

УДК 551.77; 551.87

ИСКОПАЕМЫЕ НОРЫ *THALASSINOIDES* В ОПОКАХ СЕРОВСКОЙ СВИТЫ (СРЕДНЕЕ ЗАУРАЛЬЕ, ВЕРХНИЙ ПАЛЕОЦЕН)

Трубин Ярослав Сергеевич¹,
iyr-2009@mail.ru

Ян Петр Александрович²,
yaupa@ipgg.sbras.ru

¹ Тюменский государственный университет,
Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6.

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3.

Актуальность исследования. В северных районах Западной Сибири в отложениях танетского яруса отмечаются перерывы осадконакопления, масштабность проявления и диапазон которых остаются неясными. В частности, для доказательства их существования на южных окраинах бассейна требуется привлечение дополнительных палеонтологических и седиментологических данных, которые могут фиксировать кризис привноса осадочного материала. Одним из наиболее надежных источников информации о перерывах в осадконакоплении и других седиментационных событиях могут являться ископаемые норы.

Цель: ихнофациальный анализ кремнистых отложений верхнего палеоцена Западной Сибири

Объект: ископаемые норы *Thalassinoides* серовской свиты (среднее Зауралье, верхний палеоцен), вмещающие норы породы (темные опоки с афанитовой структурой), заполняющие норы породы (светлые опоки с тонкоглобулярной структурой)

Методика: полевые исследования, растровая электронная микроскопия, литолого-петрографический, ихнотекстурный, ихнофациальный и седиментологический анализы

Результаты. Приведены данные о находках ископаемых следов *Thalassinoides* в кремнистых породах серовской свиты (верхний палеоцен, среднее Зауралье), и дана характеристика особенностей их морфологии. Рассматриваются вопросы возможных условий, при которых происходило формирование нор и их сохранение в ископаемом состоянии. Микроскопические исследования кремнистых пород серовской свиты позволяют определить особенности и различия в постседиментационных изменениях вмещающих и выполняющих норы отложений. В качестве наиболее вероятных продуцентов ходов *Thalassinoides* в танетском бассейне определены десятиногие ракообразные. Ископаемые следы в кремнистых формациях палеогена ранее не изучались и приводятся в научной литературе впервые.

Ключевые слова:

Ихнофоссилии, опоки, серовская свита, палеоцен, Западная Сибирь, Зауралье, *Thalassinoides*, *Glossifungites*

Введение

Серовская свита, время формирования которой охватывает большую часть танетского века, соответствует нижнему люлиновскому подгоризонту [1]. В это время возобновляется, после глобального перерыва на рубеже мела и палеогена, прочная связь Западно-Сибирского бассейна с Арктическим океаном и северными окраинами океана Тетис (Туранское и Прикаспийское моря) через Тургайский пролив [2]. Западно-Сибирский бассейн служил ключевым звеном единой коммуникационной системы между северными и южными морями, оказывая глобальное влияние на циркуляцию водных масс, влаго- и теплоперенос, климат и развитие биоты [2–8].

Формировавшаяся в это время серовская свита практически полностью сложена опоками, глинистыми опоками и опокovidными глинами различных окрасок и степеней «зрелости», много реже диатомитами, трепелами и кварц-глауконитовыми песками [7, 9]. На отдельных участках распространения серовской свиты опоки полностью замещаются трепелами и опокovidными глинами [10]. Опоки серовской свиты ранее редко служили источником палеонтологических находок [11], в том числе и ихнофоссилий. Сохранение реликтов диатомовой флоры наблюдается

преимущественно в светло- и сероокрашенных разностях опок и сильно варьируется и зависит от степени постседиментационных изменений [12].

Нижняя граница серовской свиты с подстилающей ее талицкой свитой устанавливается по увеличению числа и разнообразия диноцист морского бассейна *Alterbidinium circulum* до 15–20 % [7, 13]. В ее кровельной части могут залегать диатомиты, которые постепенно переходят в диатомиты вышележащей ирбитской свиты [10]. Этот переход макроскопически не фиксируется, а устанавливается по смене диатомового комплекса *Trinacria ventriculosa-Sheshukovia mirabilis*, соответствующего серовской свите, на комплексы *Coscinodiscus uralensis-Hemiaulus proteus*, *Coscinodiscus payeri*, *Puxilla gracilis* и *Puxilla oligocaenica*, характерный для ирбитской свиты [14, 15].

В позднепалеоценовое время кремненакопление в Западной Сибири происходило в условиях циклической смены трансгрессивного и регрессивного ритмов [7, 8] с перерывами осадконакопления. На северных окраинах в отложениях эти перерывы установлены однозначно [16]. Вопросы существования таких перерывов в южных районах морского бассейна, корреляция с северными перерывами и их глобальность остаются открытыми. Это требует привлечения дополнительных

палеонтологических и седиментологических данных, фиксирующих кризис привноса осадочного материала. Одним из наиболее перспективных направлений для решения подобных задач в настоящее время считается анализ ярусности и последовательности наложения ихнотекстур, а также интерпретация ихнологических сообществ, развивавшихся в уплотненных субстратах [17–19 и др.]. Уплотненным субстратам, согласно концепции ихнофаций и ихнотекстурного анализа [20–22], соответствует ихнофация *Glossifungites*. С ней связаны ихнофосилии – *Thalassinoides*, *Glossifungites*, *Tryanites*, *Rhizocorallium* и *Psilonichnus* [23]. В породах серовской свиты отмечается отдельный горизонт биотурбированных опок с норами *Thalassinoides*. Их детальное изучение и прослеживание по горизонту необходимо для представления полной характеристики текстурных признаков особой фации слабо биотурбированных кремнистых пород серовской свиты, по которым можно отметить кризис привноса осадочного

материала в определенный период существования тагетского Западно-Сибирского бассейна. Ранее ихнофосилии в опоках серовской свиты описаны не были и в настоящей работе охарактеризованы впервые.

Материалы и методы

Материалами для исследования послужили находки систем ходов *Thalassinoides* (Ehrenberg, 1944), наиболее морфологически близкие к ихновиду *Thalassinoides suevicus* (Rieth, 1932). Сборы были произведены за летний полевой период 2017 г. с естественных обнажений опок серовской свиты на правом берегу р. Реутинка, Свердловская область, Камышловский городской округ (56°48'26.19"С, 62°44'34.99"В) [24] (рис. 1). Кроме макропического описания пород проводилось также их микроскопическое изучение с помощью сканирующего электронного микроскопа на базе растрового электронного микроскопа JEOL JSM 6510A (ТИУ).

