

УДК 552.52(571.9)

## ПРИРОДА ТОНШТЕЙНОВ АЗЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИРКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

С.И. Арбузов, А.В. Волостнов, С.С. Ильенко, В.И. Рыбалко

Томский политехнический университет  
E-mail: siarbuzov@mail.ru

*Рассмотрены минералого-геохимические особенности каолинитовых прослоев (тонштейнов) Азейского месторождения Иркутского бассейна. Выявлена редкометалльная геохимическая специализация тонштейнов месторождения на РЗЭ, Y, Zr, Hf, U, Th, Ta, Sn, Ga, Cu, Pb, Se и Te. Проведен комплексный анализ возможных источников накопления первичного вещества тонштейнов. Приведено обоснование аэрогенного механизма накопления первичного материала каолинитовых прослоев. Обоснована вулканогенная модель их образования за счет пирокластического вещества кислого (липаритового) состава.*

### Ключевые слова

Уголь, тонштейны, геохимия, минералогия, условия образования.

### Key words:

Coal, tonstein, geochemistry, mineralogy, origin.

### Введение

Тонштейны широко используются геологами для корреляции угольных пластов в пределах угольных месторождений и бассейнов, для характеристики роли вулканизма в формировании угленосных отложений, оценки периодичности и состава вулканических извержений и для решения других задач [1–5]. Они выявлены и охарактеризованы во многих угольных бассейнах мира. В ряде случаев установлено, что пирокластика, формирующая тонштейны, является источником накопления в углях промышленных концентраций ценных металлов [6, 7].

В Иркутском угольном бассейне тонштейны впервые были отмечены почти полвека назад [8], но детально состав и условия их формирования в то время не изучались. Позднее их минеральный состав достаточно детально был описан в работе Л.А. Адмакина [9]. Основываясь на минеральном составе и структурных особенностях тонштейнов, он пришел к выводу о терригенной природе этих образований. В качестве исходного материала для их формирования в Азейском и Черемховском месторождениях рассматриваются раннемезозойские коры выветривания, широко распространенные в обрамлении Иркутского бассейна [10]. Склоняясь к терригенной природе изученных глинистых прослоев, Л.А. Адмакин не исключает наличия

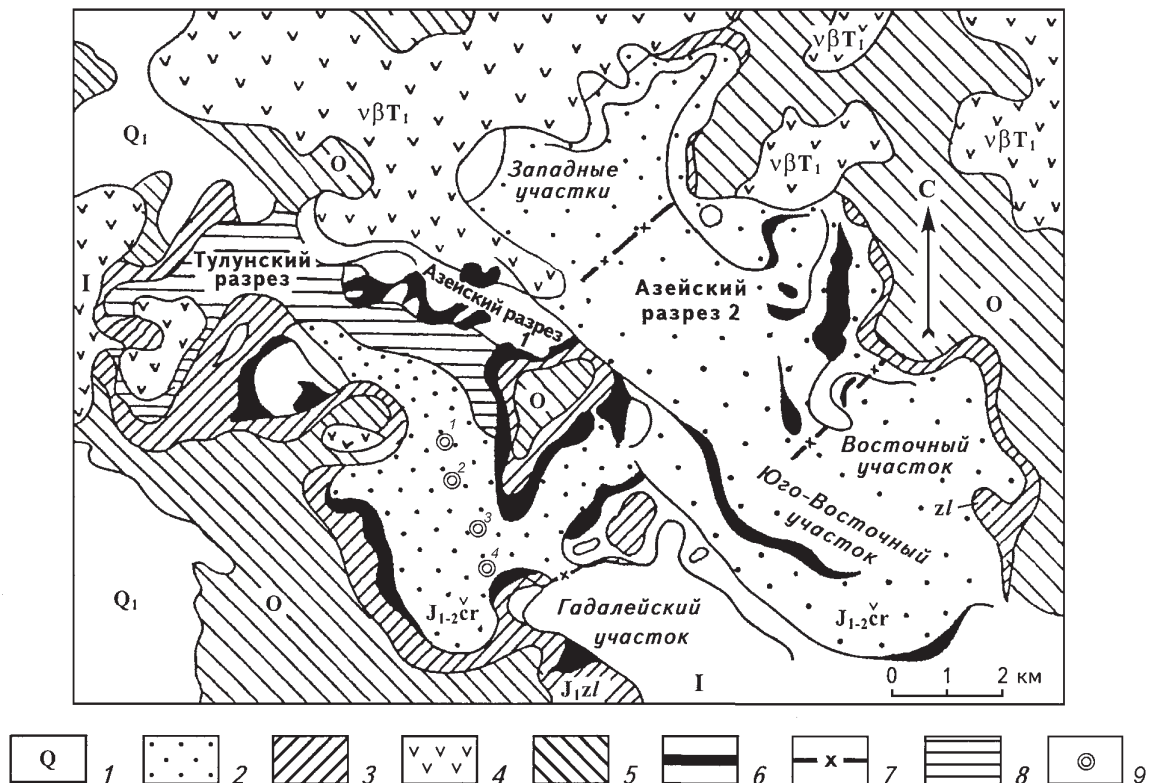
в бассейне тонштейнов, образовавшихся и за счет вулканогенного материала [9].

В настоящей работе приведены новые данные минералого-геохимических исследований тонштейнов Азейского месторождения Иркутского бассейна, способные пролить свет на происхождение этих специфических образований.

### Характеристика объекта исследований

Азейское месторождение расположено в северо-восточной части Иркутского бассейна вблизи г. Тулун. Месторождение приурочено к эрозионно-тектонической депрессии в палеозойских терригенно-карбонатных отложениях (рис. 1). Северо-восточное и юго-западное крылья месторождения полого (1...2°) погружаются к осевой части впадины. Изверженные породы в районе месторождения представлены траппами триасового возраста, состоящими из долеритов и габбро-долеритов разномелкозернистой структуры. По траппам, как и по палеозойским породам, вмещающим Азейское месторождение, развиты мощные коры выветривания [11].

