

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 запад-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) Парабель-Чузикский; 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

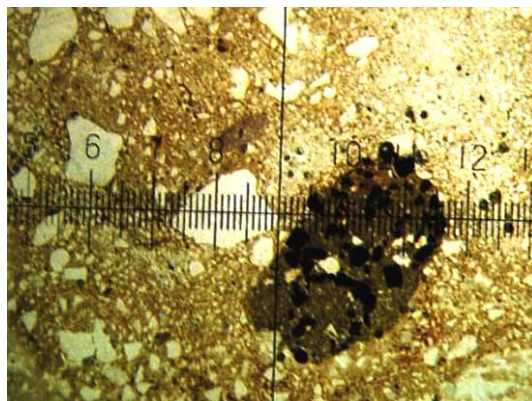


Рис. 2. Алевропесчаник с древесно-крупнопсаммитовой примесью и вторично окисленным гётитом, лептохлоритом и сидеритом

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).

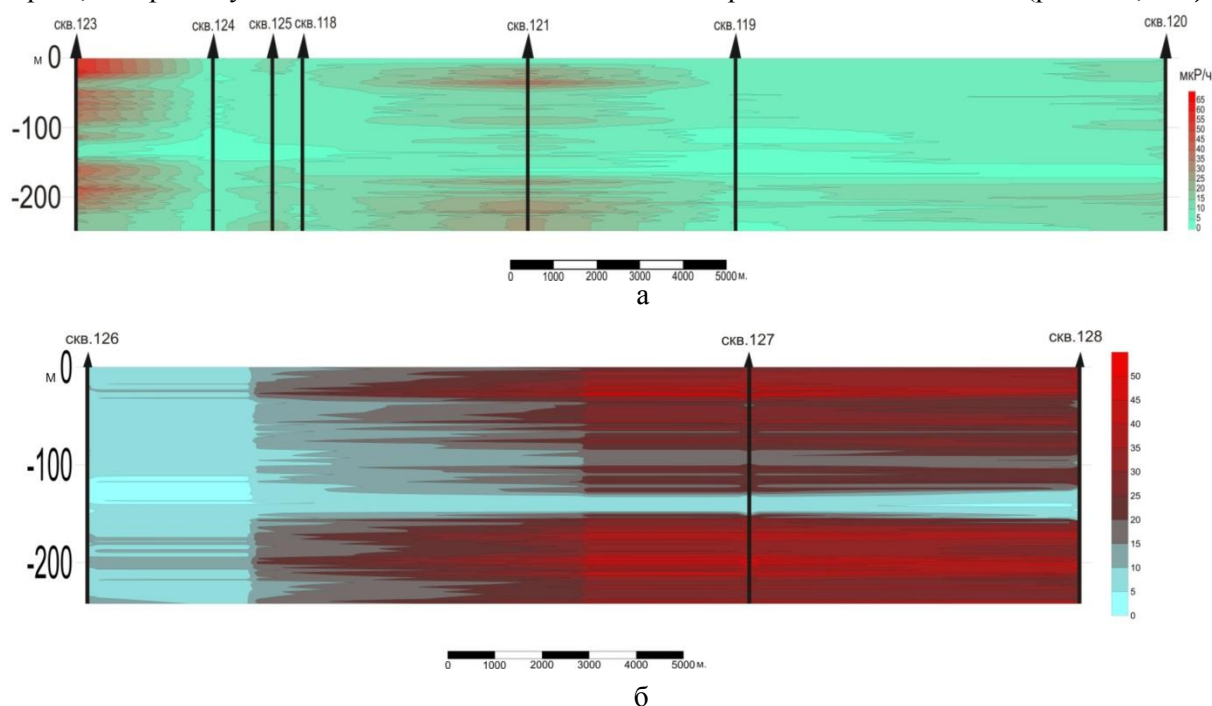


Рис. 3. Ореолы повышенной радиоактивности по данным гамма-каротажа скважин

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

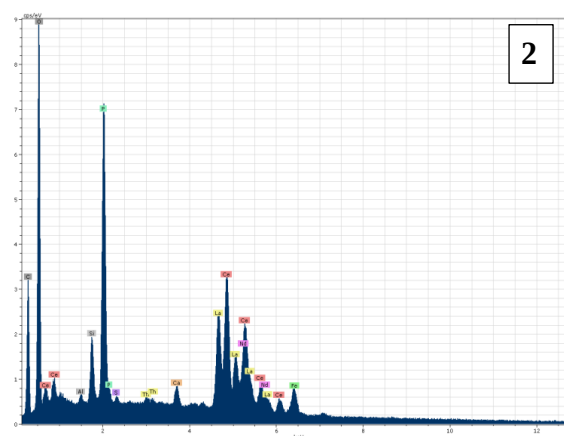
