

УДК 551.736.1(571.65):621.039.86

*Посвящается Виктору Гдальевичу Ганелину,
пионеру детальной стратиграфии верхнего палеозоя Омолонского массива*

ПОГРАНИЧНЫЕ НИЖНЕ-СРЕДНЕПЕРМСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И ЕГО ЮГО-ВОСТОЧНОГО ОБРАМЛЕНИЯ (СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ): U–Th–Pb SIMS ДАТИРОВАНИЕ ЦИРКОНОВ, ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ И ИЗОТОПНАЯ ($\delta^{13}\text{C}$) ХАРАКТЕРИСТИКА

© 2025 г. А. С. Бяков^{1,*}, **В. Г. Ганелин**², Р. В. Кутыгин³, Н. И. Каравеева¹, И. В. Брынько¹,
Г. О. Ползуненков¹, И. Л. Ведерников¹

¹ Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН,
Магадан, Россия

² Геологический институт РАН, Москва, Россия

³ Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия

*e-mail: abiakov@mail.ru

Поступила в редакцию 22.08.2024 г.

После доработки 26.09.2024 г.

Принята к публикации 08.10.2024 г.

Приведены новые результаты U–Th–Pb SIMS датирования цирконов из пограничных нижне-среднепермских отложений Омолонского массива и его юго-восточного обрамления, впервые получена U–Pb датировка (275 ± 2 млн лет) границы нижней и средней перми Региональной стратиграфической шкалы Колымо–Омолонского региона. Рассмотрены стратиграфические последовательности пограничных нижне-среднепермских отложений в опорных разрезах Омолонского массива и его юго-восточного обрамления. Дана характеристика экосистем Колымо–Омолонского региона в интервале конца ранней – начало средней перми. Установлен крупный отрицательный экскурс величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ в верхах кунгурского яруса нижней перми, совпадающий с ранее выявленным отрицательным экскурсом $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг.}}$ в южной части Омулевского блока и аналогичным отрицательным экскурсом в Южном Китае и континентальных отложениях Северной Италии. Приведена палеонтологическая характеристика соответствующих региональных подразделений, иллюстрируемая изображениями основных представителей биоты нижней зоны среднего отдела, в том числе описаны и изображены характерные роудские аммоноидеи *Sverdrupites harkeri* (Ruzhencev, 1961). Описан новый вид брахиопод продуктид *Terrakea koragoi*, sp. nov.

Ключевые слова: U–Th–Pb SIMS датирование, био- и хеостратиграфия, мелкие фораминиферы, двустворки, брахиоподы, аммоноидеи, Региональная стратиграфическая шкала, граница нижней и средней перми, Омолонский массив, Северо-Восток Азии

DOI: 10.31857/S0869592X25030043, EDN: TDYGYG

ВВЕДЕНИЕ

Региональные стратиграфические шкалы (РСШ) перми Северо-Востока России отражают единственную в нашей стране полную морскую стратиграфическую последовательность пермских отложений (Решения..., 2009) и поэтому во многом уникальны. Эти шкалы

достаточно близки между собой и хорошо обобщены биостратиграфически, являясь эталонными для восточной части Бореальной биогеографической надобласти. Их стратиграфической основой является эволюция бентосных экосистем, для характеристики которых избраны три доминирующих группы достаточно быстро

эволюционирующих фаун — брахиоподы, двусторчатые моллюски и мелкие фораминиферы. В отложениях нижнего отдела и базальной части среднего отдела им сопутствуют аммоноидеи (Ганелин, 1984; Ганелин и др., 2001; Ganelin, Biakov, 2006; Kutugin, 2006; Karavaeva, Nestell, 2007). В соответствии с этим в РСШ выделяются четыре региональных отдела, девять региональных ярусов (региоярусов) и 18 региональных зон, в основу которых положены надгоризонты и горизонты региональных схем, принятых региональными стратиграфическими совещаниями.

Границе нижнего и среднего отделов пермской системы в РСШ отвечает граница между халалинским региональным ярусом, сопоставляемым со средней и верхней частями кунгурского яруса Международной стратиграфической шкалы (МСШ), и русско-омолонским региоярусом, сопоставляемым с нижней и средней частями роудского яруса. В зональном расчленении этого стратиграфического интервала особое место принадлежит нижней зоне русско-омолонского региояруса — зоне *Mongolosisa russiensis*—*Aphanaia dilatata*, подошва которой отвечает основанию среднего отдела перми. Высокоспециализированный вид-индекс этой зоны *Mongolosisa russiensis* пользуется широким распространением не только в пределах Омолонского массива и Верхоянья, но и в Центральной Монголии (Мананков, Павлова, 1976), что позволяет проводить прямую стратиграфическую корреляцию столь удаленных регионов. Еще больший корреляционный потенциал придает зоне присутствие в ее составе аммоноидей рода *Sverdrupites*, обеспечивающих прямые корреляции с различными биохоремами перми Северного полушария: роудским ярусом Канадской Арктики и Северной Америки, казанским ярусом Восточно-Европейского региона, одновозрастными отложениями архипелага Новая Земля.

В то же время значительный эндемизм северо-восточно-азиатской пермской фауны, в составе которой практически полностью отсутствуют конодонты и фузулиниды — ортостратиграфические группы для позднего палеозоя, не позволяет напрямую коррелировать большую часть региональных стратонтов перми Северо-Востока России с ярусами МСШ пермской системы. Поэтому проблема трансрегиональных корреляций остается одной из самых труднорешаемых задач региональной геологии Северо-Восточной Азии.

В последнее время благодаря использованию прецизионного U—Pb TIMS и U—Th—Pb SIMS датирования цирконов из синхронных туфогенных

пород (Davydov et al., 2016, 2018; Бяков и др., 2017а, 2017б) и методов углеродной хемотратиграфии (Захаров и др., 2014; Бяков и др., 2017в, 2021) эта проблема постепенно решается.

В предлагаемой статье приведены описания основных разрезов пограничных ниже-среднепермских отложений Омолонского массива и его юго-восточного обрамления, дана их современная палеонтологическая характеристика. Также приводятся новые результаты U—Th—Pb SIMS датирования цирконов из двух проб обсуждаемого интервала, а также новые данные по изотопной характеристике ($\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$) региональных аналогов верхней части кунгурского яруса—нижней части роудского яруса.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ГРУПП БИОТЫ СИСТЕМЫ КОЛЫМО-ОМОЛОНСКИХ БАССЕЙНОВ НА РУБЕЖЕ РАННЕЙ И СРЕДНЕЙ ПЕРМИ

Граница ранней и средней перми в рассматриваемом регионе связана с крупными изменениями в составе бентосных экосистем. На смену печоро-колымскому типу донных сообществ, просуществовавшему на протяжении второй половины ранней перми, в средней перми приходит иной, колымо-омолонский, тип бентоса (Ганелин и др., 2001). Завершение раннепермской эпохи в системе морских бассейнов Северо-Восточной Азии ознаменовалось первым крупным событием вымирания, затронувшим все основные группы фауны — мелких фораминифер, брахиопод, двусторчатых и головоногих моллюсков (Бяков, 2012). Следует отметить крайнюю редкость находок остатков какой-либо фауны в терминальной кунгурской зоне *Kolymaella*—*Bocharella*—*Aphanaia korkodonica*. Известно лишь единичное число разрезов (в частности, разрезы по рр. Русская-Омолонская и Мунугуджак), где соответствующий интервал охарактеризован редкой, исключительно бентосной фауной.

Среди фораминифер в рассматриваемом интервале вымирают 23 вида (60%) и пять родов (30%), появляются только шесть новых видов, новых родов нет. Среди двусторок вымирают 55 видов (78%) и 20 родов (50%), появляются всего три новых вида, сходных с видами из более древних отложений, новых родов не отмечено. Общее разнообразие двусторок составляет всего 17 видов, относящихся к 12 родам (с учетом транзитных форм). Почти все они приурочены к мелководным фациям. В более глубоководных обстановках очень редко отмечаются

лишь единичные находки двух-трех видов. Общий облик сообщества двустворок имеет реликтовый характер за счет явного доминирования представителей раннепермских родов, таких как *Aphanaia*, *Astartella*, *Wilkingia*, *Praeundulomya*, *Pyramus* (Biakov, 2006).

Брахиоподы также испытывают катастрофический упадок — среди них вымирает 31 вид (86%) и 15 родов (52%), появляются лишь пять новых видов и два рода. В сообществах, характеризующих мелководные карбонатные фации, преобладают представители родов *Kolymaella*, *Bocharella*, редкие *Rhynchopora*, *Rhynoleichus*, *Neospirifer*, *Spiriferella* (Ganelin, Biakov, 2006). Всего отсюда известно 10 видов девяти родов.

Достоверные находки аммоноидей в отложениях характеризуемого уровня на Северо-Востоке России не известны. С завершением ранней перми (конец времени *Kuliki–Andrianovi*) вымер род *Tumaceras*, доминировавший в кунгурском сообществе аммоноидей. Покинули рассматриваемые палеоакватории длительно существовавшие здесь пролеканиты рода *Neouddenites* (Кутыгин, 2023). Однако отчетливые филогенетические связи между кунгурскими и роудскими таксонами свидетельствуют о том, что в период биотического кризиса, произошедшего в конце ранней перми, в восточной части Бореальной надобласти могли существовать мелкие ареалы аммоноидей, в которых продолжали развиваться монголоцератида и спирологоцератида (Кутыгин и др., 2002; Леонова и др., 2005).

В трех из рассматриваемых в данной статье разрезах (кроме разреза по р. Мунугуджак) остатки фауны в верхах нижней перми (верхи халалинского горизонта, зона *Kolymaella–Bocharella–Aphanaia korkodonica*) практически отсутствуют, кроме редких *Aphanaia cf. korkodonica* Biakov и *Kolymopecten kolymaensis* (Maslennikov) в разрезе по р. Русская-Омолонская и *Praekolymia sp.* в разрезе по руч. Федоровский.

В начале роуда (время *Russiensis–Dilatata*) происходит увеличение в два-два с половиной раза биоразнообразия во всех группах фауны (Бяков, 2012). Возникают многие представители таксонов, доминирующих на протяжении более поздних этапов развития. Фораминиферы представлены 44 видами 12 родов. Появляются 18 новых видов, к концу рассматриваемого времени вымирают только четыре вида; вымерших родов нет.

Двустворчатые моллюски представлены 43 видами 26 родов, из которых вновь появившиеся

насчитывают 32 вида и восемь родов. Ведущая группа двустворок — колымииды — испытывает расцвет: в это время существуют шесть родов иноцерамоподобных и возникают два новых рода (*Cyrtokolymia* и *Kolymia*), причем последний составляет основу бентосных сообществ на протяжении роуда и ворда.

Брахиоподы насчитывают 25 видов 23 родов. Появляются 18 видов 16 родов брахиопод, среди которых увеличивается распространение и разнообразие линопродуктид и лихаревиид, появляются характерные специализированные роды, в том числе такие, как *Mongolusia*, *Terrakea* и *Strophalosia* (Ганелин и др., 2001). Вымирают четыре вида и два рода.

В начале роуда произошло полное видовое обновление верхояно-омолонского сообщества аммоноидей (Budnikov et al., 2020). Их ареал занял наибольшие за всю пермскую историю площади, особенно в Омолонском бассейне (Кутыгин, 2015). Важным стало появление короткоживущего рода *Sverdrupites*, который очень быстро освоил обширные акватории от Канадской Арктики до Новоземельского и Волго-Уральского регионов. Род *Biarmiceras* из восточной части Бореальной надобласти проник в Волго-Уральский регион, где приобрел наибольшее таксономическое разнообразие. В это же время в северо-восточных морях появился экзотичный карликовый род *Anuites*, представители которого, помимо Омолонского массива, известны в Западном Верхоянье и Волго-Уральском регионе (Андрианов, 1985; Varskov et al., 2014). Особый интерес вызывает проникновение в Верхоянский бассейн рода *Daubichites* (Андрианов, 1968), характеризующего роудские отложения Бореальной, Тетической и Нотальной надобластей.

Начало роуда совпадает с крупной трансгрессией и вероятным потеплением климата, выраженным в появлении ряда тетических и западнобореальных форм среди двустворчатых моллюсков (*Septimyalina?*, *Vnigripecten*, *Cyrtorostra*) (Бяков, 2020), брахиопод (*Mongolusia*, *Terrakea* и *Strophalosia*) и аммоноидей (*Daubichites*). В ряде относительно мелководных бассейнов Колымо-Омолонского региона (Омолонский, Тасканский) возобновилось интенсивное карбонатонакопление, выраженное в присутствии своеобразных сероводородистых известняков, часто называемых “колымиевыми” (Кашик и др., 1990; Brynko et al., 2019), которые слагают толщи значительной мощности как в относительно мелководных бассейнах

(Омолонском и Тасканском), так и в более глубоководных – Сугойском и Арга-Тасском, где их мощность достигала 500 м.

Раннероудское событие, широко прослеживаемое в Бореальной надобласти и ряде регионов Тетиса и Гондваны, характеризуется инновациями в основных группах фауны и масштабной экспансией аммоноидей (Котляр и др., 2004; Бяков, 2010; Barskov et al., 2014; Silantiev et al., 2024 и др.).

На фототаблицах (табл. I–V) приведены наиболее характерные таксоны нижней части русско-омолонского региояруса. Изображенный палеонтологический материал хранится в следующих учреждениях: фораминиферы – в Центральном научно-исследовательском музее им. Ф.Н. Чернышова (ЦНИГРМ), Санкт-Петербург, в коллекции № 13159 и в Территориальном фонде геологической информации (ТФГИМ), Магадан, в колл. № 616; брахиоподы – в музее Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института ДВО РАН им. Н.А. Шилов (СВКНИИ), Магадан, в колл. № 02-06.118; двустворчатые моллюски – там же, колл. №№ 02-06.98, 02-06.99, 02-06.100, 02-06.107, 02-06.116 и в Территориальном фонде геологической информации (ТФГИМ), Магадан, в колл. № 1062; аммоноидеи – в Институте геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (ИГАБМ), Якутск, колл. № 175.

ОСНОВНЫЕ РАЗРЕЗЫ ПОГРАНИЧНЫХ НИЖНЕ-СРЕДНЕПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ОМОЛОНСКОГО МАССИВА И СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДАТИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ

Юго-восток Омолонского массива является стратотипической местностью всех региональных отделов и региональных ярусов, составляющих РСШ перми Колымо-Омолонского региона. Четыре из наиболее изученных и наиболее полных разрезов представляют наибольший интерес для характеристики обсуждаемых материалов (рис. 1).