Угленосные отложения представлены слабосцементированными мелкозернистыми песчаниками и алевролитами черемховской свиты юрского возраста ( $J_{1-2}$ чр). Средняя мощность свиты в пределах месторождения 70 м [11]. В ее составе выделено



**Рис. 1.** Схема геологического строения района расположения Азейского угольного месторождения, по [11]: 1) четвертичные отложения; 2, 3) угленосные отложения (2 – черемховская, 3 – заларинская свита); 4) траппы; 5) ордовикские отложения; 6) выходы угольных пластов под наносы; 7) границы участков; 8) оработанная площадь; 9) сечения опробования пласта II

два выдержанных по простиранию угольных пласта (I и II) и линзообразные пласты III, IV и «Верхний». Основной промышленный пласт угля в месторождении – это пласт II. На него приходится 75 % запасов угля Азейского месторождения. Его мощность колеблется от 1 до 13 м, в среднем 3...6 м. Угли гумусовые, зрелые бурые, марки 3Б. Угли малосернистые, среднезольные. Содержание серы не превышает 1 %. Зольность угля изменяется в среднем от 11 до 23 %. Азейские угли труднообогатимы из-за значительного количества тонкорасеянного глинистого вещества в органической массе угля. В составе угольных пластов отмечены многочисленные неугольные прослои различной мощности, в том числе от 3 до 5 тонштейнов мощностью от 0,1 до 20 см [9].

#### Методика исследований

С целью выяснения происхождения тонштейнов Азейского месторождения Иркутского бассейна были детально опробованы и изучены как сами тонштейны, так и вмещающие их угли. Всего выявлено и изучено 3 тонштейна мощностью 1, 3 и 5 см. Все они находятся в пласте II. В четырех вертикальных сечениях по пласту II, расположенных в 1 км друг от друга (рис. 1), отобрано 58 бороздовых проб угля, углевмещающих мелкозернистых песчаников и внутриугольных глинистых прослоев, в том числе 7 проб тонштейнов. Длина

интервалов опробования изменялась от 1 см до 1 м, сечение борозды в основном выдерживалось 0,05×0,03 м. Наиболее детально изучены тонштейны и непосредственно примыкающие к ним угли.

Для изучения характера распределения минерального вещества в тонштейнах и околотонштейновом пространстве, анализа их текстурно-структурных особенностей выполнено петрографическое исследование шлифов. Диагностика состава глинистого вещества тонштейнов проведена рентгеноструктурным методом анализа и методом дифференциального термического анализа. Рентгеноструктурный анализ выполнен в лаборатории кафедры технологии силикатов и наноматериалов ТПУ на установке ДРОН-3М (аналитик В.П. Игнатов). Дифференциальный термический анализ выполнен на приборе SDT Q600 V20.9 Build 20 в Научно-аналитическом центре ТПУ (аналитик Т.П. Морозова). Исследование химического состава тонштейнов проведено методом рентгенофлуоресцентного анализа в лаборатории рентгеноспектральных методов анализа ИГМ СО РАН, г. Новосибирск (аналитик Н.Г. Карманова). Состав редких и радиоактивных элементов-примесей в тонштейнах, углях и золах углей определен методом инструментального нейтронно-активационного анализа в лаборатории ядерно-геохимических исследований кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ (аналитик А.Ф. Судыко).

Для изучения условий формирования тонштейнов по результатам химических анализов были рассчитаны основные литохимические модули: ГМ – гидролизатный  $(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{F}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/\text{SiO}_2$ ; ТМ – титановый  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ; ЖМ – железный  $(\text{F}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ ; ФМ – фемический  $(\text{F}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ ; НКМ – модуль нормированной щелочности  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ; АМ – алюмокремниевый  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ; ЩМ – щелочной  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  [4].

### Результаты исследований

Изучено три тонштейна в составе пласта II Азейского месторождения, разрабатываемого одноименным угольным разрезом. Их мощность колеблется от 1 до 5 см. На дневной поверхности прослои тонштейнов имеют характерный белесый цвет, что позволяет легко их распознавать, рис. 2. Они прослежены во вскрытой части пласта II угольного разреза «Азейский» на расстоянии более 4 км.

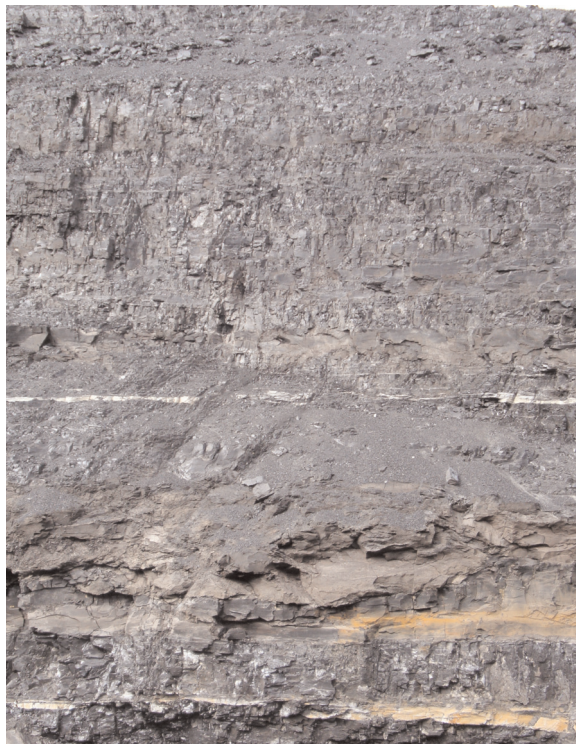


Рис. 2. Тонштейны в угольном пласте II

Состав прослоев преимущественно каолинитовый (рис. 3) с незначительной примесью алевритового материала (не более 5 %), представленного в основном аллотигенным кварцем.

Зерна кварца неправильной формы, но преимущественно субизометричные не окатанные (рис. 4, а). В каолинитовой матрице по трещинам вдоль и поперек напластования отлагается халцедоновидный криптокристаллический кварц. Встречены также мелкие линзовидные его включения (рис. 4, б). Полевой шпат полностью замещен каолинитом, однако в ряде случаев сохранились реликтовые структуры, позволяющие распознать наличие в исходной

матрице полевых шпатов (рис. 4, в). Помимо этого в породе установлены мелкие чешуйки измененного до гидрослюда биотита. Л.А. Адмакин также отмечал, что однородные по составу криптокристаллические тонштейны редки, но, как правило, содержат примесь угловатых зерен кварца, каолинизированных полевых шпатов и биотита [9].