Таблица 2. Микроэлементный состав руд и рудовмещающих пород Западного участка Бакчарского месторождения по данным инструментального нейтронно-активационного анализа

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

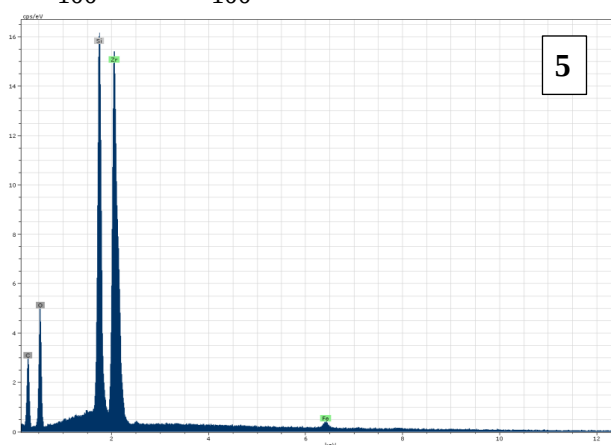
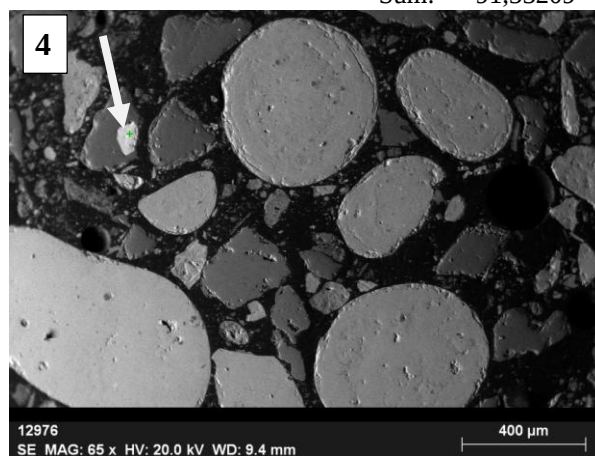
Существенные концентрации урана [3] установлены в слабосцементированных лептохлоритовых (2,6 г/т) и рыхлых оолитовых гетит-гидрогетитовых (2,5 г/т) рудах. Наименьшие уровни накопления (1,3 г/т) характерны для плотных оолитовых гетит-гидрогетитовых руд. В лептохлоритовых рудах также относительно повышены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

