.1016/B978-0-12-824360-2.00026-7.
43. Гужиков А.Ю., Аркадьев В.В., Барабошкин Е.Ю., Багаева М.И., Пискунов В.К., Рудько С.В., Перминов В.А., Маникин А.Г. Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрскому-меловому интервалу Восточного Крыма (г. Феодосия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2012. – Т. 20. – № 3. – С. 35–71.
44. Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное / Отв. ред. А.И. Жамойда СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ. – 2019. – 96 с.
45. Гужиков А.Ю., Молостовский Э.А. Стратиграфическая информативность численных магнитных характеристик осадочных пород (методические аспекты) // Бюлл. МОИП. – Отд. Геол. – Т. 70. – Вып. 1. – 1995. – С. 32–41.
46. Гужиков А.Ю. Геологическая информативность магнетизма керна и шлама осадочных пород, полученных при бурении разведочных скважин // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2013. – Т. 46. – № 4. – С. 51–61.
47. Evans M.E., Heller F. Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetism // Elsevier-Academic Press. – 2003. – 316 с.
48. Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М. Стронциевая изотопная хеомстратиграфия: основы метода и его современное состояние // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2018. – Т. 26. – № 4. – С. 3–23.
49. Рудько С.В., Кузнецов А.Б., Пискунов В.К. Стронциевая изотопная хеомстратиграфия верхнеюрских карбонатных отложений плато Демерджи (Горный Крым) // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2014. – Т. 22. – № 5. – С. 52–65.
50. Рудько С.В., Кузнецов А.Б., Покровский Б.Г. Sr-хеомстратиграфия  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  отложений Крымской карбонатной платформы (поздняя юра, Северный Перитетис) // Литология и полезные ископаемые. – 2017. – № 6. – С. 58–77.
51. McArthur, J.M., Howarth, R.J. and Shields, G.A. Strontium Isotope Stratigraphy. In: Gredstein, F.M., Ogg, J.G., Schmotz, M.D. and Ogg, G.M., Eds., A Geologic Time Scale. – Elsevier, Amsterdam. – 2012. – С. 127–144.
52. Wierzbowski H., Anczkiewicz R., Pawlak J., Rogov M.A., Kuznetsov A.B. Revised Middle–Upper Jurassic strontium isotope stratigraphy // Chemical Geology. – 2017. –Т. 466. – С. 239–255.

## References

1. Flügel E. Microfacies Analysis of Limestones. Analysis, Interpretation, and Application. Berlin: Springer. 2010. 894 p.
2. Smirnov M.V., Baraboshkin E.Yu., Bogdanova T.N., Lobacheva S.V., Fedorova A.A., Smirnova O.I., Kudinova E.V. Titon i nekom Severnogo Kaspiya [Titon and the Neocom of the Northern Caspian]. Byul. MOIP, otd. Geol. 2004;79(2):30–39. In Russ.
3. Smirnov M.V., Shtun' S.Yu., Smirnova O.I., Popova P.F. Pogranichnye yursko-melovye otlozheniya akvatorii Srednego Kaspiya: stroenie, stratifikaciya i perspektivy neftegazonosnosti (na primere Sarmatsko-Hvalynskoj zony podnyati) [Boundary Jurassic-Cretaceous deposits of the Middle Caspian Sea: structure, stratification and prospects of oil and gas potential (on the example of the Sarmatian-Khvalyn uplift zone)]. Neftyanoe hozyajstvo. 2019;(8):22–26. In Russ.
4. Baraboshkin E.Yu., Shtun' S.Yu., Guzhikov A.Yu., Kuznecov A.B., Fedorova A.A., Shurekova O.V., Smirnov M.V. Sedimentologiya i stratigrafiya pogranichnogo yursko-melovogo intervala karbonatnogo rampa Severnogo Kaspiya [Sedimentology and stratigraphy of the Jurassic-Cretaceous boundary interval of the North Caspian carbonate ramp]. Melovaya sistema Rossii i blizhnego zarubezh'ya: problemy stratigrafii i paleogeografii. Materialy IX Vserossijskogo soveshchaniya 17–21 september 2018, NIU «BelGU». Belgorod: POLITERRA. 2018. pp. 54–58. In Russ.
5. Smirnova O.I., Alekseev A.G., Baraboshkin E. Yu., Smirnov M.V. Litologo-facial'nye i paleogeograficheskie osobennosti verhnelyurskih-nizhnemelovyh otlozhenij akvatorii Central'nogo Kaspiya [Lithological-facies and paleogeographic features of Upper Jurassic-Lower Cretaceous sediments of the Central Caspian Sea]. Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij. 2024;394(10):5–14. In Russ.

6. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. Geologic Time Scale 2020. 1st Edition. 2 vol. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier. 2020. 1390 p.
7. Baraboshkin E.Yu., Guzhikov A.Yu. Boreal'nyy nizhnij mel Rossii: reviziya yarusnyh granic na osnove ne-paleontologicheskikh dannyh [Boreal Lower Cretaceous of Russia: revision of longline boundaries based on non-paleontological data]. Melovaya sistema Rossii i blizhnego zarubezh'ya: problemy stratigrafii i paleogeografii. Mat. IX Vseros. soveshch., Belgorod, 17–23 September 2018. Belgorod: Politerra. 2018. pp. 47–53. In Russ.
8. Rogov M.A. 2021. Ammonity i infrazonal'naya stratigrafiya kimeridzhskogo i volzhskogo yarusov Panboreal'noj nadoblasti [Ammonites and infrazonal stratigraphy of the Kimmeridgian and Volga tiers of the Panboreal region]. Trudy Geologicheskogo instituta Vyp. 627. Moscow: GIN RAN. 732 p. In Russ.
9. Baraboshkin E.Yu., Rogov M.A., Guzhikov A.Yu., Dzyuba O.S., Urman O.S., Shurygin B.N., Pestchevitskaya E.B., Manikin A.G. Kashpir section (Volga River, Russia), the proposed auxiliary section for the J/K interval in Subboreal Realm. XIIth Jurassica Conference. Field Trip Guide and Abstracts Book. April 19–23, 2016. Earth Science Institute. Slovak Academy of Sciences, Bratislava. 2016. pp. 109–112.
10. Charollais, J., Broennimann, P., Zaninetti, L. Troisième note sur les foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. Remarques stratigraphiques et description de *Pseudotextulariella salevensis*, n. sp.; *Haplophragmoides joukowskyi*, n. sp.; *Citaella?* favrei, n. sp. Archives des Sciences, Genève. 1966. 19(1):23–48.
11. Bucur, I.I., Koch, R., Kirmaci, Z., Tasli, K. Foraminifères du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur (Calcaire de Berdiga) de Kircaova (région de Kale-Gümüşhane, NE Turquie). *Revue de Paléobiologie*. 2004;23(1):209–225.
12. Ivanova D., Kołodziej B. Late Jurassic-Early Cretaceous foraminifera from Štramberk-type limestones, Polish Outer Carpathians. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geologia*. 2010;55(2):3–31.
13. Septfontaine M. Presence de *Protopeneroplis trochangulata* sp.nov. (Foraminifera) dans le Crétacé inférieur du Jura meridional et revision de *Protopeneroplis Weynschenk*, 1950. *Eclogae geol. Helv.* 1974;67(3):605–628.
14. Kuznecova K.I., Gorbachik T.N. Stratigrafiya i foraminifery verhnego yury i nizhnego mela Kryma [Stratigraphy and foraminifera of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Crimea]. Moscow: Nauka. 1985. 136 p.
15. *Prakticheskoe rukovodstvo po mikrofaune SSSR* [A practical guide to the microfauna of the USSR]. T. 5. Foraminifery mezozoya. In: B.S. Sokolova, ed. Leningrad: Nedra, 1991. 373 p. In Russ.
16. Fedorova A.A. Opornye razrezy pogranichnyh otlozhenij yury i mela Kryma, kak osnova dlya detalizacii raschleneniya i korrelyacii produktivnyh tolshch Kaspijskogo shel'fa [Reference sections of the boundary deposits of the Jurassic and Cretaceous of Crimea, as a basis for detailing the division and correlation of productive strata of the Caspian shelf]. Stratigrafiya neftegazonosnyh bassejnov Rossii / In: V.A. Prozorovskij, ed.. Saint Petersburg: Nedra, 2004. pp. 61–80. In Russ.
