

УДК 553.31:550.42:552.56

**РЕДКИЕ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
В ЖЕЛЕЗНЫХ РУДАХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО
ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ПОЯСА НА ПРИМЕРЕ
БАКЧАРСКОГО УЗЛА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

К.В. Карепина, В.А. Домаренко, Л.П. Рихванов

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

Карепина Ксения Васильевна, магистрант кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: ksusha55-89@mail.ru
Область научных интересов: геология, геохимия, минерагения.

Домаренко Виктор Алексеевич, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: viktor_domarenko@mail.ru
Область научных интересов: минерагения, геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых.

Рихванов Леонид Петрович, д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: richvanovlp@tpu.ru
Область научных интересов: геология, геохимия, минерагения, радиоэкология.

Возможности роста мощностей урановой промышленности в наше время остаются крайне ограниченными. В связи с этим был изучен Бакчарский рудный узел на предмет обнаружения минералов урана. Рассмотрены результаты анализов, полученные на электронном микроскопе – были обнаружены собственные минералы редкоземельных и радиоактивных элементов в минералах железа. Повышенные значения, выявленные по геофизическим данным, позволяют надеяться на обнаружение повышенных значений концентрации собственных минералов урана в благоприятных обстановках его осадконакопления.

Ключевые слова:

Бакчарский рудный узел, железные руды, редкие земли, гамма-активность, содержание урана и тория.

Бакчарский железорудный узел, являющийся частью Западно-Сибирского пояса, расположен в Бакчарском административном районе Томской области, в междуречье рек Андармы и Иксы, в 120...180 км к западу-северо-западу от Томска.

Оруденение локализуется в трёх горизонтах (снизу вверх) (рис. 1):

1. Верхнемеловые отложения ипатовской свиты (K_2ip).
2. Славгородская свита (K_2sl).

3. Ганькинская свита (K_2-P1gn).

Мощность железонесущей части разреза в пределах Бакчарского месторождения сильно сокращена за счет многочисленных размывов отложений и достигает всего 20...80 м.



Рис. 1. Схематическая карта Западно-Сибирского железорудного бассейна: 1 – складчатое обрамление; 2 – отложения чехла Западно-Сибирской плиты; 3 – площадь распространения мезозойско-кайнозойских отложений Западно-Сибирского железорудного пояса; 4 – железорудные узлы: а) Бакчарский; б) Колпашевский; в) Парбель-Чузыкский; г) Парбигский.

По литолого-петрографическим особенностям выделяют шесть типов руд [1, 2]: 1) плотные гетит-гидрогетитовые с сидеритовым цементом; 2) рыхлые гетит-гидрогетитовые; 3) лептохлоритовые с хлорит-сидеритовым цементом; 4) конгломератовидные лептохлоритовые с крупными оолитами; 5) сидеритовые; 6) глауконитовые с сидеритовым цементом (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1. Вещественный состав рыхлых руд Бакчарского узла

| Минерал | Содержание, % | | |
|---|---------------|---------|---------|
| | Проба 1 | Проба 2 | Проба 3 |
| Кварц | 7,2 | 21,2 | 18,8 |
| Гидрогетит | 67,9 | 57,3 | 56,9 |
| Сидерит | 0,6 | 0,2 | 0,3 |
| Кальцит | 0,5 | 0,4 | 0,4 |
| Магнезиальный хлорит | 0,8 | 2,1 | 2,3 |
| Лептохлорит | 0,9 | 0,6 | 2,4 |
| Полевые шпаты | 5,3 | 3,5 | 4,6 |
| Серицит | 4,2 | 6,0 | 5,6 |
| Каолинит | 10,6 | 7,4 | 7,3 |
| Рутил | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| Фосфаты, в том числе фосфаты РЗЭ (кулларит) | 1,6 | 1,0 | 1,1 |

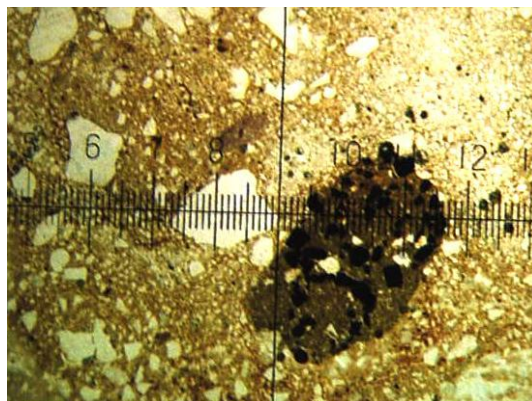


Рис. 2. Алевропесчаник с дресвяно-крупнопсаммитовой примесью и вторично окисленным гётитом, лептохлоритом и сидеритом

