

АНОМАЛИИ РАДИОАКТИВНОСТИ И СОПУТСТВУЮЩАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ЖЕЛЕЗНЫХ РУДАХ БАКЧАРСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В.А. Домаренко, К.В. Карепина, Е.М. Чернев

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия

Повышенная радиоактивность в железозносных отложениях Бакчарского узла связана с присутствием редкоземельных и радиоактивных элементов в виде включений собственных минералов. Что может существенно повлиять на выбор технологии обогащения и переработки железных руд узла. 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.

редкоземельная минерализация, радиогеохимические особенности, уран

RADIOACTIVITY ANOMALIES AND ASSOCIATED MINERALIZATION IN IRON ORES OF THE BAKCHARSKY ORE CLUSTER (TOMSK REGION)

V.A. Domarenko, K.V. Karepina, E.M. Chernev

Increased radioactivity in ore deposits of the Bakcharsky Cluster is connected with rare earth and radioactive elements, which occur in the form of mineral spots. It can substantially influence the choice of the iron ore processing technology in the Cluster. The occurrence of relatively elevated concentrations of radioactive elements and uranium minerals makes it possible to estimate their elevated concentrations in favorable conditions for its concentrating, and it should be investigated further.

rare earth mineralization, radiogeochemical peculiarities, uranium

ВВЕДЕНИЕ

Бакчарский железорудный узел, является частью Западно-Сибирского пояса, расположен в 120–180 км к запад-северо-западу от г. Томска (рис. 1). Оруденение локализуется в трёх горизонтах (снизу вверх) (рис. 1): в отложениях ипатовской (K_2ip); славгородской (K_2sl) и ганькинской свит (K_2-P_1gn).

Мощность железозносной части разреза в пределах Бакчарского рудного узла достигает всего 20–80 м. По литолого-петрографическим особенностям выделяют шесть типов руд [2, 3, 8, 10]:

- 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 (рис. 2).

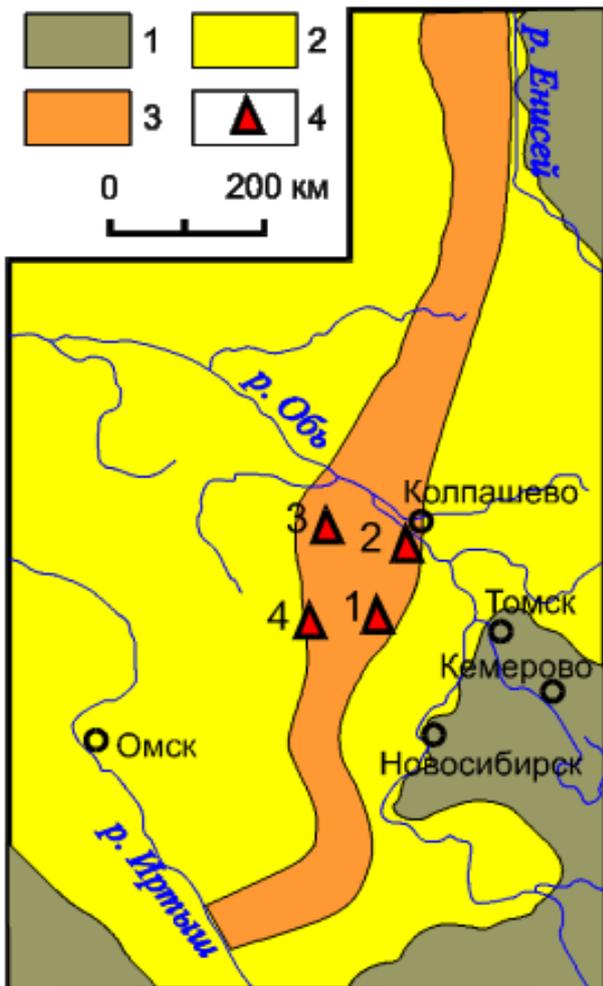


Рис. 1. Схематическая карта Западно-Сибирского железорудного бассейна [1].

1 – Складчатое обрамление; 2 – отложения чехла Западно-Сибирской плиты; 3 – площадь распространения мезозойско-кайнозойских отложений Западно-Сибирского железорудного пояса; 4 – железорудные узлы: 1 – Бакчарский, 2 – Колпашевский, 3 – Парабель-Чузыкский, 4 – Парбигский.