17. Arkad'ev V.V., Guzhikov A.Yu., Savel'eva Yu.N., Fedorova A.A., Shurekova O.V., Bagaeva M.I., Grishchenko V.A., Manikin A.G. Novye dannye po bio- i magnitostatigrafii razreza verhnego berriasa "Zavodskaya balka" (Vostochnyj Krym, Feodosiya) [New data on bio- and magnetostatigraphy of Upper Berriasian Section "Zavodskaya Balka" (Eastern Crimea, Feodosiya)]. *Vestnik SPbGU. Seriya 7. Geologiya, geografiya*. 2015;(4):4–36. In Russ.
18. Bucur I.I. Representatives of the genus *Protopeneroplis* (Foraminifera) in the Jurassic and Lower Cretaceous deposits in Romania. Comparisons with other regions of the Tethyan area. *Acta Palaeontologica Romaniae*. 1997;(1):65–71.
19. Myatlyuk E.V., Vasilenko V.P. Atlas harakternyh foraminifer nizhnemelovyh otlozhenij Prikaspijskoj nizmennosti, p-ova Mangyshlak i Ustyurta [Atlas of characteristic foraminifera of the Lower Cretaceous deposits of the Caspian lowland, Mangyshlak and Ustyurt peninsulas]. Leningrad: Nedra, 1988. 261 p. In Russ.
20. Nikitenko B.L. Jurassic stratigraphy, paleobiogeography, and biofacies on the basis of microfauna (foraminifera and ostracodes). In: B.N. Shurygina ed. Novosibirsk: SO RAN, 2009. 680 p.
21. Najdenov L.F., Repin Yu.S., Kolpenskaya N.N., Kulikova N.K., Savel'eva Yu.N., Fyodorova A.A., Shurekova O.V. Novye materialy po biostratigrafii verhnego yury i nizhnego mela severa Zapadnoj Sibiri [New materials on biostratigraphy of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of the north of Western Siberia]. Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii. Pyatoe Vserossiyskoe soveshchanie (Tyumen', 23–27 September 2013). Ekaterinburg: OOO "Izdatel'skij dom "IzdatNaukaServis", 2013. pp. 152–156. In Russ.
22. Savelieva Yu.N., Shurekova O.V., Feodorova A.A., Arkadiev B.B., Grishchenko V.A., Guzhikov A.Yu., Manikin A.G. Microbiostratigraphy of the Berriasian–Valanginian boundary in eastern Crimea: foraminifers, ostracods, organic-walled dinoflagellate cysts. *Geologica Carpathica*. 2017;68(6):517–529.
23. Gradstein F., Gale A., Kopaeich L., Waskowska A., Grigelis A., Glinskikh L. The planktonic foraminifera of the Jurassic. Part I: material and taxonomy. *Swiss J. Paleontol.* 2017;136(2):187–257.
24. Partington, M.A., Copestake, P., Mitchener, B.C., Underhill, J.R. Biostratigraphic calibration of genetic stratigraphic sequences in the Jurassic-lowermost Cretaceous (Hettangian to Ryazanian) of the North Sea and adjacent areas. In: J.R. Parker, ed. *Petroleum Geology of Northwest Europe: Proceedings of the 4th Conference*. Geological Society, London, England. 1993. pp. 371–386.
25. Riding J.B., Fedorova V.A., Ilyina V.I. Jurassic and lowermost Cretaceous dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Russian Platform and Northern Siberia, Russia. *AASP Contributions Series*. 1999;36. 191 p.
26. Duxbury S., Kadolsky D., Johansen S. Sequence stratigraphic subdivision of the Humber Group in the Outer Moray Firth area (UKCS, North Sea). *Journal of the Geological Society*. 1999;152. pp. 23–54.
27. *BioStrat Stratigraphic Consultancy* Available at: <http://biostrat.org.uk/LJ%202011%20events%20postcon.pdf> (accessed 10.02.2025).
28. Ioannides N.S., Colin J.P., Jan Du Chene R. A preliminary investigation of Kimmeridgian dinoflagellates and ostracodes from Quercy, Southwest France. *Bulletin des Centres de Recherches Exploitation. Production Elf-Aquitaine*. 1988;(12):471–491.

