

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.76:550.93

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ ЗЁРЕН ЦИРКОНА
ИЗ ВЕРХНЕМЕЗОЗОЙСКОЙ ЛЕСКОВСКОЙ ТОЛЩИ
УНДИНО-ДАИНСКОЙ ВПАДИНЫ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

© 2025 г. И. Н. Косенко^{1,*}, В. Д. Ефременко¹, Е. К. Метелкин¹, О. С. Дзюба¹,
член-корреспондент РАН Б. Н. Шурыгин¹, П. Д. Котлер^{2,3}, А. В. Куликова^{2,3}, А. Е. Игольников¹

Поступило 05.07.2024 г.

После доработки 01.09.2024 г.

Принято к публикации 09.09.2024 г.

Впервые приводятся результаты определения возраста зёрен циркона из туффитов лесковской толщи Ундино-Даинской впадины Восточного Забайкалья. Возраст самой молодой популяции зёрен циркона имеет значение 145.8 ± 3.8 млн лет, что приходится приблизительно на рубеж юры и мела и позволяет предполагать раннемеловой возраст большей части лесковской толщи. С учётом сходства таксономического состава остракод из средней части лесковской толщи и валинжинско-нижнеготеривской формации Дабейгоу северо-восточного Китая полученная для нижней части лесковской толщи U–Pb-датировка позволяет уверенно сопоставлять эти литостратоны.

Ключевые слова: нижний мел, Забайкалье, U–Pb-возраст зёрен циркона, биота Джехол

DOI: 10.31857/S2686739725010026 EDN: GXLTDJ

Континентальные верхнемезозойские отложения широко распространены на территории Забайкалья. Они приурочены к многочисленным впадинам и характеризуются разнообразным фаунистическим составом и генезисом. Несмотря на долгую историю изучения, возраст многих толщ остаётся предметом дискуссий.

Новая волна интереса к континентальному мезозою Забайкалья связана с открытием остатков позвоночных уникальной сохранности, включая птерозавров, оперённых динозавров, птиц и млекопитающих, в отложениях группы Джехол на северо-востоке Китая (биота Джехол) [1]. Ядро этой биоты составляет комплекс организмов, включающий конхострак *Eosetheria*, насекомых *Ephemeroptera* и костищих рыб

Lycoptera, широко распространённый в нижнemеловых отложениях за пределами северо-восточного Китая, в том числе и в Забайкалье [2–4]. В развитии биоты Джехол установлено три эволюционные фазы, последовательно сменяющие друг друга [5, 6]. К настоящему времени возраст толщ, вмещающих остатки организмов, относящихся ко всем трём фазам эволюции биоты Джехол, установлен с высокой точностью, благодаря многочисленным изотопным датировкам, что позволяет использовать разрезы континентального нижнего мела северо-восточного Китая в качестве эталонных для уточнения возраста и корреляции континентального нижнего мела востока Азии.

Район местонахождений комплексов остатков организмов, характеризующих раннюю фазу эволюции биоты Джехол, наиболее ограничен по сравнению со средней и поздней фазами, и охватывает узкую область, вытянутую в северном направлении от севера китайской провинции Хэбэй до Восточного Забайкалья. Вопросы, касающиеся происхождения, палеогеографического распространения и путей миграции организмов, относящихся к этой эволюционной фазе, остаются наименее изученными.

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск, Россия

² Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск, Россия

³ Казанский федеральный университет, Казань, Россия
* E-mail: KosenkoIN@ipgg.sbras.ru

В Забайкалье известно несколько местонахождений с фауной, отождествляемой с ранней фазой эволюции биоты Джехол. Конхостраки *Keratestheseria* известны из местонахождения Утан в Оловской впадине, *Nestoria* – из усть-карской свиты в Усть-Карской впадине, где они встречаются совместно с конхостраками *Defretinia* [7, 8]. На юго-востоке Забайкалья между верхнеюрской ундино-даинской серией и перекрывающей её нижнемеловой тургинской свитой распознается так называемый переходный усть-карский (дэфретиниевый) горизонт (охарактеризованный конхостраками *Defretinia*) [8]. Одним из немногих разрезов, в котором этот горизонт прослеживается, является хорошо доступный и охарактеризованный фауной разрез лесковской толщи вблизи д. Унда.