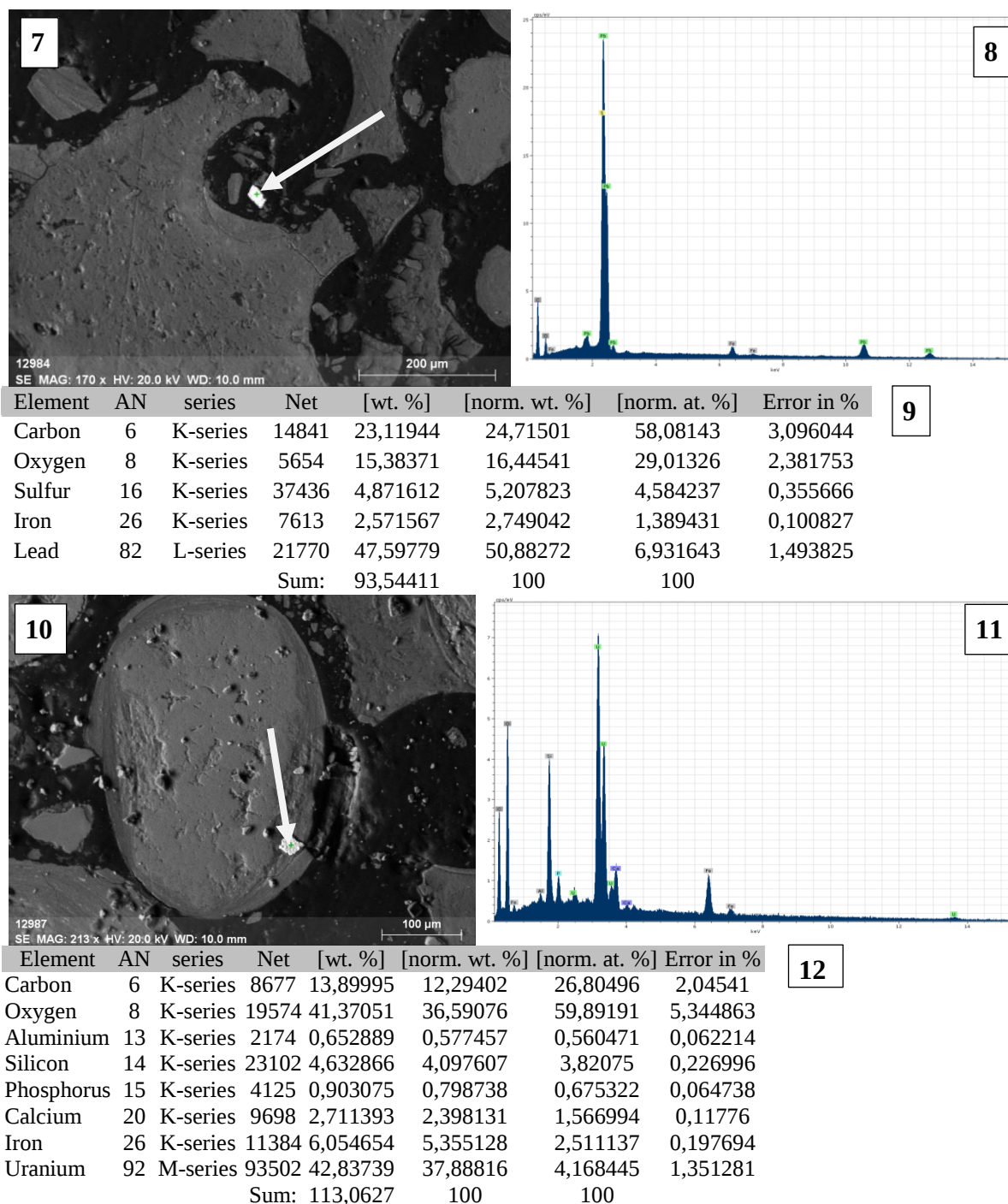


Рис. 4. Состав микровключений в оолитовых железных рудах Бакcharского проявления по данным электронной микроскопии: 1–3) редкоземельный фосфат – кулларит; 4–6) циркон; 7–9) галенит; 10–12) коффинит

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).

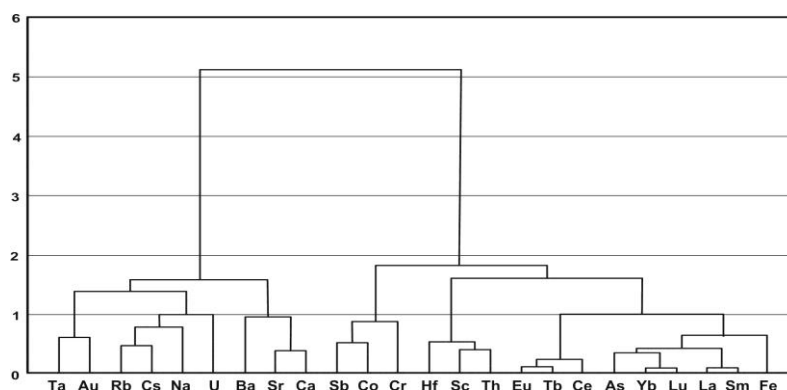


Рис. 5. Дендрограмма корреляционной матрицы выборки железных руд [3]

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., Соболев 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.