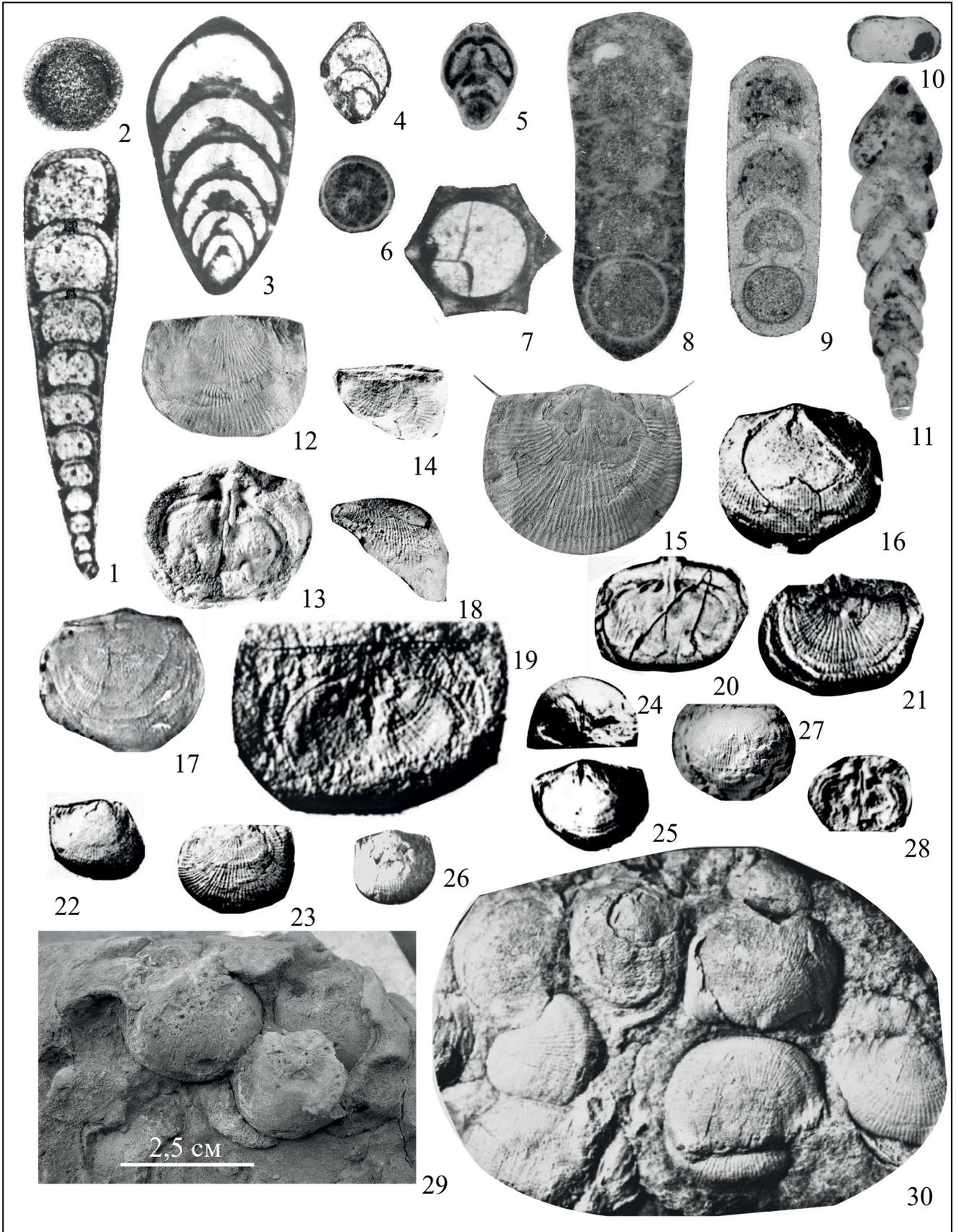
Три из них – разрез в верховьях р. Хивач, на ручье Водопадный, разрез на р. Русская-Омолонская и разрез на р. Мунугуджак – располагаются в пределах Омолонского массива и представлены в основном карбонатной серией отложений. Латерально к юго-востоку они замещаются туфогенно-кремнистыми образованиями Гижигинской структурно-фациальной зоны, непрерывный разрез которых представлен в верховьях р. Парень, по руч. Федоровский (рис. 2).

Разрез по р. Русская-Омолонская

Этот разрез является стратотипическим для русско-омолонского региояруса и слагающих его региональных зон. Более подробное описание разреза имеется в (Кашик и др., 1990). Здесь приведена более полная и обновленная палеонтологическая характеристика, особенно это касается двустворчатых моллюсков.



Рис. 1. Расположение основных разрезов пограничных нижне-среднепермских отложений на Северо-Востоке России. 1–3 – Омолонский массив: 1 – р. Русская-Омолонская, 2 – руч. Водопадный, 3 – р. Мунугуджак; 4 – юго-восточное обрамление Омолонского массива, руч. Федоровский, приток р. Парень. Пунктиром показан контур Омолонского массива.



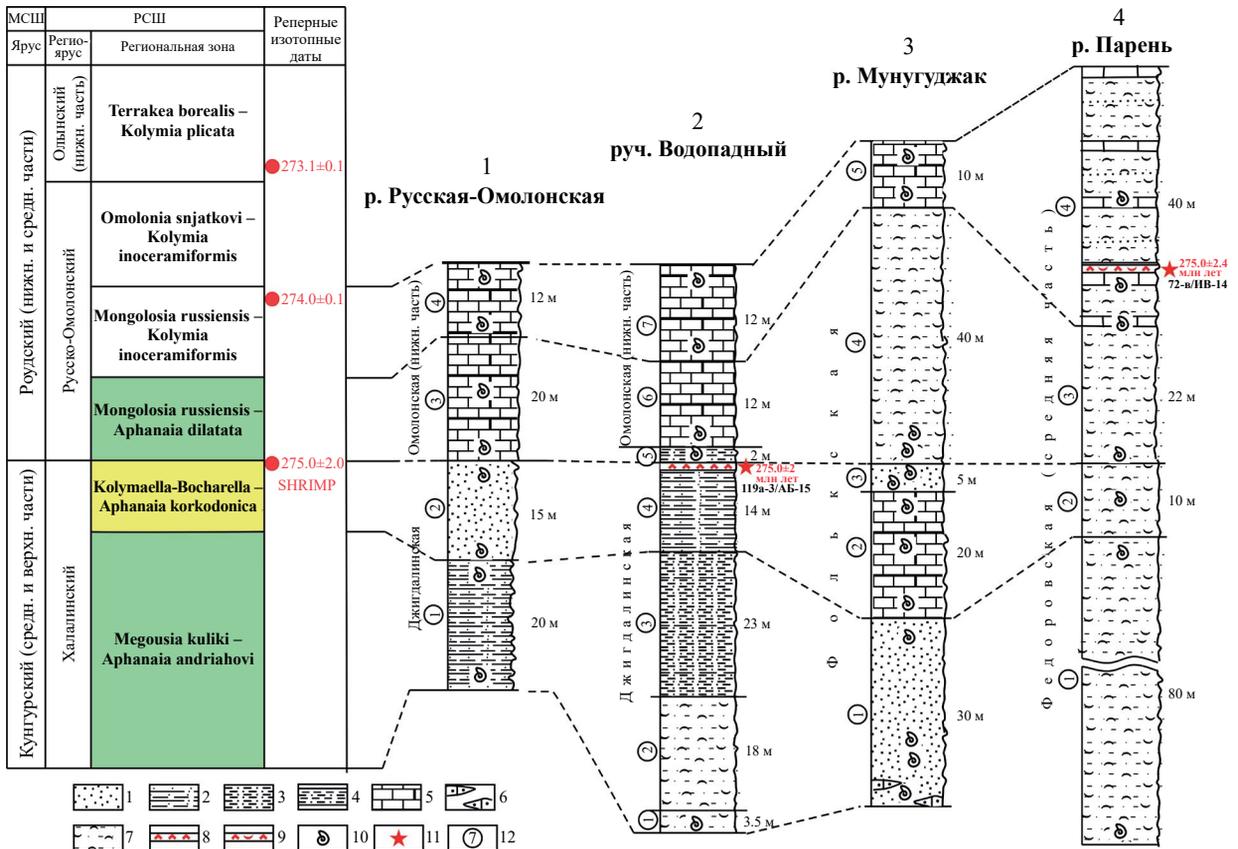
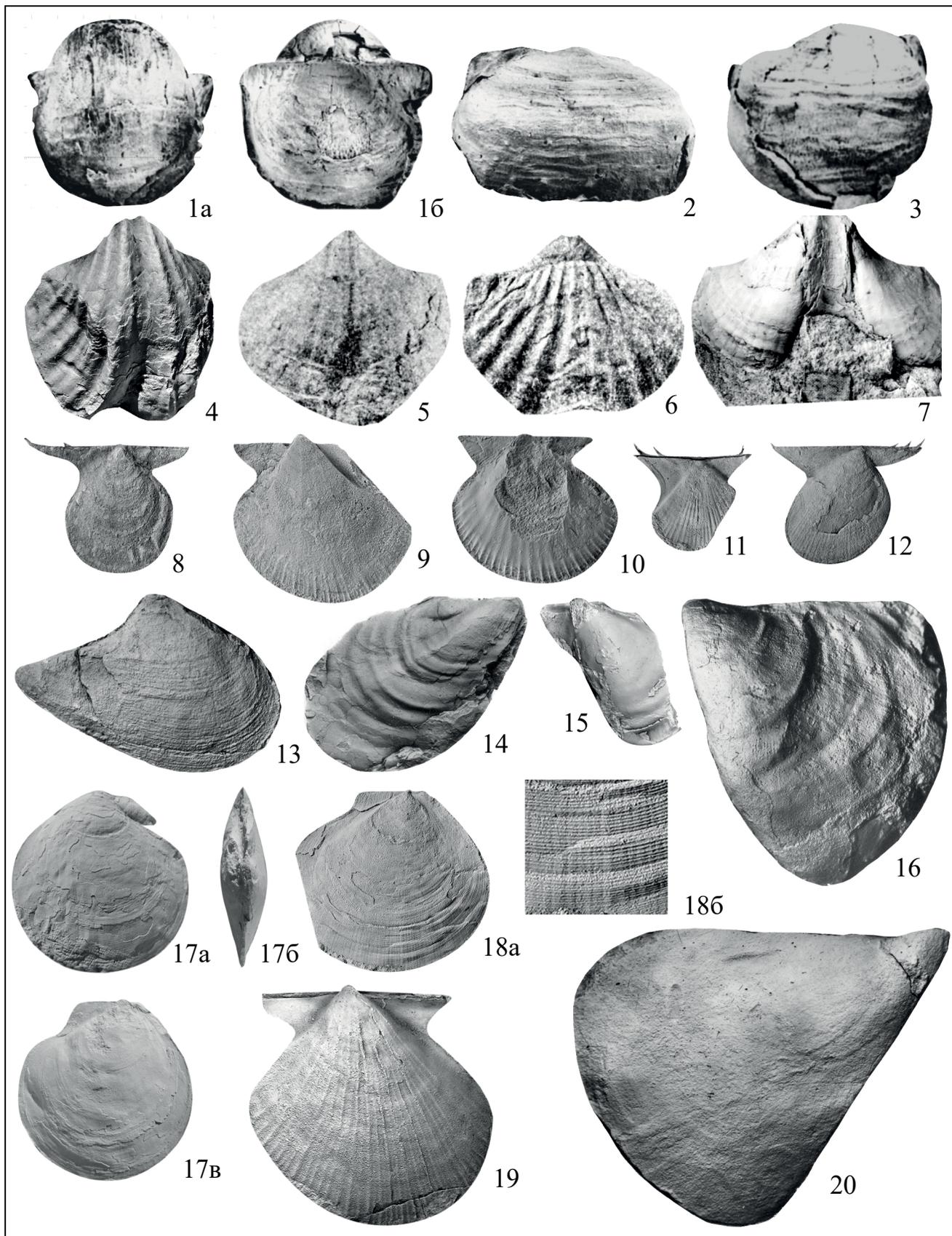


Рис. 2. Корреляция основных разрезов пограничных нижне-среднепермских отложений Омолонского массива и его юго-восточного обрамления.

1 – песчаники, 2 – переслаивание песчаников и алевролитов, 3 – алевролиты, 4 – алевролиты с прослоями аргиллитов, 5 – сероводородистые известняки, 6 – карбонатно-фосфатные линзы, 7 – туффиты, 8 – бентонитовый туф, 9 – туффит среднего состава, 10 – остатки ископаемой фауны, 11 – датированные образцы, 12 – номера пачек. В графе “Региональная зона” зеленой заливкой показаны интервалы увеличения таксономического биоразнообразия, желтой – интервалы вымирания. Реперные изотопные даты приведены по (Davydov et al., 2018) и настоящей статье. Слева от литологических колонок приведены названия свит.

Таблица I. Фораминиферы и брахиоподы нижнерудских отложений Омолонского массива и его юго-восточного обрамления. Все экземпляры, кроме специально отмеченных, даны в натуральную величину. Изображения фораминифер приведены по (Karavaeva, Nestell, 2007).

1–2 – Protonodosaria curvula Karavaeva et Nestell, ×80: 1 – голотип ЦНИГРМ № 1/13159, аксиальное сечение, 2 – экз. ЦНИГРМ № 2/13159, поперечное сечение; руч. Водопадный, верхи джигдалинской свиты, пачка 5 (рис. 2); средняя пермь, русско-омолонский региоярус, зона Mongolusia russiensis–Aphanaiia dilatata; 3 – Pseudonodosaria dzhigdaliniensis Karavaeva et Nestell, ×80, голотип ЦНИГРМ № 140/13159, сечение, близкое к аксиальному; местонахождение и возраст те же; 4–6 – Rectoglandulina pusilla Karavaeva et Nestell, ×80: 4 – экз. ЦНИГРМ № 84/13159, сечение, близкое к аксиальному; 5 – голотип ЦНИГРМ № 85/13159, аксиальное сечение, 6 – экз. ЦНИГРМ № 86/13159, поперечное сечение; местонахождение и возраст те же; 7–9 – Nodosaria pseudolata Karavaeva et Nestell, ×80: 7 – экз. ЦНИГРМ № 8/13159, поперечное сечение, 8 – голотип ЦНИГРМ № 7/13159, сечение, близкое к аксиальному, 9 – ЦНИГРМ № 9/13159, тангенциальное аксиальное сечение; 10, 11 – Ichthyolaria ganelinae (Karavaeva), ×80: 10 – экз. ТФГИМ № 616/5-3 (14), поперечное сечение, 11 – голотип ТФГИМ 616/5-3 (14), аксиальное сечение; местонахождение и возраст те же; 12–21 – Mongolusia russiensis (Zavodovskiy): 12 – брюшная створка, 13 – внутреннее строение спинной створки, 14 – фрагмент раковины с сочлененными створками с наружной стороны спинной створки, видна узкая арка брюшной створки; местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 1; 15–19 – раковина с сочлененными створками: 15 – со стороны брюшной створки, ×1.5, 16 – то же, 17 – со стороны спинной створки, 18 – брюшная створка сбоку, 19 – отпечаток внутреннего строения спинной створки, хорошо виден ряд игл по замочному краю, ×2, 20 – внутреннее строение спинной створки, 21 – спинная створка с наружной стороны; р. Русская-Омолонская, пачка 3; возраст тот же; 22–28, 30 – Mongolusia sp. 1: 22, 23 – брюшные створки, 24–26 – ядра брюшных створок в разных положениях, 27 – наружный отпечаток спинной створки, 28 – внутреннее строение спинной створки, 30 – скопление брюшных и спинных створок, ×2; местонахождение и возраст те же; 29 – Mongolusia sp., ядра брюшных створок; верховья р. Парень, руч. Федоровский, федоровская свита, пачка 4; зона Mongolusia russiensis–Kolymia inoceramiformis.



Снизу вверх по разрезу здесь представлены:

Джигдалинская свита

1. Известковистые песчаники, алевролиты с конкрециями сульфидов. В прикровельной пятиметровой пачке фауна: фораминиферы *Frondicularia prima* Gerke, *Rectoglandulina primitiva* Karavaeva, *Ichthyolaria dilemma* (Gerke) и др., брахиоподы *Megousia kuliki* (Fredericks), *Neotumarinia barajensis* (Solomina), *Neospirifer paranitiensis* Zavadovsky, *Spiriferella consimilis* Abramov et Grigorjeva и др., двустворки *Aphanaia* sp., *Kolymorecten kolymaensis* (Maslennikow) и др. Мощность 20 м.

2. Серые, желтовато- и зеленовато-серые полимиктовые песчаники с очень редкими *Rhynchopora lobjaensis* Tolmatchow, *K. kolymaensis* (Maslennikow), *Aphanaia* cf. *korkodonica* Biakov. Мощность 15 м.

Омолонская свита

3. Серые сероводородистые известняки, в низах пачки – песчанистые, с фораминиферами *Ichthyolaria ganelinae* (Karavaeva), *Frondicularia ganelinae* Karavaeva, *Nodosaria omolonica* Miklukho-Maklay и др., брахиоподами *Mongolusia russiensis* (Zavadovsky), *Terrakea koragoi* Ganelin, sp. nov.,

Strophalosia sp., *Spiriferella lita* Fredericks и др., двустворками *Aphanaia* sp., *Aphanaia stepanovi* (Muromzeva), *K. kolymaensis* (Maslennikow), *Streblopteria* sp. и др. Мощность 20 м.