29. Dürr G. Palynostratigraphie des Kimmeridgium und Tithoniumvan Süddeutschland und KorrelationmitborealenFloren. TübingerMikropalaontologischeMitteilungen.1988;(5):1–159.
30. Hardenbol J., Thierry J., Farley M., Jacquin T., De Graciansky P.C., Vail P.R. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European Basins. SEPM (society of sedimentary Geology) Special Publication. 1998;(60):51–77.
31. Poulsen N.E., Riding J.B. The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*. 2003;(1):115–144.
32. Riding, J.B.; Poulsen, N.E.; Bailey, D.A. A taxonomic study of the dinoflagellate cyst *Muderongia simplex* Alberti 1961 and related species. *Palynology*. 2000;(24):21–35.
33. Harding Ian C., Smith G.A., Riding J.B., Wimbledon W.A.P. Inter-regional correlation of Jurassic/Cretaceous boundary strata based on the Tithonian-Valanginian dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Volga Basin, Western Russia. *Rev. Palaeobotany and Palynology*. 2011;(167):82–116.
34. Davey R.J. inocyst stratigraphy of the latest Jurassic to Early Cretaceous of the Haldager No. 1 borehole, Denmark. *Danmarks Geologiske Undersøgelse. Serie B*, 6. 1982. pp. 1–57.
35. Costa, L.I., Davey, R.J. Dinoflagellate cysts of the Cretaceous System. A Stratigraphic Index of Dinoflagellate Cysts. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1992.pp. 99–154.
36. Shurekova O.V. Dinocisty berriasa razreza Uruh (Severnyj Kavkaz) [Berriasian dinocysts of the Urukh section (North Caucasus)]. Melovaya sistema Rossii i blizhnego zarubezh'ya: problemy stratigrafii i paleogeografii: mat-ly IX Vserossijskogo soveshchaniya 17–21 September 2018., NIU«BelGU». Belgorod: POLITERRA. 2018. pp. 282–286. In Russ.
37. Shurekova O.V. Dinocistovaya shkala verhnego titona – nizhnego valanzhina Gornogo Kryma [Dinocyst scale of the upper Tithonian – lower Valanginian of the Mountainous Crimea]. Vodorosli v evolyucii biosfery: Materialy II Paleol'gologicheskoy konferencii (10–16 Oktober 2016). Novosibirsk: INGG SO RAN. 2016. pp. 182–187. In Russ.
38. Arkadiev V., Guzhikov A., Baraboshkin E., Saveliyeva J., Feodorova A., Shurekova O., Platonov E., Manikin A. Biostratigraphy and magnetostratigraphy of the upper Tithonian–Berriasian of the Crimean Mountains. *Cretaceous Research*. 2018;(87):5–41.
39. Herngreen, G.F.W., Kerstholt, S.J. and Munsterman, D.K. Callovian-Ryazanian ('Upper Jurassic') palynostratigraphy of the Central North Sea Graben and Vlieland Basin, The Netherlands. *Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO*. 2000;(63). 99 p.
40. Fisher M.J., Riley L.A. The stratigraphic distribution of dinoflagellate cysts at the boreal Jurassic-Cretaceous boundary. *Proceeding of the Fourth International Palynological Conference, Lucknow (1976–1977)*. 1980;(2):313–329.
41. Ogg, J.G., Ogg, I.G., Gradstein, F.M. *The Concise Geologic Time Scale*. Cambridge: Cambridge University Press. 2008. 150 p.
42. Hesselbo S.P., Ogg J.G., Ruhl M., L.A. Hinnov L.A., C.J. Huang C.J. Chapter 26. The Jurassic Period. In: *Geologic Time Scale*. Elsevier. 2020. pp. 955–1021. DOI: 10.1016/B978-0-12-824360-2.00026-7.
43. Guzhikov A.Yu., Arkad'ev V.V., Baraboshkin E.Yu., Bagaeva M.I., Piskunov V.K., Rud'ko S.V., Perminov V.A., Manikin A.G. Novye sedimentologicheskie, bio- i magnitostratigraficheskie dannye po pogranichnomu yurskomu–melovomu intervalu Vostochnogo Kryma (g. Feodosiya) [New sedimentological, bio- and magnetostratigraphic data on the Jurassic-Cretaceous boundary interval of Eastern Crimea (Feodosia)]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*. 2012;20(3):35–71. In Russ.
44. *Stratigraficheskij kodeks Rossii*. Izdanie tret'e, ispravlennoe i dopolnennoe [Stratigraphic Code of Russia. Third edition, revised and expanded]. Otv. red. Zhamojda A.I. SPb.: Izd-vo VSEGEI. 2019. 96 p. In Russ.
45. Guzhikov A.Yu., Molostovskij E.A. Stratigraficheskaya informativnost' chislennykh magnitnykh harakteristik osadochnykh porod (metodicheskie aspekty) [Stratigraphic informative value of numerical magnetic characteristics of sedimentary rocks (methodological aspects)]. *Byull. MOIP. Otd. geol.* 1995;70(1):32–41. In Russ.
46. Guzhikov A.Yu. Geologicheskaya informativnost' magnetizma kerna i shlama osadochnykh porod, poluchennykh pri bureanii razvedochnykh skvazhin [Geological informativeness of the magnetism of core and sludge of sedimentary rocks obtained during drilling of exploration wells]. *Pribory i sistemy razvedochnoj geofiziki*. 2013;46(4):51–61. In Russ.
47. Evans M.E., Heller F. *Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics*. Elsevier-Academic Press. 2003. 316 p.
48. McArthur, J.M., Howarth, R.J. and Shields, G.A. Strontium Isotope Stratigraphy. In: Gredstein, F.M., Ogg, J.G., Schmotz, M.D. and Ogg, G.M., Eds., *A Geologic Time Scale*. Elsevier, Amsterdam. 2012. pp.127–144.
48. Kuznetsov A.B., Gorokhov I.M., Semikhatov M.A. Strontium isotope stratigraphy: principles and state of the art. *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2018;26(4):367–386.
49. Rud'ko S.V., Kuznetsov A.B., Piskunov V.K. Sr isotope chemostratigraphy of upper jurassic carbonate rocks in the Demerdzhi Plateau (mountainous Crimea). *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2014;22(5):494–506.
50. Rud'ko S.V., Pokrovsky B.G., Kuznetsov A.B. Sr chemostratigraphy,  $\delta^{13}\text{C}$ , and  $\delta^{18}\text{O}$  of rocks in the Crimean Carbonate platform (Late Jurassic, Northern Peri-Tethys). *Lithology and Mineral Resources*. 2017;52(6):479–497.
51. McArthur, J.M., Howarth, R.J. and Shields, G.A. Strontium Isotope Stratigraphy. In: Gredstein, F.M., Ogg, J.G., Schmotz, M.D. and Ogg, G.M., Eds., *A Geologic Time Scale*. Elsevier, Amsterdam. 2012. pp. 127–144.
52. Wierzbowski H., Anczkiewicz R., Pawlak J., Rogov M.A., Kuznetsov A.B. Revised Middle–Upper Jurassic strontium isotope stratigraphy. *Chemical Geology*. 2017;466. pp. 239–255.