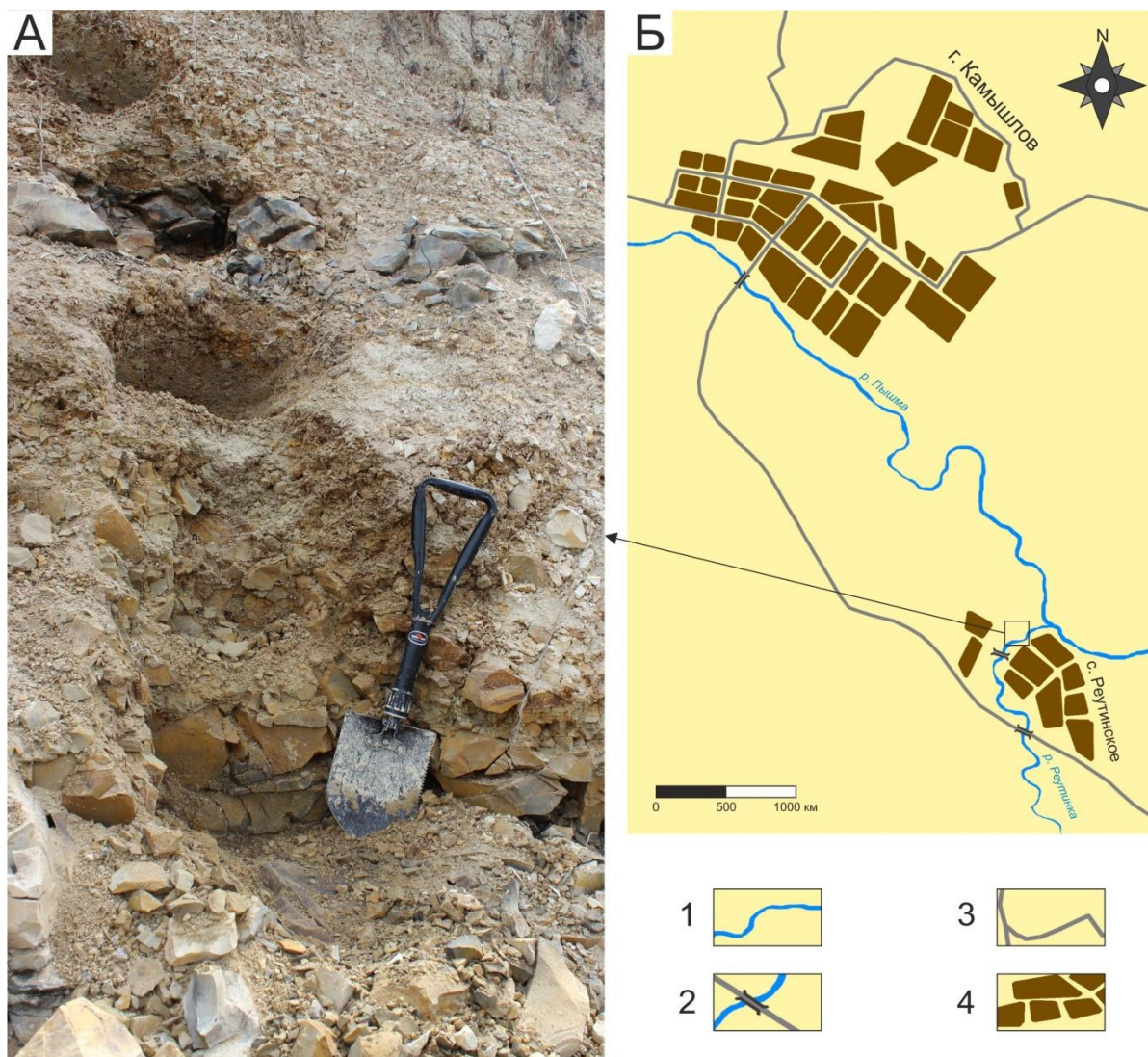


Рис. 1. Район полевых работ: А) обнажение опок серовской свиты на правом берегу р. Реутинка. Штык лопаты = 60 см; Б) положение исследуемого обнажения на карте; 1 – река; 2 – мост; 3 – автомобильная дорога; 4 – населенный пункт

Fig. 1. Field area: А) outcrop of gaizes from Serov suite on the right bank of the Reutinka river. Bayonet of shovels = 60 cm; Б) outcrop location on the map; 1 – river; 2 – bridge; 3 – road; 4 – town/locality

Результаты

Согласно современной ихнотаксономической классификации [20, 22, 25, 26], ихнород *Thalassinoides* (Ehrenberg, 1944) совместно с *Ophiomorpha* (Lundgren, 1891) и *Radomorpha* (Vialov, 1966) объединены в ихносемейство *Thalassinoididae* (Vialov, 1993), которое в свою очередь включено в ихноотряд *Crustolithida* (Vialov, 1966). Наиболее распространенными ихновидами из ихнорода *Thalassinoides* в кремнистых формациях кайнозоя являются *Th. suervicus* и *Th. paradoxicus* (Woodward, 1830) [27, 28].

В опоках серовской свиты ходы наиболее сходны с ихновидом *Th. suervicus*. Однако не исключено, что глубокие диагенетические преобразования могли привести к ухудшению степени сохранности, искажению морфологических признаков и, как следствие, к ошибочной ихнотаксономической идентификации. Других типов ихнофоссилий встречено не было. Норы прямые, трубчатые. Состоят из вертикальных, наклоненных и одиночных горизонтальных туннелей. Предпочтительная ориентировка вертикальная. Стенки гладкие, с редкими бугорками и валиками, без выраженной футеровки. В поперечном сечении норы овальные, эллиптические с выдержанной шириной. Диаметр измеряется в пределах от 1,5 до 2,0 см у разных нор. В длину превышают 15 см. Ходы не пересекаются между собой, занимают около 15 % от общего объема породы. Четко места ветвлений не распознаются ввиду плохой сохранности из-за диагенетических преобразований породы. *Thalassinoides suervicus* отличаются от морфологически близкого ихновида *Th. callianassae* (Ehrenberg, 1944) меньшими размерами – 1,5–3,3 см, против 3,4–5,0 см [29], а от ихновида, также характерного для кремнистых формаций, *Th. paradoxicus* исследуемые ходы отличаются выдержанностью диаметра нор во всех направлениях [30, 31].

Норы заполнены светлой опоккой, которая имеет тонкоглобулярное строение, а в общей массе фиксируются реликты створок диатомовых и пластинчатые и хлопьевидные агрегаты глинистых минералов. Вмещающая порода – темная опока – сложена бесструктурной массой кремнезема с немногочисленными, отдельными зонами, где контуры глобулей опал-СТ с характерной ребристой поверхностью и границы между ними хорошо различимы. Контакт заполняющих и вмещающих норы горных пород четкий (рис. 2).

Обсуждения

В палеоэкологическом и палеобиологическом плане ихнофоссилии представляют интерес как важный источник информации об особенностях поведения организма, о его форме и размерах, расширяя представления о биоразнообразии, биопродуктивности и популяции биотурбаторов древнего бассейна [32–35].