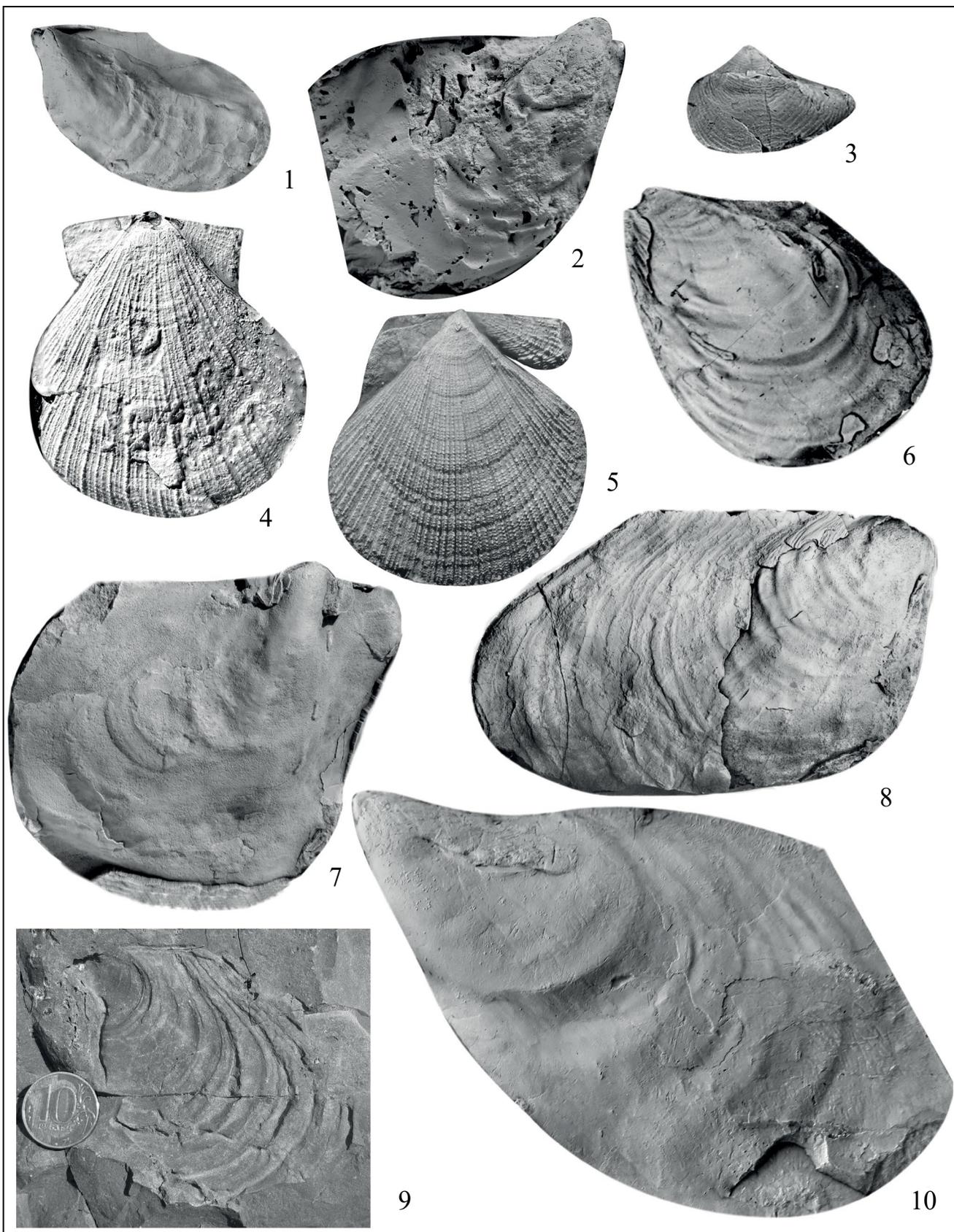
4. Серые сероводородистые известняки с брахиоподами *M. russiensis* (Zavadovsky), *T. koragoi* Ganelin, sp. nov., *Strophalosia* ex gr. *tolli* (Fredericks), *Aph. stepanovi* (Muromzeva), двустворками *Kolymia inoceramiformis* Licharew, *K. ex gr. yurii* (Astafieva), *Cyrtokolymia bobini* Biakov, *K. kolymaensis* (Maslennikow) и др. Мощность 12 м.

Разрез по руч. Водопадный, притоку р. Хивач

Этот разрез является стратотипическим для отделов и части региональных ярусов (Заводовский, 1959; Ганелин, Караваева, 1977; Ганелин, 1984; Кашик и др., 1990). Рассматриваемый стратиграфический интервал (переходные слои от халалинского региояруса джигдалинского отдела к русско-омолонскому региоярусу омолонского отдела) здесь выходит в нескольких обнажениях: собственно по руч. Водопадный, в 1.8–1.1 км ниже места слияния составляющих его ручьев Левый Водопадный и Правый Водопадный, а также по руч. Левый Водопадный, в 0.6 км выше его устья. Подошва русско-омолонского региояруса определяется здесь появлением

Таблица II. Брахиоподы и двустворчатые моллюски нижнероудских отложений Омолонского массива. Все экземпляры, кроме специально отмеченных, даны в натуральную величину.

1–3 – *Terrakea koragoi* Ganelin, sp. nov.: 1 – раковина с сочлененными створками, голотип № 1/02-06.118: 1a – со стороны брюшной створки, 1б – со стороны спинной створки, 2 – отпечаток наружной стороны спинной створки, 3 – отпечаток спинной створки со стороны шлейфа; р. Мунгуджак, руч. Фольк, фолькская свита, пачка 4; зона *Mongolusia russiensis*–*Aphanaia dilatata*; 4, 6 – *Alispiriferella gydanensis* (Zavadovsky): 4 – брюшная створка, 6 – раковина с сочлененными створками со стороны спинной створки; руч. Водопадный, верхи джигдалинской свиты, пачка 5; возраст тот же (Заводовский и др., 1970); 5 – *Spiriferella burgaliensis* Zavadovsky, фрагмент брюшной створки; местонахождение и возраст те же (Заводовский и др., 1970); 7 – *Kungaella ochotnikovii* (Zavadovsky), ядро брюшной створки; местонахождение и возраст те же; 8–12 – *Vnigripecten phosphaticus* (Girty): 8 – экз. СВКНИИ № 116/02-06.99, ядро правой створки, междуручье Ирбычан–Коргычан, возраст тот же; нижняя часть авландинской свиты; 9 – экз. СВКНИИ № 117/02–06.99, ядро левой створки, местонахождение и возраст те же; 10 – экз. СВКНИИ № 118/02–06.99, ядро левой створки с участками сохранившейся раковины, руч. Крутой, верховья р. Верхний Коаргычан, низы омолонской свиты, возраст тот же; 11 – экз. СВКНИИ № 119/02-06.99, ядро правой створки с частично сохранившейся раковиной, руч. Крутой, приток р. Хивач, верхи джигдалинской свиты; 12 – экз. СВКНИИ № 120/02–06.99, неполное ядро правой створки, левобережье нижнего течения р. Ледяная, приток р. Синяя, нижняя часть авландинской свиты; 13 – *Phestia omolonica* Biakov, голотип ТФГИМ, № 65/1062, ядро правой створки; местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 4; 14 – *Praekolymia urbajtisae* Biakov, экз. СВКНИИ № 103/02-06.98, ядро раковины, правобережье верхнего течения р. Малая Ауланжа, возраст тот же, что и у фиг. 4, по (Бяков, 2008); 15 – *Kolymia* cf. *simkini* Porow, неполное ядро левой створки с участками сохранившейся раковины, экз. СВКНИИ № 3/02-06.107; местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 1; 16 – *Aphanaia dilatata* Biakov, голотип ТФГИМ № 9/1062, ядро левой створки (Бяков, 2010); местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 4; 17, 18 – *Streblopteria gracilicosta* Biakov, ×1.5 (кроме рис. 18б): 17 – голотип СВКНИИ № 3/02-06.116, ядро двустворчатого экземпляра с частично сохранившейся раковиной: 17a – со стороны правой створки, 17б – со стороны макушки, 17в – со стороны правой створки; местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 13; 18 – экз. СВКНИИ № № 5/02-06.116, неполное ядро левой створки с сохранившейся раковиной: 18a – со стороны левой створки, 18б – участок скульптуры створки того же экземпляра, ×5; руч. Кривой, правый приток р. Левый Кедон; зона *Mongolusia russiensis*–*Kolymia inoceramiformis*; 19 – *Kolymorecten kolymaensis* (Maslennikow in Kaschirzew), экз. СВКНИИ № 133/02-06.99, ядро левой створки; местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 1; 20 – *Septimyalina?* karavaevae Biakov, голотип ТФГИМ, № 1/1062, ядро правой створки; местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 4.



в разрезе брахиопод рода *Mongolusia*, двустворчатых моллюсков родов *Kolymia* и *Cyrtokolymia* и гониатитов рода *Sverdrupites*. Здесь описан следующий разрез (снизу вверх):

Джигдалинская свита

1. Туффиты темно-зеленые, глинисто-алевролитисто-песчанистые, с брахиоподами *Tomioopsis taimyrensis* Tschernjak, *Leiorhynchoidea* aff. *ripheica* (Stepanov), двустворками *Phestia undosa* (Muromzeva), *Solemya biarmica* Verneuil, *Aphanaia andrianovi* (Muromzeva et Kusnezov), *Costatoaphanaia ganelini* (Biakov), *Praekolymia urbajtsae* Biakov, *K. kolymaensis* (Maslennikow), *Streblopteria* cf. *bella* Guskov, *Praeundulomya gijgensis* (Maslennikow), *Cypricardina orientalis* (Licharew), *Pyramus bonus* (Lutkevich et Lobanova), *Solenomorpha kogimica* Muromzeva и др., аммоноидеями *Tumaroceras kashirzevi* Andrianov и *Neouddenites* aff. *caurus* Nassichuk. Мощность 3.5 м.

2. Ритмичное переслаивание туфоалевролитов. Мощность 18 м.

3. Глинисто-кремнистые, слабоизвестковистые алевролиты. Мощность 23 м.

4. Переслаивание алевролитов темно-серых и светло-серых, иногда с зеленоватым оттенком и известковистых песчаников с примесью пирокластического материала без остатков фауны. В верхней части пачки наблюдаются прослой (0.1–0.4 м) серых и темно-серых сероводородистых известняков. В кровле пачки обнаружен прослой (2–3 см) бентонитового туфа, представленного рыхлым белесовато-рыжеватым материалом, пластичным в мокром состоянии (обр. 119а-3/АБ-15), из которого были выделены и изучены цирконы (см. ниже) и получена средневзвешенная дата 275 ± 2 млн лет. Мощность 14 м.

5. Туфоалевролиты зеленовато-серые, глинисто-известковистые, с комковатой текстурой, переходящие в мелкозернистые туфопесчаники. Пирокластический материал в туфоалевролитах представлен вулканическим стеклом и пелловыми частицами. В пачке встречены многочисленные остатки фауны: фораминиферы *Ichthyolaria ganelinae* (Karavaeva), *N. omolonica* Miklukho-Maklay и др., двустворки *Phestia omolonica* (Biakov), *Septimyalina?* karavaevae Biakov, *Aphanaia dilatata* Biakov, *Cigarella* sp., *Kolymia* sp., *Streblopteria gracilicosta* Biakov, *Myonia* ex gr. *komiensis* (Maslennikow), *Pyramus* ex gr. *symmetricus* (Lutkevich et Lobanova) и др., брахиоподы *M. russiensis* (Zavodovsky), *T. koragoi* Ganelin, sp. nov., *Alispirifirella gydanensis* (Zavodowsky), аммоноидеи *S. harkeri* (Ruzhencev). Мощность 2 м.

Омолонская свита

6. Сероводородистые известняки с фораминиферами *Ichthyolaria ganelinae* (Karavaeva), *Rectoglandulina parva* Karavaeva и др., двустворками *Aph. stepanovi* Biakov, брахиоподами *Rh. lobjaensis* Tolmatchew, *Attenuatella stringocephaloides* Tschernjak et Licharew. Мощность 12 м.

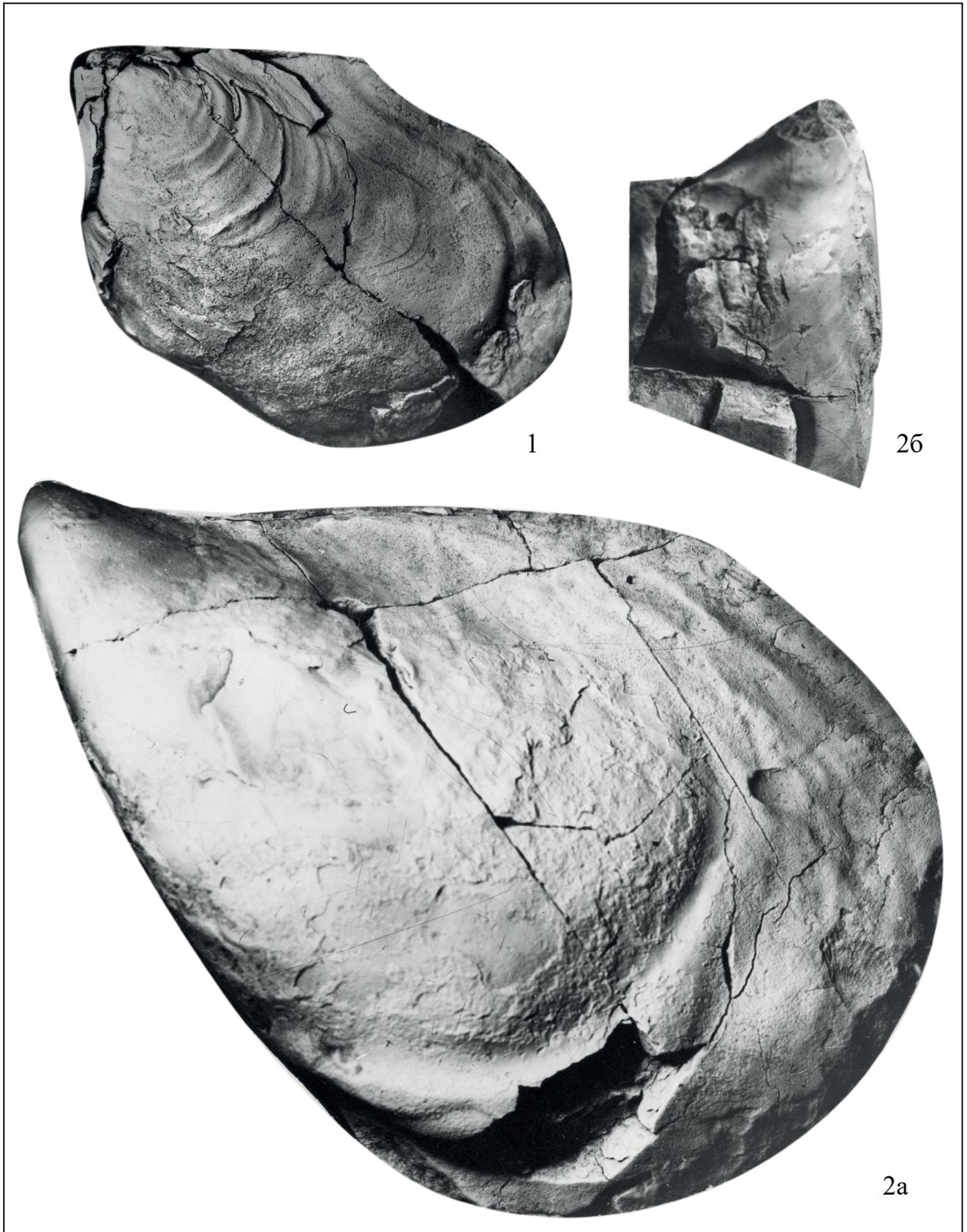
7. Сероводородистые известняки с двустворками *Aph. stepanovi* Biakov, *Kolymia* ex gr. *inoceramiformis* Licharew, *K. kolymaensis* (Maslennikow), брахиоподами *Rh. lobjaensis* Tolmatchew, *Terrakea* sp., *Tumarinia ochotnikovii* (Zavodowsky), *Neospirifer* sp., *At. stringocephaloides* Tschernjak et Licharew. Мощность 12 м.

Разрез по р. Мунугуджак

Этот разрез является стратотипическим для халалинского региояруса и составляющих его региональных зон и расположен по руч. Фольк

Таблица III. Двустворчатые моллюски нижнероудских отложений Омолонского массива и его юго-восточного обрамления. Все экземпляры, кроме специально отмеченных, даны в натуральную величину.