**Информация об авторах****Барабошкин Евгений Юрьевич**

Доктор геолого-минералогических наук,  
профессор

МГУ имени М.В. Ломоносова,  
19234 Москва, Ленинские горы, д. 1  
e-mail: EJBaraboshkin@mail.ru  
Scopus: 6602131559  
ORCID ID: 0000-0003-4373-1543  
IstinaResearcherID (IRID): 390182  
SPIN-код: 1851-5457  
AuthorID: 10806

**Гужиков Андрей Юрьевич**

Доктор геолого-минералогических наук,  
профессор

ФГБОУ ВО Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,  
410012 Саратов, ул. Астраханская д. 83, корп. 1  
e-mail: aguzhikov@yandex.ru  
Scopus Author ID: 7801319880  
ORCID ID: 0000-0002-0579-3981  
IstinaResearcherID (IRID): 20217314  
SPIN-код: 1705-3881  
AuthorID: 61096

**Кузнецов Антон Борисович**

Доктор геолого-минералогических наук,  
член корреспондент РАН, директор

ФГБУН Институт геологии  
и геохронологии  
докембрия РАН,  
199034 Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 2  
e-mail: adm@ipgg.ru  
SPIN-код: 9281-6015  
AuthorID: 67642

**Платонов Егор Сергеевич**

Научный сотрудник

Санкт-Петербургский филиал  
ФГБУ «ВНИГНИ»,  
192019 Санкт-Петербург, ул. Смольная, д. 11, корп. 2  
e-mail: Platonov@vnigni.ru  
ORCID ID: 0000-0003-1974-2285  
SPIN-код 2442-1509  
AuthorID: 1275918

**Смирнов Михаил Викторович**

Начальник отдела

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»,  
400078 Волгоград, пр-кт им. В.И. Ленина, д. 96  
e-mail: Mikhail.Smirnov@lukoil.com

**Федяевский Андрей Георгиевич**

Ведущий специалист

Лаборатория палинологии и стратиграфии «PalyStrat»,  
199406 Санкт-Петербург, ул. Карташихина, д. 19  
e-mail: PalyStrat@yandex.ru  
Scopus Author ID: 36678686800,  
ORCID ID: 0000-0001-8739-0416,  
Web of Science ResearcherID: IQU-1631-2023,