Разрез “Унда” расположен на правом берегу р. Унда в 500 м выше от д. Унда в узком крутом овраге и в его западном борту на южном склоне г. Малая Березовая [7, 9] (рис. 1). В тектоническом отношении разрез приурочен к Лесковскому грабену, наложенному на Ундино-Даинскую впадину. Лесковская толща мощностью около 50 м с угловым несогласием залегает на вулканогенно-осадочных породах средне-верхнеюрской шадоронской серии [9]. Базальная пачка лесковской толщи представлена конглобекчиями с редкими тонкими прослойками песчаников и алевролитов мощностью около 25 м. Нами в 8 м от подошвы пачки обнаружен прослой туффитов мощностью около 0.5 м, откуда была взята проба для определения абсолютного возраста зёрен циркона. Средняя и верхняя части разреза (пачки 2–6) сложены преимущественно алевролитами и аргиллитами. В основании каждой из пачек залегают конгломераты или песчаники (см. рис. 1). Разрез лесковской толщи с угловым несогласием перекрывают конгломераты нижнемеловой каменской толщи.

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВОЗРАСТЕ ЛЕСКОВСКОЙ ТОЛЩИ

Лесковская толща наиболее полно представлена в разрезе “Унда”. Существуют различные точки зрения на её возраст. Г.Г. Мартинсон [10] относил лесковскую толщу к ундино-балейской свите, которую считал по возрасту моложе тургинской свиты. А.Н. Олейников [7] относил лесковскую толщу к балейской свите, которая, согласно его стратиграфической схеме Забайкалья, также моложе тургинской свиты и соотносится с верхней частью нижнего мела. В региональной стратиграфической схеме меловых отложений

Забайкалья лесковская толща рассматривается в составе даинской свиты, которая относится к верхней части тургинского горизонта [11]. На современных геологических картах эта толща отнесена к тургинской свите, возраст которой принят как берриас–баррем [12].

Наиболее полный список палеонтологических остатков, обнаруженных в разрезе “Унда”, приведён С.М. Синицы [9]. Из базального горизонта (соответствует пачкам 1–4 на рис. 1) указаны остракоды *Daurina* и “*Torinina*”, гастropоды *Radix* и конхостраки *Defretinia*. В вышележащих алевролитах многочисленны остатки насекомых, а из стратиграфически важных фоссилий – таксоны, характерные для тургинской свиты: конхостраки *Eosesthesia* [= *Bairdestheria*] *middendorffii* (Jones, 1862), рыбы *Lycoptera* *middendorffii* Müller, 1847, насекомые *Ephemeropsis trisetalis* Eichwald, 1864, растения *Pseudolarix*. Делается вывод о соответствии верхней части разреза тургинской свите, а нижняя часть разреза по присутствию конхострак *Defretinia* относится к усть-карскому переходному горизонту [8, 9]. Авторами настоящей статьи при исследовании разреза “Унда” характерные для комплексов фоссилий тургинской свиты конхостраки *Eosesthesia*, насекомые *Ephemeropsis*, рыбы *Lycoptera* обнаружены не были.

Данные по остракодам из нижнего мела северо-восточного Китая показывают, что вид *Ocrocyparis obesa* (Pang et al., 1984) из формации Дабейгоу очень близок забайкальскому виду *Ocrocyparis* [= *Torinina*] *tersa* (Sinitsa, 1992) [13]. В комплексе ископаемых из формации Дабейгоу, характеризующем раннюю фазу эволюции биоты Джехол [6], характерны остракоды рода *Daurina*, также описанные и из лесковской толщи [8]. В разрезе “Унда”, по данным С.М. Синицы [8, 9], найдены конхостраки *Defretinia*, встречающиеся совместно с конхостраками *Nestoria* в разрезе усть-карской свиты в Усть-Карской впадине [8].