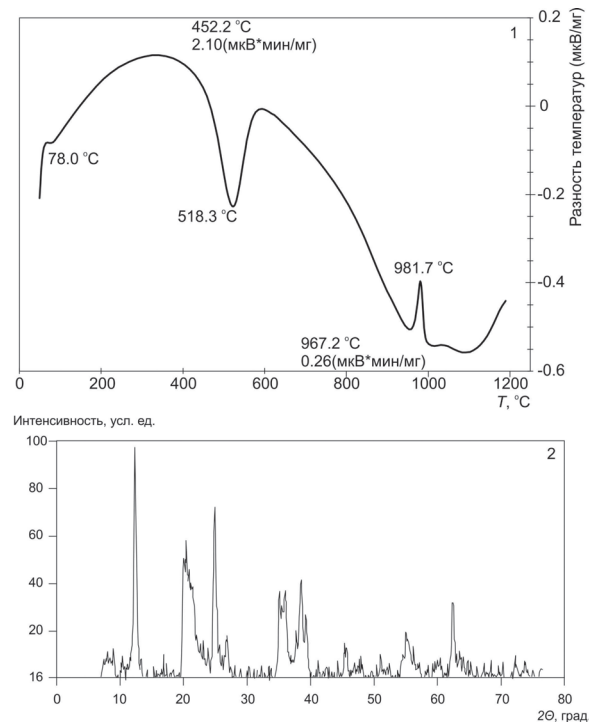
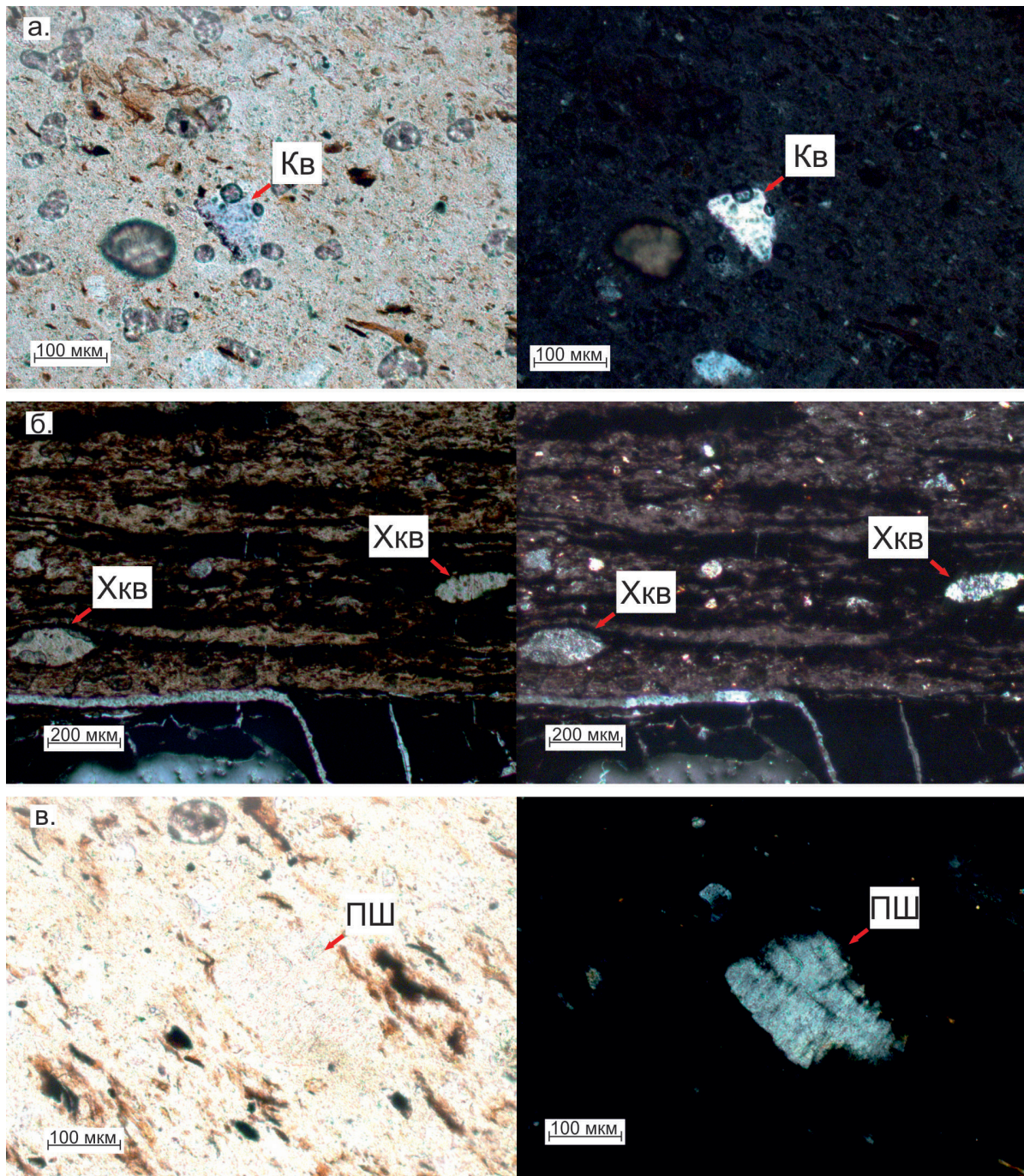


Рис. 3. Кривая дифференциального термического анализа (1) и дифрактограмма за вычетом фона (2) тонштейнов из пласта II

Анализ рентгеновской дифрактограммы (рис. 3, а) позволяет на фоне резкого преобладания в пробе каолинита установить наличие кварца и цеолитов типа морденита. Согласно данным исследований, морденит, как правило, является продуктом изменения кислых и средних вулканических стекол пирокластических пород [12]. В сочетании с данными петрографических исследований шлифов рентгеноструктурный анализ позволяет отметить проявление в составе тонштейнов опал-кристобалит-цеолитовой ассоциации.

