

УДК 550.424

DOI: 10.21209/2074-9155-2018-12-2-8-14

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О СОДЕРЖАНИЯХ ТОРИЯ И УРАНА В ОТЛОЖЕНИЯХ, ВМЕЩАЮЩИХ ОСТАТКИ ДИНОЗАВРОВ *KULINDADROMEUS ZABAIKALICUS*

THE FIRST DATA ABOUT THE CONTENT OF URANIUM AND THORIUM IN THE SEDIMENTS OF COMPRISING THE REMAINS OF DINOSAURS *KULINDADROMEUS ZABAIKALICUS*

Приведены первые данные о геохимической специализации горных пород, вмещающих остатки динозавров местонахождения Кулинда на уран и торий. Детальное изучение особенностей геохимии отложений нижней подсвиты укурецкой свиты, включающей остатки *Kulindadromeus zabaikalicus*, показало, что они характеризуются средним содержанием урана, превышающим кларк земной коры в 8,6 раз ($n = 73$, $x = 21,48$, $\sigma = 24,02$). Отмечено, что содержания тория составляют: $n = 73$, $x = 10,51$, $\sigma = 5,59$, что менее кларка. Максимальное количество урана содержится в хлидолитах и туфоалевролитах, в основном вмещающих остатки динозавров. В целом наибольшие содержания урана присущи средней части разреза

*The article provides the first data on geochemical specialization of rocks (uranium and thorium) of location of dinosaurs Kulinda. A detailed scrutiny of the sediments of lower subformation ukureyskaya formation, consisting remains of *Kulindadromeus zabaikalicus*, showed that they are characterized by the average content of uranium, greater than the clark of earth's crust in 8,6 times ($n = 73$, $x = 21,48$, $\sigma = 24,02$). Thorium content are as follows: $n = 73$, $x = 10,51$, $\sigma = 5,59$, that less than clark. The maximum amount of uranium contained in chlidolites and tuff aleurolites, basically enclosing the remains of dinosaurs. In general, the highest uranium content inherent in the middle part of the incision*

Ключевые слова: Оловская впадина; местонахождение динозавров Кулинда; *Kulindadromeus zabaikalicus*; укурецкая свита; уран; торий

Key words: Olov depression; location of dinosaurs Kulinda; *Kulindadromeus zabaikalicus*; ukureyskaya formation; uranium; thorium



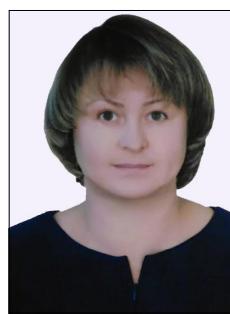
Е. А. Василенко



Г. А. Юргенсон



С. М. Синица



С. А. Решетова

Введение. Возросший интерес к условиям накопления, формирования и геохимической специализации отложений укуре-

ской свиты юрского возраста в Оловской впадине обусловлен тем, что в 2010 г. в тургогенно-осадочных отложениях ее нижней

подсвиты найдены остатки скелетов, фрагменты кожного покрова и оперения самых маленьких на планете оперенных растительноядных динозавров *Kulindadromeus zabaikalicus* [4].

Оловская впадина Забайкалья выполнена континентальными вулканогенно-осадочными отложениями верхнего мезозоя, в составе которых выделяются осадки временных водотоков (дресвяники), прибрежных зон временного Кулиндинского озера (песчаники и туфопесчаники) и более удаленных от берега участков озера (алевролиты, туфоалевролиты) [2]. Первые данные о геохимической специализации горных пород, приведенные в работе Г. А. Юргенсона с соавторами, показали, что отложения, содержащие окаменелые остатки динозавров, специализированы на мышьяк, сурьму и висмут. Это позволило связать выявленные концентрации с юрско-меловым вулканизмом [3].

Интерес к изучению содержания радиоактивных элементов в этих отложениях обусловлен тем, что севернее местонахождения находится известное промышленное Оловское месторождение урана [1] и часть отложений укурейской свиты (по данным ПГО «Сосновгеология») специализирована на уран. Поэтому для уточнения палеообстановки во время формирования «динозавровых слоев» и захоронения фрагментов скелетов *Kulindadromeus zabaikalicus* предпринято изучение содержания в них урана и тория. Другой предпосылкой для этой работы является общизвестный факт об обогащенности минерализованных костей или иных окаменелостей ураном.