Можно заключить, что по крайней мере средняя часть разреза лесковской толщи, залегающая на базальных конглобекчиях и охарактеризованная остракодами *Daurina* и *Ocrocyparis*, может быть сопоставлена с формацией Дабейгоу на северо-востоке Китая, возраст которой датируется в пределах валанжина–раннего горизива [13]. Свидетельством в пользу такого сопоставления являются результаты впервые проведённого исследования абсолютного возраста зёрен циркона из туффитов, приуроченных к нижней части этой толщи, которые обсуждаются в настоящей работе.

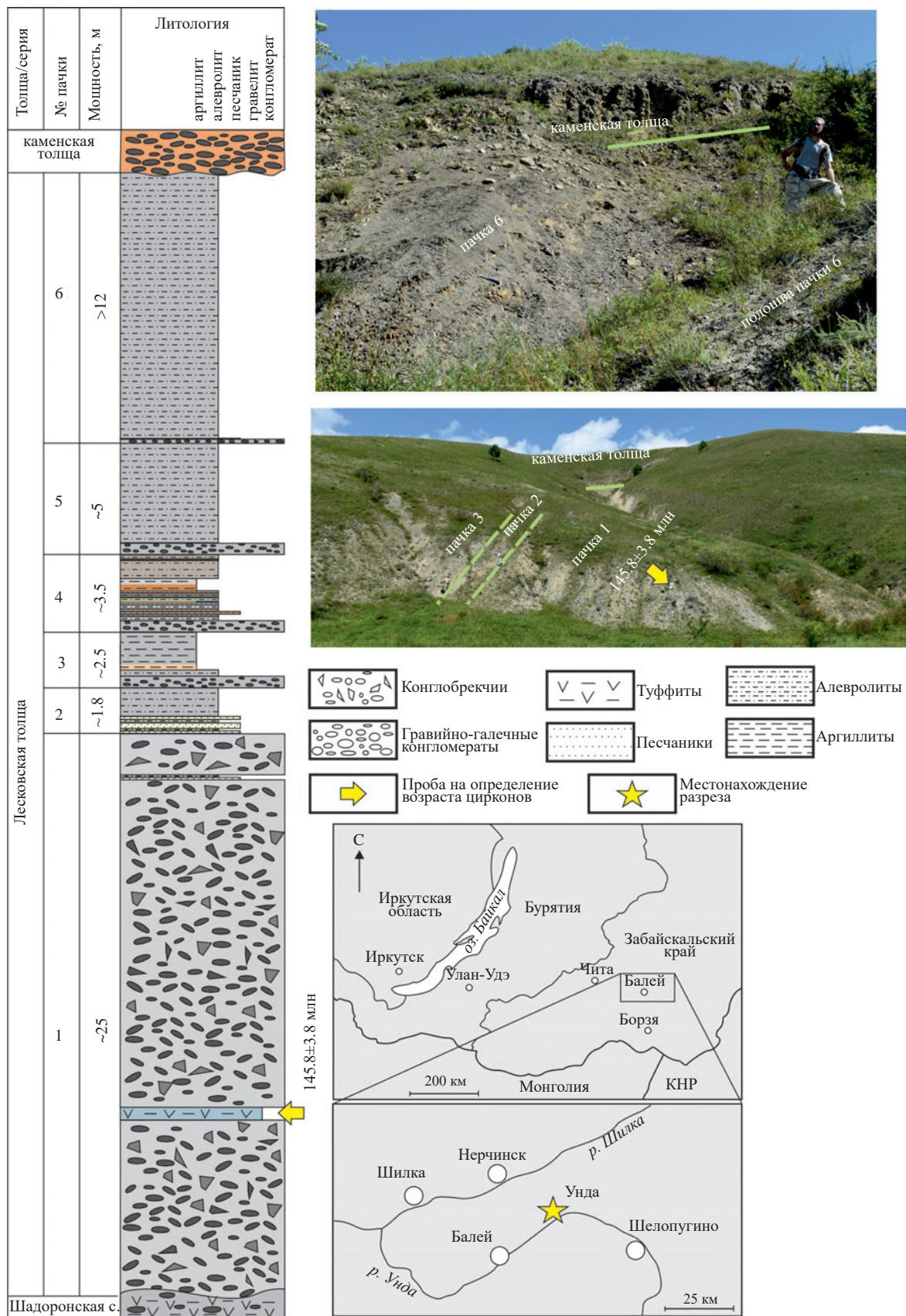


Рис. 1. Местонахождение, внешний вид и литологическая колонка разреза лесковской толщи вблизи д. Унда