Химический состав тонштейнов хорошо согласуется с данными петрографических и рентгеноструктурных исследований, табл. 1.

Состав тонштейнов близок к нормативному составу каолинита, но отличается несколько повышенным содержанием кремнезема, а также Са, Mg и Fe. Для чистого каолинита значения гидролизатного и алюмокремниевого модулей равны между собой. При этом величина ГМ равна 0,85. Для тонштейнов пласта II величина ГМ составляет 0,80...0,82, а АМ – 0,73...0,80. Это указывает на несколько повышенную кремнистость тонштейнов по сравнению с чистым каолинитом. Избыток кремнезема представлен алевритовыми зер-



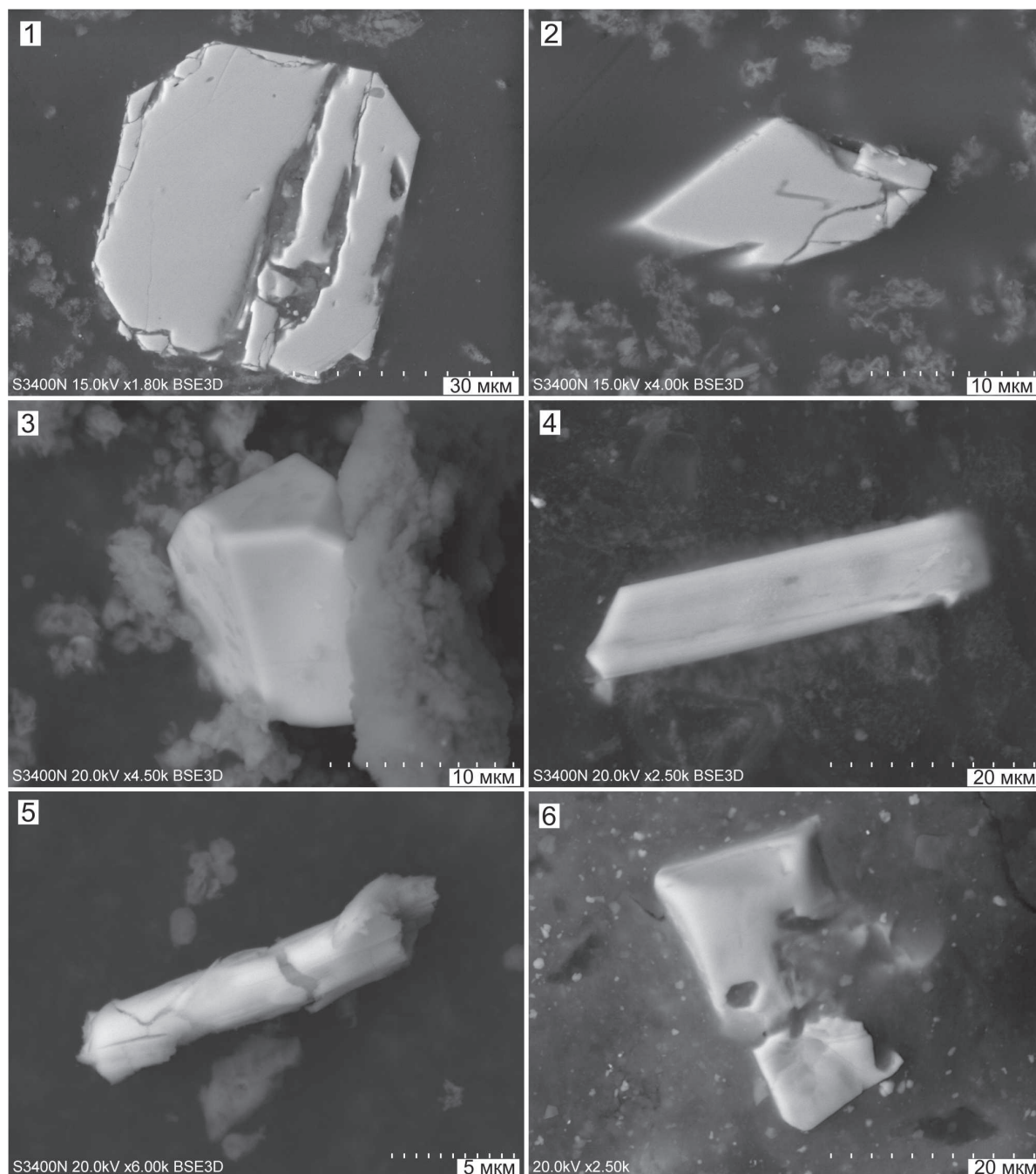
**Рис. 4.** Петрографический состав тонштейнов: а) обломки кварца в каолиновой матрице (Кв); б) линзы халцедоновидного кварца (Хкв); в) реликты полевого шпата (Пш), замещенные каолинитом

нами кластогенного кварца, микролинзовидными включениями и микропрожилками криптокристаллического кварца.

При детальном электронно-микроскопическом исследовании в тонштейнах установлены хорошо ограниченные кристаллы циркона, самородного кремния (рис. 5). Непосредственно на контакте с тонштейном в золе угля отмечены хорошо ограниченные кристаллы и трубчатые образования бадделеита. Такой характер минеральных выделений указывает на щадящий режим транспортировки

вещества и исключает перенос его водными потоками [13]. В то же время, наличие реликтовых структур указывает на привнос, отложение и преобразование исходного материала тонштейнов, а не на образование каолинита на месте из коллоидных растворов в торфянике.

До сих пор не ясна природа и состав исходного материала тонштейнов. Предположение об их образовании из переотложенной коры выветривания [9] представляется маловероятным. Основан такой вывод на специфической геохимической характе-



**Рис. 5.** Кристаллы циркона (1–3), бадделеита (4, 5) и аморфного кремния (6) в тонштейне

ристике тонштейнов месторождения. Их геохимические особенности указывают на кислый (гранитоидный) или щелочной (щелочно-гранитоидный) состав исходного материала. Они существенно обогащены РЗЭ, Y, Zr, Hf, U, Th, Ta, Sn, Ga, Cu, Pb, Se и Te по сравнению со средним составом глинистых сланцев, табл. 2.