1 – *Kolymia* sp., экз. СВКНИИ № 4/02-06.107, ядро левой створки; руч. Федоровский, средняя часть федоровской свиты, пачка 3, обр. 70-9а/АБ-14; зона *Mongolusia russiensis*–*Aphanaia dilatata*; 2 – *Kolymia* ex gr. *yurii* (Astafieva), экз. СВКНИИ № 5/02-06.107, ядро правой створки, обр. 79-7/АБ-83, местонахождение и возраст те же; 3 – *Glyptoleda parenica* Biakov, экз. СВКНИИ № 2/02-06.107, ядро левой створки, $\times 2.5$; средняя часть федоровской свиты, пачка 4, обр. 70-15/АБ-14; зона *Mongolusia russiensis*–*Kolymia inoceramiformis*; 4, 5 – *Omolonopecten*, gen. et sp. nov., латексные слепки: 4 – с экз. СВКНИИ № 134/02-06.99, отпечаток левой створки, 5 – с экз. СВКНИИ № 135/02-06.99, отпечаток правой створки, $\times 1.2$; средняя часть фолькской свиты, пачка 4; возраст тот же, что и у фиг. 1; 6, 8 – *Kolymia inoceramiformis* Licharew: 6 – экз. СВКНИИ № 15/02-06.99, ядро левой створки с частично сохранившейся раковинной, $\times 1.4$, 8 – экз. СВКНИИ № 18/02-06.99, неполное ядро правой створки с частично сохранившейся раковинной; р. Русская-Омолонская, обн. 31, сл. 7, нижняя подсвита омолонской свиты, пачка 4 (рис. 2); возраст тот же, что и у фиг. 3; 7 – *Cyrtokolymia bobini* Biakov, голотип СВКНИИ № 108/02-06.99, ядро правой створки с участками сохранившейся раковины; местонахождение и возраст те же; 9 – *K. cf. inoceramiformis* Licharew, местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 3; 10 – *Aphanaia* aff. *stepanovi* (Muromzeva), экз. СВКНИИ № 6/02-06.107, ядро левой створки; местонахождение и возраст те же, что и у фиг. 1, обр. 70-9/АБ-14.



на левобережье р. Мунугуджак. В нем наиболее четко проявлена биостратиграфическая смена комплексов фауны на границе нижней и средней перми. В общем виде разрез описан в работе (Ганелин, 1984). Здесь дана более полная палеонтологическая характеристика, основанная на новых сборах ископаемой фауны (преимущественно двустворок) в 1999 и 2014 гг. В этом же разрезе получена изотопная характеристика (величина $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ — см. ниже).

Ниже приведен разрез кунгурско-нижнероудского интервала данного разреза (снизу вверх):

Фолькская свита

1. Зеленовато-серые и серые полимиктовые мелко-среднезернистые песчаники, в нижней части с линзами карбонатно-фосфатных песчаников и ракушечниковыми скоплениями брахиопод *M. kuliki* (Frederiks), *Neospirifer* sp. и др., двустворок *S. orientalis* (Licharew), *P. gijigensis* (Maslennikow), *Pyramus bonus* (Lutkevich et Lobanova), *Wilkingia* aff. *abramovi* (Muromzeva), *K. kolymaensis* (Maslennikow) и др., аммоноидей *Tumagoceras* sp.; в верхах пачки — редкие брахиоподы *M. kuliki* (Frederiks). Мощность 30 м.

2. Серые сероводородистые известняки с брахиоподовыми ракушечниками, состоящими из раковин *Kolymaella ogonerensis* (Zavodowsky), *Bocharella zuyjankensis* (Ganelin et Lazarev) и редких двустворок *Ar. cf. korkodonica* Biakov. Мощность 20 м.

3. Зеленовато-серые мелкозернистые песчаники с двустворками *Praeundulomya* sp., *Myonia* sp., *P. bonus* (Lutkevich et Lobanova), *Astartella* spp., *W. aff. abramovi* (Muromzeva). Мощность 5 м.

4. Зеленовато-серые кремнистые тонкообломочные туффиты с брахиоподами *M. russiensis* (Zavodowsky), *T. koragoi* Ganelin, sp. nov., *T. ochotnikovii* (Zavodowsky), двустворками *Ph. omolonica* (Biakov), *Aph. dilatata* Biakov, *Kolymia* cf. *simkini* Popow, *Pr. urbajtsiae* Biakov, *Omolonopecten*, gen. et sp. nov., *Viarmopecten*, gen. et sp. nov., *K. kolymaensis* (Maslennikow), *M. ex gr. komiensis* (Maslennikow) и др.,

гониатитами *Sverdrupites* sp., ростококнами *Pseudoconocardium* sp. Мощность 40 м.

5. Серые сероводородистые кремнистые известняки с брахиоподами *M. russiensis* (Zavodowsky), *T. koragoi* Ganelin, sp. nov., *T. ochotnikovii* (Zavodowsky), двустворками *Kolymia* sp., *Omolonopecten*, gen. et sp. nov., *Viarmopecten*, gen. et sp. nov., *K. kolymaensis* (Maslennikow) и др. Мощность 10 м.

Разрез по руч. Федоровский, притоку р. Парень

Это опорный разрез перми Гижигинской фациальной зоны, обрамляющей Омолонский массив с юго-востока. Пермские отложения рассматриваемого интервала представлены здесь средней частью федоровской свиты и вскрыты в непрерывных коренных обнажениях по руч. Федоровский (на более поздних картах ручей назван Чистым). В целом свита довольно однообразна и представлена преимущественно тонкообломочными, редко до псаммитовых, туффитами и кремнистыми породами с плохо выраженной слоистостью. Лишь в средней и верхней частях свиты присутствуют отдельные маломощные пласты сероводородистых известняков, а также мелкозернистых туфопесчаников, туффитов, туфов среднего состава (Ганелин, 1973; Решения..., 2009). Ниже приводится описание средней части разреза федоровской свиты, характеризующей переходный интервал нижне-среднепермских отложений (снизу вверх):

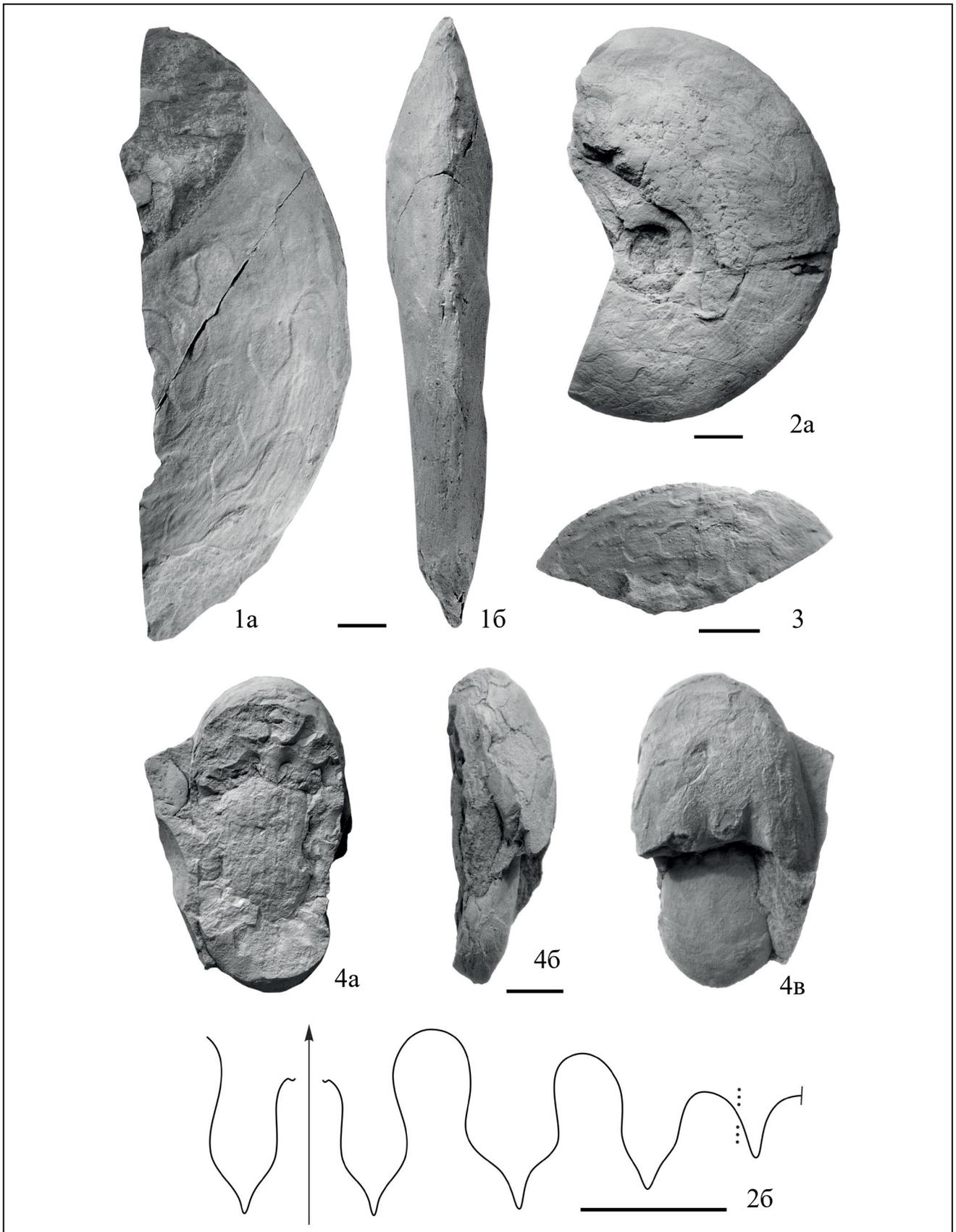
Федоровская свита (средняя часть)

1. Толсто-, реже среднепластовые неяснослоистые темно-серые до черных крепкие алевритистые туффиты, переходящие в пелитоморфные туффиты. Близ основания пачки найдены двустворки *Praekolymia* sp., а близ кровли — *Glyptoleda parenica* Biakov (Бяков, 2016). Мощность 80 м.

2. Туффиты, аналогичные вышеописанным, с редкими двустворками *Praekolymia* sp. (обр. 70-8/АБ-14), близ кровли. Мощность 10 м.

←
Таблица IV. Двустворчатые моллюски нижнероудских отложений Омолонского массива. Все экземпляры даны в натуральную величину.

1 — *Kolymia inoceramiformis* Licharew, экз. СВКНИИ № 17/02-06.99, ядро левой створки с частично сохранившейся раковиной; р. Русская-Омолонская, обн. 31, сл. 7, нижняя подсвита омолонской свиты, пачка 4 (рис. 2); зона *Mongoloslavia russiensis*—*Kolymia inoceramiformis*; 2 — *Aphanaisa stepanovi* (Muromzeva), экз. СВКНИИ, № 12/02-06.99, ядро левой створки с участками сохранившейся раковины: 2а — вид сбоку, 2б — примакушечная часть левой створки со стороны умбональной септы; местонахождение и возраст те же.



3. Алевритистые туффиты темно-серые до черных, толсто-неяснослоистые. В основании пачки – двустворки *Aph. aff. stepanovi* (Murumzeva) (обр. 70-9/АБ-14), *K. ex gr. yurii* (Astafieva) (обр. 79-7/АБ-83), *Kolymia sp.* (обр. 70-9а/АБ-14), аммоноидеи *Sverdrupites sp.* Мощность 22 м.

4. Переслаивание туффитов, иногда кремнистых, темно-серых до черных, толсто- и среднепластовых массивных. Встречаются прослой серых сероводородистых известняков (0.15–0.6 м) и зеленовато-серых туффитов и псефитовых туфов (0.1–0.2 м). По всему разрезу собраны многочисленные остатки двустворок колымиид *K. cf. inoceramiformis* Licharew (обр. 71/АБ-14, 70-15/АБ-14), а также *Gl. parenica* Viakov (обр. 70-15/АБ-14). В средней части пачки в подошве сероводородистого известняка обнаружены многочисленные остатки брахиопод плохой сохранности *Mongolusia sp.* Мощность пачки 40 м. В 10 м выше подошвы пачки отобран образец туффита (обр. 72-в/ИВ-14), из которого были выделены и изучены цирконы (см. ниже) и получена средневзвешенная дата 275 ± 2.4 млн лет. Мощность 40 м.

МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ И ДАТИРОВАНИЯ ЦИРКОНОВ

Для определения U–Pb возраста отложений отбирались пробы весом 2–3 кг из туфовых разностей, наиболее перспективных с точки зрения присутствия в них цирконов. Тяжелую фракцию извлекали после дробления и просеивания проб с применением магнитной сепарации и тяжелой (бромформной) жидкости. Окончательный отбор зерен цирконов проводился вручную под бинокуляром.

Немногочисленность изученных нами кристаллов циркона определяется тем, что исследованные туфовые разности в изученных разрезах являются продуктом вулканизма среднего состава и обнаружение циркона в них достаточно не тривиальная задача.

U–Pb изотопное датирование проводилось в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ

(г. Санкт-Петербург) на ионном микрозонде SHRIMP-II. Отобранные зерна цирконов вместе с зернами стандартов циркона TEMORA и 91500 были имплантированы в эпоксидную смолу и наполовину сошлифованы. Для выбора точек датирования в пределах зерна использовались оптические и катодолюминесцентные изображения, отражающие внутреннюю структуру цирконов. Катодолюминесцентное исследование осуществлялось на сканирующем микроскопе CamScan MX 2500. Измерения U–Pb отношения проводились на ионном микрозонде SHRIMP-II по методике L.S. Williams (Williams, 1998). Погрешность единичных анализов (отношений и возрастов) приводится на уровне 1σ. Построение графика с конкордией проводилось с использованием специализированных библиотек IsoplotR (Vermeesh, 2018) и DensityMapping (Sircombe, 2006), реализованных в среде для статистических вычислений R (R Core Team, 2020).

Цирконы моложе 1 млрд лет характеризуются низким сигналом ^{207}Pb (Compston et al., 1992), что приводит к увеличению ошибки определения $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраста выше 2% и, следовательно, к большим расхождениям в оценке дискордантности (D), рассчитываемой по принятой для более древних дат формуле $D = (\text{Возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) / \text{Возраст } (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})) \times 100 - 100$. В связи с этим нами использовалось соотношение $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, которое более точно определяет возраст для цирконов моложе 1 млрд лет (Williams, 1998), а расчет дискордантности (степени отклонения от конкордии) выполнен по формуле: $D = 100 \times (\text{Возраст } (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) / \text{Возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$. Ее использование в последние 10 лет для относительно молодых фанерозойских дат стало общепринятой практикой (Puetz et al., 2017; Powerman et al., 2021 и др.). Критерием отбора конкордантных дат служил диапазон дискордантности (D) от ~ –10 до 10%.

Качество и достоверность получаемых U–Pb изотопных дат циркона оценивается такими расчетными параметрами, как среднеквадратичное взвешенное отклонение (СКВО), указывающее на разброс данных, и вероятность конкордантности (p), которая отражает, насколько точно

Таблица V. *Sverdrupites harkeri* (Ruzhencev, 1961), Омолонский массив, руч. Водопадный, в 1.5 км выше устья; роудский ярус, верхи джигдалинской свиты. Сборы Н.И. Караваевой, В.Г. Ганелина и А.С. Бякова, обр. 29-3/НК-83(12/ВГ-83). Длина всех масштабных линеек 10 мм.

1 – экз. ИГАБМ, № 175/201, 1а – сбоку, 1б – с вентральной стороны; 2 – экз. ИГАБМ, № 175/170, 2а – сбоку, 2б – лопастная линия при D = 58 мм, H = 25 мм, зеркальное отображение; 3 – экз. ИГАБМ, № 175/203, сбоку; 4 – экз. ИГАБМ, № 175/204, 4а – со стороны устья, 4б – сбоку, 4в – с вентральной стороны.

расчетный возраст соответствует положению аналитических точек на конкордии. В идеальных условиях СКВО должно быть не больше 1, реже 2–3, а вероятность стремится к единице (Синькова и др., 2022).

U–Th–Pb SIMS геохронологические исследования циркона в сравнении с методом TIMS характеризуются низкой точностью. Но мы полагаем, что точность и погрешности датировок, полученных нами методом SIMS, достаточны для того, чтобы решать заявленные нами задачи – более или менее надежно оценить возраст изученных туфогенных пород.

СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУФОГЕННЫХ ПОРОД

Образец 119а-3/АБ-15 (координаты 63°05'28" с.ш. и 159°18'35" в.д.) отобран чуть ниже основания русско-омолонского регионального горизонта (верхи джигдалинской свиты) из разреза по руч. Водопадный (рис. 2, 3а, 3в).

