

УДК: 551.761.2:551.242.5:550.93

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2025-64-2-19-32

ВОЗРАСТ ТЕТРАПОДНОЙ ФАУНЫ «MASTODONSAURUS» (СРЕДНИЙ ТРИАС) ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ: ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ РАДИОИЗОТОПНОГО U-PB LA-ICPMS ДАТИРОВАНИЯ. СТАТЬЯ 1. ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Владимир Владимирович Силантьев¹✉, Анна Викторовна Куликова²,
Игорь Витальевич Новиков³, Анастасия Сергеевна Фелькер⁴,
Динара Надировна Мифтахутдинова⁵, Руслан Рустемович Габдуллин⁶,
Кажмурат Максutowич Ахмеденов⁷, Джамиля Болатовна Якупова⁸,
Евгения Михайловна Нуриева⁹, Яна Ягфаровна Саетгалеева¹⁰

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия; Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета, Джизак, Узбекистан; Vladimir.Silantiev@kpfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2858-0708>

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия; ak_cool@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4263-5031>

³ Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, Россия; Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия; inovik@paleo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7400-5790>

⁴ Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, Россия; felkafelka95@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3734-2026>

⁵ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия; Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета, Джизак, Узбекистан; Dinara.Miftakhutdinova@kpfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9115-1343>

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского, Москва, Россия; gabdullin@fgp.msu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8296-7191>

⁷ Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Уральск, Казахстан; kazhmurat78@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7294-0913>

⁸ Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Уральск, Казахстан; yakupova_j@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3875-1224>

⁹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия; evgeniya.nurieva@kpfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3234-0870>

¹⁰ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия; yana.saetgaleeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-9005-0775>

Аннотация. В статье приводятся новые данные о возрасте тетраподной фауны «*Mastodonsaurus*» (средний триас) Восточно-Европейской платформы. Анализ разреза и ихноценозов установил, что в эльтонское время осадконакопление протекало в основном в континентальной обстановке с эпизодическими трансгрессиями, тогда как в индерское время произошло постепенное тектоническое погружение территории от приливно-отливной зоны пляжа до зоны сублиторали солоноватоводного бассейна.

Ключевые слова: Восточно-Европейская платформа, Прикаспийская впадина, средний триас, континентальные отложения, ихнофоссилии, фауна тетрапод

Для цитирования: Силантьев В.В., Куликова А.В., Новиков И.В., Фелькер А.С., Мифтахутдинова Д.Н., Габдуллин Р.Р., Ахмеденов К.М., Якупова Д.Б., Нуриева Е.М., Саетгалеева Я.Я. Возраст тетраподной фауны «*Mastodonsaurus*» (средний триас) Восточно-Европейской платформы: первые данные радиоизотопного U-Pb LA-ICPMS датирования. Статья 1. Литологическая характеристика и условия формирования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2025. № 2. С. 19–32.

THE AGE OF THE TETRAPOD FAUNA “MASTODONSAURUS” (MIDDLE TRIASSIC) OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM: FIRST U-PB LA-ICPMS RADIOISOTOPIC DATING RESULTS. ARTICLE 1. LITHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT

Vladimir V. Silantiev¹✉, Anna V. Kulikova², Igor V. Novikov³, Anastasia S. Felker⁴,
Dinara N. Miftakhutdinova⁵, Ruslan R. Gabdullin⁶, Kazhmurat M. Akhmedenov⁷,
Jamilya B. Yakupova⁸, Evgeniya M. Nurieva⁹, Yana Ya. Saetgaleeva¹⁰

¹ Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia; Kazan Federal University, Branch in Jizzakh, Jizzakh, Republic of Uzbekistan; Vladimir.Silantiev@kpfu.ru ✉

² Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia; ak_cool@mail.ru

³ Borissiak Paleontological Institute of RAS, Moscow, Russia; Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia; inovik@paleo.ru

⁴ Borissiak Paleontological Institute, Moscow, Russia; felkafelka95@gmail.com

⁵ Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia; Kazan Federal University, Branch in Jizzakh, Jizzakh, Republic of Uzbekistan; Dinara.Miftakhutdinova@kpfu.ru

⁶ Lomonosov Moscow State University; Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow, Russia; gabdullin@fgp.msu.ru

⁷ Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan; kazhmurat78@mail.ru

⁸ Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan; yakupova_j@mail.ru

⁹ Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia; evgeniya.nurieva@kpfu.ru

¹⁰ Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia; yana.saetgaleeva@yandex.ru

Abstract. The article provides new data on the age of the tetrapod fauna “*Mastodonsaurus*” (Middle Triassic) of the Eastern European Platform. An analysis of the strata succession and ichnofossils has revealed that during the Eltonian time, sedimentation took place mainly in a continental environment, with occasional transgressions. In the Inderian time, there was a gradual tectonic submergence of the area — from the intertidal zone of the beach to the sublittoral zone of a brackish-water basin.

Keywords: East European Platform, Pre-Caspian Depression, Middle Triassic, continental sediments, ichnofossils, tetrapod fauna

For citation: Silantiev V.V., Kulikova A.V., Novikov I.V., Felker A.S., Miftakhutdinova D.N., Gabdullin R.R., Akhmedenov K.M., Yakupova J.B., Nurieva E.M., Saetgaleeva Ya.Ya. The Age of the Tetrapod Fauna “*Mastodonsaurus*” (Middle Triassic) of the East European Platform: First U-Pb LA-ICP-MS Radioisotopic Dating Results. Article 1. Lithological Characteristics and Depositional Environment. *Moscow University Geol. Bull.* 2025; 2: 19–32. (In Russ.).

Введение. Наземные позвоночные играют ведущую роль при расчленении и корреляции континентальных триасовых отложений Восточно-Европейской платформы и Приуралья. Последовательная смена этапов развития тетраподной фауны (прежде всего сообществ амфибий), характеризующаяся обновлением на родовом и более высоком таксономическом уровне, положена в основу биостратиграфической схемы континентального триаса этих структур.

Первые варианты этой схемы содержатся в работах И.А. Ефремова [Ефремов, 1937, 1952; Ефремов, Вьюшков, 1955], установившего в пермской части разреза четыре фаунистические зоны (I, II, III и IV), а в триасовой части три, из которых V и VI были отнесены к нижнему триасу, а зона VII — к среднему триасу. Исследования последующих десятилетий значительно усовершенствовали эту схему, уточнив состав и пересмотрев датировку фаунистических комплексов, составляющих ее основу [Шишкин, Очев, 1967, 1985; Новиков, 1991, 1994, 2018; Shishkin et al., 2000, 2023]. Так, М.А. Шишкин и В.Г. Очев [1967] разделили зону V на три части, а также выявили еще один исторический этап развития тетраподной фауны, промежуточный между зонами VI и VII. В связи с этими изменениями было предложено отказаться от нумерации зон и именовать их по руководящим родам темноспондильных амфибий, составляющих доминантную и наиболее хорошо изученную группу среди триасовых тетрапод Восточной Европы. В итоге в настоящее время последовательность триасовых тетраподных комплексов включает восемь фаун (в восходящем порядке): раннетриасовые *Tupilakosaurus*, *Selenocara-Syrptosuchus*, *Benthosuchus*, *Wetlugasaurus* и *Parotosuchus* и среднетриасовые *Komatosuchus*, *Eryosuchus* и *Mastodonsaurus*, причем фауны *Benthosuchus*, *Wetlugasaurus* и *Parotosuchus* включают по два более дробных этапа развития —

группировки [Shishkin et al., 2023]. Следует отметить, что история развития тетрапод в раннем триасе Восточной Европы по своей детальности и количеству выделяемых эволюционных эпизодов (до восьми) не имеет аналогов в мире и может использоваться в качестве глобального эталона. Уникальной особенностью раннетриасовых тетраподных сообществ Восточной Европы является то, что некоторые характерные роды амфибий, входящие в их состав, встречаются в прибрежно-морских отложениях совместно с фауной аммонитов. Это дает возможность прямой корреляции вмещающих отложений с Международной хроностратиграфической шкалой [Шишкин, Очев, 1985, 1999; Новиков, 2018; Shishkin et al., 2000, 2023].

Среднетриасовые фауны тетрапод, в отличие от раннетриасовых, совместно с аммонитами пока не встречены, и поэтому не могут быть прямо сопоставлены с подразделениями Международной хроностратиграфической шкалы. Основой для корреляции отложений, вмещающих среднетриасовые фауны тетрапод, служат прежде всего спорово-пыльцевые комплексы, неморские и лагунно-морские остракоды, а также сами остатки наземных позвоночных. При этом выводы о возрасте фаун тетрапод, как правило, опираются на сопоставления с триасом Германского бассейна или с альпийским разрезом [Шишкин, Очев, 1985, 1992; Shishkin et al., 2000, 2023].