Наиболее вероятными продуцентами ходов серовской свиты могли служить десятиногие ракообразные, о чем свидетельствуют бугорки и валики на гладких

стенках нор, которые, возможно, были оставлены конечностями членистоногих [29]. Норы служили постоянными жилищными постройками [29, 35, 36] и норами питания [31, 37, 38]. Современные аналогичные ходы *Thalassinoides* формируют креветки *Thalassinidean* видов *Upogebia affinis* [30] и *Upogebia pusilla* [32, 33], а также крабы, омары и, в редких случаях, рыбы и амфибии [34, 36]. Есть свидетельства в пользу того, что продуцентами нор *Thalassinoides* могли являться крупные многощетинковые черви семейства *Nereididae* или представители родственных им таксонов [34, 39].

Исходным осадочным материалом, из которого формировались исследуемые опоки, служили кремнистые биохомогенные илы [8, 15]. Однако в научной литературе также известны и другие седиментологические модели формирования некоторых силицитов, в которых ведущая роль отведена вулканической и гидротермальной деятельности [40–42]. По мере прогрессирующей кристаллизации и упорядочивания кремниевого вещества в осадке происходят постепенные минеральные переходы с образованием горных пород и приобретением новых структурно-текстурных признаков: кремнистые илы дают начало диатомитам, из которых в ходе дальнейших изменений образуются светлые тонкоглобулярные опоки с многочисленными реликтами диатомитов. В процессе дальнейшей трансформации светлая тонкоглобулярная опока преобразуется в темную бесструктурную опокку [12]. Вмещающими отложениями для рассматриваемых ходов *Thalassinoides* являются темные бесструктурные опоки наиболее поздней стадии постседиментационного преобразования. Общее строение ихнофоссилий с характерным отсутствием футеровки стенок, постоянным диаметром и выдержанной глубиной нор свидетельствует о том, что продуценты колонизировали уже уплотненный осадок в период с нулевой или очень низкой скоростью осадконакопления. Их пассивное заполнение, различная степень зрелости и резкая граница между осадками, вмещающими и выполняющими ходы, свидетельствуют о существовавшем перерыве в осадконакоплении (рис. 3). Благоприятными условиями для этого могли быть полные прекращения биохомогенной седиментации, а периодические повышения гидродинамики среды могли вызывать эрозию рыхлых уплотненных осадков и обеспечивать выход на поверхность нижележащих уплотненных отложений. В последствии быстро осаждающийся материал засыпал норы животных, исключая их дальнейшую жизнедеятельность там и обеспечивая сохранность следов в ископаемом состоянии. Не исключено, что перерывы осадконакопления, отмеченные в данной работе по ихнофоссилиям, не являлись локальным процессом и связаны с глобальными перерывами на северных окраинах Западно-Сибирского моря, которые являются следствием трансгрессивно-регрессивных циклов в танетское время [16].

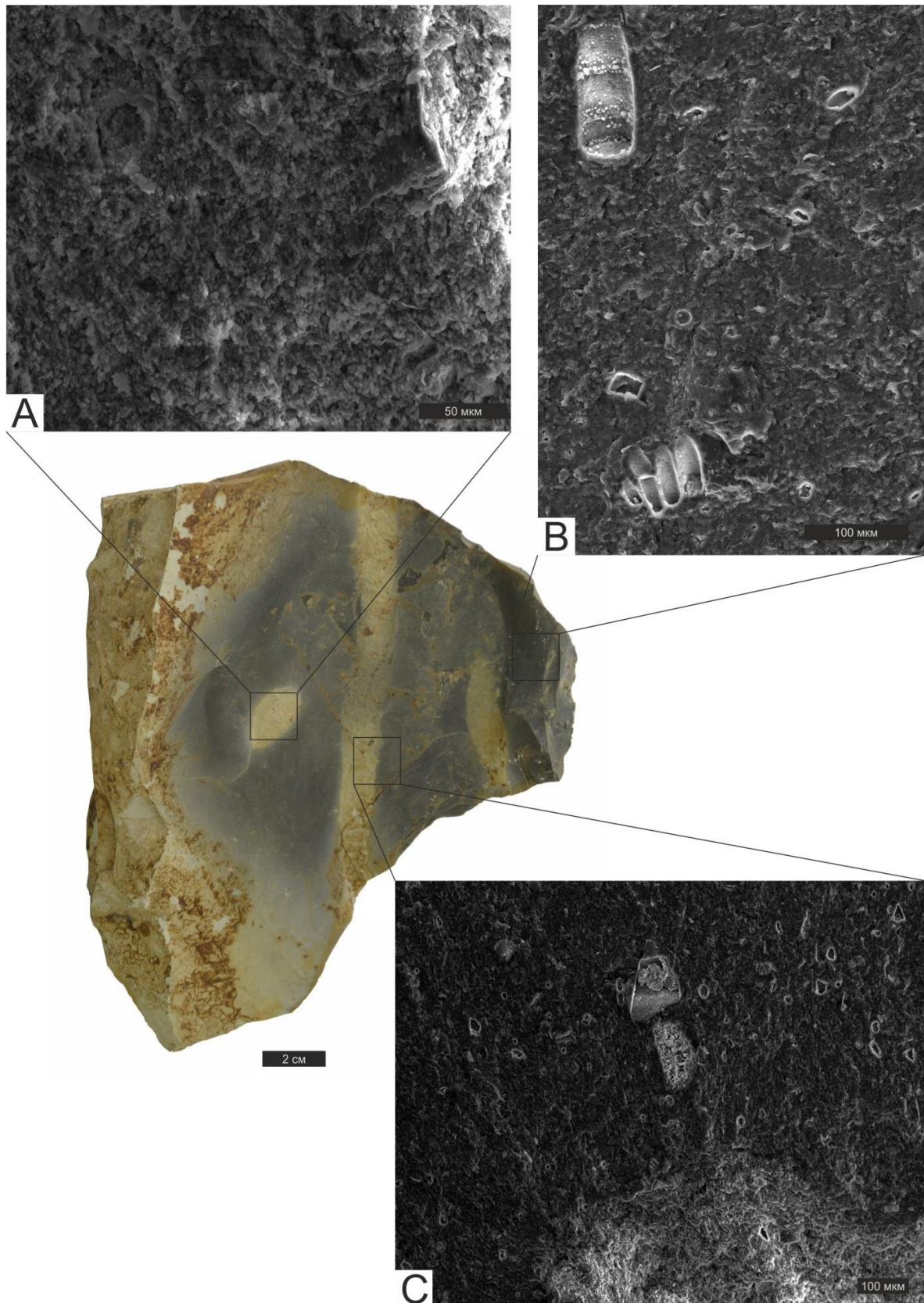


Рис. 2. Макроскопическое и микроскопическое исследование икнофоссилий опок серовской свиты: А) заполняющая ходы порода (светлая опока с тонкоглобулярным строением); В) вмещающая ходы порода (темная опока, представленная бесструктурной массой кремнезема); С) граница между заполняющей и вмещающей ходы породой