Стратиграфическое положение образца определяется находками роудских аммонидей *Sverdrupites harkeri* (Ruzhencev), брахиопод *Mongolusia russiensis* (Zavodovsky) и двустворчатых моллюсков *Aphanaia dilatata* Biakov и *Kolymia* sp., обнаруженными в разрезе непосредственно выше датированного образца. Отобранный материал представлен прослоем (до 2–3 см) тонкощебенчатой бентонитовой глины (туфа) желтовато-серого цвета (рис. 3в).

Образец 72-в/ИВ-14 (координаты 63°34'18" с.ш. и 160°56'10" в.д.) отобран из нижней части русско-омолонского регионального горизонта стратиграфически несколько выше первого образца – из нижней части региональной зоны *Mongolusia russiensis*–*Kolymia inosagamiformis* (средняя часть федоровской свиты (рис. 3б) в разрезе руч. Федоровский (рис. 2)). Материал представлен туффитом (рис. 3г) серого цвета, песчано-алевритовой структуры, неяснослоистой текстуры. Терригенная примесь представлена зернами полевого шпата и кварца размером 0.05–0.2 мм, угловатой, редко призматической и таблитчатой формы, плохоокатанными, с оплавленными краями. Терригенная примесь составляет 35–40% породы. Присутствуют угловатые обломки эффузивных пород среднего состава размером 0.07–0.15 мм, но также встречен один обломок округлой формы размером до 0.15 мм. Обломки эффузивных пород

составляют около 1% породы. Также встречаются единичные сферулы размером до 0.05 мм. Матрикс базального типа, хлорит-глинистого состава, слагает до 50% породы. Вторичные минералы: кальцит, развивается в основном по терригенной примеси. Аутигенный минерал – гематит, единичные зерна.

РЕЗУЛЬТАТЫ U–Th–Pb SIMS ДАТИРОВАНИЯ ЦИРКОНОВ

Из бентонитового туфа (обр. 119а-3/АБ-15) выделено всего девять, а из туффита (обр. 72-в/ИВ-14) – восемь зерен циркона (рис. 4). Зерна размером от 70 до 220 мкм, имеют призматическую, реже таблитчатую форму. По всем зернам выполнено 19 определений изотопного состава U, Pb (табл. 1).

Тонкая осцилляторная зональность в изученных зернах свидетельствует об их магматическом генезисе. На кристаллах циркона отсутствуют следы абразии, что указывает на отсутствие их транспортировки. В цирконах из бентонитовых туфов (обр. 119а-3/АБ-15) и туффитов (обр. 72-в/ИВ-14) содержание U составляет от 101 до 557 мкг/г и от 48 до 462 мкг/г соответственно, содержание Th от 32 до 358 мкг/г и от 20 до 392 мкг/г соответственно, вариации значений отношения Th/U от 0.32 до 0.66 и от 0.44 до 0.98 соответственно. Величины Th/U отношения в изученных цирконах соответствуют таковым для магматического циркона (Rubatto, 2002; Hoskin, Schaltegger, 2003).

Для зерен циркона из бентонитового туфа рассчитанные значения возраста соответствуют пермскому возрасту (от 283.5 ± 3.5 до 268 ± 4 млн лет). Для краевой части зерна 8 (анализ 8.1) установлена высокая доля (~1%) обыкновенного свинца ($^{206}\text{Pb}_c$, %, табл. 1), которая ведет к высокой погрешности определения изотопных отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, поэтому полученная для этого зерна датировка 283.5 ± 3.5 млн лет исключена из рассмотрения (выделена серым цветом в табл. 1). Измерение центральной части зерна 7 (анализ 7.2: 281 ± 1.6 млн лет) также исключено из рассмотрения, так как с учетом индивидуальной ошибки значимо отличается от анализа краевой части зерна (анализ 7.1: 273 ± 3 млн лет) и не входит в единую статистическую совокупность, вероятно отражая более древнее магматическое событие – ранний эпизод активизации Охотско-Тайгоносской (Кони-Тайгоносской, по С.Д. Соколову (1992)) вулканической дуги.

Остальные зерна образуют единую популяцию с возрастным диапазоном от 277 ± 3.5 до 268 ± 4 млн лет (табл. 1, рис. 5а, 5б).

В координатах $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ — $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ изученные зерна формируют кластер с конкордантным возрастом 275 ± 2 млн лет при значении

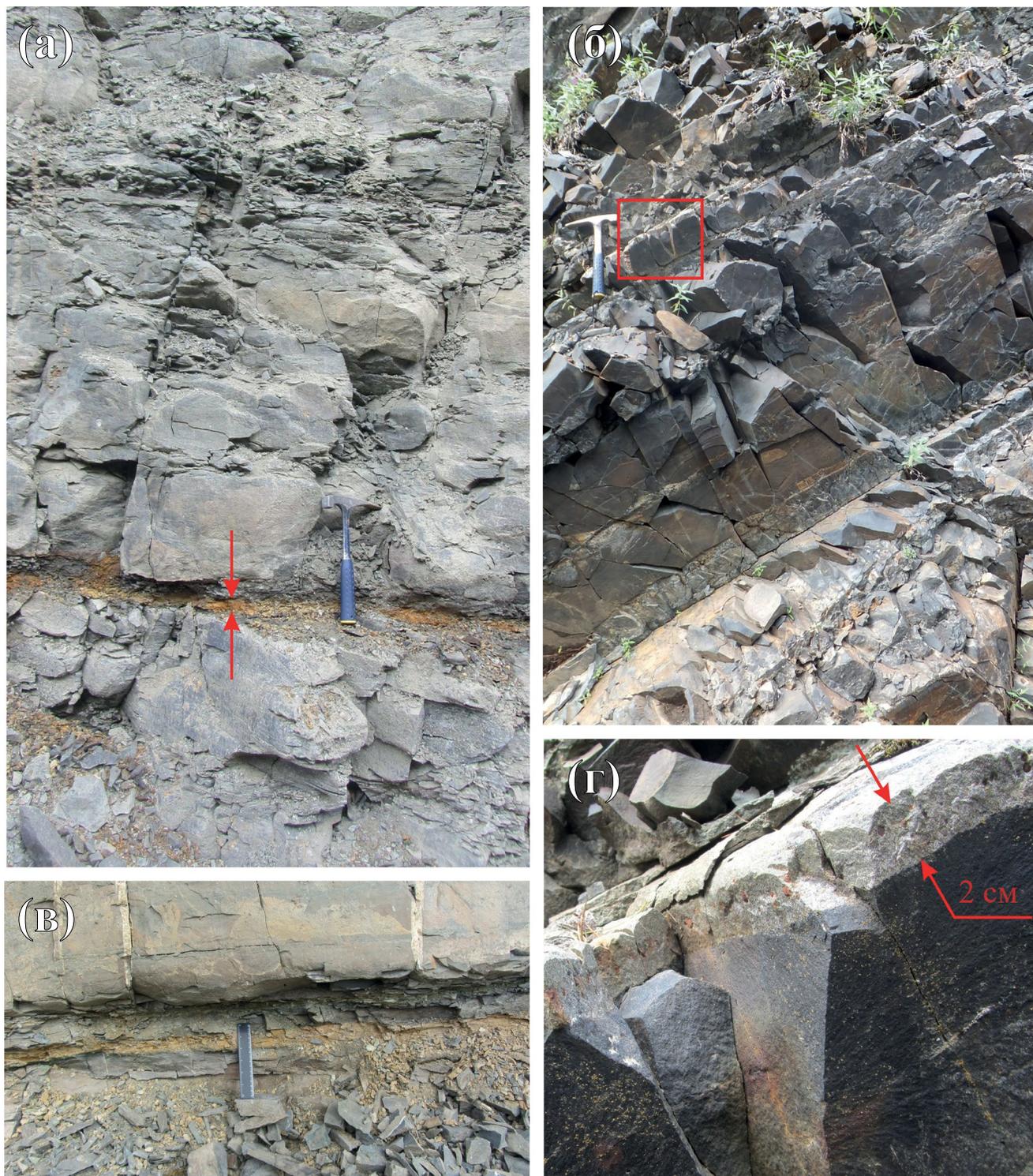


Рис. 3. Туфогенные прослои в нижне-среднепермских отложениях Омолонского массива и его юго-восточного обрамления. (а, б) — общий вид обнажений: (а) — верхи джигдалинской свиты на руч. Водопадный, (б) — средняя часть федоровской свиты на руч. Федоровский; (в, г) — прослои туфогенных пород: (в) — прослой бентонитового туфа из верхов джигдалинской свиты (обр. 119а-3/АБ-2015), длина линейки 16 см, (г) — прослой туффита из федоровской свиты (обр. 72-в/ИВ-14).

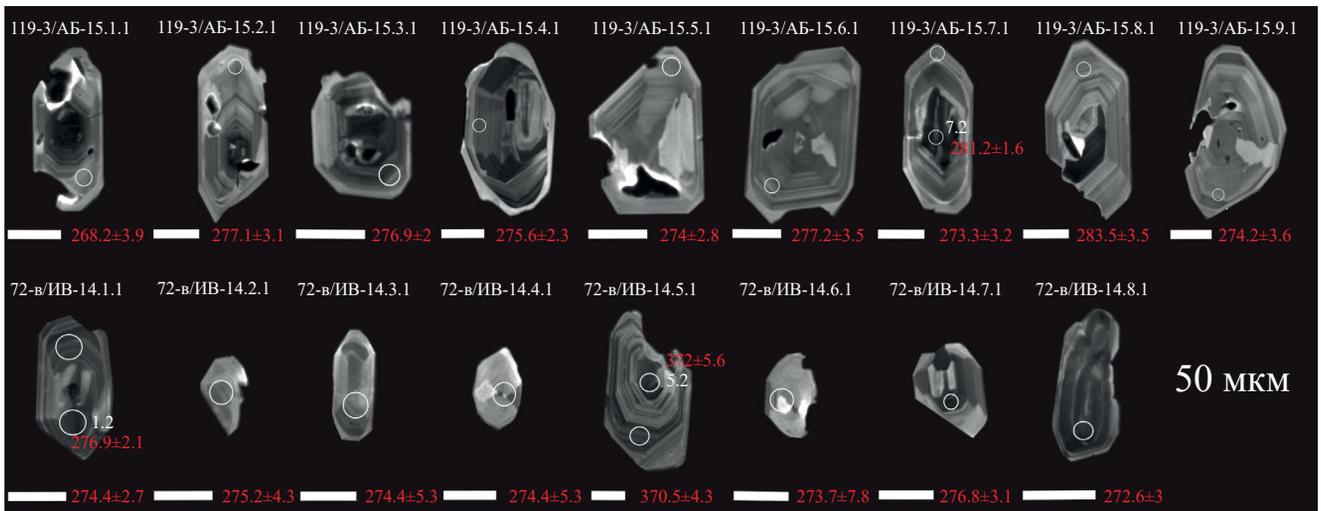


Рис. 4. Катодолуминесцентные изображения цирконов из туфогенных нижне-среднепермских пород Омолонского массива и его юго-восточного обрамления.

Верхний ряд – цирконы из обр. 119а-3/АБ-15, нижний ряд – цирконы из обр. 72-в/ИВ-14. Возраст указан в млн лет.

СКВО = 0.52 и вероятности конкордантности $p = 0.93$. Полученная датировка подтверждается расчетом средневзвешенного $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраста (275 ± 2 млн лет, СКВО = 0.74, $p = 0.64$).

Цирконы из туффита показали возраст в диапазоне от 372 ± 5.6 до 272.6 ± 3 млн лет (табл. 1, рис. 5в). Практически все зерна, за исключением зерна 5 с позднедевонским возрастом (анализ 5.1, край зерна – 370.5 ± 4 млн лет; анализ 5.2, центр зерна – 372 ± 5.6 млн лет с высокой долей (> 1%) обыкновенного свинца – показаны серым цветом в табл. 1), образуют статистически единую пермскую популяцию. Среди выделенной популяции значение дискордантности (критерия отбора конкордантных дат) больше 10% имеет только анализ 3.1 (краевая часть зерна 3), который составляет 11%. Отклонение в 1% считается нами несущественным, поэтому данный анализ не исключен из дальнейших расчетов и интерпретации. То же касается зерна 1, в котором датированы центр (анализ 1.2: 277 ± 2 млн лет) и краевая часть (анализ 1.1: 274 ± 3 млн лет), так как расхождения значений возраста не превышают значение индивидуальной ошибки.

Оставшиеся семь зерен в координатах $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ формируют кластер с конкордантным возрастом 275 ± 2.4 млн лет (рис. 5а, 5б), СКВО = 0.93, вероятность конкордантности 0.52. Оценка средневзвешенного $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраста (рис. 5в) воспроизводит полученную дату (275 ± 2.4 млн лет, СКВО = 0.31, $p = 0.93$).

Таким образом, полученные оценки возраста для образцов туфовых разностей из двух удаленных друг от друга разрезов воспроизводят одни и те же значения средневзвешенного $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраста (275 ± 2 млн лет, СКВО = 0.74, $p = 0.64$, и 275 ± 2.4 млн лет, СКВО = 0.31, $p = 0.93$) и могут служить ориентиром для определения возраста нижней части русско-омолонского регионаруса.

СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКАЯ И ИЗОТОПНАЯ ($\delta^{13}\text{C}$) ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХОВ КУНГУРСКОГО ЯРУСА – НИЖНЕЙ ЧАСТИ РОУДСКОГО ЯРУСА

Обсуждаемый стратиграфический уровень связан с концом крупного трансгрессивно-регрессивного седиментационного цикла первого порядка и следующим за ним началом такого же цикла (Кашик и др., 1990) и наиболее отчетливо фиксируется в относительно мелководных разрезах Омолонского бассейна. Повсеместно в этих разрезах представлены продукты черносланцевого седиментогенеза – сульфидоносные углеродистые глинистые сланцы и тесно связанные с ними сероводородистые известняки – бактериальные карбонатолиты, наследующие аналогичные седиментологические обстановки каменноугольно-раннепермского времени и предвещающие широкий региональный черносланцевый седиментогенез позднепермской эпохи (Ганелин, 2022). По восточной периферии Омолонского бассейна фиксируются также туфы и туффиты и редкие лавы основного состава (Решения..., 2009).