Фауна «*Mastodonsaurus*» является наиболее поздней из среднетриасовых тетраподных комплексов Восточной Европы. Эта фауна открыта Б.П. Вьюшковым [1949] в Южном Приуралье и соответствует VII зоне И.А. Ефремова [Ефремов, 1937, 1952; Ефремов, Вьюшков, 1955]. Фауна характеризуется прежде всего доминированием в ориктоценозах большинства местонахождений остатков крупной темноспондильной амфибии из семейства *Mastodonsauridae*, относимой ранее к центральноев-

ропейскому роду *Mastodonsaurus* (в настоящее время восточноевропейская форма нуждается в родовом обособлении). Типовые местонахождения фауны приурочены к букобайской свите (букобайскому горизонту) Южного Приуралья и включают темноспондилов «*Mastodonsaurus*» *torvus*, трематозаврид-букобайин *Bukobaja enigmatica*, плагиозавров *Plagiosternum danilovi* и *Plagioscutum caspiense*, единичных ранних циклотозаврид (*Cyclotosaurus* (?) sp.), среди рептилий — дицинодонтов-каннемейерид (*Elephantosaurus jachimovitschi* и *Elatosaurus facetus*), эритрозухидных (*Chalishevia cothurnata*), рауизухидных (*Jushatyria vjushkovi*) и (?) попозавроидных (*Energosuchus garjainovi*) текодонтов, пролацертилий (*Malutinisuchus gratus*) и редких неопределимых териодонтов [Shishkin et al., 2023]. Сходный комплекс тетрапод (*Bukobaja* (?) sp., *Cyclotosauridae* gen. indet., реликтовая хронизухия *Synesuchus muravjevi*, *Malutinisuchus gratus*, *Energosuchus garjainovi*, дицинодонт *Planitorostris pechoriensis* и эозауроптеригия *Pistosaurus* (?) sp.) характеризует надкраснокаменскую свиту Большесынинской впадины Северного Приуралья [Новиков, 2019; Shishkin et al., 2023].

В юго-восточной части Восточно-Европейской платформы фауна «*Mastodonsaurus*» до последнего времени была достоверно известна лишь в одном местонахождении, расположенном на северо-западе Казахстана в районе оз. Индер, в зоне сочленения центральной, восточной и южной частей Прикаспийской впадины [Очев, Смагин, 1974; Липатова и др., 1982]. Это местонахождение, носящее наименование Мола Кара Бола Кантемир («Могила Черного Мальчика Кантемира»), по расположенному рядом с ним древнему казахскому мавзолею, приурочена к верхней подсвите индерской свиты. Здесь встречены почти все те же группы тетрапод, что и в Южном Приуралье — мастодонзавриды («*Mastodonsaurus*» sp.), букобайины (*Bukobaja* (?) sp.), плагиозавры (*Plagioscutum caspiense*), эритрозухиды (*Erythrosuchidae* gen. indet.), рауизухиды (*Rauisuchidae* gen. indet.) и дицинодонты (*Kannemeyeriidae* gen. indet.) [Ивахненко и др., 1997].

Согласно Актуализированной стратиграфической схеме триасовых отложений Прикаспийского региона [Кухтинов и др., 2016], верхняя подсвита индерской свиты соответствует верхней части индерского горизонта (остракодовая зона *Pulviella aralsorica*; палинологическая зона *Microcachryidites* — *Diatlanulisporites*), отвечающей верхней части верхнеанизийского подъяруса и самой нижней части ладинского яруса.

В 2022 г. авторам удалось изучить новый карьер Кок-Тау, вскрывший отложения среднего триаса в 4 км к северу-северо-западу от местонахождения Мола Кара Бола Кантемир. Эти отложения на основании литологических и седиментологических различий отнесены нами к нижней части индерской свиты и к самым верхним слоям подстилающей эльтонской свиты. В слоях, отнесенных к индер-

ской свите, встречено четыре уровня с остатками фауны «*Mastodonsaurus*» (атлант «*Mastodonsaurus*» и фрагмент межключицы *Plagioscutum caspiense*), а в самых верхних слоях, отнесенных к эльтонской свите, выявлен прослой измененного вулканического туфа, содержащего идиоморфные зерна циркона в количестве, достаточном для U-Pb LA-ICPMS датирования.

Цель исследования — уточнение стратиграфического положения фауны «*Mastodonsaurus*» в среднем триасе Прикаспийской впадины и датирование возраста отложений, подстилающих костеносные слои, методом U-Pb LA-ICPMS. Задачи включали в себя: 1) полевые исследования, детальное седиментологическое изучение разреза, поиск и сбор ископаемых остатков, ихнофоссилий, туфовых прослоев; 2) обоснование границы между эльтонской и индерской свитами; интерпретацию условий формирования осадков; 3) выделение цирконов из туфовых прослоев и морфологический анализ кристаллов; 4) U-Pb LA-ICP MS датирование зерен циркона.

Геологическая характеристика района исследования. Район исследований расположен в зоне сочленения центральной, восточной и южной частей Прикаспийской впадины [Липатова и др., 1982]. В пределах впадины триасовые отложения широко развиты, представлены всеми отделами, но в то же время редко выходят на дневную поверхность. Разрез нижнего и среднего триаса в районе оз. Индер является одним из таких выходов и поэтому изучен с достаточно высокой детальностью [Соколова, 1958, 1979; Липатова и др., 1982; Кухтинов, 1999; Кухтинов и др., 2016 и др.].

Нижний триас в районе оз. Индер представлен континентальными, преимущественно терригенными, реже карбонатно-терригенными, красноцветными и пестроцветными отложениями [Соколова, 1958, 1979; Кухтинов и др., 2016 и др.], несогласно перекрывающимися гипсоносные слои кунгурского яруса нижней перми (рис. 1).

Средний триас в районе оз. Индер включает эльтонскую и индерскую свиты, обнажающиеся по оврагам, промоинам и искусственным выработкам юго-западного склона хребта Кок-Тау.

Эльтонская свита (горизонт) выделена В.В. Липатовой [1974] в районе оз. Эльтон (Волгоградская область), расположенном в 400 км северо-западнее оз. Индер. Стратотипический разрез, принятый в интервале 1888–1986 м (мощность 98 м) Эльтонской опорной скважины, представлен преимущественно песчаниками и алевролитами светло-коричневой, реже темно-серой и буровато-серой окраски. Прослой глины, встречающиеся среди песчаников и алевролитов, окрашены в более яркие красновато-коричневые цвета. Характерной особенностью алевролитов и глины эльтонской свиты являются включения известковых стяжений или журавчиков [Липатова и др., 1982]. За пределами стратотипического района в верхней части эльтонской свиты