Методология и методы исследования. В 2017 г. в местонахождении динозавров Кулinda (Оловская впадина, Забайкальский край) наряду с палеонтологическими работами отобраны 34 образца горных пород во всех трех канавах (канава 3–9 шт., канава 3(3) – 16 шт., канава 4–9 шт.) местонахождения для уточнения геохимической специализации разреза. Анализы выполнены в аналитической лаборатории АО «СЖС Восток Лимитед» методом ICP MS. Полученные результаты обработаны метода-

ми математической статистики. Кроме того, использованы данные анализов 41 пробы образцов ранних сборов. Для диагностики горных пород, слагающих разрез, изготовлено и просмотрено 113 прозрачных шлифов, 4 анишлифа и полировка. Микроскопическое изучение выполнено на петрографическом микроскопе Axio Scope A-1.

Результаты исследования. Рассмотрено распределение урана и тория в этих отложениях. По литолого-петрографическому составу горных пород и палеонтологическим остаткам нижняя подсвита укурейской свиты разделена на нижнюю песчаново-алевролитовую (канава 4), среднюю туфогенно-осадочную (канава 3(3)) и верхнюю туфогенную (канава 3) пачки [3] (рис. 1).

Они формировались в условиях крайне неустойчивой тектонической обстановки, особенностью которой являлась активизация вулканической деятельности.

Отложения представлены дресвянниками, образовавшимися в результате выветривания гранитов обрамления Оловской впадины, песчаниками, доля которых не велика, хлидолитами, алевролитами, туфоалевролитами и туффитами. В сложении разрезов выявлены циклиты, в основании которых залегают дресвяники или хлидолиты, меняющиеся по разрезу туфопесчаниками (единичные маломощные слойки), алевролитами и туфоалевролитами. Типичная граница смены напластований дана на рис. 2, минеральный состав и структура алевролита на рис. 3.

Обработка имеющихся аналитических данных по всему массиву образцов показала, что он характеризуется повышенным содержанием урана ($n = 73$, $x = 21,48$, $\sigma = 24,02$). При этом содержания тория составляют: $n = 73$, $x = 10,51$, $\sigma = 5,59$. Средние содержания Th и U в каждой части детально изученного разреза показаны на рис. 4. Определено, что коэффициенты их концентрации по отношению к кларку земной коры соответственно равны: в канаве 3 – 0,39 и 4,8, в канаве 3(3) – 0,61 и 19,42, в канаве 4 – 0,62 и 11,64. Из полученных данных видно, что наиболее высокие содержания урана находятся в средней части разреза, сложенной преимущественно хлидолитами

и алевролитами, переслаивающимися с туфоалевролитами (канава 3(3)). В ней найдено наибольшее количество образцов с отстатками динозавров (порядка 60 % от общего количества находок). Содержание

тория во всех частях рассматриваемого разреза не превышает кларк. Пределы содержания тория и урана в каждой части детально изученного разреза показаны в табл. 1.