Анализ данных по изучению радиометрической характеристики рудовмещающей толщи и руд выявил следующие особенности: в пределах рудного узла выделяются горизонты с повышенной радиоактивностью. Первый горизонт находится на глубине до 30 м с активностью до 65 мкР/ч (рис. 3, а, б). Он протягивается по всей площади участка и литологически приурочен к серым, серо-голубым глинам с включениями древесных остатков (рис. 3, а).

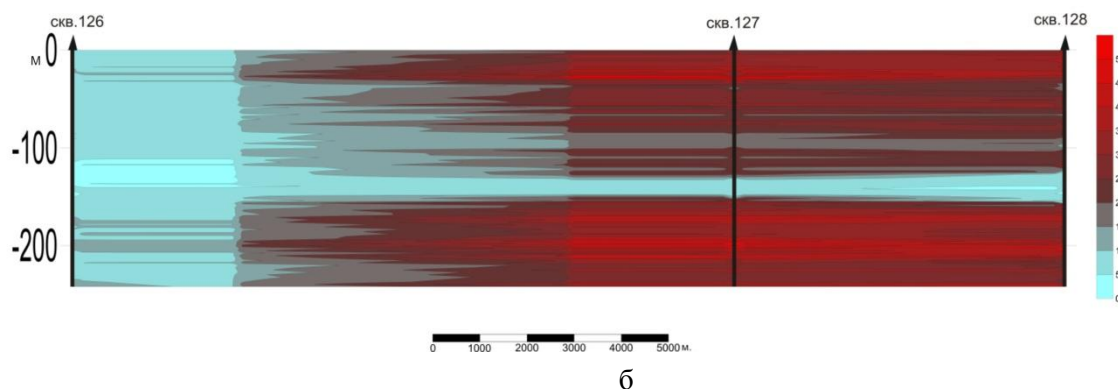
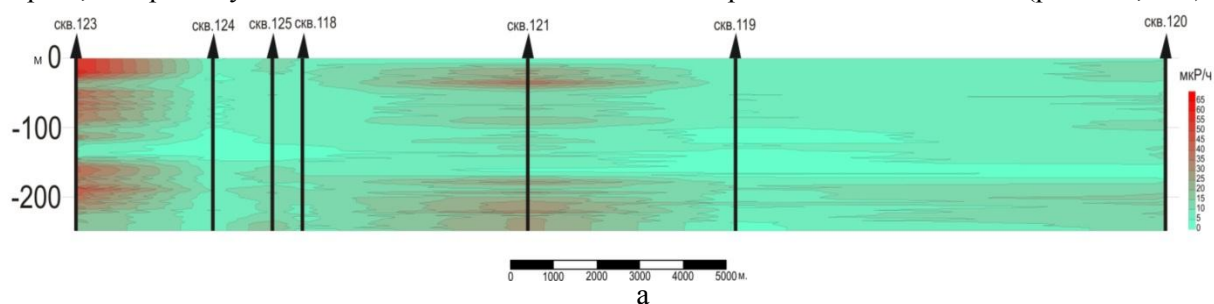


Рис. 3. Ореолы повышенной радиоактивности по данным гамма-каротажа скважин

Второй горизонт находится на глубинах от 173 до 230 м (рис. 3, б) и приурочен к рудовмещающим железоземным отложениям.

Анализ вещественного состава рудовмещающих отложений и геохимических особенностей рудоносных отложений убедительно показывает, что повышение радиоактивности связано с наличием редкоземельно-ториевой и урановой минерализации.

Для изученных железных руд характерен весьма широкий и пестрый по составу перечень компонентов. В рудах, по данным инструментального нейтронного активационного анализа, содержатся следующие попутные компоненты: Sc, Cr, Co, Sb, редкие земли и Au. Концентрации Na, Ca, Rb, Cs, Ba в них отчетливо понижены, а содержания Sr и Ag не превышают порога чувствительности анализа (табл. 2).