Таблица 1. Результаты U—Pb SHRIMP-датирования цирконов из туфогенных ниже-среднепермских пород Омолонского массива и его юго-восточного обрамления

№ Точки	Концентрации элементов, мкг/г				Возраст, млн лет (1)				Изотопные отношения (1)					Ккор.					
	²⁰⁶ Pbс, %	²⁰⁶ Pb* %	U	Th	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	D, %	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*	±%	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*	±%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U		±%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	±%		
Русско-Омолонский горизонт																			
Бентонитовый туф (обр. 119-3/АБ-15, 63.091111 с.ш., 159.309722 в.д.), нижняя часть омолонской свиты (руч. Водопадный)																			
Средневзвешенный конкордантный возраст 275 ± 2 млн лет, СКВО = 0.52, $p = 0.93$, N = 8																			
Средневзвешенный ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U возраст 275 ± 2 млн лет, СКВО = 0.74, $p = 0.64$, N = 8																			
1.1	0.00	3.740	102.35	31.62	0.3192	268.2	3.9	276.5	11.6	3	23.54	1.50	0.0534	4.60	0.3130	4.80	0.04249	1.50	0.304
9.1	0.61	3.800	101.20	33.16	0.3386	274.2	3.6	261.7	18.2	-5	23.01	1.30	0.0491	7.70	0.2940	7.90	0.04345	1.30	0.170
2.1	0.88	5.530	145.16	52.66	0.3748	277.1	3.1	270.3	22.1	-3	22.76	1.20	0.0503	9.20	0.3050	9.30	0.04393	1.20	0.124
3.1	0.00	11.100	295.21	159.62	0.5587	276.9	2.0	279.4	6.8	1	22.78	0.73	0.0523	2.70	0.3168	2.80	0.04389	0.73	0.258
4.1	0.53	9.000	238.58	99.34	0.4302	275.6	2.3	270.3	14.0	-2	22.89	0.87	0.0506	5.90	0.3050	5.90	0.04368	0.87	0.146
5.1	0.76	6.240	166.15	55.74	0.3466	274.0	2.8	259.3	19.2	-6	23.03	1.00	0.0485	8.40	0.2910	8.40	0.04342	1.00	0.124
6.1	0.87	5.440	142.91	60.50	0.4374	277.2	3.5	262.5	22.0	-6	22.76	1.30	0.0486	9.40	0.2950	9.50	0.04393	1.30	0.135
7.1	0.89	5.160	137.54	56.85	0.4271	273.3	3.2	281.9	21.9	3	23.09	1.20	0.0535	8.80	0.3200	8.90	0.04331	1.20	0.132
7.2	0.32	21.400	556.84	358.02	0.6643	281.2	1.6	286.5	9.2	2	22.43	0.58	0.0530	3.70	0.3260	3.70	0.04459	0.58	0.154
8.1	1.00	4.690	120.16	47.63	0.4096	283.5	3.5	269.5	26.0	-5	22.25	1.30	0.0490	11.00	0.3040	11.00	0.04495	1.30	0.116
Туфит среднего состава (обр. 72-в/ИВ-14, 63.571389 с.ш., 160.936111 в.д.), средняя часть фелоровской свиты (руч. Федоровский)																			
Средневзвешенный конкордантный возраст 275 ± 2.4 млн лет, СКВО = 0.93, $p = 0.52$, N = 7																			
Средневзвешенный ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U возраст 275 ± 2.4 млн лет, СКВО = 0.31, $p = 0.93$, N = 7																			
8.1	0.36	13.5	362	207	0.59	273	3.0	291.1	12	6	23.15	1.1	0.0557	4.5	0.332	4.7	0.04319	1.1	0.244
6.1	0.00	1.78	48	20	0.44	274	7.8	271.9	23	-1	23.05	2.9	0.0514	9.3	0.307	9.7	0.0434	2.9	0.297
1.1	0.00	9.75	261	117	0.46	274	2.7	285.7	9	4	23	1	0.0541	3.4	0.325	3.5	0.04348	1	0.287
3.1	0.00	2.34	63	30	0.50	274	5.3	308.5	18	11	23	2	0.0592	6.5	0.355	6.8	0.04349	2	0.293
2.1	0.00	3.77	101	46	0.48	275	4.3	281.9	14	2	22.92	1.6	0.0532	5.5	0.32	5.7	0.04362	1.6	0.279
7.1	0.00	9.75	259	245	0.98	277	3.1	267.2	10	-4	22.8	1.1	0.0498	4.1	0.301	4.2	0.04387	1.1	0.271
1.2	0.3	17.5	461.8	391.9	0.9	276.9	2.1	268.7	8.7	-3	22.78	0.79	0.05	3.6	0.303	3.7	0.04389	0.79	0.217
5.1	0.0	9.59	188.6	251.2	1.4	370.5	4.3	376.6	12.6	2	16.9	1.2	0.055	3.8	0.449	4	0.05916	1.2	0.300
5.2	1.2	6.98	135.2	118.6	0.9	372	5.6	354.6	35.9	-5	16.83	1.6	0.051	12	0.418	12	0.0594	1.6	0.129

Примечание. СКВО – среднеквадратичное отклонение, p – вероятность конкордантности. Погрешности единичных анализов – 1σ. ²⁰⁶Pb_c и ²⁰⁶Pb* – обыкновенный и радиогенный свинец. (1) – скорректировано с учетом содержания на обыкновенный свинец, используя измеренный ²⁰⁴Pb. Анализы выполнены на SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург). Дискордантность (D, %) = 100 × (Возраст (²⁰⁷Pb/²³⁵U)/Возраст (²⁰⁶Pb/²³⁸U) – 1). Серым выделены исключенные анализы (см. в тексте).

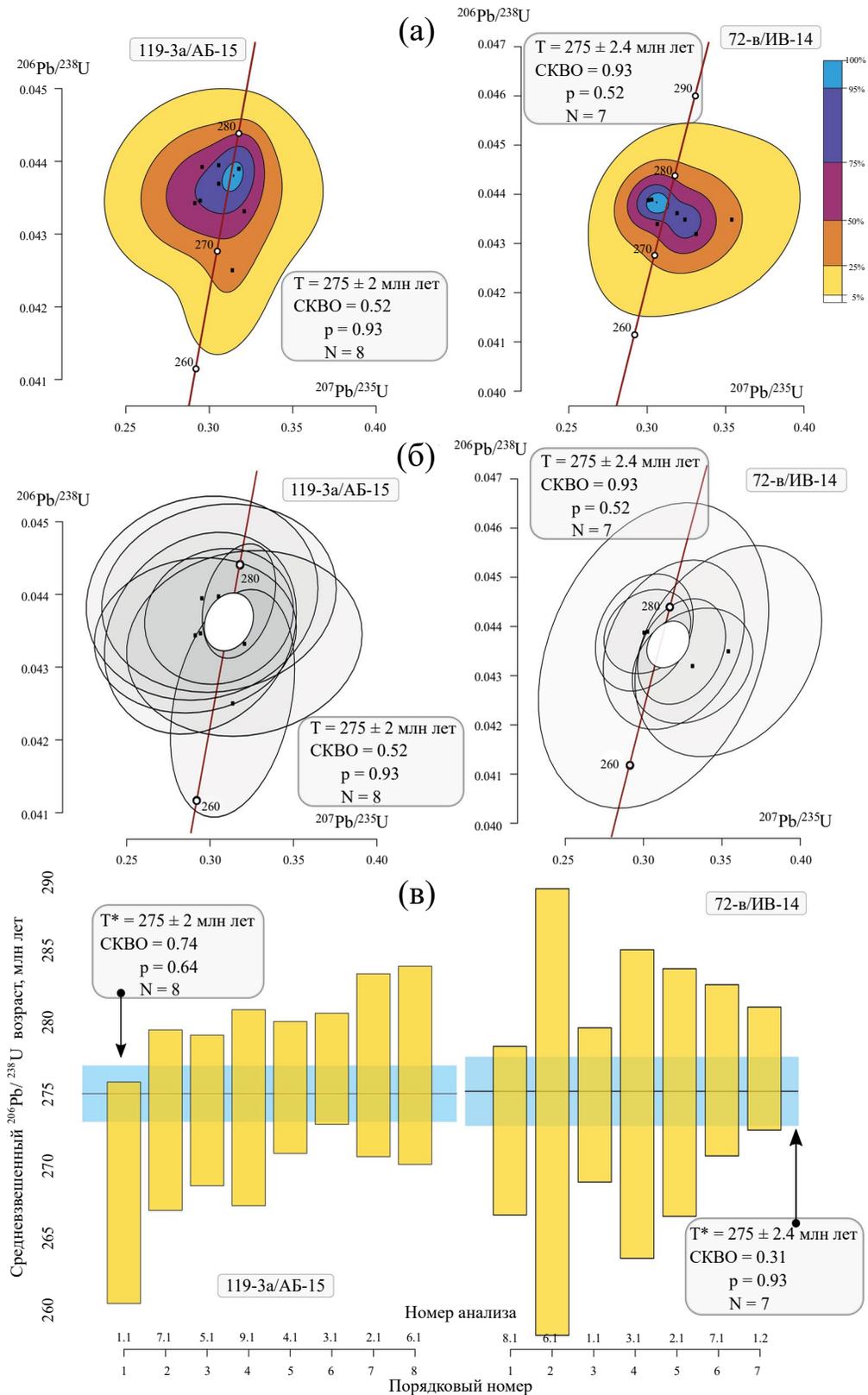


Рис. 5. Диаграммы Арренса–Везерилла с конкордией (а) и средневзвешенного $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраста (б) для цирконов из изученных туфовых разностей. Цветные области – плотность распределения точек с учетом погрешности измерений 2σ (алгоритм по Sircombe, 2006). T – средневзвешенный конкордантный возраст в млн лет, T^* – средневзвешенный $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраст в млн лет, СКВО – среднеквадратичное взвешенное отклонение, p – вероятность.

Изучение изотопного состава углерода раковинного вещества брахиопод спириферид *Tumaginia* sp. хорошей сохранности в шести образцах из верхов халалинского горизонта разреза по р. Мунугуджак, проведенное Д. Бондом и Д. Харви в Университете Лидса

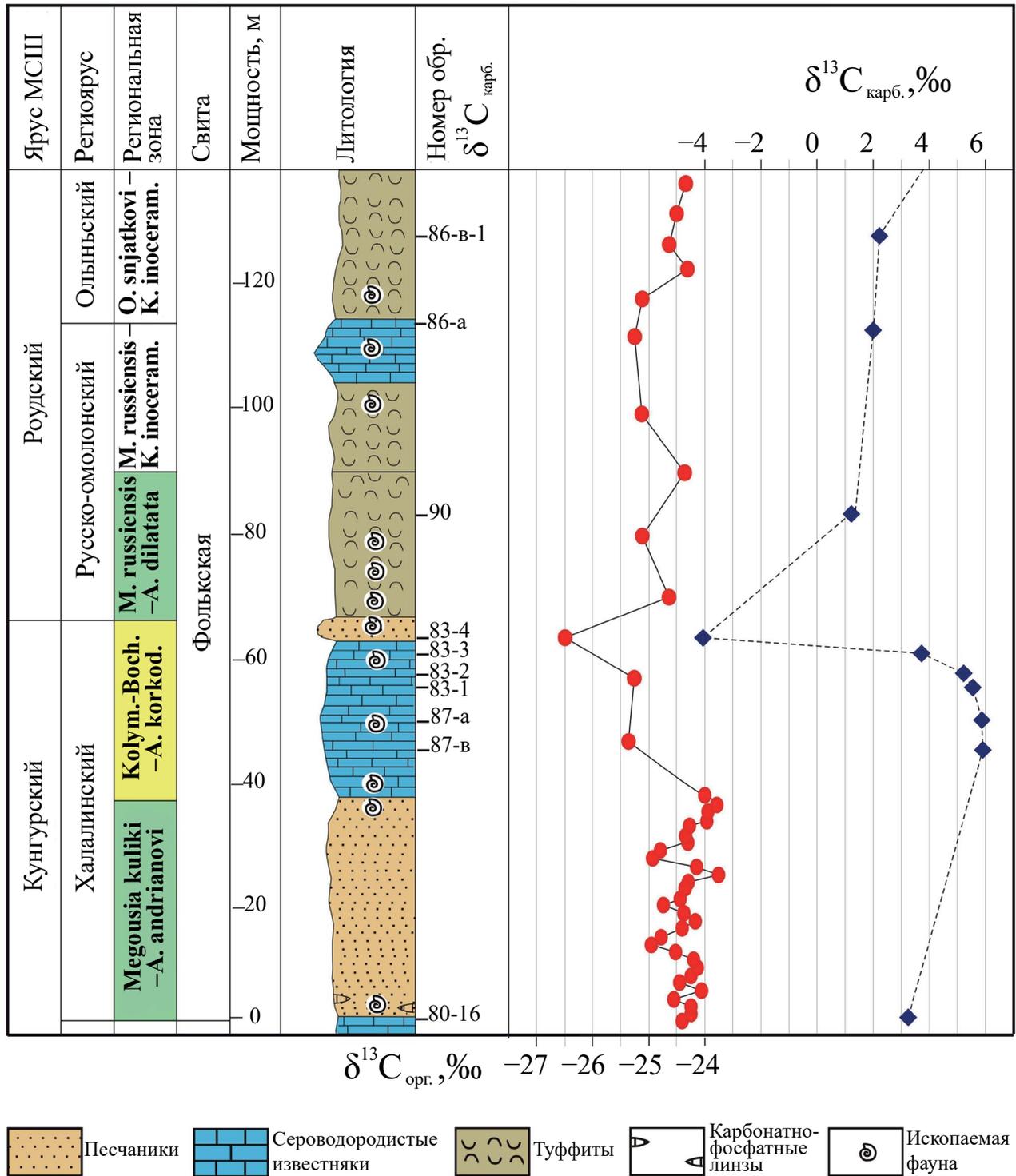


Рис. 6. График вариации величины $\delta^{13}C_{\text{карб.}}$ в разрезе по р. Мунугуджак (синие ромбы) и его сопоставление с вариацией величины $\delta^{13}C_{\text{орг.}}$ (красные кружки) в одновозрастном интервале разреза по р. Таскан (Бяков и др., 2023). В графе "Региональная зона" зеленым цветом показаны интервалы увеличения таксономического биоразнообразия, желтым – интервалы его уменьшения.

(Великобритания), позволило выявить крупный отрицательный экскурс величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ от +3.9 до -3.7‰ в конце кунгура (рис. 6).

Аналогичный отрицательный экскурс в конце кунгурского века (конец халалинского времени) недавно выявлен нами и по величине $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг.}}$ в Тасканском седиментационном бассейне, располагавшемся к западу (в современных координатах) от Омолонского бассейна (от -24 до -26.5‰; Бяков и др., 2023) (рис. 6).

Из низов роуда (нижняя часть русско-омолонского региояруса) одного из рассматриваемых разрезов (по руч. Водопадный) ранее был проанализирован призматический слой раковины иноцерамоподобной двустворки *Aphanaia?* sp. indet. хорошей сохранности и получены очень высокие (+5.4‰) значения величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ (Zakharov et al., 2009). Эти значения, очевидно, свидетельствуют о полном восстановлении биопродуктивности сообществ бентоса после позднекунгурского кризиса. Данный вывод подтверждается и положительным сдвигом величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг.}}$ в Тасканском бассейне – на 2‰ по сравнению с поздним кунгуром (Бяков и др., 2023). Полученные результаты находятся в хорошем соответствии с обобщенной кривой величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$, опубликованной в последнем варианте Geological Time Scale (Cramer, Jarvis, 2020), где виден отчетливый положительный сдвиг этой величины в начале роуда.

Недавно аналогичный позднекунгурский отрицательный экскурс величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг.}}$ был зафиксирован в морских отложениях регионов Янцзы (Wei et al., 2020; Zhang et al., 2020), Гуанси и Сычуань (Shen et al., 2020) Южного Китая и в континентальных отложениях формации Треджиово Северной Италии (Forte et al., 2023) и связывается авторами последней публикации с возмущением углеродного цикла вследствие последней фазы дегляциации позднепалеозойского оледенения и ростом содержания атмосферного углекислого газа.

ОПИСАНИЕ НЕКОТОРЫХ ТАКСОНОВ ФАУНЫ

BRACHIOPODA

ОТРЯД PRODUCTIDA

СЕМЕЙСТВО LINOPRODUCTIDAE STENLI

Род *Terrakea* Booker, 1930

Terrakea koragoi Ganelin, sp. nov.

Табл. II, фиг. 1–3

Название вида в честь ветерана геологического изучения Северо-Востока Азии и Арктики Е.А. Кораго.

Голотип – музей СВКНИИ, № 1/02-06.118, раковина с сочлененными створками, Омолонский массив, левобережье р. Омолон, р. Мунугуджак, руч. Фольк, фолькская свита, русско-омолонский региоярус, региональная зона *Mongoloslavia russiensis*–*Aphanaia dilatata*.

Описание. Раковина средних размеров до 35 мм в ширину и 40 мм в длину, субквадратного или прямоугольного очертания, с выпуклой и плавно изогнутой брюшной створкой и хорошо развитым шлейфом. Висцеральная полость невысокая. Замочный край равен или несколько превосходит наибольшую ширину раковины. Макушка приостренная, несколько выступает за замочный край. Ушки хорошо выражены, довольно обширные, четко отграниченные от висцеральной области. Боковые поля крутые, параллельные или слабо расходящиеся. Синус отсутствует. Спинная створка резко коленчатая, с умеренно вогнутым висцеральным диском. Поверхность створок покрыта тончайшими радиальными ребрышками-струйками, разделенными равными им по ширине промежутками. Концентрическая скульптура слабо выражена в передней части брюшной створки и значительно в спинной створке, где представлена и линиями нарастания, и довольно широкими концентрическими валиками в передней части висцерального диска. По переднему краю брюшной створки располагается ряд игл, заходящий и на ушки, в количестве 10–12. Косой ряд игл отчленяет ушки от висцеральной части раковины. По направлению к переднему краю на ядрах брюшной створки немногочисленные довольно длинные бороздки – следы от протянутых оснований косо расположенных немногочисленных лежащих игл. Кпереди они сменяются концентрическим рядом косых игл без протянутых оснований, а в передней части шлейфа располагаются тонкие прямые иглы. На спинной створке многочисленные, хаотично расположенные как в висцеральной части, так и на шлейфе тонкие прямые иглы, а также небольшие бугорки – отражения оснований игл брюшной створки. Внутреннее строение характерно для рода.