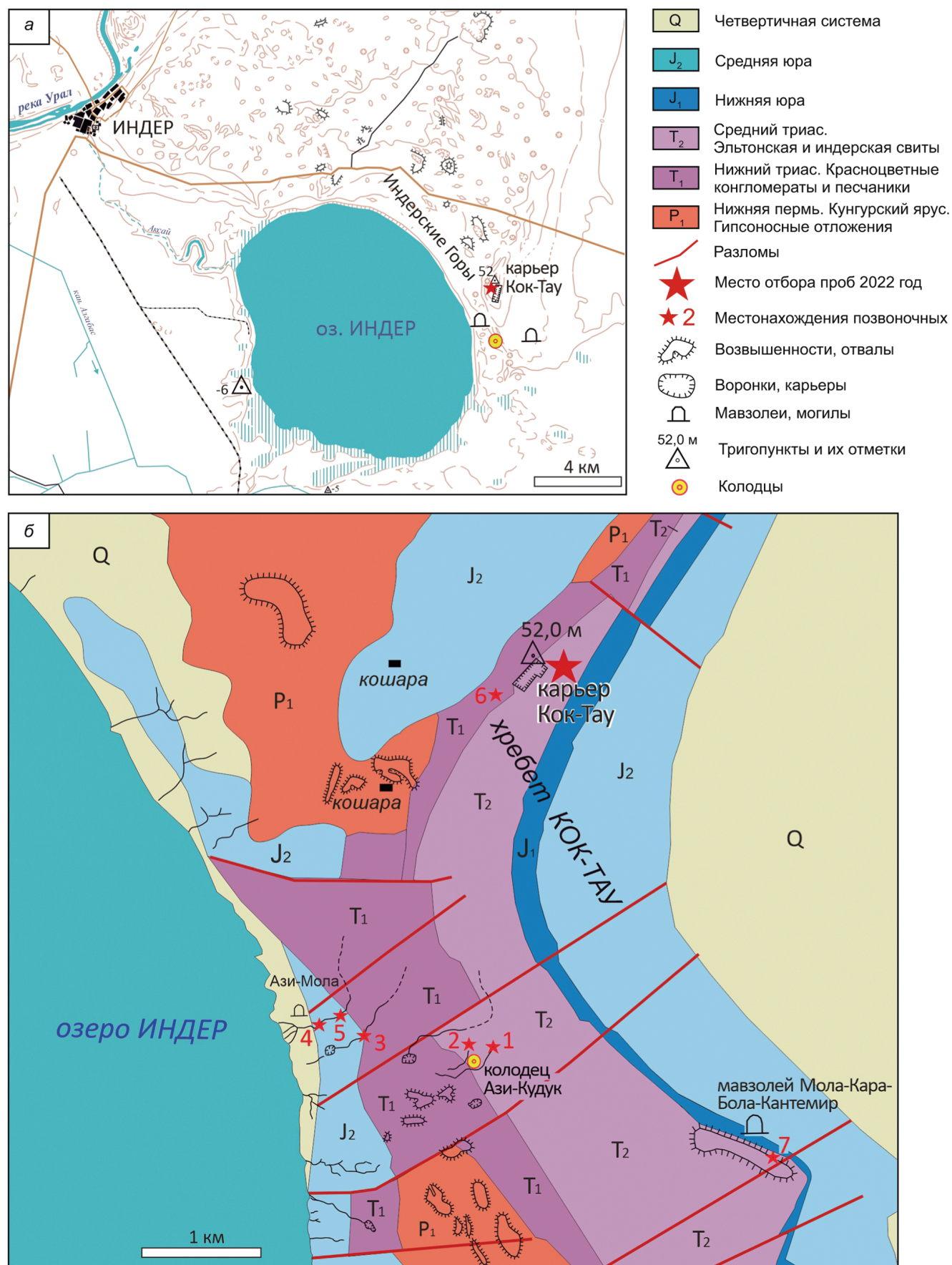


Рис. 1. Расположение карьера Кок-Тай: а — обзорная карта; б — геологическая карта (по листам М-39-XXXIV и М-39-XXXV, с изменением). Местонахождения позвоночных: 1 — Ази-Кудук I; 2 — Ази-Кудук II; 3 — Ази-Кудук III; 4 — Ази-Мола I; 5 — Ази-Мола II; 6 — Кок-Тай; 7 — Мола-Кара-Бала-Кантемир, по [Очев, Смагин, 1974]

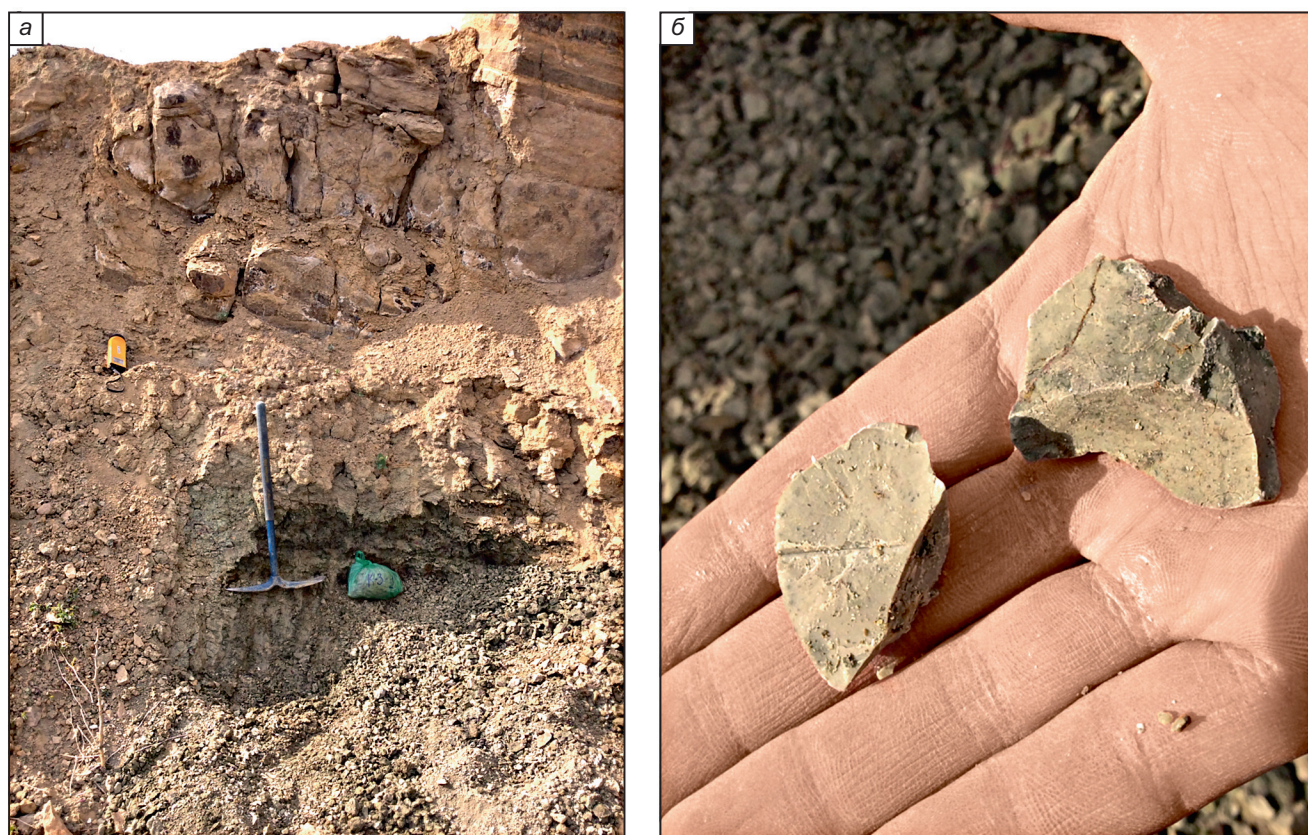


Рис. 2. Глина (преобразованный туфовый прослой), из которой были выделены цирконы для датирования: (а) прослой в обнажении, (б) образцы глины фарфоровидного неслоистого облика; самая верхняя часть интервала, отнесенного к эльтонской свите

встречаются известняки органогенно-обломочные, глинистые, тонкослоистые, с остатками растений, остракод, ракуши (*coquina*) двустворок.

Индерская свита (150–200 м) выделена Е.И. Соколовой в 1958 г. на хр. Кок-Тау на восточном побережье оз. Индер (Атырауская область) [Соколова, 1958]; позднее своеобразие палеонтологических комплексов остракод, двустворчатых моллюсков и тетрапод, позволило В.В. Липатовой [1974] установить на основе этой свиты индерский горизонт. Разрез свиты в стратотипе на хр. Кок-Тау, по Е.И. Соколовой [1958, 1979] представлен двумя мощными (по 40–50 м) пачками известняков, между которыми залегает пачка глинистых пород такой же мощности. По данным В.В. Липатовой и др. [1982, 1985] свита начинается с сероцветной песчано-глинистой пачки, которая вверх по разрезу сменяется известняками и мергелями. Глинистая пачка содержит остракоды, характерные для зоны *Glorianella indérica*, а известняки и мергели — для зоны *Pulviella aralsorica*, а также двустворки, харофиты и миоспоры. Выше лежащие отложения триаса в районе оз. Индер несогласно перекрываются юрскими отложениями.

Среднетриасовый возраст эльтонского и индерского горизонтов обосновывается сходством комплексов остракод, харофитов, двустворчатых моллюсков, миоспор с соответствующими комплексами из охарактеризованных цератитами среднетриасовых отложений Западной Европы [Липатова и др., 1982].

Материал и методы. Полевые работы проведены В.В. Силантьевым и А.С. Фелькер. Основное внимание было уделено поиску и фиксации седиментологических признаков, уровней с палеонтологическими и ихнологическими остатками, туфовых прослоев. Описание разреза сопровождалось послойным измерением магнитной восприимчивости полевым каппаметром КМ-7 (SatisGeo, Россия).

Детально изучен разрез (около 25 м) эльтонской и индерской свит среднего триаса в карьере Кок-Тау; описано четыре обнажения, выделено более 40 слоев. Установлено четыре стратиграфических уровня, включающих остатки фауны «*Mastodonsaurus*», а также сопутствующие уровни (около 50-ти) со скоплениями пресноводных и солоноватоводных беспозвоночных, растительных остатков, ихнофоссилий.