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА ЗЁРЕН ЦИРКОНА ИЗ ТУФФИТОВ ЛЕСКОВСКОЙ ТОЛЩИ

Для проведения U–Pb-датирования зёрен циркона использовалась система лазерной аблации на основе эксимерного лазера (длина волны 193 нм) Analyte Excite (“Teledyne Cetac Technologies”), соединённая с квадрупольным масс-спектрометром с ионизацией в индуктивно-связанной плазме “ThermoScientific” iCAP Q центра Геотермохронологии Казанского федерального университета (КФУ). Диаметр лазерного луча составлял 35 мкм, частота повторения импульсов 5 Hz и плотность энергии лазерного излучения 3.0 Дж/см². Для анализа использовались эталонные образцы зёрен циркона: 91500 – контрольный образец (1065 млн лет) и Plešovice – внешний стандарт (337 млн лет). В начале, середине и в конце сессии измерений дополнительно измерялось стандартное синтетическое стекло NIST SRM 612 для учёта чувствительности масс-спектрометра. Обработка масс-спектрометрических данных, учёт коррекций, выбор оптимального участка сигнала, расчёт изотопных отношений и соответствующих возрастов проводился с помощью программы

Iolite 3.65, встроенной в Igor Pro 7. Расчёт средневзвешенных значений возраста по изотопным отношениям, построение диаграмм с конкордией выполнялись в Microsoft Excel со встроенным пакетом Isoplot 4.15. Для расчёта дискордантности применялись формулы $D = 100 * (\text{Возраст}^{(207\text{Pb}/235\text{U})} / \text{Возраст}^{(206\text{Pb}/238\text{U})} - 1)$. Измерения, где дискордантность $< -5\%$ или $> 5\%$ исключались из выборки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В образце Унда-1 было проанализировано 131 зерно циркона, из которых 96 возрастов зёрен циркона попали в интервал дискордантности от -5% до 5% . В пробе доминируют зёрна циркона с осцилляторной зональностью, реже с полосчатой (рис. 2). В некоторых зёрнах наблюдаются вторичные, более молодые зоны роста кристаллов и перекристаллизации. Th/U-отношение во всех проанализированных зёрнах циркона более 0.1, что является характерным для зёрен циркона магматических пород.

Для построения гистограммы относительной вероятности использовалось отношение $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. В рамках изученной пробы выделяется четыре популяции зёрен циркона, при этом характерной особенностью является увеличение