Угли в контакте с тонштейнами аномально обогащены этими же элементами (рис. 6). Содержание лантаноидов в золе угля в отдельных пробах достигает 0,1...0,2 %, тория — 360 г/т, урана — 130 г/т, тантала — 20 г/т. Значительное обогащение угля на контакте с каолиновыми прослоями лито-

фильными редкими элементами-примесями указывает на нереализованный ресурсный потенциал исходного материала тонштейнов и предполагает первоначальное накопление в них не переработанного экзогенными процессами вещества коры выветривания, а первичного эндогенного материала (кислой пирокластики).

Исследование древних и современных кор выветривания показывает, что остаточные продукты несколько обогащаются РЗЭ, но при этом зоны профилей выветривания, обогащенные аутигенными глинистыми минералами, характеризуются пониженным содержанием РЗЭ по сравнению с по-

родами субстрата и элювиальной зоны [15]. Поэтому переотложенная каолиновая кора выветривания всегда обеднена литофильными редкими металлами по сравнению с исходным субстратом. Это дает основание предполагать, что домезозойские и раннемезозойские коры выветривания в обрамлении Азейского месторождения не могли служить источником аномальных концентраций РЗЭ, Th, U, Y, Zr, Hf, Sn и Ta в тонштейнах.

**Таблица 1.** Химический состав тонштейнов пласта II, %

| Компоненты                     | Тонштейны* |          |          |
|--------------------------------|------------|----------|----------|
|                                | Аз-9-09    | Аз-24-09 | Аз-30-09 |
| SiO <sub>2</sub>               | 49,69      | 49,16    | 49,17    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 36,96      | 39,17    | 35,77    |
| CaO                            | 1,62       | 1,24     | 0,95     |
| MgO                            | 0,43       | 0,30     | 0,55     |
| Fe <sub>общ</sub>              | 2,26       | 0,99     | 3,69     |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,18       | 0,09     | 0,16     |
| K <sub>2</sub> O               | 0,24       | 0,21     | 0,48     |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,56       | 0,37     | 0,34     |
| MnO                            | 0,03       | 0,01     | 0,01     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,07       | 0,05     | 0,15     |
| П.п.п                          | 7,90       | 8,50     | 8,72     |
| Сумма                          | 99,94      | 100,09   | 99,99    |
| Литохимические модули          |            |          |          |
| ГМ                             | 0,80       | 0,82     | 0,81     |
| ТМ                             | 0,015      | 0,0094   | 0,0095   |
| ЖМ                             | 0,061      | 0,025    | 0,102    |
| ФМ                             | 0,055      | 0,026    | 0,086    |
| НКМ                            | 0,011      | 0,0077   | 0,018    |
| АМ                             | 0,74       | 0,80     | 0,73     |
| ЦМ                             | 0,75       | 0,43     | 0,33     |

\*Пересчитано на безугольную массу.

Эти коры выветривания развиты по терригенно-карбонатным осадочным породам ордовикского возраста и по триасовым траппам Сибирской платформы, характеризующимся низкими содержаниями лантаноидов и других литофильных редких металлов. Эти породы могут рассматриваться в качестве источника аномального содержания скандия и кобальта в углях месторождения. Как известно, базиты в целом обогащены скандием на фоне других типов пород, но обеднены литофильными редкими металлами, в том числе лантаноидами [14, 16]. Тонштейны Азейского месторождения отличаются повышенными содержаниями литофильных редких металлов. Одновременно они бедны скандием и кобальтом.

В качестве материнских пород для формирования кор выветривания, обогащенных лантаноидами, Y, U, Th, Ta и Sn могли бы рассматриваться высокорадиоактивные гранитоиды, распространенные в Протеросаяне и на Енисейском краже [17]. Однако Азейское месторождение расположено на максимальном удалении от Западного обрамления угольного бассейна и примыкает непосредственно к восточному обрамлению, сложенному траппами Сибирской платформы триасового воз-

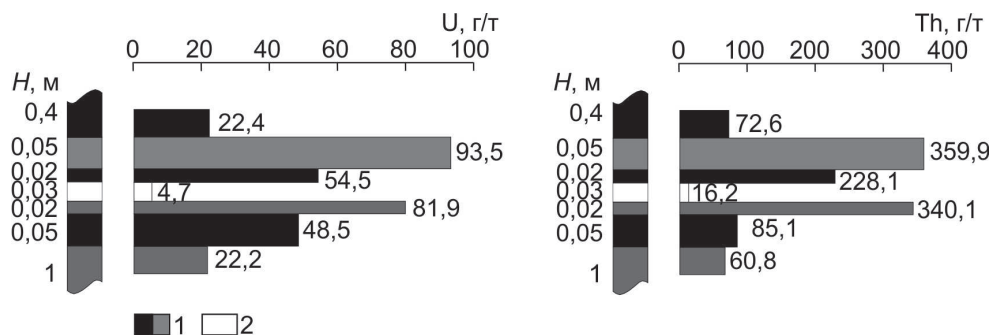
раста и ордовикскими терригенно-карбонатными отложениями чехла платформы (рис. 1). Влияние этой области питания хорошо иллюстрируется понижением с севера на юг содержания в золе угля скандия и кобальта – типоморфных для базальтоидов элементов-примесей. Для лантаноидов, U, Th и других литофильных редких металлов таких пространственных закономерностей не просматривается. Локальные аномалии этих элементов приурочены к тонштейнам, или, в редких случаях, к прикровельным участкам пластов (рис. 7).