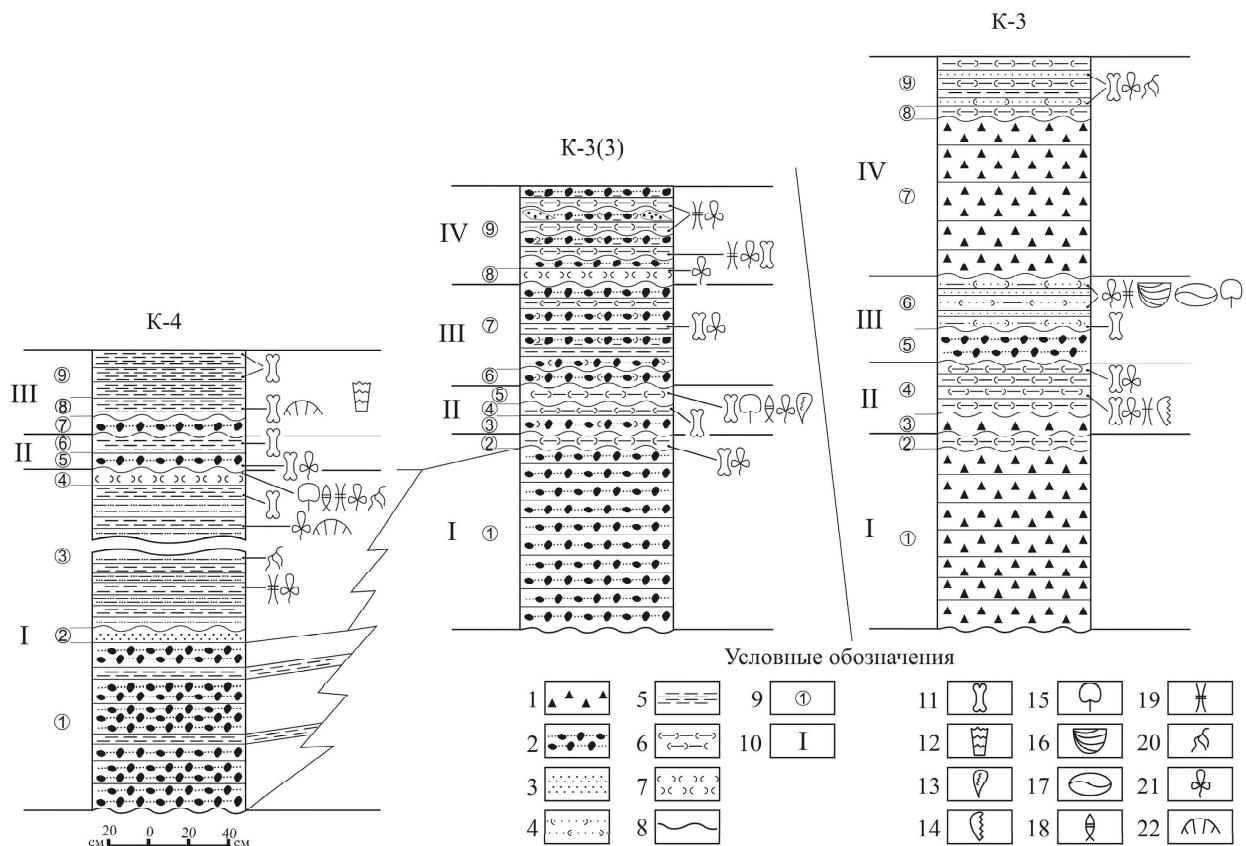


Рис. 1. Сопоставление стратиграфических колонок канав, вскрывающих нижнюю подсвиту укурейской свиты: 1 – дресвяники; 2 – хлидолиты; 3 – песчаники; 4 – туфопесчаники; 5 – алевролиты; 6 – туфоалевролиты; 7 – пепловые туффиты; 8 – несогласное залегание горных пород; 9 – слои пачки; 10 – циклиты; 11 – кости динозавров; 12 – хвоши; 13 – амфибии; 14 – зубы хищных динозавров; 15 – щитни; 16 – конхостраки; 17 – остракоды; 18 – насекомые; 19 – домики ручейников; 20 – следы илоедов; 21 – флора; 22 – растительный детрит / Fig. 1. Comparison of stratigraphic columns of ditches exposes the bottom of lower subformation of ukureyskaya formation: 1 – psephites; 2 – chlidolites; 3 – sandstones; 4 – tuff sandstones; 5 – aleurolites; 6 – tuffaleurolites; 7 – ashstones; 8 – dissenting bedding rocks; 9 – combination of layers; 10 – cyclites; 11 – dinosaur bones; 12 – equisetum; 13 – amphibians; 14 – teeth of carnivorous dinosaurs; 15 – notostraca; 16 – conchostracans; 17 – ostracods; 18 – insects; 19 – houses of caddisflies; 20 – traces of mud-eaters; 21 – flora; 22 – vegetative detritus



Рис. 2. Смена слоев снизу вверх: гравелит-хлидолит → алевролит → хлидолит → грубозернистый песчаник (канава 3. Натуральная величина) / Fig. 2. Change of geoflayers from the bottom up: gravelite-chlidolite → siltstone → chlidolite → coarse sandstone (ditch 3. Full size)