Изменчивость. Возрастные изменения заключаются в изменении характера иглистости брюшной створки и увеличении количества дорзальных игл. Индивидуальная изменчивость проявляется в вариации очертания раковины от субквадратной к прямоугольной, степень

вогнутости висцерального диска — от плоского до заметно вогнутого.

Сравнение. От более молодых омолонок представителей рода *Terrakea* — *T. korkodonensis* Ganelin и *T. belokhini* Ganelin (Григорьева и др., 1977) — отличается более тонкой радиальной скульптурой, меньшим количеством лежащих игл брюшной створки, а также более тонкими дорзальными иглами, не обнаруживающими тенденцию образовывать концентрические ряды, а распределяющимися хаотично.

Распространение. Средняя пермь, нижний роуд, русско-омолонский региоярус, региональная зона *Mongolosa russiensis*—*Aphanaia dilatata*.

Материал. Многочисленные экземпляры — разрозненные створки, отпечатки створок, ядра створок, экземпляры с сочлененными створками различной степени сохранности из нескольких местонахождений: Омолонский массив, р. Русская-Омолонская, низы омолонок свиты; р. Мунугуджак, средняя часть фольксской свиты; бассейн р. Гижиги, р. Хивач, руч. Водопадный, верхи джигдалинской свиты.

AMMONOIDEA

ОТРЯД GONIATITIDA NYATT, 1884

НАДСЕМЕЙСТВО NEOICOCERATOIDEA NYATT, 1900

СЕМЕЙСТВО SPIROLEGOCERATIDAE NASSICHUK, 1970

Под *Sverdrupites* Nassichuk, 1970

Sverdrupites harkeri (Ruzhencev, 1961)

Табл. V, фиг. 1–4

Spirolegoceras harkeri: Руженцев, 1961, с. 51–52, рис. 1; Nassichuk et al., 1965, p. 29–31, pl. III, figs. 3, 4, pl. IV, figs. 1–3.

Sverdrupites harkeri: Nassichuk, 1970, p. 89, pl. 21, figs. 3, 4, 6, 7, 9, pl. 22, fig. 5, text-figs. 8, 9; Богословская и др., 1982, с. 59, табл. VII, фиг. 5, рис. 2б; Андрианов, 1985 (pars), с. 152, табл. XVII, фиг. 3, табл. XVIII, фиг. 1, 6, табл. XXI, фиг. 1, рис. 51б–51г; Кутыгин, 1996, с. 20, табл. I, фиг. 6, 8 (поп табл. I, фиг. 7), рис. 2б, 2д, 2ж, рис. 4; Леонова, Шиловский, 2007, с. 33, рис. 2, табл. V, фиг. 1–6; Leonova, 2007, text-fig. 2, A, B; Barskov et al., 2014, p. 1372, text-fig. 6.3, pl. 2, figs. 1–6; Кутыгин, Бяков, 2014, рис. 2, о–с; Kutygin, Biakov, 2015, text-figs. 3, 4(b), pl. 8, figs. 9, 10.

Sverdrupites cf. *harkeri*: Андрианов, 1985, табл. XVIII, фиг. 5.

Sverdrupites ex gr. *harkeri*: Leonova et al., 2002, p. 511, text-fig. 2b.

Metalegoceras sp.: Harker, 1960, p. 77, 78, Pl. XXV, figs. 4–6.

Spirolegoceras aff. *fischeri*: Руженцев, 1961, с. 51, рис. 1, а–в; Андрианов, 1966, с. 122, 123, табл. III, фиг. 3.

Голотип — GSC, 13772. Канадский Арктический архипелаг, остров Девон, полуостров Гринелл; формация Ассистенс, роудский ярус.

Форма. Крупные умеренно инволютные, сильно деформированные раковины с относительно узким умбо.

Орнамент. Поверхность оборотов покрыта лирами, которые при средних размерах раковин тонкие и густые, а на жилых камерах взрослых экземпляров — грубые и разреженные.

Скульптура. Имеются слабо выраженные широкие пережимы, в количестве 3–4 на обороте, образующие широкий неглубокий синус на боковой стороне и невысокий выступ — на вентральной.

Лопастная линия. Ветви вентральной лопасти ланцетовидные, глубокие, со слегка оттянутым отростком в основании; разделены высоким нешироким медиальным седлом. Боковая лопасть шлемовидная, слегка сжатая в верхней части; она шире ветвей вентральной лопасти. Наружная ветвь умбональной лопасти относительно широкая и глубокая, слегка асимметричная; средняя ветвь — узкая, воронковидная.

Сравнение. От более продвинутых *S. amundseni* Nassichuk, *S. baraiensis* Kutygin и *S. bogoslovskayae* Leonova et Shilovsky рассматриваемый вид отличается ланцетовидными относительно узкими ветвями вентральной лопасти и шлемовидной широкой боковой лопастью.

Замечания. В 1983 г. на руч. Водопадный (в 1.5 км выше его устья) в верхах джигдалинской свиты В.Г. Ганелин, Н.И. Караваева и А.С. Бяков собрали коллекцию аммоноидей, раковины которых, несмотря на интенсивные деформации (табл. V), сохранили орнамент и лопастные линии. Конфигурация элементов внешнего отрезка лопастной линии свидетельствует о принадлежности этих аммоноидей к виду *Sverdrupites harkeri* (Ruzhencev), характеризующему русско-омолонский региоярус Омолонского массива и его восточного обрамления и нижнеделенжинский подгоризонт Верхояно-Охотского региона (Андрианов, 1985; Кутыгин, 1996; Kutygin, 2006; Kutygin, Biakov, 2015; Решения..., 2009). Вид *S. harkeri* первоначально был выделен в формации Ассистенс Свердрупского бассейна Канадского Арктического архипелага (Руженцев, 1961; Nassichuk et al., 1965; Nassichuk, 1970). Эта формация относится к роудскому ярусу (Beauchamp, Baud, 2002; Beauchamp et al., 2009), а род

Sverdrupites считается типичным представителем роудских аммоноидей (Руженцев, Богословская, 1978; Nassichuk, 1995). Принято считать, что описываемый вид являлся исходным в историческом развитии короткоживущего рода *Sverdrupites* (Леонова, Шиловский, 2007), широко распространившегося в Бореальной надобласти в период крупной трансгрессии (Budnikov et al., 2020). Представления о роудском возрасте свердрупитов подтверждаются их совместными находками с представителями рода *Daubichites* (Андрианов, 1968; Nassichuk, 1970), известного за пределами Бореальной надобласти в роудских отложениях Китая, Западной Австралии и западной части Северной Америки (штат Айдахо) (Mikesh et al., 1988; Glenister et al., 1993; Leonova, 2002).

Распространение. Вид известен в формации Ассистенс Свердрупского бассейна Канадского Арктического архипелага (Nassichuk, 1970), в средней части кочергинской свиты Новой Земли (Богословская и др., 1982), в нижней части деленжинского горизонта Верхоянья (Андрианов, 1985, Кутыгин, 1996), в средней подсвите беглинской свиты Северного Приохотья (Kutygin, Biakov, 2015), в русско-омолонском региоярсе омолонского подотдела Омолонского массива (Ganelin, Biakov, 2006), в казанских отложениях Волго-Уральского региона (Barskov et al., 2014).

Материал. Пять деформированных экземпляров из верхов джигдалинской свиты руч. Водопадный Омолонского массива.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Как известно, основание средней перми в МСШ определяется появлением конодонта *Jinogondolella nankingensis*. В стратотипической местности (Гваделупские горы, США), к сожалению, в этом стратиграфическом интервале отсутствуют пригодные для датирования прослойки туфов (Shen et al., 2020), поэтому в качестве реперной даты нижней границы роуда принята датировка (272.95 ± 0.11 млн лет) из Южного Китая непосредственно ниже появления *Jinogondolella nankingensis* (Wu et al., 2017). Здесь датированный слой пепла залегает в самом основании формации Куфенг, подстилаемой формацией Чися. Однако, как считает В.И. Давыдов (Davydov et al., 2018), в этом разрезе между формацией Куфенг и Чися присутствует перерыв, приходящийся на низы формации Куфенг.

Именно поэтому в последнем варианте Geological Time Scale (Henderson, Shen, 2020) нижняя граница роудского яруса

определена в 274.4 ± 0.4 млн лет, с учетом данных по первому появлению аммоноидей *Sverdrupites harkeri*. Таким образом, полученные нами U–Pb конкордантные даты вблизи нижней границы русско-омолонского региояруса (275 ± 2 и 275 ± 2.4 млн лет), с учетом погрешности, почти соответствуют нижней границе роуда. Наша датировка находится в хорошем соответствии и с интерпретацией результатов высокоточного U–Pb CA–TIMS датирования из разрезов средней перми (бивальвиевые зоны *Kolymia inoceramiformis* и *Kolymia plicata*) восточного обрамления Охотского массива (Davydov et al., 2018). Эти датировки составляют: 274.0 ± 0.12 млн лет для зоны *K. inoceramiformis* и 273.12 ± 0.13 млн лет для зоны *K. plicata* (рис. 2).

Крупный отрицательный экскурс величины $\delta^{13}\text{C}$, зафиксированный в конце халалинского (кунгурского) века как по $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ в Омолонском бассейне, так и по $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг.}}$ в Тасканском бассейне, и последующий быстрый рост этой величины в начале русско-омолонского времени (ранний роуд) являются дополнительными критериями распознавания этого рубежа, особенно в глубоководных разрезах, лишенных бентосной фауны. Аналогичные экскурсии установлены в последнее время и в других разрезах мира – в Южном Китае и Северной Италии.

Форте и др. (Forte et al., 2023) этот отрицательный экскурс связывают с возмущением углеродного цикла вследствие последней фазы дегляциации позднепалеозойского оледенения и с ростом содержания атмосферного углекислого газа. По нашему мнению, более вероятна связь этого экскурса с влиянием Таримского плюма, выразившимся, в частности, в проявлении базальтоидного вулканизма в Алазейско-Олойской зоне и на восточном обрамлении Омолонского массива (Решения..., 2009). Однако еще более вероятна его связь с активизацией среднего и кислого островодужного вулканизма в Охотском сегменте Охотско-Тайгоносской (Кони-Тайгоносской, по С.Д. Соколову (1992)) вулканической дуги (Бяков и др., 2023). Последнее доказывается результатами датирования нескольких образцов детритовых цирконов, в которых присутствует популяция с возрастом около 278–280 млн лет (Бяков и др., 2010 и настоящая работа).

К нижней границе русско-омолонского региояруса приурочено появление новых родов и видов среди всех основных групп биоты. Среди брахиопод это *Mongolusia*, *Terrakea*, *Strophalosia*, среди двустворок – *Kolymia*, *Vnigripecten*,

Omolonoprecten и др., чуть позже — *Cyrtokolymia*, *Maitaia*. Очень важным событием стало появление рода *Sverdrupites*, который считается типичным представителем роудских аммоноидей (Руженцев, Богословская, 1978; Nassichuk, 1995). Все это свидетельствует о новом этапе развития фауны, сопоставимом по рангу с ярусом.

В низкобореальных бассейнах рассматриваемый рубеж, очевидно, может быть прослежен в формации Ассистенс Канадского Арктического архипелага (Руженцев, 1961; Nassichuk et al., 1965; Nassichuk, 1970) и в средней части казанского яруса (Leonova et al., 2002; Barskov et al., 2014).

Приведенный разрез пограничных отложений нижней и средней перми по руч. Водопадный может быть предложен в качестве эталонного для границы нижнего и среднего отделов перми Колымо-Омолонского региона.

Благодарности. Авторы искренне признательны Д.П.Г. Бонду (Университет Халла, Великобритания) за финансовую помощь при проведении полевых работ 2014 и 2015 гг. и аналитические исследования, Я. Харви (Университет Лидса, Великобритания) за аналитические исследования изотопии $S_{\text{карб.}}$, Т.В. Филимоновой (ГИН РАН), участвовавшей в полевых работах, Г.П. Нестелл (Университет Техаса в Арлингтоне, США) за консультации по мелким фораминиферам. Внимательное рецензирование рукописи статьи Ю.Д. Захаровым, В.А. Захаровым, А.Б. Котовым, Т.Б. Леоновой, М.А. Роговым и В.В. Силантьевым способствовало ее улучшению.

Источники финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ, проект № 24-27-00180 “Углеродная и стронциевая изотопная хемотратиграфия перми Северо-Востока Азии и ее связь с геобиосферными событиями”.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андреанов В.Н. Верхнепалеозойские отложения Западного Верхоянья (Томпо-Эчийское междуречье). М.: Наука, 1966. 136 с.

Андреанов В.Н. Гониятит *Daubichites* из Западного Верхоянья и его стратиграфическое значение // Докл. АН СССР. 1968. Т. 178. № 5. С. 1145–1148.

Андреанов В.Н. Пермские и некоторые каменноугольные аммоноидеи Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1985. 180 с.

Богословская М.Ф., Устрицкий В.И., Черняк Г.Е. Пермские аммоноидеи Новой Земли // Палеонтол. журн. 1982. № 4. С. 58–67.

Бяков А.С. Новые представления о системе пермских иноцерамоподобных двустворок востока Бореальной зоны // Палеонтол. журн. 2008. № 3. С. 12–23.

Бяков А.С. Зональная стратиграфия, событийная корреляция, палеобиогеография перми Северо-Востока Азии (по двустворчатым моллюскам). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2010. 262 с.

Бяков А.С. Пермские биосферные события на Северо-Востоке Азии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. № 2. С. 88–100.

Бяков А.С. Новые находки биполярных двустворок-нукуланид рода *Glyptoleda* в пермских отложениях Северо-Востока Азии // Палеонтол. журн. 2016. № 6. С. 33–37.

Бяков А.С. Морские двустворчатые моллюски как индикаторы климатических изменений в перми Северо-Востока Азии // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2020. Т. 162. Вып. 2. С. 205–217.

Бяков А.С., Ведерников И.Л., Акинин В.В. Пермские диамиктиты Северо-Востока Азии и их вероятное происхождение // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 1. С. 14–24.

Бяков А.С., Горячев Н.А., Ведерников И.Л., Брынько И.В., Толмачева Е.В. Новые результаты U–Pb SHRIMP датирования цирконов из верхневучапинских (верхняя пермь) отложений Северо-Востока России // Докл. АН. 2017а. Т. 477. № 3. С. 331–336.

Бяков А.С., Шпикерман В.И., Ведерников И.Л., Толмачева Е.В. Первые результаты U–Pb SIMS датирования цирконов из вучапинских (верхняя пермь) отложений Северо-Востока России: значение для межрегиональных корреляций // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2017б. Т. 25. № 3. С. 19–28.

Бяков А.С., Horacek M., Горячев Н.А., Ведерников И.Л., Захаров Ю.Д. Первая детальная запись $\delta^{13}C_{\text{орг.}}$ в пограничных пермо-триасовых отложениях Колымо-Омолонского региона (Северо-Восток Азии) // Докл. АН. 2017в. Т. 474. № 3. С. 347–350.

Бяков А.С., Захаров Ю.Д., Хорачек М., Горячев Н.А. О положении границы вучапинского и чансинского ярусов на Северо-Востоке России по радиоизотопным и хемотратиграфическим данным // Докл. РАН. Науки о Земле. 2021. Т. 500. № 2. С. 131–134.