Fig. 2. Macroscopic and microscopic study of ichnofossils in gaizes of Serov suite: A) burrow-filling rock (light gaize with a thin-globular structure); B) burrow-containing rock (dark gaize, represented by a structureless mass of silica); C) boundary between filling and containing rocks

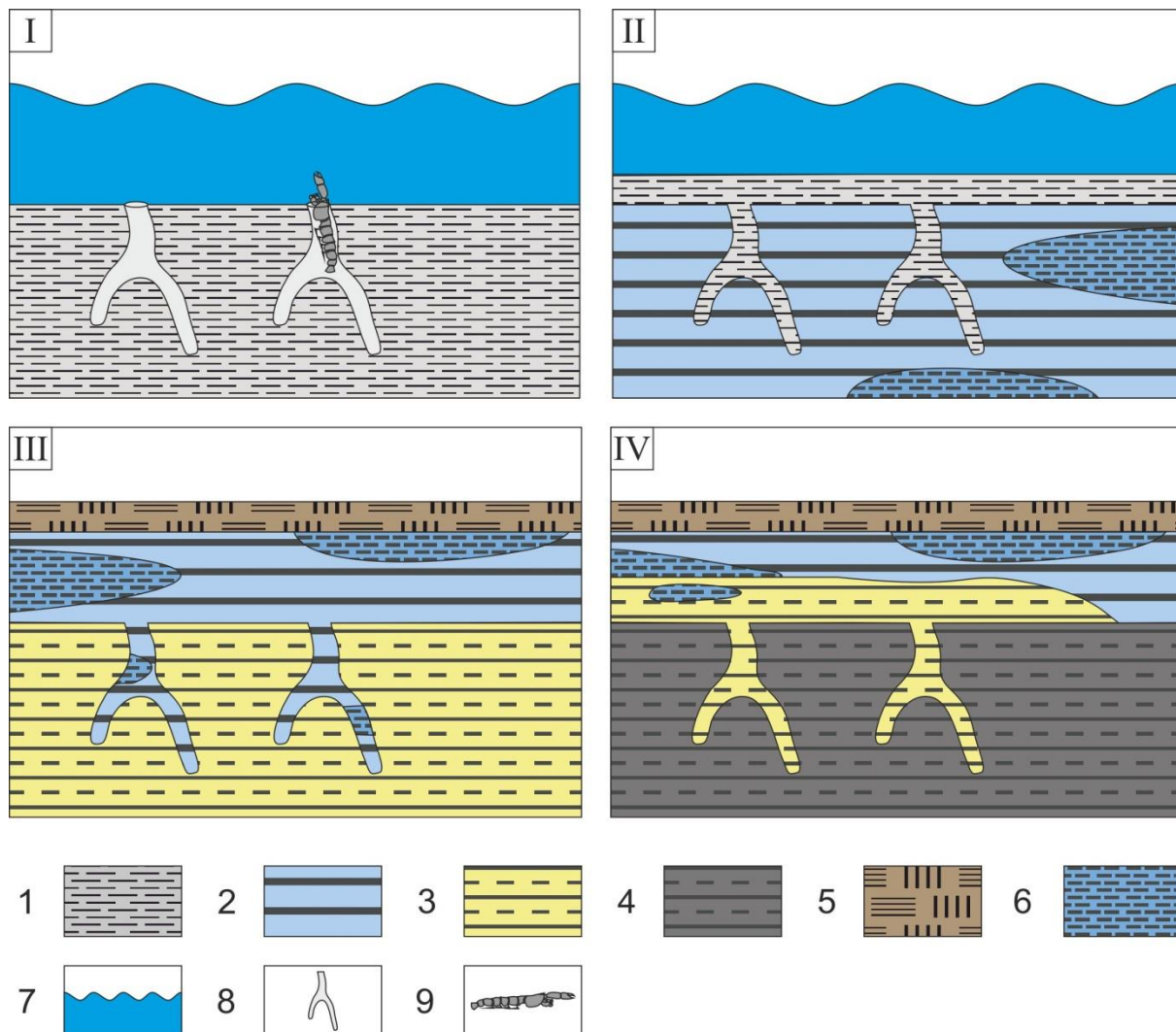


Рис. 3. Последовательность формирования и сохранения ходов *Thalassinoides* в кремнистых отложениях серовской свиты. I – Колонизация уплотненного субстрата инфаунными десятиногими ракообразными в условиях кризиса привноса осадочного материала; II – Засыпание нор диатомовым илом и его уплотнение. Вмещающий ходы осадочный материал в ходе диагенетических преобразований переходит в горную породу диатомит; III – Заполняющий норы осадочный материал в ходе диагенетических преобразований переходит в горную породу диатомит. Вмещающие породы в ходе дальнейших диагенетических преобразований переходят в светлую опоку с тонкоглобулярным строением; IV – Породы, заполняющие норы, претерпевают постседиментационные изменения и переходят из диатомитов в светлую опоку с тонкоглобулярным строением. Вмещающая порода в ходе дальнейших преобразований переходит в темную опоку в виде бесструктурной массы кремнезема; 1 – Уплотненный диатомовый ил; 2 – Диатомит; 3 – Светлая опока с тонкоглобулярным строением; 4 – Темная опока, представленная бесструктурной массой кремнезема; 5 – Почвенно-растительный слой; 6 – Диатомовая глина; 7 – Воды морского Западно-Сибирского бассейна в танетское время; 8 – Норы *Thalassinoides*; 9 – Наиболее вероятный продуцент ходов *Thalassinoides*, морфологически близкий к современным креветкам *Thalassinidean*

Fig. 3. Sequence of formation and preservation of *Thalassinoides* burrows in siliceous sediments from Serov suite. I – Colonization of compacted substrate with infauna decapods in conditions of lack of sediment input; II – Filling with diatom ooze and its compaction. Sedimentary material containing the burrows transforms into diatomite during the diagenetic processes; III – Sedimentary material filling the burrows during the diagenetic processes transforms into diatomite. In further diagenetic transformations burrow-containing rock transforms into light gáize with a thin-globular structure; IV – Burrow-filling rock undergoes postdepositional change and turns from diatomite to light gáize with a thin-globular structure. During diagenetic transformations burrow-containing rock turns into dark gáize in the form of an unstructured mass of silica; 1 – Compacted diatom ooze; 2 – Diatomite; 3 – Light gáize with a thin-globular structure; 4 – Dark gáize, represented by a structureless mass of silica; 5 – Topsoil; 6 – Diatom clay; 7 – Waters of the marine West Siberian basin in Thanetian time; 8 – *Thalassinoides* burrows; 9 – The most likely *Thalassinoides* producer, morphologically close to modern *Thalassinidean* shrimp