Рис. 3. Кварц-полевошпатово-серицитовый алевролит с лейкоксеном и цирконом (основная масса тонкосерицитовая. Шлиф 100-кд, николи параллельны) / Fig. 3. Quartz-feldspar-sericite aleurolite with leucoxene and zircon (main mass is thin-sericite. Thin rock section 100-kd. Nicols are parallel)

Таблица 1. Пределы содержания тория и урана в каждой части детально изученного разреза / Table 1. Limits of thorium and uranium content in each part of the studied in detail section

Номер канавы / Ditch number	Пределы содержания, ppm / Limits of content, ppm	
	Th	U
3	0,4...10,3	4,4...23,5
3(3)	1,3...11	16,3...124
4	1,1...16,6	8,3...91

Средние содержания урана и тория показаны на рис. 4.

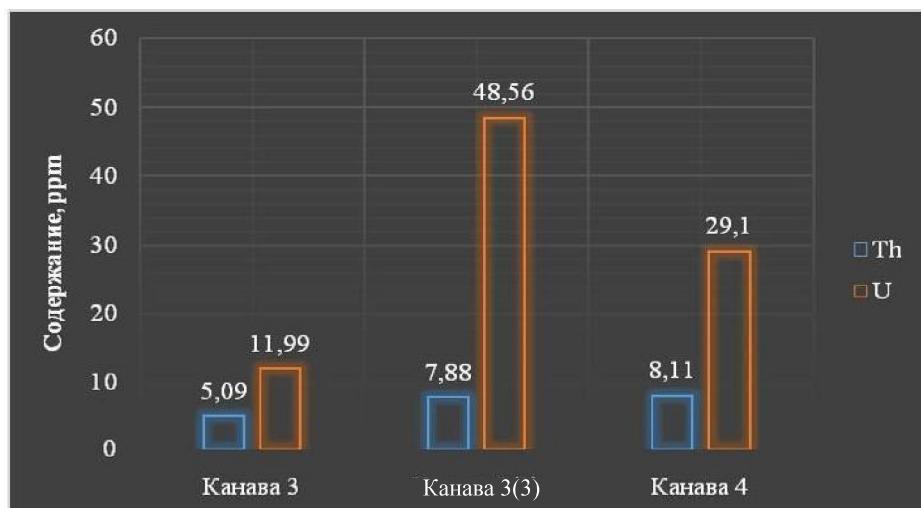


Рис. 4. Средние содержания тория и урана в детально изученных частях разреза / Fig. 4. Average thorium and uranium content in detail studied parts of the section

Как отмечалось ранее, в разрезе местонахождения присутствуют дресвяники, песчаники, хлидолиты, алевролиты и туфоалевролиты.

Средние содержания тория и урана отдельно по разностям пород в них показаны на рис. 5.