**Таблица 2.** Содержание химических элементов в тонштейнах пласта II, г/т

| Элементы | Тонштейны |          |          | Глинистый сланец* |
|----------|-----------|----------|----------|-------------------|
|          | Аз-9-09   | Аз-24-09 | Аз-30-09 |                   |
| Sc       | 10,8      | 40,8     | 14,8     | 15                |
| Cr       | 18,6      | 51,7     | 9,9      | 76                |
| Co       | 3,0       | 13,7     | 3,4      | 19                |
| Ni       | 51,5      | 82,8     | –        | 47                |
| Cu       | 135       | 598      | –        | 36                |
| Zn       | 39,0      | 33,5     | 178      | 52                |
| Ga       | 57        | 64       | –        | 16                |
| Ge       | 2,1       | 2,3      | –        | 2,0               |
| As       | 3,0       | 4,2      | 2,3      | 9,3               |
| Se       | 1,2       | 1,2      | –        | 0,36              |
| Br       | 2,5       | 3,8      | 0,29     | 57                |
| Rb       | 8,3       | 10,6     | 12,8     | 130               |
| Sr       | 47        | 99       | 14,6     | 240               |
| Y        | 35,3      | 108      | –        | 31                |
| Zr       | 216       | 373      | –        | 190               |
| Nb       | 10,0      | 27,8     | –        | 11                |
| Sn       | 27,9      | 21,2     | –        | 3,5               |
| Sb       | 1,2       | 1,6      | 0,23     | 1,0               |
| Te       | 0,2       | –        | –        | 0,01              |
| Cs       | 0,71      | 2,1      | 1,0      | 10                |
| Ba       | 157       | 176      | 83       | 460               |
| La       | 50,8      | 115      | 107      | 48                |
| Ce       | 98,3      | 203      | 187      | 75                |
| Nd       | 33,5      | 77,2     | 69,7     | 36                |
| Sm       | 8,7       | 17,5     | 16,8     | 8,0               |
| Eu       | 1,3       | 3,4      | 3,1      | 1,2               |
| Tb       | 1,1       | 3,1      | 2,0      | 0,83              |
| Yb       | 2,4       | 7,7      | 2,6      | 2,5               |
| Lu       | 0,29      | 1,0      | 0,30     | 0,39              |
| Hf       | 7,6       | 11,3     | 7,3      | 5,0               |
| Ta       | 4,3       | 3,5      | 2,4      | 1,4               |
| Au       | 0,0046    | 0,013    | 0,0058   | 0,0065            |
| Hg       | 0,074     | 0,26     | 0,31     | 0,089             |
| Pb       | 106       | 51       | –        | 14                |
| Th       | 52,3      | 54,1     | 16,2     | 10                |
| U        | 11,9      | 18,5     | 4,7      | 4,5               |

\*По [14]; – нет данных.

Этот факт указывает на иной, нежели доюрские коры выветривания, источник материала для формирования тонштейнов. Таким источником мог бы быть вулканогенный материал кислого или щелочного состава. На возможный кислый состав исходной пирокластики указывает не только специфический состав элементов-примесей, но и весьма низкий титановый



**Рис. 6.** Распределение U и Th в разрезе в средней части пласта II (зола угля) вблизи тонштейна: 1) уголь, интервалы опробования; 2) тонштейн; цифры справа на диаграмме – содержание U и Th; H – длина интервала опробования

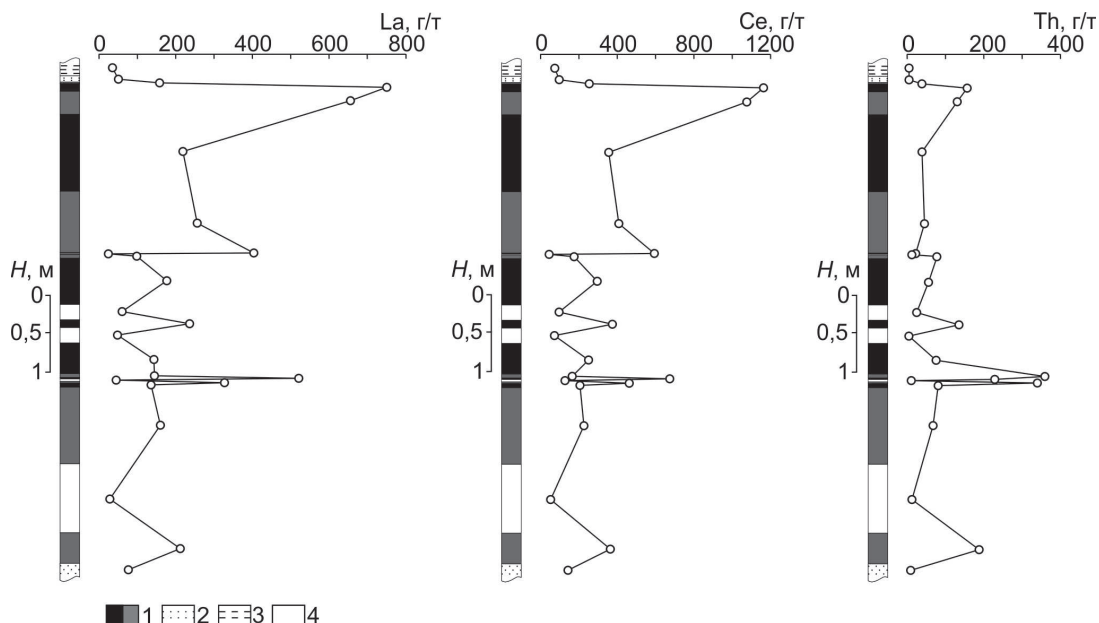
модуль, табл. 1. Величина титанового модуля в разных тонштейнах колеблется от 0,0092 до 0,0150, что, по мнению Я.Э. Юдовича, указывает на риолитовый состав исходного материала [4].

Туфы и туффи липаритового состава установлены в отложениях черемховской и кудинской свит на юге бассейна в Прииркутской впадине [18, 19]. Детально редкометалльный состав их не изучался, но известно, что они обогащены U, Th и Sn и близки по возрасту к тонштейнам Азейского месторождения. Они могли стать источником повышенных содержаний литофильных редких металлов в тонштейнах и в контактирующих с ними углях.

Интенсивное преобразование пирокластики в агрессивной среде торфяника привело к миграции RЗЭ, U, Th, Ta, Sn и других элементов и обогащению ими близлежащих горизонтов торфа. Восстановительная обстановка благоприятствовала образованию аутигенных минералов и в самом тонштейне. В частности, в составе тонштейнов выявлены сферические образования уранинита размером 1...2 мкм (рис. 8). В аналитическом спектре этих минеральных фаз в центре сферических обра-

зований установлено наличие серы, что позволяет предполагать модель восстановления урана на сероводородных пузырьках по механизму, описанному в работе [20]. Проникновение сероводородных пузырьков в пепловые горизонты происходило еще до полного их преобразования в каолинитовые тонштейны, когда горизонты были еще достаточно проницаемы для газов. Этим объясняется достаточно высокое содержание U в тонштейнах. В других случаях уран более интенсивно выносится, чем Th, отношение Th/U обычно существенно повышается и ореол распространения U в околотонштейновом пространстве обычно значительно шире, чем ореол Th.