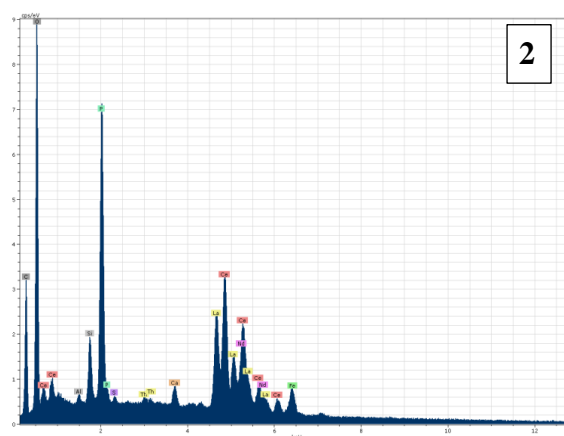
Таблица 2. Микроэлементный состав руд и рудовмещающих пород Западного участка Бакчарского месторождения по данным инструментального нейтронно-активационного анализа

| Элементы, г/т (%) | Железные руды с содержанием Fe более 30 % (среднее из 3 проб) | Железосодержащие осадки с содержанием Fe 20...30 %, (среднее из 8 проб) | Глауконит, групповая проба | Осадочные породы с содержанием Fe 10...20 % (среднее из 9 проб) | Осадочные породы с содержанием Fe менее 10 % |
|-------------------|---|---|----------------------------|---|--|
| Fe, % | 36,7...43,6 | 20...29,2 | 20,0 | 14,1...19,5 | 5,2 |
| Co | 6,6...58,2 | 17,5...39,7 | 29,6 | 22,5...30,7 | 10,9 |
| Sc | 11,9...24,8 | 18,9...39,2 | 21,4 | 10,2...28,0 | 13,5 |
| Cr | 63,2...398 | 101,1...444,3 | 249,3 | 193,1...224,9 | 276,1 |
| As | 2...3,1 | 2,1...13 | 4,7 | 0,8...4,3 | 2,0 |
| Sb | 1,1...7,4 | 1,1...8,9 | 7,2 | 1,1...2,3 | менее 1,1 |
| Ba | менее 290 | 290...663 | менее 290 | менее 290 | менее 290 |
| Sr | менее 430 | 430...694 | менее 430 | 430...913 | менее 430 |
| Rb | 40...723 | 40...290 | менее 40 | 40...171 | 129 |
| Cs | менее 1,8 | 1,8...3,4 | 4,1 | 1,8...5,8 | 3,5 |
| La | 7,2...56 | 36,8...86,4 | 71,6 | 7,2...83,3 | 23,4 |
| Ce | 86,2...410,5 | 106...385,9 | 243,0 | 56,6...112,4 | 5,6 |
| Sm | 2,1...32,8 | 10,8...28,3 | 15,1 | 1,3...17,6 | 6,0 |
| Nd | 28...81,9 | 28...95,2 | менее 28 | 28...46,2 | менее 2,8 |
| Tb | 1...5,1 | 3,7...5,9 | 6,8 | 1,1...4,7 | 1,0 |
| Eu | 1,2...9,98 | 2,4...8,7 | 3,9 | 2,9...5,7 | 1,8 |
| Lu | 0,81...1,1 | 0,31...2,0 | 0,33 | 0,61...1,8 | 0,88 |
| Yb | 2,4...5,2 | 5,6...6,9 | 2,1 | 2,4...6,5 | 2,1 |
| Hf | 0,5...3,2 | 3,8...4,7 | менее 0,5 | 0,5...5,4 | 2,2 |
| Th | 0,4...11,6 | 0,4...10,7 | 11,4 | 0,4...8,1 | менее 0,4 |
| Ca, % | 2,8...6,8 | 3...9,4 | менее 3 | 3...9,2 | менее 3 |
| Na, % | 0,07...0,1 | 0,1...0,45 | 0,08 | 0,01...0,24 | 0,3 |