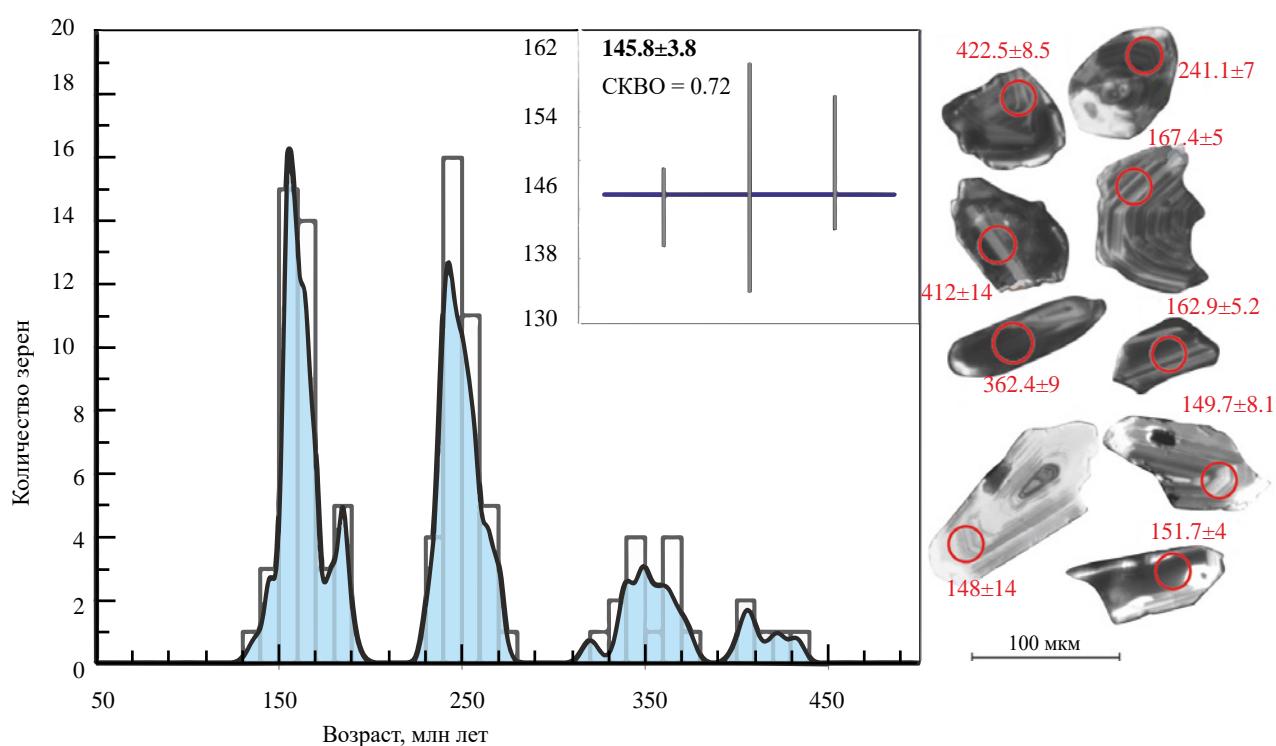


Рис. 2. Результаты U–Pb-датирования зёрен циркона из туффитов в нижней части разреза лесковской толщи у д. Унда

дели зёрен циркона от более древних к молодым. Наиболее древняя популяция зёрен циркона представлена пятью зёрнами с силур-раннедевонским возрастом (433–403 млн лет) (здесь и далее по [14]). Следующая популяция из 12 зёрен имеет возрастной интервал 373–339 млн лет, что предполагает участие позднедевонско-раннекаменноугольных источников сноса. Среднепермско-среднетриасовая популяция содержит 37 зёрен с возрастным интервалом 271–237 млн лет. Наибольшая и самая молодая популяция из 41 зерна имеет возрастной интервал 187–144 млн лет (ранняя-поздняя юра вплоть до рубежа с мелом). Возраст самой молодой популяции, определённый по средневзвешенному возрасту трёх самых молодых зёрен циркона, имеет значение 145.8 ± 3.8 млн лет ($\text{СКВО} = 0.72$), что приблизительно отвечает юрско-меловому рубежу.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Потенциальными источниками сноса зёрен циркона для наиболее древнего кластера раннепалеозойского возраста могут являться породы олёкминского гранодиорит-гранитного комплекса, которые обнажаются в бассейнах рек Унда и Урульга в непосредственной близости от местоположения разреза “Унда”. Возраст гранитоидов олёкминского комплекса определён Rb-Sr -методом как 438 ± 39 млн лет [12], что в пределах ошибки соответствует возрасту наиболее древней популяции зёрен циркона в продатированном образце. Также следует учитывать, что зёрна циркона этого возраста могут присутствовать в породах Агинско-Борщовочного динамометаморфического комплекса среднего палеозоя, вероятным протолитом для которого являлись более древние породы олёкминского комплекса.

Вероятным источником материала для позднедевонско-раннекаменноугольного кластера зёрен циркона могли служить породы аленуйского гранодиорит-риолитового комплекса, формировавшие покровные вулканические структуры в восточной части (Газимурский блок) Аргунского террейна. Возраст пород аленуйского комплекса принимается как ранне-среднекаменноугольный [12].