В разрезе зафиксировано три уровня палеопочв, в одном из которых обнаружен прослой неслоистой светлоокрашенной глины (рис. 2), представляющей преобразованный вулканический туф. Данный интервал отнесен к самым верхним слоям эльтонской свиты.

Методы анализа биотурбации и ихнофоссилий. Анализ седиментологических характеристик пород, таких как слоистость и биотурбация, выделение и определение отдельных ихнофоссилий, интерпретация обстановок осадконакопления проведены путем обобщения полевого описания разреза с ре-

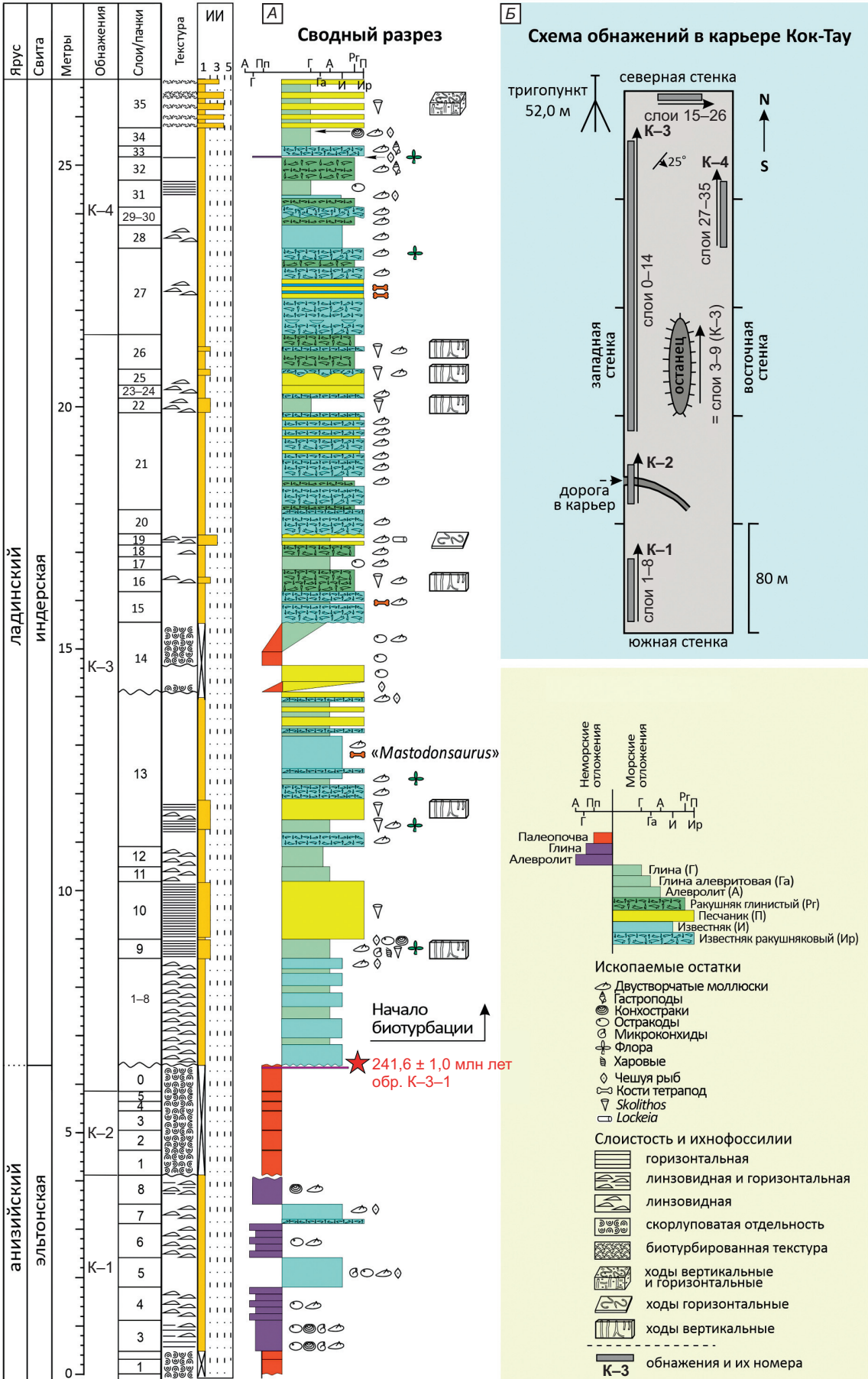


Рис. 3. Сводный разрез изученных отложений эльстонской и индерской свит (А) и схема карьера Кок-Тау с расположением обнажений (Б); ИИ — ихнотекстульный индекс

зультатами лабораторного изучения штучных пород, отобранных В.В. Силантьевым и А.С. Фелькер.

Изучение обнажений в стенках карьера позволило без масштабных зачинок проследить смену седиментологических признаков. На выветрелых стенках и поверхностях напластования хорошо выделяются следы жизнедеятельности организмов, часто сохранившиеся лишь частично из-за слабой цементации пород.

Характер взаимоотношений первичной слоистости и ее нарушения в результате биотурбации определен по методу ихнотекстурного анализа [Droser, Bottjer, 1984], выражающегося в виде значений ихнотекстурного индекса (ИИ). Ихнотекстурный индекс характеризует процент нарушения организмами первичной слоистости осадка и изменяется от 1 до 5, где 1 — это полное отсутствие биотурбации осадка, а значение 5 — его полная переработка, выраженная в полном замещении слоистости ихнофоссилиями разной степени сохранности [Микулаш, Дронов, 2006].

Для ихнофоссилий кроме непосредственной их диагностики проведен анализ стратиграфического распространения и соответствие ихноценозам. По комплексу седиментологических признаков и характеру ихноценозов определены ихнофации [Seilacher, 1967; Buatois, Mangano, 2011; Микулаш, Дронов, 2006].

Результаты исследования. Описание разреза. Сводный разрез изученных отложений (рис. 3, А) составлен по четырем обнажениям (К-1, К-2, К-3 и К-4), вскрытых в стенках небольшого (400×80 м) карьера, расположенного на водоразделе хребта Кок-Тау (рис. 1; 3, Б). Полотно карьера закрыто отвалами и осыпями, обнажения вскрыты преимущественно в западной стенке (К-1, К-2, К-3), в северной и восточной стенках (К-3 и К-4), в юго-восточном углу южной стенки (аналоги обн. К-3). В юго-западной части южной стенки наблюдается небольшой выход зеленовато-серых песчаников с растительными остатками, подстилающих слои обн. К-1 (эти песчаники не включены в описание разреза). Слои залегают моноκлиально, азимут падения 125°, угол падения 20–25°.

Эльтонская свита. Слои, отнесенные к эльтонской свите, вскрываются в обнажениях К-1, К-2 и в нижней части обнажения К-3 (рис. 3; 4, А–В). Основным критерием отнесения данного интервала к эльтонской свите служат палеопочвенные профили, залегающие в основании и в верхней части интервала, а также алевроито-глинистые породы, содержащие раковины конхострак и неморских двустворок.

Палеопочвенные профили (рис. 4, А–В) состоят из глинистых алевролитов и глин красновато-коричневой и зеленовато-серой окраски с яркими рыжими, зелеными и вишневыми пятнами глеизации. Породы обладают скорлуповатой отдельностью и включают многочисленные известковые стяжения

(нодули) неправильно-округлой формы (диаметром от 1 до 5–8 см). Известковые стяжения отличаются от вмещающих пород светло-серой окраской и часто формируют субвертикальные корневидные структуры. Иногда большое количество мелких известковых нодул придает породе сходство с гравелитом.

Прослой белой фарфоровидной неслоистой глины (измененный вулканический туф, обр. К-3-1) встречен в самом верхнем палеопочвенном профиле, представленном зеленой глиной с яркими фиолетовыми пятнами (рис. 3; 6, В).

Алевролиты и глины (рис. 4, А) окрашены преимущественно в серый цвет с зеленым и коричневыми оттенками; обладают тонкой горизонтальной и линзовидной слоистостью. Мягкие глинистые слои чередуются с более твердыми известковистыми плитчатыми прослоями. На плоскостях наложения встречаются остракоды, спиральные раковины микроконхид, конхостраки, а также мелкие неморские двустворки с униовидными (*Utschamiella* ?) и субтреугольными (*Neomrassiella* ?) очертаниями раковин.