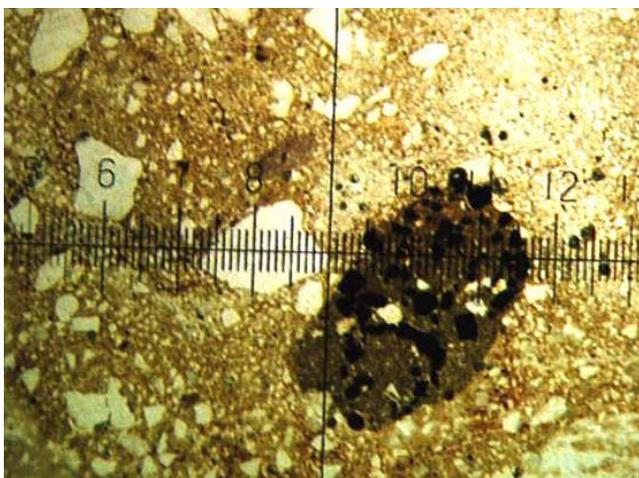


Рис. 2. Пример рудоносного алевропесчаника с вторично окисленным гётитом, лептохлоритом и сидеритом

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

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). Он протягивается по всей площади участка и литологически приурочен к серым, серо-голубым глинам с включениями древесных остатков (рис. 3а).

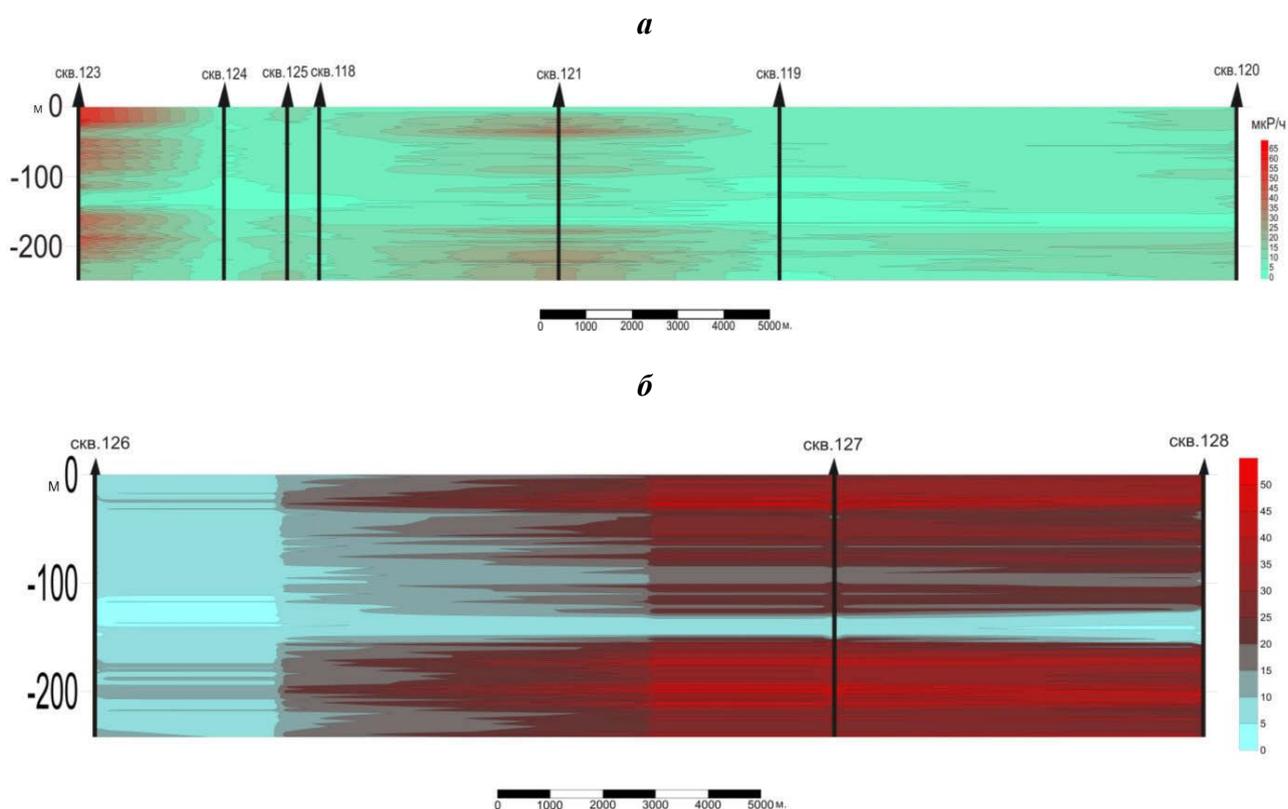


Рис. 3. Ореолы повышенной радиоактивности по данным гамма-каротажа скважин

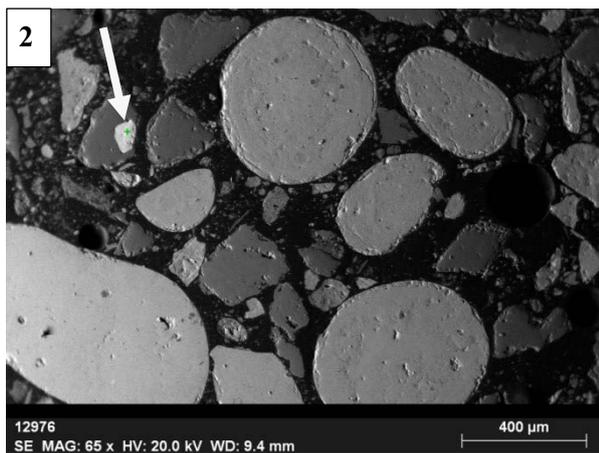
Второй горизонт находится на глубинах от 173 до 230 м (рис. 3б) и приурочен к рудовмещающим железозносным отложениям.