Источником сноса для крупного кластера зёрен циркона пермско-триасового возраста вероятнее всего являются породы ундинского гранодиорит-гранитного комплекса, имеющего широкое распространение в пределах исследуемого района. Возраст гранитоидов ундинского комплекса, согласно данным

Rb-Sr -изохронного датирования, составляет 275–250 млн лет [15], а по данным U-Pb -датирования – 254–249 млн лет [16]. Геодинамическая природа пород ундинского комплекса на данный момент дискуссионна.

Самый молодой кластер зёрен циркона в исследованном туффите имеет мезозойский возраст. В пределах Аргунского террейна широко развиты гранитоидные комплексы, имеющие юрско-меловой возраст, – борщовочный, шахтаминский, амуджикано-сретенский (163–142 млн лет) [17, 18], связанные с внутриплитным этапом развития региона. Также, вероятнее всего, значительная часть мезозойских зёрен циркона продатированной пробы является собственными зёрнами циркона вулканических пород лесковской толщи. Полученный возраст наиболее молодой популяции в образце (145.8 ± 3.8 млн лет) подразумевает, что формирование продатированных вулканогенно-осадочных пород происходило не раньше титонского века поздней юры.

Полученные новые данные о возрасте зёрен циркона из туффитов нижней части разреза лесковской толщи позволяют сделать вывод о том, что большая часть разреза имеет раннемеловой возраст, при этом нельзя исключать поздн妖ский возраст для базальных конглобекций. Присутствие в средней части разреза остракод *Daurina* и *Ocrocyparis* – типичных таксонов остракодовой зоны *Luangpingella*–*Ocrocyparis*–*Eoparaocyparis*, выделенной в формации Дабайгоу на северо-востоке Китая, позволяет предполагать валанжин-раннеготеривский возраст средней части лесковской толщи и коррелировать её с формацией Дабайгоу. Присутствие остракод *Daurina* и *Ocrocyparis*, конхострак *Nestoria* и *Keratesthesheria* в разрезах толщ, объединяемых в усть-карский горизонт, является свидетельством того, что ареал организмов, относимых к ранней фазе эволюции биоты Джехол, простирался на север вплоть до Восточного Забайкалья. Это позволяет рассматривать территорию Восточного Забайкалья вместе с северо-востоком Китая как центр происхождения биоты Джехол, откуда впоследствиишло её расселение.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 22-17-00228, <https://rscf.ru/project/22-17-00228/>, на базе Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН при научно-методическом сопровождении ФНИ FWZZ-2022-0004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Jehol Fossils: The emergence of feathered dinosaurs, beaked birds and flowering plants. M.-M. Chang, P.-J. Chen, Y. Wang, Y.-Q. Wang (Eds.). Beijing: Academic Press, 2008. 208 p.
2. Синица С. М., Решетова С. А., Вильмова Е. С. Классические разрезы тургинской свиты Забайкалья как возможный аналог динозавровой формации Исянь провинции Ляонин Китая // Вестник ЗабГУ. 2016. Т. 22. № 11. С. 24–41.
3. Косенко И. Н., Пещевицкая Е. Б., Ефременко В. Д. и др. Тургинский лагершттт (обнаружение Миддендорфа, Восточное Забайкалье, баррем – апт): стратиграфическое положение и палеообстановки // Геология и геофизика. Т. 64. № 11. С. 1628–1653.
4. Bugdaeva E. V., Golovneva L. B. Siberian Jehol Biota / Cretaceous Project 200. M. B. Hart, S. J. Batenburg, B. T. Huber et al. (Eds.). Volume 2: Regional Studies. London: Geol. Soc. London Spec. Publ., 2024. V. 545.
5. Zhou Z., Meng Q., Zhu R., Wang M. Spatiotemporal evolution of the Jehol Biota: Responses to the North China craton destruction in the Early Cretaceous // PNA S. 2021. V. 118. № 34. e2107859118.
6. Qin Z., Xi D., Wagreich M. et al. Living environment of the early Jehol Biota: A case study from the Lower Cretaceous Dabeigou Formation, Luoping Basin (North China) // Cretaceous Res. 2021. V. 124. 104833.
7. Олейников А. Н. Стратиграфия и филлоподы юры и мела Восточного Забайкалья. М.: Недра, 1975. 171 с.
8. Синица С. М. Переходные горизонты в стратиграфии верхнего мезозоя Забайкалья // Вестник ЧитГУ. 2011. № 3 (70). С. 98–103.
9. Синица С. М., Вильмова Е. С., Юргенсон Г. А. и др. Геологические памятники Забайкалья: кадастр стратиграфических и палеонтологических геологических памятников природы. Новосибирск: Наука, 2014. 312 с.
10. Мартинсон Г. Г. Мезозойские и кайнозойские моллюски континентальных отложений Сибирской платформы, Забайкалья и Монголии. М.–Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1961. 358 с.
11. Решения 4-го межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья (Хабаровск, 1990) / Ред. М. Т. Турбин, В. А. Бажанов, Г. В. Беляева и др. Хабаровск: ХГГП, 1994. 124 с, 38 схем.
12. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Лист М-50 – Борзя. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 553 с.
13. Qin Z., Xi D., Shi Z., Wan X. Ostracod biostratigraphy of Lower Cretaceous lacustrine sequences in northern Hebei, North China: A revision // Cretaceous Res. 2023. V. 141. 105340.
14. Cohen K. M., Finney S. C., Gibbard P. L., Fan J.-X. The ICS International Chronostratigraphic Chart // Episodes. 2013 (updated, v2023/09). V. 36. P. 199–204.
15. Kozlov V. D., Efremov S. V., Dril S. I., Sandimirova G. P. Geochemistry, isotopic geochronology, and genesis of the Verkhnyaya Unda granitoid batholith // Geochemistry International. 2003. V. 41. № 4. P. 364–378.
16. Dril S. I., Noskova Yu. V., Wang K.-L. et al. Geochronology and Sr-Nd isotope geochemistry of Late Paleozoic collisional granitoids of Undinsky complex (Eastern Transbaikal region) // Geodynamics & Tectonophysics. 2017. V. 8 (3). P. 455–459.
17. Nevolko P. A., Svetlitskaya T. V., Savichev A. A. et al. Uranium-Pb zircon ages, whole-rock and zircon mineral geochemistry as indicators for magmatic fertility and porphyry Cu-Mo-Au mineralization at the Bystrinsky and Shakhtama deposits, Eastern Transbaikalia, Russia // Ore Geol. Rev. 2021. V. 139. Pt B. 104532.
18. Нарыжнова А. В., Хромых С. В., Крук Н. Н., Комлер П. Д. Новые геохронологические и изотопные данные по мезозойским гранитоидам Восточного Забайкалья // Доклады РАН. Науки о Земле. 2023. Т. 510. № 2. С. 181–188.