Известняки, встречающиеся в данном интервале, имеют подчиненное значение, составляя около 15 % от его мощности. Известняки органогенно-обломочные серые, плотные, звонкие; обнажаются либо единым пластом, либо разделяются на серию плиток с неровными плоскостями напластования. В основании слоя 7 отмечен ракушняк (0,15 м), сложенный раковинами мелких двустворок и включающий редкие чешуйки рыб. В верхней половине слоя ракушняк начинает разделяться на прослой, в которых раковины двустворок захоронены, в том числе, и в вертикальном положении. Совместно с двустворками и чешуей рыб встречаются раковины микроконхид и конхострак.

Характерной особенностью известняков, глин и алевролитов данного интервала является горизонтальная и линзовидная слоистость, и полное отсутствие следов биотурбации первичного осадка.

Индерская свита. Интервал, отнесенный к индерской свите, сложен главным образом известняками, включающими подчиненные прослой песчаников, алевролитов и глин, а также редкие палеопочвенные образования небольшой мощности (обн. К-3 и К-4; рис. 3; 4, В–Ж).

Известняки окрашены, как правило, в коричневатый-серый цвет, с желтоватыми, зеленоватыми и фиолетовыми оттенками; встречаются отдельные прослой розового, темно-серого (почти черного) цвета. Наиболее часто встречаются ракушняковые известняки, состоящие из обломков раковин двустворчатых моллюсков, погруженных в мелко- и тонкозернистый карбонатный матрикс; в ряде случаев наблюдается уменьшение размерности обломков раковин снизу вверх, от подошвы к кровле слоя. По простиранию пласты известняка могут расщепляться прослойками более мягкой глинисто-алевритовой породы, приобретая «слоистый вид» (рис. 4, Е, сл. 27). Пласты известняков имеют

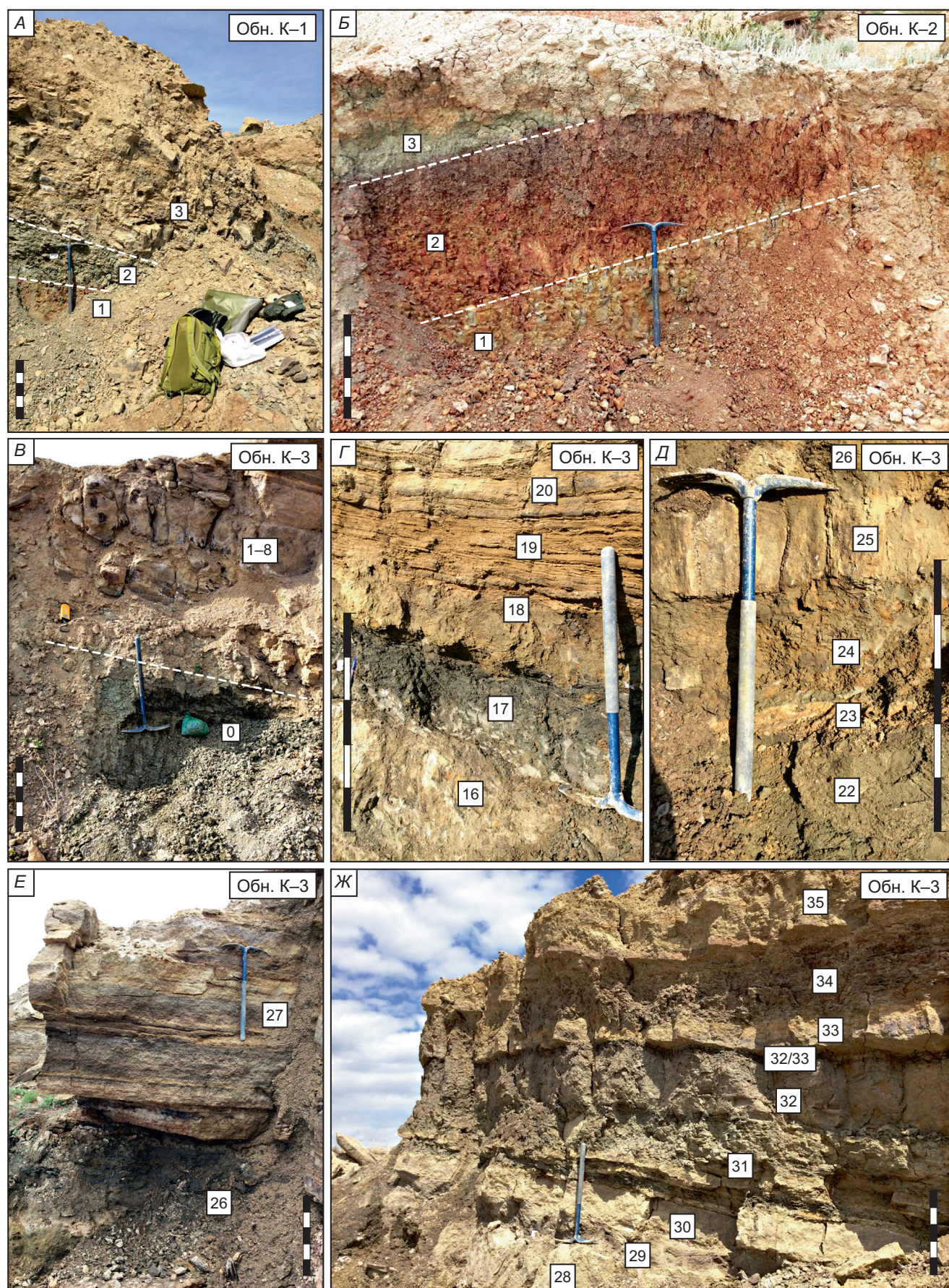


Рис. 4. обнажения эльтонской и индерской свит в карьере Кок-Тай. А — обнажение эльтонской свиты в западной стенке карьера (нижние слои обн. К-1); Б — обнажение палеопочв эльтонской свиты в южном врезе дороги на карьер (обн. К-2, слои 1–3); В — контакт эльтонской и индерской свит в обнажении К-3; кайло указывает на место отбора образца К-3-1 (измененный вулкани-

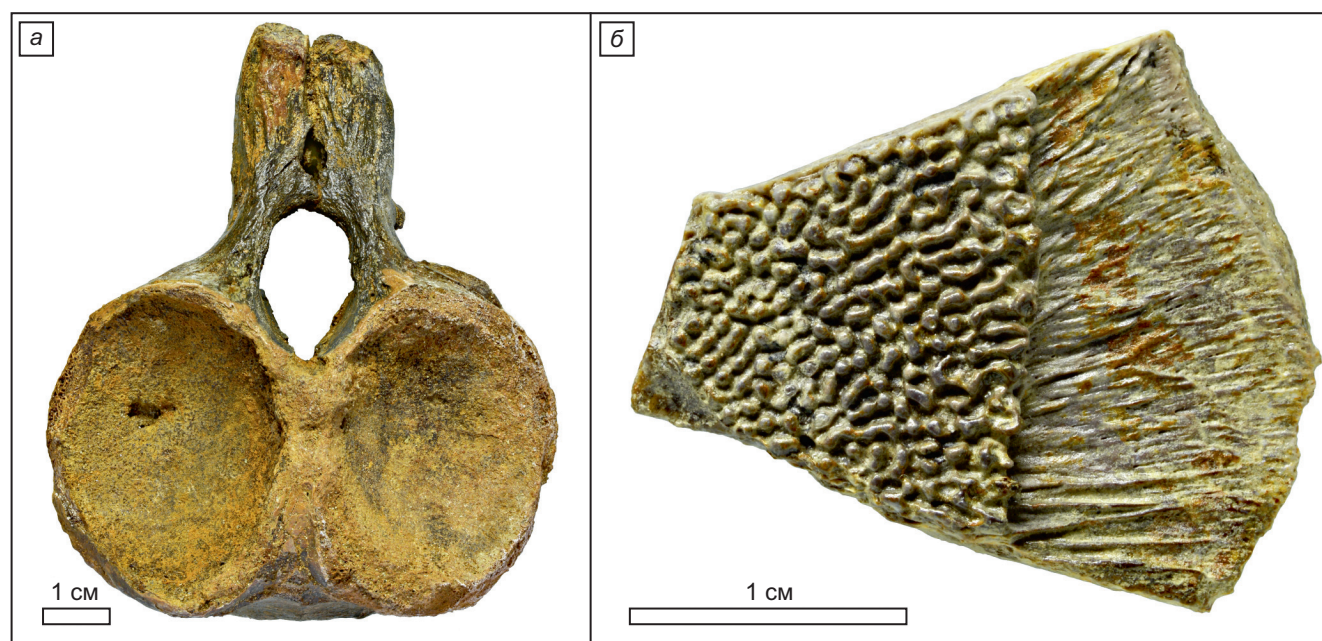


Рис. 5. Остатки тетрапод из индерской свиты: а — атлант «*Mastodonsaurus*» sp. (вид спереди); карьер Кок-Тай, обн. К-3, пачка 13; б — фрагмент межключицы плагиозавра *Plagioscutum caspiense* (вид снизу); местонахождение Мола Кара Бола Кантемир

неровные, часто бугристые поверхности подошвы и кровли, к которым приурочены скопления чешуи рыб и кости тетрапод (рис. 5).