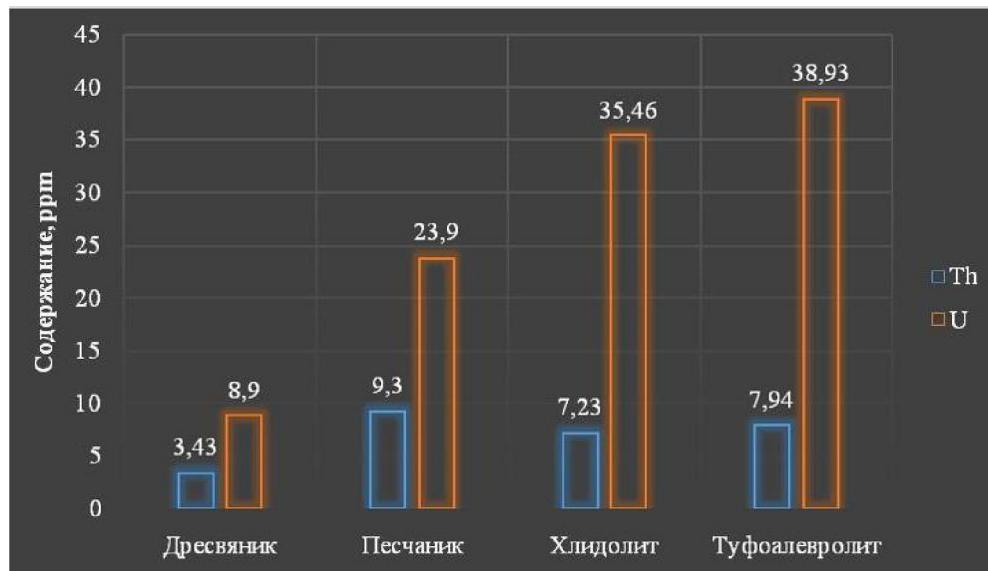


Рис. 5. Средние содержания тория и урана в горных породах, ppm / Fig. 5. Average thorium and uranium content in rocks, ppm

Наиболее высокие концентрации рассматриваемых элементов находятся в туфоалевролитах и хлидолитах (рис. 5). В связи с переходным характером алевролитов и туфоалевролитов они в данном случае обозначены как туфоалевролит. Коэффициенты концентрации для тория и урана в каждом

типе горных пород, соответственно, равны: в дресвяниках – 0,26 и 3,56; в хлидолитах – 0,56 и 14,18; в песчаниках – 0,72 и 9,56; в туфоалевролитах – 0,61 и 15,57. Пределы содержания урана и тория в каждом типе горных пород показаны в табл. 2.

Таблица 2. Пределы содержания урана и тория в каждом типе горных пород / Table 2. Limits of uranium and thorium content in each type of rocks

Горная порода / Rock	Пределы содержания, ppm / Limits of content, ppm	
	Th	U
Туфоалевролит / Tufoalevrolit	1,1...25,6	0,48...106
Песчаник / Sandstone	6,6...23,5	3,24...39,5
Хлидолит / Chlidolite	1,3...16,6	4,48...124
Дресвянник / Dresyanik	0,4...28,1	3,03...23,3

Из табл. 2 видно, что вариации содержаний урана максимальны для туфоалевролита и хлидолита, в которых максимальны и его средние содержания. Для содержаний тория столь значительные вариации не характерны, что связано, вероятно, с тем, что уран

привнесен в систему осадконакопления извне и, возможно, заимствован из воды озера, тогда как торий преимущественно связан с обломочным материалом.

Выводы. Таким образом, в результате выполненных исследований установлено:

1) концентрации урана в горных породах, слагающих туфогенно-осадочные отложения местонахождения Кулинда, находятся в пределах 0,48...124 ppm. Содержания тория варьируют в пределах 0,4...28,1 ppm. При этом коэффициенты концентрации по отношению к кларку земной коры для тория и урана соответственно равны: в дресвяниках – 10,1 и 8,79, песчаниках – 13 и 14, хлидолитах – 7,23 и 35,46, туфоалевролитах – 11,67 и 24,63;

2) в детально изученном разрезе наибольшие средние содержания урана обнаружены в туфоалевролитах – 38,93 ppm, а наименьшие в дресвяниках – 8,9 ppm;

3) наиболее обогащены ураном горные породы в средней части разреза местонахождения динозавров Кулинда, вскрытые канавой 3(3) – 48,56 ppm;

4) содержание тория во всех трех частях разреза не превышает кларк;

5) максимальное количество урана содержится в горных породах, вмещающих костные остатки динозавров *Kulindadromeus zabaikalicus*.

Тем не менее вопрос о времени радиогенной минерализации и её источниках остается открытым, хотя, вероятнее всего, она может быть связана с вулканизмом, проявлявшимся в позднеюрское время.