Другая геохимическая особенность тонштейнов, указывающая на возможную роль пирокластики в их формировании, – это наличие повышенных содержаний ртути и сурьмы как в самих тонштейнах, так и в углях пласта. Содержание ртути в отдельных пробах тонштейнов достигает 0,84 г/т, в угле – 1,2 г/т, концентрация сурьмы в золе угля достигает 64 г/т. Кроме того, отдельные тонштейны аномальны по содержанию меди (до 0,06 %).



**Рис. 7.** Распределение La, Ce, Th в вертикальном разрезе пласта II: 1) уголь, интервалы опробования; 2) песчаник; 3) алевролит; 4) внутрипластовые породные прослои

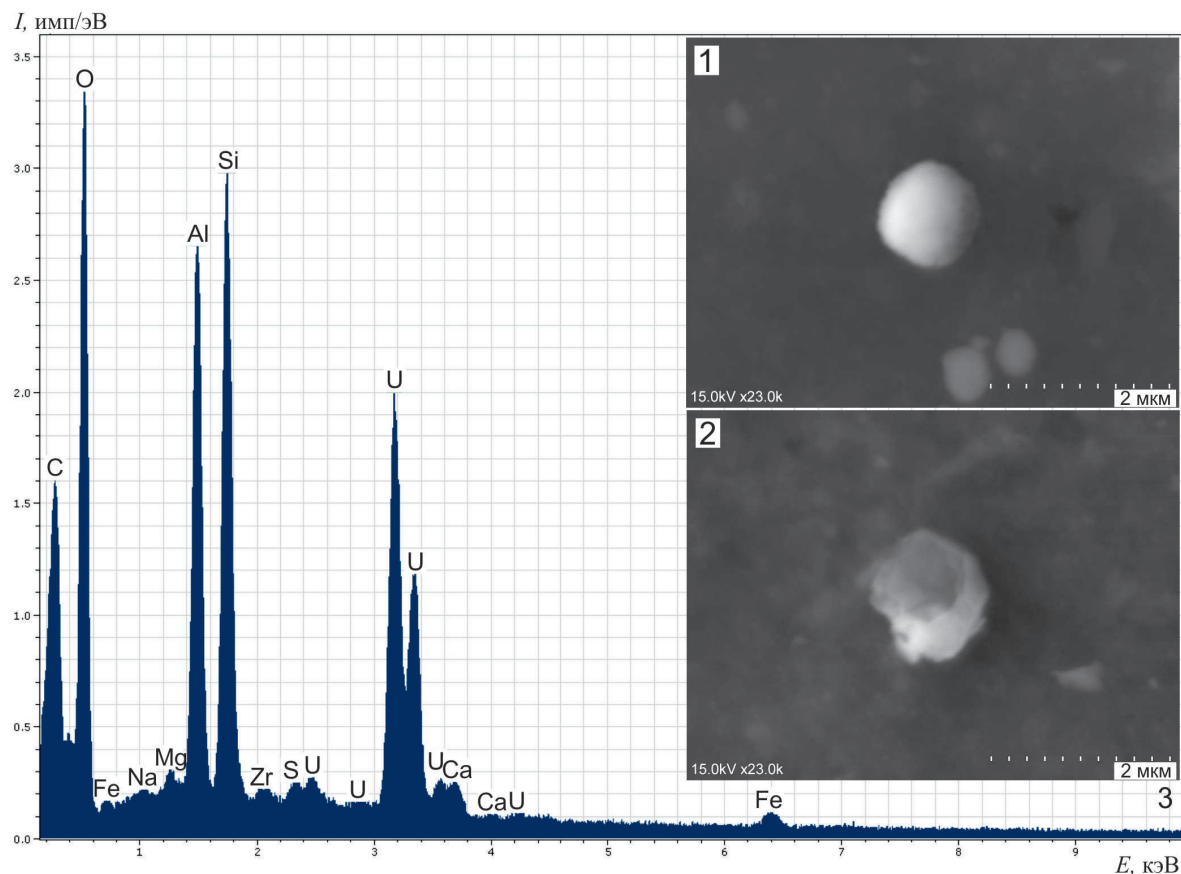


Рис. 8. Фотографии (1) и (2) и аналитический спектр сферических образований уранинита из тонштейна

Исследования состава конденсатов и магматических газов, свежевывавшего пепла, лавы, атмосферных осадков и аэрозолей вблизи газовых выходов и под шлейфом газо-пепловой тучи при извержении вулкана Толбачик на Камчатке в 1976 г. показали, что летучие элементы (As, Sb, Hg, Cu и др.) обогащают атмосферу в районе извержений, характеризуются существенной связью с парогазовой фазой и концентрируются на поверхности субмикронных частиц пепла, способных достигать стратосферных слоев и влиять на глобальное поступление элементов на поверхность земли [21]. Этот механизм может объяснять повышенное содержание ртути, сурьмы и меди в некоторых тонштейнах Азейского месторождения. В последнем случае природа аномалий этих металлов не является прямым доказательством наличия пирокластики

и может быть связана и с другими источниками. В этом же районе находится Горхонское гидротермальное месторождение ртути, а в обрамлении в рифейских платформенных терригенных отложениях выявлены многочисленные проявления медной минерализации — медистые песчаники и алевролиты [22].