Ракушняки глинистые представляют собой алевроито-карбонатную породу темно-серой окраски, включающую до 30 % (и более) разноразмерной, несортированной ракуши солоноватоводных двусторчатых моллюсков. Слоистость у таких пород либо тонкая линзовидная, либо отсутствует. Наблюдаются отдельные участки, содержащие либо обугленный растительный детрит, либо скопления ракуши с сохранившимися целыми раковинами.

Песчаники полимиктовые слюдитые, мелкозернистые; обычно окрашены в зеленовато-серый, зеленовато-коричневый (табачный) цвет и образуют в обнажениях хорошо выраженные пласты. Особенность песчаников — тонкая горизонтальная слоистость, иногда подчеркнутая тонкими прослойками зерен магнетита и часто прерываемая вертикальными ходами *Skolithos*. Некоторые слои песчаников содержат в нижней половине редкие раковины двустворок, расположенные в прижизненном положении; в верхней половине таких слоев обломков раковин двустворок становится больше; наблюдаются «карманы», заполненные ракушей. Поверхности подошвы и кровли песчаников часто неровные и бугристые.

Алевролиты глинистые и песчано-алевритовые глины имеют обычно зеленовато-серую окраску и характеризуются тонкой горизонтальной слоистостью. На плоскостях наложения встречаются раковины

микроконхид, остракод, конхострак, двустворок, чешуя рыб, редкие харофиты и остатки растений (рис. 6). Горизонтальная слоистость часто нарушена ходами *Skolithos*, сохраняющимися на выветрелых поверхностях обнажений (рис. 7, А).

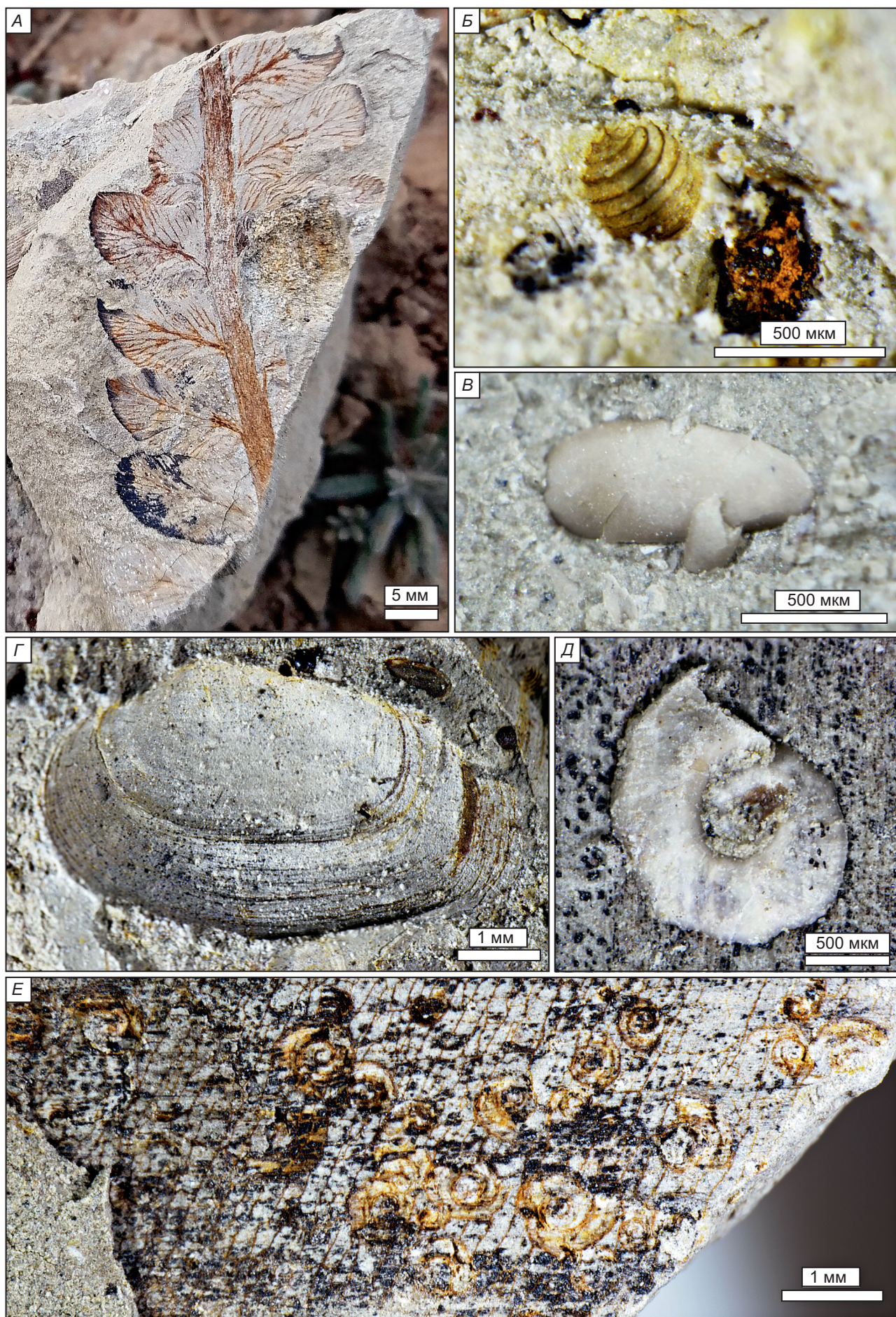
Палеопочвы представлены алевроито-глинистыми породами зеленовато-серого цвета с ярко вишневыми пятнами глинистого материала и карбонатными нодулями. Отличие от палеопочв эльтонской свиты заключается в присутствии в породах песчаного материала.

Более подробное описание разреза приведено в Приложении 1.

Биотурбация и ихнофоссилии. Ихнофоссилии встречаются только в отложениях индерской свиты, некоторые интервалы которой отличаются достаточно сильной биотурбацией (ИИ — 4, до 75 % переработки) на фоне ракушняковых известняков и глин, в которых биотурбация отсутствует. Отдельные ихнофоссилии сохранились в некоторых слоях песчаников и алевролитов, их таксономическое разнообразие невелико. В изученном разрезе определено 5 ихнотаксонов: *Skolithos*, *Lockeia*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus*, *Ophiomorpha* (рис. 7).

Первые признаки биотурбации зафиксированы в слое 9, в песчано-алевритовой глине, сохранившей достаточно крупные ходы вертикального передвижения и жилища *Skolithos* (рис. 7, А). Длина сохранившихся ходов достигает 10 см, диаметр — от 0,5 до 2 см. Ходы *Skolithos* пронизывают нижние 15 см слоя 10, и отмечены в песчаных прослоях пачки

ческий туф); Г — переслаивание глин, алевролитов и ракушняковых известняков (обн. К-3, сл. 16–20); Д — последовательный переход глины в алевролит, песчаник и ракушняк (обн. К-3, сл. 22–26); Е — резкий контакт ракушнякового алевролита (слой 26) с ракушняковым известняком (слой 27) (обн. К-3); Ж — общий вид на обн. К-4, вскрывающего верхние слои описанного разреза. Цифры на фотографиях обозначают номера слоев



известняков слоя 13. Таким образом, нижняя половина изученного разреза индерской свиты (обн. К-3, сл. 1–18) ихнологически однообразна.

Средняя часть изученного разреза индерской свиты (обн. К-3, сл. 19–34) биотурбирована слабо, и только в отдельных интервалах ихнофоссилии представлены приуроченными к отдельным слоям вертикальными ходами *Skolithos* и следами отдыха двустворчатых моллюсков *Lockeia* (обн. К-3, сл. 19). Ходы *Lockeia* встречаются на поверхностях напластования песчаников и представлены выпуклыми, вытянутыми и заостренными на концах миндалевидными образованиями (рис. 7, Б, В).