Заключение

В изученных опоках ихнород *Thalassinoides* представлен единственным ихновидом *Th. suervicus*. Ископаемые системы ходов *Thalassinoides* служили постоянными жилищными постройками для десятиногих ракообразных, что подтверждают бугорки и валики на гладких стенках нор. Присутствие ходов *Thalassinoides* отмечает кризис привноса осадочного материала в определенный период существования танетского Западно-Сибирского бассейна, который, возможно, не был локальным процессом и может коррелироваться с глобальными перерывами на севере моря, являющимися частью трансгрессивно-регрессивного цикла [16]. Норы формировались в уплотненном осадке, их заполнение происходило без участия продуцирующих организмов значительно позднее. Об этом свидетельствуют резкие четкие стенки ихнофоссилий без признаков футеровки и зафиксированные различия в степени диагенетической преобразованности вмещающих и выполняющих норы отложений. Отсутствие на данном этапе исследований необходимого объема материала по ихнофос-

силиям серовской свиты не дает возможности выполнить более точные седиментологические и палеоэкологические построения и сделать более предметные выводы относительно их стратиграфического значения. Для этого необходимо привлечение дополнительных палеонтологических, литологических и геохимических данных по большему числу разрезов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках государственного задания FEWZ-2020-0007 «Фундаментальные закономерности развития природной среды юга Западной Сибири и Тургай в кайнозое: седиментология осадочных толщ, абиотические геологические события и эволюция палеобиосферы».

Авторы выражают искреннюю благодарность д.г.-м.н. Е.Ю. Барабошкину (МГУ) за помощь в определении ихнофоссилий, к.г.-м.н. П.В. Смирнову (ТюмГУ) за обсуждение результатов и ценные профессиональные советы на протяжении всего проекта и А.Е. Олоховой (ТИУ) за качественные фотографии, которыми проиллюстрирована настоящая работа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Унифицированные региональные стратиграфические схемы неогеновых и палеогеновых отложений Западно-Сибирской равнины. Объяснительная записка / Ф.Г. Гурари, В.С. Волкова, А.Е. Бабушкин, А.Г. Головина, В.П. Никитин, А.И. Некрасов, А.В. Кривенцов, Ж.А. Доля, Ю.М. Колыхалов, З.Н. Гнибиденко. – Новосибирск: СНИИГиМС, 2001. – 81 с.
2. Ахметьев М.А. Проблемы стратиграфии и палеогеографии палеогена средних широт центральной Евразии // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 10. – С. 1367–1387.
3. Новые данные по морскому палеогеону юга Западно-Сибирской плиты. Статья 1 / М.А. Ахметьев, Г.Н. Александрова, В.Н. Беньямовский, Д.И. Витухин, З.И. Глезер, З.Н. Гнибиденко, В.Д. Дергачев, Ж.А. Доля, Н.И. Запорожец, Г.Э. Козлова, И.А. Кулькова, И.А. Николаева, М.Н. Овечкина, Э.П. Радионова, Н.И. Стрельникова // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2004. – Т. 12. – № 1. – С. 67–93.
4. Новые данные по морскому палеогеону юга Западно-Сибирской плиты. Статья 2 / М.А. Ахметьев, Г.Н. Александрова, В.Н. Беньямовский, Д.И. Витухин, З.И. Глезер, З.Н. Гнибиденко, В.Д. Дергачев, Ж.А. Доля, Н.И. Запорожец, Г.Э. Козлова, И.А. Кулькова, И.А. Николаева, М.Н. Овечкина, Э.П. Радионова, Н.И. Стрельникова // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2004. – Т. 12. – № 3. – С. 65–86.
5. Амон Э.О., Холлис К.Дж. Некоторые особенности палеобиогеографии радиоларий в средне-высокоширотных палеогеновых морских бассейнах (Западная Сибирь, Новая Зеландия) // Литосфера. – 2008. – № 2. – С. 25–45.
6. Диатомеи и диноцисты в интервале позднего палеоцено-раннего эоцена в биокремнистых фациях среднего Зауралья / Г.Н. Александрова, Т.В. Орешкина, А.И. Яковлева, Э.П. Радионова // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2012. – Т. 20. – № 4. – С. 68–94.
7. Смирнов П.В., Константинов А.О. Биогенное кремненакопление в Западно-Сибирском морском бассейне в палеоцено-эоцене: факторы и стадии // Литосфера. – 2017. – Т. 17. – № 4. – С. 26–47.
8. Амон Э.О. Факторы и условия накопления биогенных силицитов в палеогеновом бассейне Западной Сибири // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологии. – 2018. – Т. 93. – Вып. 4. – С. 51–67.
9. Дистанов У.Г. Особенности кремненакопления в морских платформенных бассейнах // Сырцевая база кремнистых пород СССР. – М.: Наука, 1974. – С. 13–17.
10. Смирнов П.В. Результаты комплексных исследований вещественного состава диатомитов Ирбитского месторождения //

- Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 6. – С. 93–104.
11. Мартынов В.А., Сигов А.П., Чирва С.А. Западно-Сибирская плита. В: Наливкин Д.В. (ред.) Стратиграфия СССР. Палеогеновая система. – М.: Недра, 1975. – С. 315–329.
12. Смирнов П.В. Фазовые переходы кремнезема в опал-кристобалитовых породах как фактор качества кремнистого сырья // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 9. – С. 6–15.
13. Бакиева Л.Б. Палинология и стратиграфия палеогена зауральского и центрального литологофациальных районов Западной Сибири. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2005. – 190 с.
14. Кротов А.И., Шибкова К.Г. Комплексы диатомовых и кремневых жгутиковых водорослей в верхнемеловых палеогеновых и неогеновых отложениях восточного склона Урала и Зауралья // Материалы по геол. и полезным ископаемым Урала. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – Вып. 9. – С. 191–249.
15. Смирнов П.В., Константинов А.О. Сравнительные исследования эоценовых и палеоценовых диатомитов Зауралья (на примере Камышловского месторождения и разреза Брусяна) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 11. – С. 96–104.
16. Ахметьев М.А., Запорожец Н.И. Климатообразующая роль морских течений в раннем палеогене в высоких широтах Евразии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2017. – Т. 25. – № 2. – С. 115–126.
17. Bockelie J.F. Ichnofabric mapping and interpretation of Jurassic reservoir rocks of the Norwegian North Sea // Palaios. – 1991. – № 6. – P. 206–215.
18. Bromley R.G. Trace fossils. Biology, taphonomy and applications. – London: Chapman and Hall, 1996. – 361 p.
19. Buatois L.A., Mángano M.G. Ichnology: organism-substrate interactions in space and time. – New York: Cambridge university press, 2011. – 358 p.
20. Вялов О.С. Следы жизнедеятельности организмов и их классификация // Следы жизнедеятельности древних организмов. – М.: Наука, 1993. – С. 5–11.
21. Микулаш Р., Дронов А. Палеоихнология – введение в изучение следов ископаемых организмов. – Прага: Геологический институт Академии наук Чешской Республики, 2006. – 122 с.
22. Seilacher A. Trace fossil analysis. – Berlin: Springer, 2007. – 226 p.
23. Frey R.W., Pemberton S.G. Trace fossils facies models // Facies models. Geoscience Canada. – 1984. – V. 2. – № 1. – P. 189–207.