- Бяков А.С., Ведерников И.Л., Горячев Н.А., Гареев Б.И. Первая детальная запись $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ в пермских аргиллитах Тасканского бассейна (Омулевский блок): отражение биосферных событий на Северо-Востоке Азии // Докл. РАН. Науки о Земле. 2023. Т. 513. № 1. С. 33–38.
- Ганелин В.Г. Биостратиграфия и брахиоподы верхнепалеозойских отложений Колымо-Омолонского массива // Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. М.: Геологический институт АН СССР, 1973. 31 с.
- Ганелин В.Г. Таймыро-Колымская подобласть // Основные черты стратиграфии пермской системы СССР. Л.: Недра, 1984. С. 111–141.
- Ганелин В.Г. Верхояно-Чукотский рифтогенез и позднепалеозойские экосистемы Северо-Востока Азии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2022. № 5. С. 3–45.
- Ганелин В.Г., Караваева Н.И. Стратотипический разрез джигдаленского, омолонского, гижигинского, хивачского горизонтов перми Северо-Востока СССР // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан: Магаданское кн. изд-во. 1977. Вып. 23. С. 23–28.
- Ганелин В.Г., Бяков А.С., Караваева Н.И. Некоторые вопросы теории стратиграфии и стратиграфическая шкала перми Северо-Востока Азии // Пути детализации стратиграфических схем. Отв. ред. Гладенков Ю.Б., Кузнецова К.И. М.: ГЕОС, 2001. С. 194–209.
- Григорьева А.Д., Ганелин В.Г., Котляр Г.В. Семейство *Liporproductidae* // Позднепалеозойские продуктиды Сибири и Арктики. М.: Наука, 1977. С. 126–165.
- Заводовский В.М. Стратиграфия пермских отложений Омолонно-Гижигинского района // Труды Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Северо-Востока СССР. Доклады. Магадан: Магаданское кн. изд-во, 1959. С. 180–185.
- Заводовский В.М., Степанов Д.Л., Балашова Е.А., Елтышева Р.С., Лобанова О.В., Люткевич Е.М., Миклухо-Маклай А.Д., Нехорошев В.П., Попов Ю.Н., Радченко Г.П., Соколов Б.С. Полевой атлас пермской фауны и флоры Северо-Востока СССР. Магадан: Магаданское кн. изд-во, 1970. С. 5–21.
- Захаров Ю.Д., Бяков А.С., Хорачек М. Глобальная корреляция базальных слоев триаса в свете первых изотопно-углеродных свидетельств по границе перми и триаса на Северо-Востоке Азии // Тихоокеанская геология. 2014. № 1. С. 3–19.
- Кашик Д.С., Ганелин В.Г., Караваева Н.И., Бяков А.С., Миклухо-Маклай О.А., Стукалина Г.А., Ложкина Н.В., Дорофеева Л.А., Бурков Ю.К., Гутенева Е.И., Смирнова Л.Н. Опорный разрез перми Омолонского массива. Л.: Наука, 1990. 200 с.
- Котляр Г.В., Коссовая О.Л., Журавлев А.В. Межрегиональная корреляция основных событийных рубежей пермской системы // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23. № 4. С. 25–42.
- Кутыгин Р.В. Спиролегоцератида (Ammonoidea) Северо-Востока России // Палеонтол. журн. 1996. № 4. С. 16–23.
- Кутыгин Р.В. Биогеографические связи пермских аммоноидных сообществ Верхояно-Охотского и Колымо-Омолонского регионов // Наука и образование. 2015. № 2 (78). С. 46–50.
- Кутыгин Р.В. Онтогенез формы раковины типового вида рода *Neouddenites* (Ammonoidea, *Medlicottiidae*) из кунгурского яруса Западного Верхоянья // Палеонтол. журн. 2023. № 5. С. 31–40.
- Кутыгин Р.В., Бяков А.С. О пермских аммоноидеях Охотского региона // Отечественная геология. 2014. № 5. С. 14–18.
- Кутыгин Р.В., Будников И.В., Бяков А.С., Клец А.Г. Слои с аммоноидеями пермской системы Верхоянья // Отечественная геология. 2002. № 4. С. 66–71.
- Леонова Т.Б., Шиловский О.П. Развитие пермского семейства *Spirolegoceratidae* (Goniatitida, Ammonoidea) // Палеонтол. журн. 2007. № 1. С. 27–36.
- Леонова Т.Б., Кутыгин Р.В., Шиловский О.П. Новые данные о составе и развитии пермского надсемейства *Rorapocerotaceae* (Ammonoidea) // Палеонтол. журнал. 2005. № 5. С. 20–29.
- Мананков И.Н., Павлова Е.А. *Mongoloslina* – новый род пермских брахиопод // Палеонтология и биостратиграфия Монголии. М.: Наука, 1976. С. 354–357.
- Решения Третьего Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России. Ред. Корень Т.Н., Котляр Г.В. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 268 с. + CD
- Руженцев В.Е. Первые аммоноидеи из пермских отложений Верхоянья // Палеонтол. журн. 1961. № 2. С. 50–63.
- Руженцев В.Е., Богословская М.Ф. Намюрский этап в эволюции аммоноидей. Поздненамюрские аммоноидеи. М.: Наука, 1978. 338 с.
- Синькова Е.А., Петров О.В., Ханчук А.И., Шевченко С.С., Снежко В.В., Халенев В.О., Бучнев И.Н., Сергеев С.А. Геохронологический атлас-справочник основных структурно-вещественных комплексов России – базовый информационный ресурс для геологической отрасли страны // Региональная геология и металлогения. 2022. № 90. С. 5–14. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2022_90_5-14.

- Соколов С.Д.* Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1992. 182 с.
- Barskov I.S., Leonova T.B., Shilovsky O.P.* Middle Permian Cephalopods of the Volga–Ural Region // *Paleontol. J.* 2014. V. 48. № 13. P. 1331–1414.
- Beauchamp B., Baud A.* Growth and demise of Permian biogenic chert along northwest Pangea: evidence for end-Permian collapse of thermohaline circulation // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2002. V. 184. P. 37–63.
- Beauchamp B., Henderson C.M., Grasby S.E., Gates L.T., Beatty T.W., Utting J., Noel P.J.* Late Permian sedimentation in the Sverdrup Basin, Canadian Arctic: the Lindström and Black Stripe formations // *Bull. Can. Petrol. Geol.* 2009. V. 57. № 2. P. 167–191.
- Biakov A.S.* Permian bivalve mollusks of Northeast Asia // *J. Asian Earth Sci.* 2006. V. 26. № 3–4. P. 235–242.
- Brynko I.V., Biakov A.S., Vedernikov I.L.* New data on the “kolymic” limestones of the Omolon Massif // *Sedimentary Earth Systems: Stratigraphy, Geochronology, Petroleum Resources. Proceedings of Kazan Golovkinsky stratigraphic meeting.* Bologna: Filodiritto Publisher, 2019. P. 51–57. <https://doi.org/10.26352/D924F5008>
- Budnikov I.V., Kutygin R.V., Shi G.R., Sivtchikov V.E., Krivenko O.V.* Permian stratigraphy and paleogeography of Central Siberia (Angaraland) – a review // *J. Asian Earth Sci.* 2020. V. 196. Article 104365. P. 1–21.
- Compston W., Williams I. S., Kirschvink J. L., Zichao Z., Gougan M.A.* Zircon U–Pb ages for the Early Cambrian time-scale // *J. Geol. Soc. London.* 1992. V. 149. P. 171–184.
- Cramer B.D., Jarvis I.* Carbon Isotope Stratigraphy // *The Geologic Time Scale.* Eds. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. Boston, USA: Elsevier, 2020. V. 1. Ch. 11. P. 309–344.
- Davydov V.I., Biakov A.S., Crowley J.L., Schmitz M.D., Isbell J.L., Vedernikov I.L.* Middle Permian U–Pb zircon ages of the “glacial” deposits of the Atkan Formation, Ayan-Yuryakh anticlinorium, Magadan province, NE Russia: their significance for global climatic interpretations // *Gondwana Res.* 2016. V. 38. P. 74–85.
- Davydov V.I., Biakov A.S., Schmitz M.D., Silantiev V.V.* Radioisotopic calibration of the Guadalupian Series: review and updates // *Earth-Sci. Rev.* 2018. V. 176. P. 222–240.
- Forte G., Preto N., Kustatscher E., Looy C.V.* Kungurian (Cisuralian) conifers and environmental changes: a negative $\delta^{13}\text{C}$ shift in the flora of Tregiovo (Northern Italy) // *Palaeoworld.* 2023. V. 33. № 4. P. 959–978.
- Ganelin V.G., Biakov A.S.* The Permian biostratigraphy of the Kolyma–Omolon region, Northeast Asia // *J. Asian Earth Sci.* 2006. V. 26. № 3–4. P. 225–234.
- Glenister B.F., Rogers F.S., Skwarko S.K.* Ammonoids // *Bull. Geol. Surv. West. Austral.* 1993. № 136. P. 54–63.
- Harker P.* Corals, Brachiopods and Molluscs of Grinnell Peninsula // *Harker P., Thorsteinsson R.* Permian rocks and faunas of Grinnell Peninsula, Arctic Archipelago. Ottawa: Geol. Surv. Can., 1960. P. 39–79.
- Henderson C.M., Shen S.Z.* The Permian Period // *The Geologic Time Scale.* Eds. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. Boston: Elsevier, 2020. V. 2. Ch. 11. P. 875–902.
- High-resolution integrative Permian stratigraphic framework // *Permophiles.* 2024. № 76. P. 58.
- Hoskin P.W.O., Schaltegger U.* The composition of zircon in igneous and metamorphic petrogenesis // *Rev. Mineral. Geochem.* 2003. V. 53. P. 27–62.
- Karavaeva N.I., Nestell G.P.* Permian foraminifers of the Omolon massif, northeastern Siberia, Russia // *Micropaleontol.* 2007. V. 53. № 3. P. 161–211.
- Kutygin R.V.* Permian ammonoid associations of the Verkhoyansk Region, Northeast Russia // *J. Asian Earth Sci.* 2006. V. 26. № 3–4. P. 243–257.
- Kutygin R.V., Biakov A.S.* Permian Ammonoids of the Okhotsk Region, Northeast Asia // *Paleontol. J.* 2015. V. 49. № 12. P. 1275–1281.
- Leonova T.B.* Permian Ammonoids: classification and phylogeny // *Paleontol. J.* 2002. V. 36. Suppl. 1. P. S1–S114.
- Leonova T.B.* Correlation of the Kazanian of the Volga–Urals with the Roadian of the global Permian scale // *Palaeoworld.* 2007. V. 16. № 1–3. P. 246–253.
- Leonova T.B., Esaulova N.K., Shilovsky O.P.* The first find of Kazanian ammonoids in the Volga–Ural Region // *Dokl. Earth Sci.* 2002. V. 383A. № 4. P. 509–511.
- Mikesh D.L., Glenister B.F., Furnish W.M.* Stenolobulites n. gen., Early Permian ancestor of predominantly Late Permian paragastricoceratid subfamily Pseudogastricoceratinae // *Paleontol. Contrib.* 1988. V. 123. P. 1–19.
- Nassichuk W.W.* Permian ammonoids from Devon and Melville Islands, Canadian Arctic Archipelago // *J. Paleontol.* 1970. V. 44. № 1. P. 77–97.
- Nassichuk W.W.* Permian Ammonoids in the Arctic Regions of the World // *The Permian of Northern Pangea.* V. 1: Paleogeography, Paleoclimates, Stratigraphy. Berlin: Springer, 1995. P. 210–235.

- Nassichuk W.W., Furnish W.M., Glenister B.F.* The Permian ammonoids of Arctic Canada // *Bull. Geol. Surv. Can.* 1965. № 131. P. 1–56.
- Powerman V.I., Buyantuev M., Ivanov A.V.* A review of detrital zircon data treatment, and launch of a new tool “dezirteer” along with the suggested universal workflow // *Chem. Geol.* 2021. V. 583. 120437. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120437>
- Puetz S.J., Ganade C.E., Zimmermann U., Borchardt G.* Statistical analyses of Global U–Pb Database 2017 // *Geosci. Frontiers.* 2018. V. 9. P. 121–145.
- R Core Team.* R: A language and environment for statistical computing // R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rubatto D.* Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U–Pb ages and metamorphism // *Chem. Geol.* 2002. V. 184. P. 123–138.
- Shen S.Z., Yuan D.X., Henderson C.M., Wu Q., Zhang Y.C., Zhang H., Mu L., Ramezani J., Wang X.D., Lambert L.L., Erwin D.H., Hearn J.M., Xiang L., Chen B., Fan J.X., Wang Y., Wang W.Q., Qi Y.P., Chen J., Qie W.K., Wang T.T.* Progress, problems and prospects: an overview of the Guadalupian Series of South China and North America // *Earth-Sci. Rev.* 2020. V. 211. 103412.
- Silantiev V.V., Gutak Y.M., Tichomirowa M., Käßner A., Kutugin R.V., Porokhovnichenko L.G., Karasev E.V., Felker A.S., Bakaev A.S., Naumcheva M.A., Urazaeva M.N., Zharinova V.V.* U–Pb dating of the Kolchugino Group basement (Kuznetsk Coal Basin, Siberia): was the change in Early–Middle Permian floras simultaneous at different latitudes in Angaraland? // *Geosciences.* 2024. V. 14. Iss. 21. P. 1–31.
- Sircombe K.N.* Mountains in the shadows of time: three-dimensional density distribution mapping of U–Pb isotopic data as a visualization aid for geochronological information in concordia diagrams // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2006. V. 7. Q07013. <https://doi.org/10.1029/2005GC001052>
- Vermeesch P.* IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology // *Geoscience Frontiers.* 2018. V. 9. P. 1479–1493.
- Wei H., Geng Z., Zhang X.* Guadalupian (Middle Permian) $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ changes in the Lower Yangtze, South China // *Acta Geochim.* 2020. V. 39. P. 988–1001.
- Williams I.S.* U–Th–Pb geochronology by ion microprobe: applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes // *Rev. Econ. Geol.* 1998. V. 7. P. 1–35.
- Wu Q., Ramezani J., Zhang H., Wang T.T., Yuan D.X., Mu L., Zhang Y.C., Li X.H., Shen S.Z.* Calibrating the Guadalupian Series (Middle Permian) of South China // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2017. V. 466. P. 361–372.
- Zakharov Y.D., Sha J.-G., Popov A.M., Safronov P.P., Shorochova S.A., Volynets E.B., Biakov A.S., Burago V.I., Zimina V.G., Kononova I.V.* Permian to earliest Cretaceous climatic oscillations in the Eastern Asian continental margin (Sikhote-Alin area), as indicated by fossils and isotope data // *GFF (Formerly “Transactions of the Geological Society in Stockholm”).* 2009. V. 131. P. 25–47.
- Zhang B.L., Yao S.P., Mills B.J.W., Wignall P.B., Hu W.X., Liu B., Ren Y.L., Li L.L., Shi G.* Middle Permian organic carbon isotope stratigraphy and the origin of the Kamura Event // *Gondwana Res.* 2020. V. 79. P. 217–232.
- Рецензенты Т.Б. Леонова, В.В. Силантьев, Ю.Д. Захаров, В.А. Захаров*

Lower–Middle Permian Boundary Deposits of the Omolon Massif and Its Southeastern Framing (Northeast Russia): U–Th–Pb SIMS Dating of Zircons, Paleontological and Isotopic ($\delta^{13}\text{C}$) Characteristic

A. S. Biakov^{a, #}, V. G. Ganelin^b, R. V. Kutugin^c, N. I. Karavaeva^a, I. V. Brynko^a,
G. O. Polzunenkov^a, and I. L. Vedernikov^a

^a *N.A. Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia*

^b *Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^c *Diamond and Precious Metals Geology Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia*

[#] *e-mail: abiakov@mail.ru*

New results of U–Th–Pb SIMS dating of zircons from the Lower–Middle Permian boundary deposits of the Omolon massif and its southeastern framing are given, a U–Pb age (275 ± 2 Ma) of the Lower–Middle Permian boundary of the Regional Stratigraphic Scale of the Kolyma–Omolon region was obtained for the first time. Stratigraphic sequences of the Lower–Middle Permian boundary deposits in the reference sections of the Omolon massif and its southeastern framing are considered. The characteristics of the benthic ecosystems of the Kolyma–Omolon region in the interval of the end of the Early–the beginning of the Middle Permian are given. A large negative excursion of $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ value was established in the upper part of the Kungurian stage of the Lower Permian, coinciding with the previously identified negative excursion of $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ in the southern part of the Omulevka block and a similar negative excursion in the South China and the continental deposits of Northern Italy. The paleontological characteristics of the corresponding regional units are presented, illustrated by images of the main representatives of the biota of the lower zone of the middle series, including the characteristic Roadian ammonoid *Sverdrupites harkeri* (Ruzhencev, 1961) described and depicted for the first time. A new species of productid brachiopod *Terrakea koragoi*, sp. nov. is described.

Keywords: U–Th–Pb SIMS dating of zircons, bio- and chemostratigraphy, small foraminifers, bivalves, brachiopods, ammonoids, Regional Stratigraphic Scale, Lower–Middle Permian boundary, Omolon massif, Northeast Asia