В верхней части изученного разреза индерской свиты (обн. К-3, сл. 35) разнообразие и количество ихнофоссилий резко увеличивается. Здесь, кроме ходов *Skolithos* и *Lockeia* в слоях песчаников зафиксированы многочисленные сложные, соединенные друг с другом, вертикальные и субгоризонтальные туннели (рис. 7, Г, Д, Е). В некоторых случаях, внутренние полости туннелей полностью промыты от заполняющей породы, и выглядят как полые ветвящиеся каналы. Сохранность не позволяет произвести их точную диагностику, но общая архитектура туннелей напоминает ихнотаксон *Thalassinoides* (рис. 7, Г).

Некоторые поверхности напластования песчаников (обн. К-3, сл. 35) почти полностью покрыты тонкими горизонтальными ходами, диаметром 1–2 мм и длиной сохранившихся фрагментов до 10 см. Ходы часто накладываются и пересекают друг друга. Неполная сохранность выветрелых поверхностей песчаников затрудняет определение истинного характера ветвлений и, соответственно, диагностику этих ходов (рис. 7, Д). Отдельные прямые или слегка изогнутые неветвящиеся ходы (длиной до 10 см, диаметром до 5 мм), с округлым сечением, четкими, гладкими стенками, массивным, аналогичным вмещающей породе заполнением, можно отнести к ихнороду *Palaeophycus*.

Несколько горизонтальных ходов песчаников (обн. К-3, сл. 35) отличаются довольно выраженной скульптурой стенок, представленной маленькими бугорками, и имеют фрагменты Y-образных ветвлений. Указанные признаки позволяют с долей условности отнести эти ходы к ихновиду *Ophiomorpha irregulaire*, характеризующемуся преимущественно горизонтальной ориентацией ходов, редкими вертикальными элементами и неравномерной скульптурой (рис. 7, Е).

Организмы-следопроизводители ихнофоссилий *Skolithos*, *Lockeia*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus*, *Ophiomorpha* относились, согласно [Knaust, 2017], к организмам-сестонофагам (фильтраторам), питавшимся взвесью и осадком. По этологической

Т а б л и ц а

Этологические и трофические группы продуцентов ихнофоссилий индерской свиты

Ихнотаксон	Этологическая группа по [Seilacher, 1964]	Трофическая группа по [Кнауст, 2017]
<i>Skolithos</i>	следы жилища	поедатели суспензии
<i>Lockeia</i>	следы отдыха/ следы жилища	
<i>Thalassinoides</i>	следы жилища/ следы питания	
<i>Palaeophycus</i>		
<i>Ophiomorpha irregulaire (?)</i>		поедатели суспензии/ осадка

классификации встреченные ихнотаксоны представляют следы жилищ (*domichnia*), отдыха (*cubichnia*) и питания (*fodinichnia*) [Seilacher, 1964] (таблица).

Обстановки осадконакопления и ихнофации. Эльтонская свита в изученном разрезе лишена ихнофоссилий и биотурбации; ее седиментологические признаки: палеопочвенные профили с глеизацией, неморская фауна, следы корневых систем растений указывают преимущественно на континентальные обстановки с периодическим затоплением. Нижняя часть изученного разреза индерской свиты (обн. К-3, сл. 1–18) практически лишена сохранившихся ихнофоссилий и содержит только вертикальные ходы *Skolithos* — ихнотаксон, распространенный в широком диапазоне обстановок от континентальных до достаточно глубоководных (подводных конусов выноса) морских обстановок, но наиболее характерный для приливно-отливной зоны морских бассейнов [Микулаш, Дронов, 2006; Seilacher, 1967; Nasiat, 2010; Knaust, 2017].

В средней части изученного разреза (обн. К-3, сл. 19–34) определен ихнотаксон *Lockeia*, встречающийся от приливно-отливных зон до проксимальных частей среднего шельфа (*offshore*) морских бассейнов (крузиановая ихнофация) [Buatois, Mangano, 2011]. Считается, что этот ихнотаксон образован двустворчатыми моллюсками [Bromley, 1996].

В верхней части разреза (обн. К-3, сл. 35) разнообразие и количество ихнофоссилий увеличивается. Ихноценоз включает *Skolithos*, *Lockeia*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus*, *Ophiomorpha*, характеризующихся ихнофациальной транзитностью и встречающихся в достаточно обширном диапазоне обстановок (от прибрежно-морских до глубоководного шельфа) [Buatois, Mangano, 2011, Knaust, 2017]. Преобладание горизонтальных ходов, включающих следы отдыха, жилищ и питания, свидетельствует в пользу принадлежности вмещающих пород к крузиановой их-

Рис. 6. Наиболее распространенные ископаемые остатки эльтонской и индерской свит в разрезе карьера Кок-Тау: А — фрагмент папоротника *Cladophlebis (Todites)* cf. *roesserti* (обн. К-3, сл. 9); Б — гиригонит харовых водорослей (обн. К-3, сл. 9); В — раковина остракоды (обн. К-1, сл. 3); Г — внутреннее ядро раковины двустворчатого моллюска (обн. К-3, сл. 9); Д — раковина микроконхиды (обн. К-3, сл. 9); Е — скопление раковин микроконхид на листе растения (обн. К-3, сл. 9)

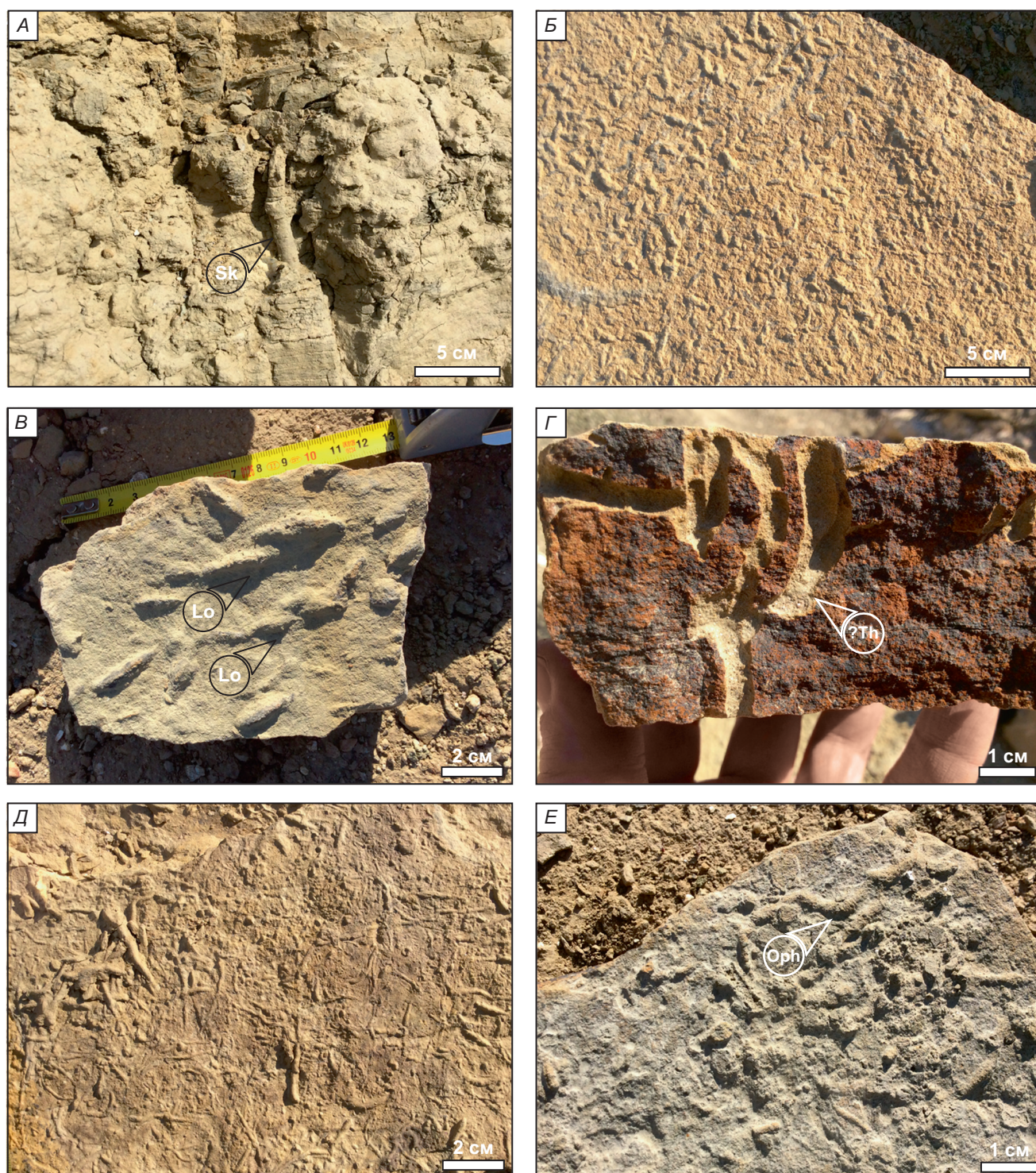


Рис. 7. Ихнофоссилии индерской свиты в разрезе карьера Кок-Тай: А — Ходы *Skolithos* (Sk) в выветрелой стенке обнажения, обн. К-3, сл. 9; Б, В — поверхности напластования песчаника с многочисленными следами отдыха двустворчатых моллюсков *Lockeia* (Lo); обн. К-3, сл. 19; Г — вертикальное сечение песчаника с системой соединяющихся вертикальных и субгоризонтальных туннелей, напоминающих *Thalassinoides* (?Th), обн. К-4, сл. 35; Д — поверхность напластования песчаника с многочисленными горизонтальными ходами *Palaeophycus*, обн. К-4, сл. 35; Е — поверхность напластования песчаника с многочисленными горизонтальными ходами и *Ophiomorpha irregulaire* (Oph), обн. К-4, сл. 35