#### Выводы

Получены доказательства вероятной пирокластической вулканогенной природы первичного вещества тонштейнов Азейского месторождения Иркутского бассейна. Комплекс геолого-геохимической информации указывает на образование тонштейнов из кислого (липаритового) вулканогенного материала в результате его преобразования в агрессивной среде торфяного болота.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарицкий П.В. Типоморфизм цирконов тонштейнов Донбасса — ключ к решению проблемы их генезиса // Типоморфизм, синтез и использование циркона / под ред. Ю.П. Мельника. — Киев: Наукова думка, 1989. — С. 85–89.
2. Адмакин Л.А. Тонштейны — геохронометры древних эруптивных циклов // Доклады АН СССР. — 1991. — Т. 320. — № 5. — С. 1194–1197.
3. Черновьянц М.Г. Тонштейны и их использование при изучении угленосных формаций. — М.: Недра, 1992. — 144 с.
4. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. — СПб.: Наука, 2000. — 479 с.
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Минеральные индикаторы литогенеза. — Сыктывкар: Геопринт, 2008. — 504 с.
6. Середин В.В. Металлоносность углей: условия формирования и перспективы освоения // Угольная база России. Т. VI. Основные закономерности углеобразования и размещения угленосности на территории России / под ред. В.Ф. Череповского. — М.: ООО «Геоинформмарк», 2004. — С. 453–519.
7. Арбузов С.И., Ершов В.В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. — Томск: Издат. дом «Д-Принт», 2007. — 468 с.

8. Чекин С.С. Нижнемезозойская кора выветривания Иркутско-го амфитеатра. — М.: Наука, 1973. — 156 с.
9. Адмакин Л.А., Портнов А.Г. Тонштейны Иркутского бассейна // Литология и полезные ископаемые. — 1987. — № 3. — С. 88–98.
10. Бессолицын Е.П., Файнштейн Г.Х. Некоторые данные о корях выветривания юга Сибирской платформы в границах Иркутской области // Кора выветривания. Вып. 6: Региональное развитие кор выветривания в СССР / под ред. И.И. Гинзбурга. — М.: АН СССР, 1963. — С. 226–230.
11. Угольная база России. Т. 3. Угольные месторождения и бассейны Восточной Сибири (южная часть) / под ред. В.Ф. Череповского. — М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. — 488 с.
12. Iijuma A., Utada M. Zeolites in sedimentary rocks with reference to depositional environments and zonal distribution // Sedimentology. — 1966. — V. 7. — P. 327–357.
13. Зарицкий П.В. Минеральные включения и прослои (тонштейны) в угольных пластах, методы их изучения и использование при геологоразведочных работах // Проблемы глубинной геологии Донецкого бассейна / под ред. Н.С. Полякова. — Киев: Наукова думка, 1976. — С. 62–67.
14. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. — 2003. — № 7. — С. 785–792.
15. Алфимова Н.А., Фелицын С.Б., Матреничев В.А. Подвижность Се в экзогенных обстановках Балтийского щита 2,8–2,1 млрд лет назад: данные по корам выветривания и осадочным карбонатам // Литология и полезные ископаемые. — 2011. — № 5. — С. 451–463.
16. Копылова А.Г., Томшин М.Д. Геохимия траппов восточной части Тунгусской синеклизы // Отечественная геология. — 2011. — № 5. — С. 80–88.
17. Арбузов С.И., Левицкий В.М. Сравнительная радиогеохимическая характеристика гранитоидов саянского и таракского комплексов юго-западного обрамления Сибирской платформы // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Матер. Междунар. конф. 22–24 мая 1996 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 1996. — С. 86–89.
18. Кизияров Г.П., Мешалкин С.М. Первая находка вулканических туфов в юре Иркутского угленосного бассейна // Геология и геофизика. — 1978. — № 2. — С. 138–141.
19. Мешалкин С.М., Кизияров Г.П., Лосева Л.П. Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы Прииркутской впадины // Геология и геофизика. — 1983. — № 3. — С. 150.
20. Коченов А.В., Королев К.Г., Дубинчук В.Т., Медведев Ю.Л. Об условиях осаждения урана из водных растворов по экспериментальным данным // Геохимия. — 1977. — № 11. — С. 1711–1716.
21. Миклишанский А.З., Яковлев Ю.В., Меньяйлов И.А., Никитина Л.П., Савельев Б.В. О геохимической роли поступления элементов с летучей компонентой активного вулканизма // Геохимия. — 1979. — № 11. — С. 1652–1661.
22. Домаренко В.А., Арбузов С.И. О меденосности рифейских отложений юга Енисейского кряжа // Рациональное использование природных ресурсов Сибири: Тезисы докл. научн. конф. 24–25 октября 1989 г. — Томск: ТГУ, 1989. — С. 132.

Поступила 11.01.2012 г.

УДК 553.313/.495

## УРАН И ТОРИЙ В РУДАХ БАКЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.В. Ершов, Л.П. Рихванов, А.Я. Пшеничкин, С.И. Арбузов

Томский политехнический университет  
E-mail: siarbuzov@mail.ru

Приведены данные об уровнях накопления урана и тория в разных минералогических типах руд и пород Бакчарского железорудного месторождения (Западная Сибирь). Проведен анализ связей урана и тория с другими микроэлементами. Выдвинуто предположение о составе пород области сноса.

### Ключевые слова:

Бакчарское железорудное месторождение, геохимия, уран, торий.

### Key words:

Bakchar iron ore deposit, geochemistry, uranium, thorium.

Ещё в 1945 г. В.П. Казаринов отметил возможность выявления в Западно-Сибирской впадине формации морских осадочных железных руд гетит-гидрогетит-лептохлоритового состава [1, 2]. Первые находки этих руд появились в процессе производства структурного бурения на нефть и газ в Среднем Приобье в 1947–1949 гг. трестом «Запсибнефтегеология». В 1956–1959 гг. работами опробовательской (А.А. Бабин) и поисково-разведочной (А.А. Бабин, А.П. Бердников, Е.Я. Горюхин) партий [2, 3] был изучен керн структурных скважин по долине р. Оби и всех ее крупных притоков. В резуль-

тате проведенных работ был выявлен и оконтурен крупнейший в мире Западно-Сибирский железорудный бассейн на восточной окраине Западно-Сибирской плиты, протянувшийся от Кулунды до низовьев р. Енисей, где было установлено несколько рудоносных горизонтов оолитовых железных руд и их широкое площадное распространение вдоль восточного обрамления Западно-Сибирской низменности и оконтурено наиболее перспективное Бакчарское месторождение [1–3].

В последние годы на территории Бакчарского месторождения ведутся активные работы по оцен-