FIRST DATA ON THE AGE OF ZIRCON GRAINS FROM THE UPPER MESOZOIC LESKOVO UNIT OF THE UNDA-DAYA DEPRESSION OF EASTERN TRANSBAIKALIA

© 2025 I. N. Kosenko^{a, #}, V. D. Efremenko^a, E. K. Metelkin^a, O. S. Dzyuba^a,

Corresponding Member of the RAS B. N. Shurygin^a, P. D. Kotler^{b, c}, A. V. Kulikova^{b, c}, A. E. Igolnikov^a

^a*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

^b*Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

^c*Kazan Federal University, Kazan, Russia*

[#]E-mail: KosenkoIN@ipgg.sbras.ru

The results of the determination of the age of zircon grains from tuffites of the Leskovo Unit of the Unda-Daya Basin, Eastern Transbaikalia, are presented for the first time. The age of the youngest population of zircon grains is 145.8 ± 3.8 Ma, approximately corresponding to the Jurassic–Cretaceous boundary and indicating the Early Cretaceous age of most of the Leskovo Unit. Given that the similar taxonomic composition of ostracods from the middle part of the Leskovo Unit and the Valanginian–Lower Hauterivian Dabeigou Formation of northeastern China, our U–Pb age from the lower part of the Leskovo Unit allows confident correlations of these lithostratons.

Keywords: Lower Cretaceous, Transbaikalia, U–Pb age of zircon grains, Jehol biota