нофации, которая обычно [Микулаш, Дронов, 2006; Buatois, Mangano, 2011] развивается на плохо сортированных грунтах сублиторали, формирующихся между уровнями воздействия слабых и штормовых волн. Такие седиментологические характеристики

пород индерской свиты как хорошая сортировка и тонкая слоистость пород, обилие битой ракуши и многообразие бентосной фауны также указывают [Селли, 1989] на осадконакопление в мелководных условиях.

В целом, увеличение разнообразия и количества ихнофоссилий снизу вверх по изученному разрезу индерской свиты указывает на постепенное углубление рассматриваемой территории в индерское время, и изменение обстановок от приморской континентальной обстановки и приливно-отливной зоны пляжа до зоны сублиторали, лежащей между уровнями воздействия слабых и штормовых волн.

Выводы. Полевые исследования и детальное седиментологическое изучение разреза среднего триаса в районе оз. Индер выявили дополнительные различия в строении эльтонской и индерской свит: эльтонская свита — существенно континентальная с палеопочвами; индерская — преимущественно прибрежно-морская (солончатоводная) с ракушечниковыми известняками и глинами, что может быть

использовано для обоснования границы между этими свитами.

Изменение в комплексах ихнофоссилий свидетельствует о постепенной трансгрессии моря и осадконакоплении индерской свиты на глубинах между уровнями воздействия слабых и штормовых волн.

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030). Полевые работы профинансированы Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового финансирования № АР 19177208 «Изучение биоразнообразия ископаемых морских рептилий в Западном Казахстане». Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вьюшков Б.П. Некоторые замечания о триасовых отложениях Южного Приуралья // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1949. Т. 24, вып. 2. С. 63–88.

Ефремов И.А. О стратиграфии пермских красноцветов СССР по наземным позвоночным // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1952. № 6. С. 49–75.

Ефремов И.А. О стратиграфическом подразделении континентальной перми и триаса СССР по фауне наземных позвоночных // Докл. АН СССР. Нов. сер. 1937. Т. 16, № 2. С. 125–132.

Ефремов И.А., Вьюшков Б.П. Каталог местонахождений пермских и триасовых наземных позвоночных на территории СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 185 с. (Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. Т. 46).

Ивахненко М.Ф., Голубев В.К., Губин Ю.М. и др. Пермские и триасовые тетраподы Восточной Европы. М.: ГЕОС, 1997. 216 с. (Тр. Палеонтол. ин-та РАН. Т. 268).

Кухтинов Д.А. О среднем триасе Северного Прикаспия в связи с проблемами межрегиональной корреляции // Вопросы общей стратиграфической корреляции: Межвуз. сб. науч. тр. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1999. С. 76–103.

Кухтинов Д.А., Ярошенко О.П., Шишкин М.А. и др. Актуализированная стратиграфическая схема триасовых отложений Прикаспийского региона. М.: ФГБУ «ВНИГНИ», 2016. 36 с.

Липатова В.В. Триас юго-востока Восточно-Европейской платформы: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Л.: ВСЕГЕИ, 1974. 40 с.

Липатова В.В., Волож Ю.А., Самодуров В.И., Светлакова Э.А. Триас Прикаспийской впадины и перспективы его нефтегазоносности / Отв. ред. В.В. Липатова. М.: Недра, 1982. 152 с. (ВНИГНИ. Труды. Вып. 236).

Липатова В.В., Очев В.Г., Блом Г.И. и др. Проект унифицированной схемы триаса Восточно-Европейской платформы // Триасовые отложения Восточно-Европейской платформы. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1985. С. 11–28.

Микулаш Р., Дронов А.В. Палеоихнология — введение в изучение ископаемых следов жизнедеятельности. Прага, 2006. 122 с.

Новиков И.В. Биостратиграфия континентального триаса Тимано-Североуральского региона по фауне тетрапод. М.: Наука, 1994. 139 с. (Тр. Палеонтол. ин-та РАН. Т. 261).

Новиков И.В. Комплексы триасовых тетрапод Тимано-Североуральского региона и сопредельных территорий // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2019. Т. 94, вып. 2. С. 33–37.

Новиков И.В. О биостратиграфической схеме нижнего триаса Восточной Европы по фауне тетрапод // Докл. АН СССР. 1991. Т. 318, № 2. С. 433–437.

Новиков И.В. Раннетриасовые амфибии Восточной Европы: эволюция доминантных групп и особенности смены сообществ. М.: РАН, 2018. 358 с. (Тр. Палеонтол. ин-та РАН. Т. 296).

Очев В.Г., Смагин Б.Н. О местонахождениях триасовых позвоночных у озера Индер // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1974. Т. XLIX, Вып. 3. С. 74–81.

Соколова Е.И. Пермские и триасовые отложения западной и южной частей Прикаспийской впадины. Л.: Гостехиздат, 1958. 101 с. (Тр. ВНИГРИ, вып. 113).

Соколова Е.И. Триасовые нефтеносные отложения различных геоструктурных зон Прикаспийской впадины // Структурные особенности и перспективы нефтегазоносности осадочного комплекса Прикаспийской впадины. Л., 1979. С. 59–83. (Труды ВНИГРИ, вып. 430).

Шишкин М.А., Очев В.Г. Значение наземных позвоночных для стратиграфии триаса Восточно-Европейской платформы // Триасовые отложения Восточно-Европейской платформы. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1985. С. 28–43.

Шишкин М.А., Очев В.Г. О возрасте эриозуховой и мастодонзавровой фаун позвоночных Восточной Европы // Изв. РАН. Сер. геол. 1992. № 7. С. 28–35.

Шишкин М.А., Очев В.Г. Фауна наземных позвоночных как основа стратификации континентальных триасовых отложений СССР // Стратиграфия и палеонтология мезозойских и палеоген-неогеновых континентальных отложений азиатской части СССР. Л.: Наука, 1967. С. 74–82.

Bromley R.G. Trace fossils. Second edition. London: Chapman & Hall, 1996. 362 p.

Buatois L., Mangano M.G. Ichnology. Organism-Substrate Interaction in Space and Time. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2011. 358 p.

Droser M.D., Bottjer D.J. A semiquantitative field classification of ichnofabric // J. Sediment. Petrolog. 1986. Vol. 56. P. 556–559.

Hasiotis S.T. Continental trace fossils // SEPM Short Course Notes. 2010. Vol. 51. P. 1–132.

Knaust D. Atlas of Trace Fossils in Well Core: Appearance, Taxonomy and Interpretation. Switzerland: Springer, 2017. 209 p.

Seilacher A. Bathymetry of trace fossils // *Mar. Geol.* 1967. Vol. 5. P. 413–428.

Seilacher A. Biogenis sedimentary structures // *Approaches to Paleoecology* / Eds. J. Imbrie and N. Newell. N. Y.: Wiley, 1964. P. 296–316.

Shishkin M.A., Novikov I.V., Sennikov A.G., et al. Triassic tetrapods of Russia // *Paleontol. J.* 2023. No. 12. P. 1353–1539.

Shishkin M.A., Ochev V.G., Lozovskii V.R., Novikov I.V. Tetrapod biostratigraphy of the Triassic of Eastern Europe // *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia* / Eds. M.J. Benton, M.A. Shishkin, D.M. Unwin, E.N. Kurochkin. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000. P. 120–139.

Статья поступила в редакцию 07.01.2025,
одобрена после рецензирования 12.03.2025,
принята к публикации 23.05.2025