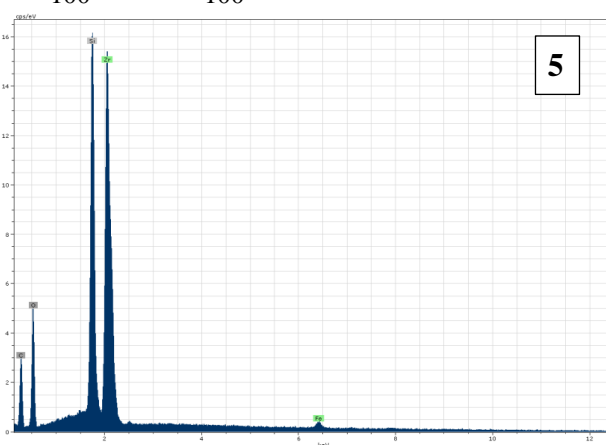
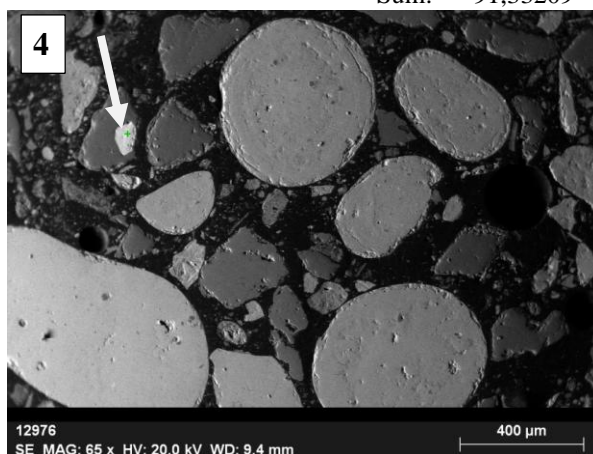
Существенные концентрации урана [3] установлены в слабосцементированных лептохлоритовых (2,6 г/т) и рыхлых оолитовых гетит-гидрогетитовых (2,5 г/т) рудах. Наименьшие уровни накопления (1,3 г/т) характерны для плотных оолитовых гетит-гидрогетитовых руд. В лептохлоритовых рудах также относительно повышены концентрации тория (14,2 г/т). Глауконитовые рудные песчаники отличаются пониженными содержаниями тория (8,2 г/т).

В отдельных пробах плотных оолитовых гетит-гидрогетитовых руд и их рыхлых разностях зафиксированы концентрации металла 8,6 и 8,0 г/т, соответственно. В последнем случае вероятно влияние диагенетических и эпигенетических процессов, ведущих к перераспределению элементов. Наибольшие концентрации урана (20 г/т) зафиксированы в плотных оолитовых гетит-гидрогетитовых рудах и их рыхлых окисленных разностях (8 г/т). В последнем случае вероятно влияние эпигенетических процессов, ведущих к перераспределению элемента (Th/U имеет урановую природу 1,5). В ряде проб радиоактивность имеет ярко выраженную урановую природу при торий-урановом отношении, снижающемся до 0,5 [4].

В породах и рудах относительно повышено содержание тория. Его максимальные содержания достигают 31 г/т в рудном концентрате (проба БК-2), а минимальные – 1 г/т. Торий, по-видимому, концентрируется в редкоземельных фосфатах, которые постоянно отмечаются в рудах (рис. 4), которые развиваются по зонам роста оолитов гетита.



| Element | AN | series | Net | [wt. %] | [norm. wt. %] | [norm. at. %] | Error in % |
|------------|----|----------|----------|----------|---------------|---------------|------------|
| Carbon | 6 | K-series | 29542 | 11,45281 | 12,53975 | 23,59532 | 1,450955 |
| Oxygen | 8 | K-series | 92167 | 40,82632 | 44,70096 | 63,1436 | 4,645545 |
| Aluminium | 13 | K-series | 2430 | 0,19531 | 0,213846 | 0,179123 | 0,035969 |
| Silicon | 14 | K-series | 23469 | 1,296154 | 1,419166 | 1,142003 | 0,081492 |
| Phosphorus | 15 | K-series | 116761 | 7,144758 | 7,822835 | 5,708033 | 0,302714 |
| Sulfur | 16 | K-series | 1750 | 0,10548 | 0,115491 | 0,081399 | 0,051482 |
| Calcium | 20 | K-series | 8928 | 0,568729 | 0,622704 | 0,35115 | 0,043081 |
| Iron | 26 | K-series | 17291 | 2,275237 | 2,49117 | 1,008137 | 0,090081 |
| Lanthanum | 57 | L-series | 96771 | 9,413034 | 10,30638 | 1,676884 | 0,353335 |
| Cerium | 58 | L-series | 136871 | 14,11967 | 15,4597 | 2,493546 | 0,691823 |
| Neodymium | 60 | L-series | 26609 | 3,099665 | 3,39384 | 0,531768 | 0,347723 |
| Thorium | 90 | M-series | 6527 | 0,834919 | 0,914158 | 0,089039 | 0,059001 |
| Sum: | | | 91,33209 | | 100 | 100 | |