24. Смирнов П.В. Предварительные результаты ревизии минерально-сырьевой базы опал-кристобалитовых пород в среднем Зауралье // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 4. – С. 28–37.
25. Вялов О.С. Следы жизнедеятельности организмов и их палеонтологическое значение. – Киев: Наукова думка, 1966. – 219 с.
26. Вялов О.С. Палеоихнологический этюд // Палеонтологический сборник. – 1989. – № 26. – С. 72–78.
27. Bromley R.G., Ekdale A.A. Fossil preservation in flint in the European chalk // Journal of Paleontology. – 1984. – V. 48. – № 2. – P. 298–311.
28. Ichnofabrics of the Capdevila Formation (early Eocene) in the Los Palacios Basin (western Cuba): Paleoenvironmental and paleoecological implications // J. Villegas-Martin, R.G. Netto, E.C. Lavina, R. Rojas-Consuegra // Journal of South American Earth Sciences. – 2014. – V. 56. – P. 214–227.
29. Янин Б.Т., Барабошкин Е.Ю. Норы *Thalassinoides* (структуры зарывания десятиногих ракообразных) из нижнемеловых отложений юго-западного и центрального Крыма // Стратиграфия. Геологическая Корреляция. – 2013. – Т. 21. – № 3. – С. 39–49.
30. Frey R.W., Howard J.D. Upper Cretaceous trace fossils, Book cliffs of Utah: a field guide // Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Rocky Mountain Section. – 1985. – № 10. – P. 115–152.
31. Frey R.W., Howard J.D. Trace fossils and depositional sequences in a clastic shelf setting, Upper Cretaceous of Utah // Journal of Paleontology. – 1990. – V. 64. – P. 803–820.
32. Dworschak P.C. The pumping rates of the burrowing shrimp *Upogebia Pusilla* (Petagna) (Decapoda: Thalassinidea) // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 1981. – V. 52. – P. 25–35.
33. Dworschak P.C. The Biology of *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea) // P.S.Z.N.I: Marine Ecology. – 1983. – V. 4. – № 1. – P. 19–43.
34. Murow P.M. *Thalassinoides* and the Enigma of Early Paleozoic open-framework burrow System // Palaios. – 1995. – V. 10. – № 1. – P. 58–74.
35. Urash R.G., Savrda C.E. Ichnology of an Eocene shallow marine passive margin condensed section, eastern Gulf coastal plain, Alabama, U.S.A. // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2017. – V. 471. – P. 58–70.
36. Kim J.Y., Pickerill R.K. Cretaceous Nonmarine Trace Fossils from the Hasandong and Jinju formations of the Namhae Area, Kyongsangnamdo, Southeast Korea // Ichnos. – 2002. – V. 9. – P. 41–60.
37. Bromley R.G., Frey R.W. Redescription of the trace fossil *Gyrolithes* and taxonomic evaluation of *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* and *Spongeliomorpha* // Bulletin of the Geological Society of Denmark. – 1974. – V. 23. – P. 311–335.
38. Ekdale A.A., Bromley R.G. Paleontologic interpretation of complex *Thalassinoides* in shallow-marine limestones, Lower Ordovician, southern Sweden // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2003. – V. 192. – P. 221–227.
39. Dashtgard S.E., Gingras M.K. Facies architecture and ichnology of recent salt-marsh deposits: Waterside Marsh, New Brunswick, Canada // Journal of Sedimentary Research. – 2005. – V. 75. – P. 596–607.
40. Цеховский Ю.Г. Участие вулканизма и гидротерм в платформенном осадконакоплении пограничной мел-палеогеновой эпохи деструктивного тектогенеза в Центральной Евразии. Статья 1. Палеогеография, продукты вулканизма и гидротермальной деятельности // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологии. – 2017. – Т. 92. – Вып. 4. – С. 34–48.
41. Цеховский Ю.Г. Участие вулканизма и гидротерм в платформенном осадконакоплении пограничной мел-палеогеновой эпохи деструктивного тектогенеза в Центральной Евразии. Статья 2. Особенности платформенного осадконакопления // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологии. – 2017. – Т. 92. – Вып. 6. – С. 3–13.
42. Зорина С.О., Афанасьева Н.И., Хайрtdинова Л.Р. Событийная модель образования палеоцен-эоценовой песчано-глинисто-силицитовой толщи Русской плиты // Доклады Академии Наук. – 2018. – Т. 480. – № 1. – С. 60–63.

Поступила 29.01.2020 г.

Информация об авторах

Трубин Я.С., лаборант-исследователь лаборатории седиментологии и эволюции палеобиосферы, Тюменский государственный университет.

Ян П.А., кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий лабораторией седиментологии, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН.

UDC 551.77; 551.87

FOSSIL TRACES OF THALASSINOIDES FROM SEROV SUITE GAIZES (MIDDLE TRANS-URALS, UPPER PALEOCENE)

Yaroslav S. Trubin¹,
iyr-2009@mail.ru

Peter A. Yan²,
yanpa@ipgg.sbras.ru

¹ University of Tyumen,
6, Volodarsky street, Tyumen, 625003, Russia.

² Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
3, Koptuyug avenue, Novosibirsk, 630090, Russia.

The relevance of the research. In the northern margins of Western Siberia, depositional breaks are indicated in the sediments of Tanetian stage. Global nature of such hiatuses and possibility of their existence in the southern margins remain debatable. This requires the use of additional paleontological and sedimentological data that capture the crisis of the introduction of sedimentary material. One of the most reliable source of information about interruptions to introduction of sedimentary material and other events in sedimentation can be fossil burrows.

The aim of the research is the ichnofacial analysis of siliceous sediments of the Upper Paleocene of Western Siberia.

Objects: fossil traces of *Thalassinoides* from silica rocks Serov suite (Middle Trans-Urals, Upper Paleocene), burrow-filling rock (light gaize with a thin-globular structure), burrow-containing rock (dark gaize, represented by a structureless mass of silica)

Methods: field work, scanning electron microscopy, lithologic-petrographic, ichno-structure, ichno-facies and sedimentological analyzes.