**Information about authors****Evgeny Yu. Baraboshkin**

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,  
Professor

Lomonosov Moscow State University  
Leninskie Gory 1, Moscow, 119991, Russia  
e-mail: EJBaraboshkin@mail.ru  
Scopus: 6602131559  
ORCID ID: 0000-0003-4373-1543  
IstinaResearcherID (IRID): 390182  
SPIN-код: 1851-5457  
AuthorID: 10806

**Andrey Yu. Guzhikov**

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,  
Professor

Saratov Chernyshevsky  
State University,  
bld. 83, 1, ul. Astrakhanskaya, Saratov, 410012, Russia  
e-mail: aguzhikov@yandex.ru  
Scopus Author ID: 7801319880  
ORCID ID: 0000-0002-0579-3981  
IstinaResearcherID (IRID): 20217314  
SPIN-код: 1705-3881  
AuthorID: 61096

**Anton B. Kuznetsov**

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,  
Corresponding Member of the RAS, director

Federal State Budgetary Scientific Institution Institute of  
Precambrian Geology and Geochronology  
of the Russian Academy of Sciences  
2, nab. Makarova, Saint Petersburg, 199034, Russia  
e-mail: adm@ipgg.ru  
SPIN-код: 9281-6015  
AuthorID: 67642

**Egor S. Platonov**

Researcher

St. Petersburg branch of the  
All-Russian research geological oil institute,  
bld. 2, 11, ul. Smolyanaya, St. Petersburg, 192019, Russia  
e-mail: Platonov@vnigni.ru  
ORCID ID: 0000-0003-1974-2285  
SPIN-код 2442-1509  
AuthorID: 1275918

**Mikhail V. Smirnov**

Head of Department

LUKOIL Engineering LLC,  
96, prospekt V. I. Lenina, Volgograd, 400078, Russia  
e-mail: Mikhail.Smirnov@lukoil.com

**Andrei G. Fedyaevskiy**

Chief specialist

Laboratory of Palynology and Stratigraphy "PalyStrat",  
19, ul. Kartashikhina, St. Petersburg, 199406, Russia  
e-mail: PalyStrat@yandex.ru  
Scopus Author ID: 36678686800,  
ORCID ID: 0000-0001-8739-0416,  
Web of Science ResearcherID: IQU-1631-2023,

SPIN-код: 5583-0045,  
AuthorID: 1100560

**Федорова Анна Алексеевна**

Кандидат геолого-минералогических наук,  
ведущий научный сотрудник  
Санкт-Петербургский филиал  
ФГБУ «ВНИГНИ»,  
192019 Санкт-Петербург, ул. Смольная, д. 11, корп. 2  
e-mail: fedorova@vnigni.ru  
ORCID ID: 0000-0002-8964-9468  
SPIN-код: 4267-8906,  
AuthorID: 1281145

**Штунь Артем Сергеевич**

Ведущий геолог  
ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»  
414000 Астрахань, ул. Адмиралтейская, д. 1  
e-mail: Artem.Shtun@lukoil.com

**Шурекова Ольга Викторовна**

Ведущий инженер  
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский  
геологический институт им. А.П. Карпинского»,  
199106 Санкт-Петербург, Средний пр-кт, д. 74  
e-mail: Olga\_Shurekova@karpinskyinstitute.ru  
Scopus ID 56588016400  
ORCID: 0000-0002-0446-9637  
SPIN-код: 8582-2470  
Web of Science ResearcherID: MFH-8558-2025

SPIN-код: 5583-0045,  
AuthorID: 1100560

**Anna A. Fedorova**

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,  
Leading researcher  
St. Petersburg branch  
of the All-Russian research geological oil institute,  
bld. 2, 11, ul. Smolyanaya, St. Petersburg, 192019, Russia  
e-mail: fedorova@vnigni.ru  
ORCID ID: 0000-0002-8964-9468  
SPIN-код: 4267-8906,  
AuthorID: 1281145

**Artem S. Shtun'**

Leading geologist  
LUKOIL-Nizhnevolzhskneft LLC  
1, ul. Admiralteyskaya, Astrakhan, 414024, Russia  
e-mail: Artem.Shtun@lukoil.com

**Ol'ga V. Shurekova**

Lead Engineer  
Russian Geological  
Research Institute,  
74, Sredny pr., St. Petersburg, 199106, Russia  
e-mail: Olga\_Shurekova@karpinskyinstitute.ru  
Scopus ID 56588016400  
ORCID: 0000-0002-0446-9637  
SPIN-код: 8582-2470  
Web of Science ResearcherID: MFH-8558-2025