| Element | AN | series | Net | [wt. %] | [norm. wt. %] | [norm. at. %] | Error in % |
|-----------|----|----------|----------|----------|---------------|---------------|------------|
| Carbon | 6 | K-series | 14638 | 8,619629 | 9,676036 | 22,72984 | 1,17194 |
| Oxygen | 8 | K-series | 24239 | 24,25091 | 27,22306 | 48,00775 | 3,073147 |
| Silicon | 14 | K-series | 120052 | 12,1233 | 13,60911 | 13,6718 | 0,543526 |
| Iron | 26 | K-series | 3437 | 1,287513 | 1,445308 | 0,730195 | 0,067129 |
| Zirconium | 40 | L-series | 185407 | 42,80089 | 48,04649 | 14,86041 | 1,65204 |
| Sum: | | | 89,08224 | | 100 | 100 | |

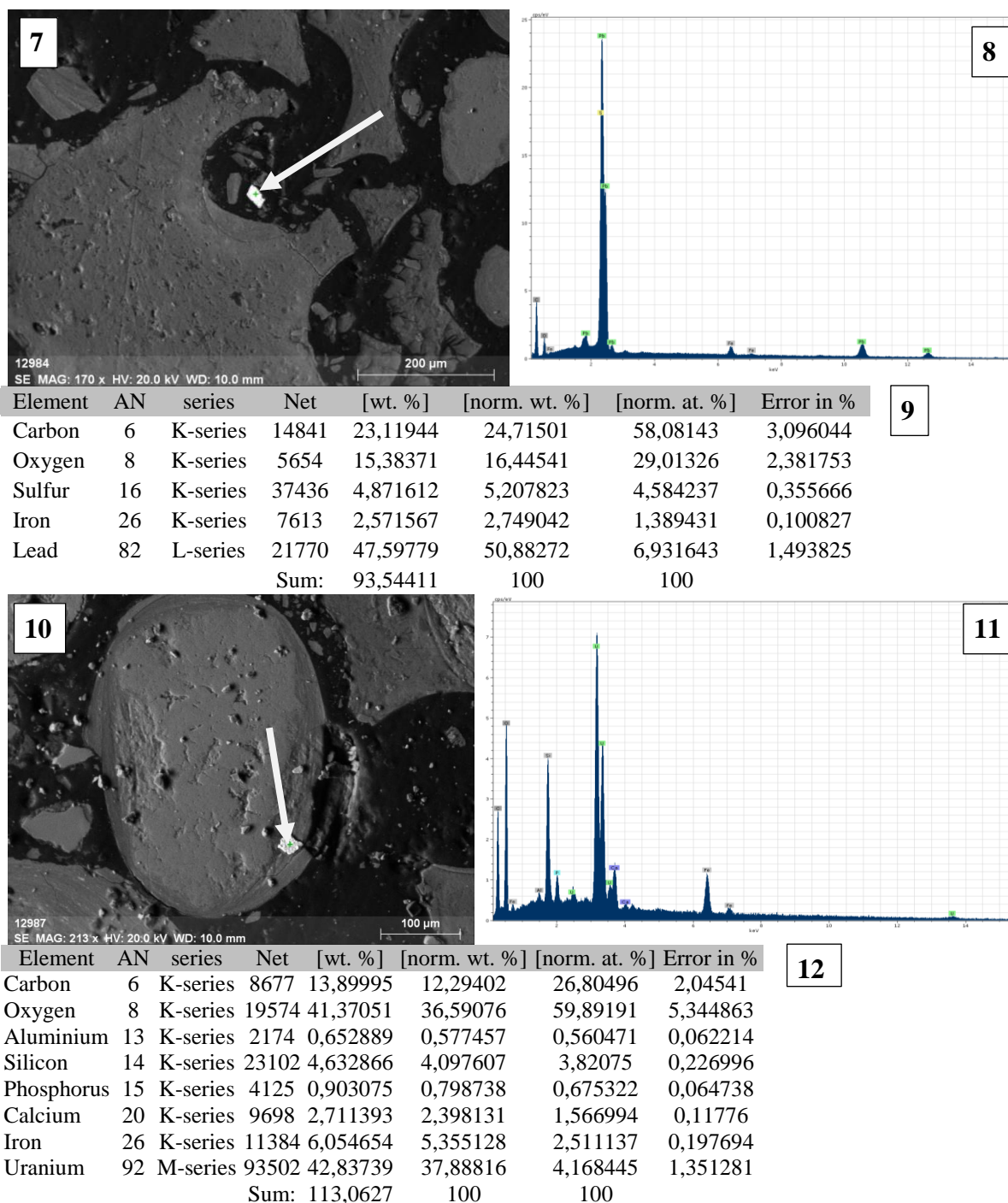


Рис. 4. Состав микровключений в оолитовых железных рудах Бакcharского проявления по данным электронной микроскопии: 1–3) редкоземельный фосфат – кулларит; 4–6) циркон; 7–9) галенит; 10–12) коффинит

При сопоставлении выборок, сгруппированных по классам содержания железа, обращает на себя внимание отчетливое увеличение концентраций мышьяка, сурьмы, скандия, редких земель и тория с ростом содержания железа. Тогда как уровни накопления золота, тантала, кальция и бария заметно снижаются с ростом концентраций железа. По всей видимости, это объясняется разными механизмами концентрирования этих элементов, что хорошо подтверждается результатами кластерного анализа (рис. 5).

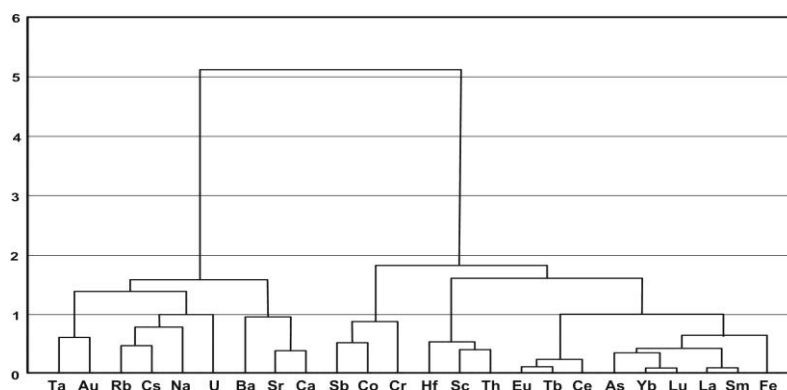


Рис. 5. Дендрограмма корреляционной матрицы выборки железных руд [3]

На дендрограмме корреляционной матрицы видно, что обособляются две ассоциации элементов – Ta, Au, Rb, Cs, Na, U, Ba, Sr, Ca и Sb, Co, Cr, Th, REE, As, Fe. Характерна тесная связь железа с редкими землями.