Results. Information on fossil traces of *Thalassinoides* from Serov suite gaizes and fossil traces morphology are given. The paper considers the issues of possible environmental conditions, under which the burrow marks were formed and preserved in fossil state. Microscopic studies of Serov suite gaizes allow identifying the features of changes in rocks, that contain and fill burrows, during further diagenetic transformation. Also the article highlights the most likely producers for *Thalassinoides* burrows of Tanetian time in the West Siberian basin. The study of fossil traces in siliceous rocks of the Paleogene period has not been undertaken before and has not been noted in scientific literature.

Key words:

Fossil traces, gaizes, Serov Formation, Paleocene, Western Siberia, Transuralian, *Thalassinoides*, *Glossifungites*

The reported study funded by Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation was performed as a part of project FEWZ-2020-0007 “Fundamentals of the natural environment history of the south of Western Siberia and Turgay in the Cenozoic: sequence sedimentology, abiotic geological events and the evolution of the Paleobiosphere”.

The authors thank E.Yu. Baraboshkin, Dr. Sc. (Moscow State University) for his help in determining trace fossils, P.V. Smirnov, Cand. Sc. (University of Tyumen) for discussing the results and valuable professional comments during the project, and A.E. Olokhova (Industrial University of Tyumen) for taking photos to illustrate the paper.

REFERENCES

- Gurari F.G., Volkova V.S., Babushkin A.E., Golovina A.G., Nikitin V.P., Nekrasov A.I., Kriventsov A.V., Dolya Zh.A., Kolykhalov Yu.M., Gnibidenko Z.N. *Unifitsirovannyye regionalnyye stratigraficheskie skhemy neogenovykh i paleogenovykh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Unified regional stratigraphic schemes of the Neogene and Paleogene deposits of the West Siberian Plain]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2001. 81 p.
- Akhmetev M.A. Problems of stratigraphy and paleogeography of the Paleogene of middle latitudes of central Eurasia. *Russian Geology and Geophysics*, 2011, vol. 52, no. 8, pp. 1367–1387. In Rus.
- Akhmetev M.A., Aleksandrova G.N., Benyamovskiy V.N., Vitukhin D.I., Glezer Z.I., Gnibidenko Z.N., Dergachev V.D., Dola G.A., Zaporozhets N.I., Kozlova G.E., Kulkova I.A., Nikolaeva I.A., Ovechkina M.N., Radionova E.P., Strelnikova N.I. *Novyye dannyye po morskomu paleogenu yuga Zapadno-Sibirskoy plity. Statya 1* [New data on the marine Paleogene of the south of the West Siberian Plate. Article 1]. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2004, vol. 12, no. 1, pp. 67–93.
- Akhmetev M.A., Aleksandrova G.N., Benyamovskiy V.N., Vitukhin D.I., Glezer Z.I., Gnibidenko Z.N., Dergachev V.D., Dola G.A., Zaporozhets N.I., Kozlova G.E., Kulkova I.A., Nikolaeva I.A., Ovechkina M.N., Radionova E.P., Strelnikova N.I. *Novyye dannyye po morskomu paleogenu yuga Zapadno-Sibirskoy plity. Statya 2* [New data on the marine Paleogene of the south of the West Siberian Plate. Article 2]. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2004, vol. 12, no. 3, pp. 65–86.
- Amon E.O., Hollis K.J. Some features of radiobarium paleobiogeography in mid-high-latitude of Paleogene marine basins (Western Siberia, New Zealand). *Lithosphere*, 2008, no. 2, pp. 25–45. In Rus.
- Aleksandrova G.N., Oreshkina T.V., Yakovleva A.I., Radionova E.P. Diatomei i dinotsisty v intervale pozdnego paleotsena – rannego eotsena v biokremnistykh fatsiyakh srednego Zauralya [Diatoms and dinocysts in the Late Paleocene – Early Eocene interval in the bio-silicon facies of the Middle Trans-Urals]. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2012, vol. 20, no. 4, pp. 68–94.
- Smirnov P.V., Konstantinov A.O. Biogenic silica-accumulation in the West Siberian Sea Basin in the Paleocene–Eocene: factors and stages. *Lithosphere*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 26–47. In Rus.
- Amon E.O. Factors and conditions for the accumulation of biogenic silicites in the Paleogene Basin of Western Siberia. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological series*, 2018, vol. 93, no. 4, pp. 51–67. In Rus.
- Distanov U.G. Osobennosti kremnenakopleniya v morskikh platformnykh basseynakh [Features of silica accumulation in sea platform basins]. *Syryevaya baza kremnistykh porod SSSR* [Russian Raw material base of siliceous rocks of the USSR]. Moscow, Nauka Publ., 1974. pp. 13–17.
- Smirnov P.V. Results of comprehensive studies of diatomite material composition from Irbit deposit. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo assets Engineering*, 2016, vol. 327, no. 6, pp. 93–104. In Rus.
- Martynov V.A., Sigov A.P., Chirva S.A. Zapadno-Sibirskaya plita [West Siberian plate]. *Stratigrafiya SSSR. Paleogenovaya sistema*