Список литературы

1. Вишняков В. Е. Оловское месторождение урана // Месторождения Забайкалья. М.: Чита: Геоинформмарк, 1995. Т. 1. С. 157–164.
2. Синица С. М., Решетова С. А., Мясников А. В., Юргенсон Г. А. Палеореконструкции условий обитания и захоронения динозавров в местонахождении динозавров «Кулинда» (Забайкалье, Оловская впадина) // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование: труды V Всероссийского симпозиума с международным участием и XII Всероссийских чтений памяти А. Е. Ферсмана. Чита: Поиск, 2014. С. 92–95.
3. Юргенсон Г. А., Василенко Е. А., Синица С. М., Решетова С. А. Литолого-петрографические и геохимические особенности отложений укурейской свиты местонахождения динозавров *Kulindadromeus zabaikalicus* Кулинда как критерии состояния палеоландшафта // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование: труды VI Всероссийского симпозиума и XII Всероссийских чтений памяти А. Е. Ферсмана. Чита, 2016. С. 40–44.
4. Godefroit P., Sinitsa S. M., Dhouailly D., Bolotsky Yu. L., Sizov A., McNamara M., Benton M., Spagna P. A Jurassic ornithischian dinosaur from Siberia with both feathers and scales // Science. 2014. Vol. 345. P. 451–455.

References

1. Vishnyakov V. E. *Mestorozhdeniya Zabaykaliya* (Transbaikal depozits), 1995, vol. 1, pp. 157–164.
2. Sinitsa S. M., Reshetova S. A., Myasnikov A. V., Yurgenson G. A. *Mineralogiya i geohimiya landshafta gornorudnyh territoriy. Ratsionalnoe prirodopolzovanie. Sovremennoe mineraloobrazovanie: trudy V Vserossiyskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem i XII Vserossiyskih chteniy pamyati A. E. Fersmana* (Mineralogy and geochemistry of the landscape of mining areas. Rational use of nature. Modern mineral formation: works of the V All-Russian Symposium with international participation and the XII All-Russian Readings in memory of A. E. Fersman). Chita: Search, 2014, pp. 92–95.
3. Yurgenson G. A., Vasilenko E. A., Sinitsa S. M., Reshetova S. A. *Mineralogiya i geohimiya landshafta gornorudnyh territoriy. Ratsionalnoe prirodopolzovanie. Sovremennoe mineraloobrazovanie: trudy V Vserossiyskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem i XII Vserossiyskih chteniy pamyati A. E. Fersmana* (Mineralogy and geochemistry of the landscape of mining areas. Rational use of nature. Modern mineral formation: works of the V All-Russian Symposium with international participation and the XII All-Russian Readings in memory of A. E. Fersman). Chita, 2016, pp. 40–44.
4. Godefroit P., Sinitsa S. M., Dhouailly D., Bolotsky Yu. L., Sizov A., McNamara M., Benton M., Spagna P. *Science* (Science), 2014, vol. 345, pp. 451–455.

Сведения об авторах

Василенко Евгений Александрович, инженер, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, магистрант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Научные интересы: геохимия, палеонтология

Юргенсон Георгий Александрович, д-р геол.-минер. наук, главный научный сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, профессор кафедры химии, Забайкальский государственный университет, заслуженный деятель науки РФ, г. Чита, Россия. Научные интересы: минералогия, геохимия, рудогенез, геммология

Синица Софья Михайловна, д-р геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, профессор кафедры географии, теории и методики обучения географии, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Научные интересы: стратиграфия, палеонтология, палеоэкология, тафономия, геологические памятники, Геологическая Красная Книга Забайкалья

Решетова Светлана Александровна, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, доцент кафедры географии, теории и методики обучения географии, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Научные интересы: стратиграфия, палеонтология, палеогеография, палинология

Information about the authors

Evgeniy Vasilenko, engineer, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, candidate for master's degree, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: geochemistry, paleontology

Georgiy Yurgenson, honored science worker of RF, doctor of geological and mineralogical sciences, chief researcher of Geochemistry and Ore Deposits Genesis laboratory, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, professor of Chemistry department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: mineralogy, geochemistry, gemology and ore deposits genesis

Sofia Siniutsa, doctor of geological and mineralogical sciences, leading scientific associate, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, professor of Geography, Theory and Methodology of Teaching Geography department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: stratigraphy, paleontology, paleoecology, taphonomy, geological monuments, Geological Red Book of Transbaikalia

Svetlana Reshetova, senior researcher, head of Geochemistry and Ore Deposits Genesis laboratory, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, SB RAS, associate professor of Geography, Theory and Methodology of Teaching Geography department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: paleontology, paleogeography, palynology