Полученные данные позволяют сделать следующие предварительные выводы:

1. Нахождение редкоземельных и радиоактивных элементов в виде включений собственных минералов в минералах железа могут существенно повлиять на выбор технологии обогащения и переработки железных руд Бакчарского рудного узла;
2. Наличие сравнительно повышенных концентраций радиоактивных элементов и собственных минералов урана позволяют надеяться на выявление их повышенных концентраций в обстановках, благоприятных для его концентрирования, что требует дальнейшего изучения [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гринёв О.М., Григорьева Е.А., Тюменцева Е.П. Литогеохимическая характеристика основных типов железных руд Бакчарского месторождения // в сб.: Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых / под ред. А.Ф. Коробейникова. – Томск: Изд-во ТГУ, 2010. – 189 с.
2. Домаренко В.А., Чернев Е.М., Соколов И.С. Возможности обнаружения уранового оруденения гидрогенного типа на востоке Западно-Сибирской плиты // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 11. – С. 24–32.
3. Ершов В.В., Рихванов Л.П., Пшеничкин А.Я., Арбузов С.И. Уран и торий в рудах Бакчарского железорудного месторождения // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 1. – С. 97–104.
4. Карепина К.В. Радиогеохимические особенности железноносных отложений Западно-Сибирского пояса на примере Бакчарского пояса (Томская область) // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVI Междунар. симпозиума им. академика М.А. Усова. – Томск, 2012. – С.191–194.

Поступила 23.10.2012 г.