- [Stratigraphy of the USSR. Paleogene system]. Ed. by D.V. Nalivkin. Moscow, Nedra Publ., 1975. pp. 315–329.
12. Smirnov P.V. Silica phase transitions in opal-cristobalite rocks as a factor of quality of siliceous raw material. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo assets Engineering*, 2017, vol. 328, no. 9, pp. 6–15. In Rus.
 13. Bakieva L.B. *Palinologiya i stratigrafiya paleogena zauralskogo i tsentralnogo litologofatsialnykh rayonov Zapadnoi Sibiri* [Palynology and Stratigraphy of the Paleogene in the Trans-Uralian and Central Lithological-Facies Regions of Western Siberia]. Tyumen, Tyumen Oil and Gas University Publ., 2005. 190 p.
 14. Krotov A.I., Shibkova K.G. Kompleksy diatomovykh i kremnevyykh zhgutikovyykh vodorosley v verkhnelovyykh paleogenovykh i neogenovykh otlozheniyakh vostochnogo sklona Urala i Zauralya [Complexes of diatom and flint flagellated algae in Upper Cretaceous Paleogene and Neogene sediments on the eastern slope of the Urals and Trans-Urals]. *Materialy po geologii i poleznym iskopyemym Urala*, 1961, no. 9, pp. 191–249.
 15. Smirnov P.V., Konstantinov A.O. Comparative studies of Eocene and Paleocene diatomite from Trans-Urals (on the example of Kamyshlov deposit and section Brusyana). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo assets Engineering*, 2016, vol. 327, no. 11, pp. 96–104. In Rus.
 16. Akhmetev M.A., Zaporozhets N.I. Klimatobrazuyushchaya rol morskikh techeniy v rannem paleogene v vysokikh shirotakh Evrazii [Climate-forming role of sea currents in the early Paleogene in high latitudes of Eurasia]. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2017, vol. 25, no. 2, pp. 115–126.
 17. Bockelie J.F. Ichnofabric mapping and interpretation of Jurassic reservoir rocks of the Norwegian North Sea. *Palaaios*, 1991, no. 6, pp. 206–215.
 18. Bromley R.G. *Trace fossils. Biology, taphonomy and applications*. London, Chapman and Hall, 1996. 361 p.
 19. Buatois L.A., Mángano M.G. *Ichnology: organism-substrate interactions in space and time*. New York, Cambridge university press, 2011. 358 p.
 20. Vyalov O.S. Sledy zhiznedeyatelnosti organizmov i ikh klassifikatsiya [Traces of vital activity of organisms and their classification]. *Sledy zhiznedeyatelnosti drevnikh organizmov* [Russian Traces fossils of ancient organisms]. Moscow, Nauka Publ., 1993. pp. 5–11.
 21. Mikulas R., Dronov A. *Paleoikhnologiya – vvedenie v izuchenie sledov iskopaemykh organizmov* [Paleoichnology – introduction to the study of traces of fossil organisms]. Prague, Geological Institute of the Academy of Sciences of the Czech Republic, 2006. 122 p.
 22. Seilacher A. *Trace fossil analysis*. Berlin, Springer, 2007. 226 p.
 23. Frey R.W., Pemberton S.G. Trace fossils facies models. *Facies models. Geoscience Canada*, 1984, vol. 2, no. 1, pp. 189–207.
 24. Smirnov P.V. Preliminary results of revision of mineral-raw material base of opal-cristobalite rocks in middle Trans-Urals. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo assets Engineering*, 2017, vol. 328, no. 4, pp. 28–37.
 25. Vyalov O.S. *Sledy zhiznedeyatelnosti organizmov i ikh paleontologicheskoe znachenie* [Traces of vital activity of organisms and their paleontological significance]. Kiev, Academy of Sciences Publ., 1966. 219 p.
 26. Vyalov O.S. Paleoikhnologicheskiy etyud [Paleoichnological etude]. *Paleontologicheskii sbornik*, 1989, no. 26, pp. 72–78.
 27. Bromley R.G., Ekdale A.A. Fossil preservation in flint in the European chalk. *Journal of Paleontology*, 1984, vol. 48, no. 2, pp. 298–311.
 28. Villegas-Martín J., Netto R.G., Lavina E.C. Rojas-Consuegra R. Ichnofabrics of the Capdevila Formation (early Eocene) in the Los Palacios Basin (western Cuba): Paleoenvironmental and paleoecological implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 2014, vol. 56, pp. 214–227.
 29. Yanin B.T., Baraboshkin E.Yu. Nory Thalassinoides (strukturny zaryvaniya desyatinogikh rakoobraznykh) iz nizhnemelovykh otlozheniy yugo-zapadnogo i tsentralnogo Kryma [Burrows of Thalassinoides (structures of decapod crustaceans burying) from the Lower Cretaceous sediments of the southwestern and central Crimea]. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2013, vol. 21, no. 3, pp. 39–49.
 30. Frey R.W., Howard J.D. Upper Cretaceous trace fossils, Book cliffs of Utah: a field guide. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Rocky Mountain Section*, 1985, no. 10, pp. 115–152.
 31. Frey R.W., Howard J.D. Trace fossils and depositional sequences in a clastic shelf setting, Upper Cretaceous of Utah. *Journal of Paleontology*, 1990, vol. 64, pp. 803–820.
 32. Dworschak P.C. The pumping rates of the burrowing shrimp Upogebia Pusilla (Petagna) (Decapoda: Thalassinidea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1981, vol. 52, pp. 25–35.
 33. Dworschak P.C. The Biology of Upogebia pusilla (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 1983, vol. 4, no. 1, pp. 19–43.
 34. Myrow P.M. Thalassinoides and the Enigma of Early Paleozoic open-framework burrow system. *Palaaios*, 1995, vol. 10, no. 1, pp. 58–74.
 35. Urash R.G., Savrda C.E. Ichnology of an Eocene shallow marine passive margin condensed section, eastern Gulf coastal plain, Alabama, U.S.A. *Palaeoecology, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2017, vol. 471, pp. 58–70.
 36. Kim J.Y., Pickerill R.K. Cretaceous Nonmarine Trace Fossils from the Hasandong and Jinju formations of the Namhae Area, Kyongsangnamdo, Southeast Korea. *Ichnos*, 2002, vol. 9, pp. 41–60.
 37. Bromley R.G., Frey R.W. Redescription of the trace fossil Gyrolithes and taxonomic evaluation of Thalassinoides, Ophiomorpha and Spongeliomorpha. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 1974, vol. 23, pp. 311–335.
 38. Ekdale A.A., Bromley R.G. Paleothologic interpretation of complex Thalassinoides in shallow-marine limestones, Lower Ordovician, southern Sweden. *Palaeoecology, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2003, vol. 192, pp. 221–227.
 39. Dashtgard S.E., Gingras M.K. Facies architecture and ichnology of recent salt-marsh deposits: Waterside Marsh, New Brunswick, Canada. *Journal of Sedimentary Research*, 2005, vol. 75, pp. 596–607.
 40. Tsekhovskiy Yu.G. Role of volcanism and hydrotherms in the platform sedimentation process of the boundary Cretaceous-Paleogene epoch of destructive tectogenesis in Central Eurasia. Article 1. Paleogeography, products of volcanism and hydrothermal activity. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological series*, 2017, vol. 92, no. 4, pp. 34–48. In Rus.
 41. Tsekhovskiy Yu.G. Role of volcanism and hydrotherms in the platform sedimentation process of the boundary Cretaceous-Paleogene epoch of destructive tectogenesis in Central Eurasia. Article 2. Features of platform sedimentation. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological series*, 2017, vol. 92, no. 6, pp. 3–13. In Rus.
 42. Zorina S.O., Afanasyeva N.I., Khayrtidinova L.R. Sobytiynaya model obrazovaniya paleotsen-eotsenovoy peschano-glinisto-silitsitovoy tolschi Russkoy plity [Event model of the formation of the Paleocene-Eocene sand-clay-silicite strata of the Russian Plate]. *Reports of the Academy of Sciences*, 2018, vol. 480, no. 1, pp. 60–63.

Received: 29 January 2020.

Information about the authors

Yaroslav S. Trubin, expert, Industrial University of Tyumen.

Peter A. Yan, Cand. Sc., associate professor, head of the laboratory, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.