Анализ вещественного состава рудовмещающих отложений и геохимических особенностей рудоносных отложений убедительно показывает, что повышение радиоактивности связано с наличием редкоземельно-ториевой и урановой минерализации (рис. 4). Главными минералами, содержащими уран и торий, являются редкоземельный фосфат – кулларит ($TRPO_4$), циркон, монацит и собственный минерал урана – коффинит [7]. Большинство этих минералов встречаются в кластогенной составляющей руд и от них легко освободиться при флотации руд. Кулларит и коффинит развиты по зонам роста оолитов гётита, что может создать определённые трудности при в процессе переработки руд.

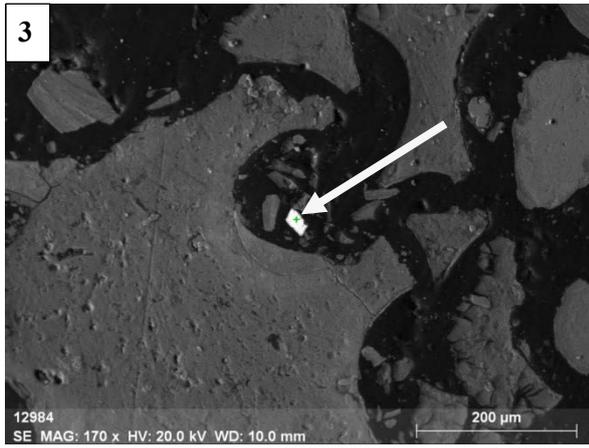
Для изученных железных руд характерен весьма широкий и пестрый по составу перечень компонентов. В рудах, по данным инструментального нейтронного активационного анализа, содержатся следующие попутные компоненты: Sc, Cr, Co, Sb, редкие земли и Au. Концентрации Na, Ca, Rb, Cs, Ba в них отчетливо понижены, а содержания Sr и Ag не превышают порога чувствительности анализа (табл. 1). Существенные концентрации урана [4, 9, 6, 7] 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).



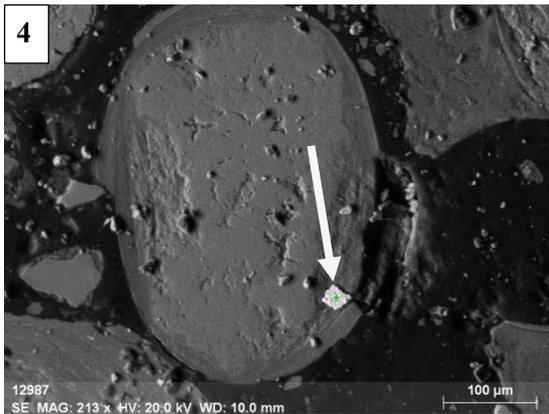
Element	AN	series	Net	[wt. %]	[norm. wt. %]	[norm. at. %]	Error in %
Carbon	6	K-series	29542	11,45281	12,53975	23,59532	1,450955
Oxygen	8	K-series	92167	40,82632	44,70096	63,1436	4,645545
Aluminium	13	K-series	2430	0,19531	0,213846	0,179123	0,035969
Silicon	14	K-series	23469	1,296154	1,419166	1,142003	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	



Element	AN	series	Net	[wt. %]	[norm. wt. %]	[norm. at. %]	Error in %
Carbon	6	K-series	14841	23,11944	24,71501	58,08143	3,096044
Oxygen	8	K-series	5654	15,38371	16,44541	29,01326	2,381753
Sulfur	16	K-series	37436	4,871612	5,207823	4,584237	0,355666
Iron	26	K-series	7613	2,571567	2,749042	1,389431	0,100827
Lead	82	L-series	21770	47,59779	50,88272	6,931643	1,493825
Sum:				93,54411	100	100	



Element	AN	series	Net	[wt. %]	[norm. wt. %]	[norm. at. %]	Error in %
Carbon	6	K-series	8677	13,89995	12,29402	26,80496	2,04541
Oxygen	8	K-series	19574	41,37051	36,59076	59,89191	5,344863
Aluminium	13	K-series	2174	0,652889	0,577457	0,560471	0,062214
Silicon	14	K-series	23102	4,632866	4,097607	3,82075	0,226996
Phosphorus	15	K-series	4125	0,903075	0,798738	0,675322	0,064738
Calcium	20	K-series	9698	2,711393	2,398131	1,566994	0,11776
Iron	26	K-series	11384	6,054654	5,355128	2,511137	0,197694
Uranium	92	M-series	93502	42,83739	37,88816	4,168445	1,351281
Sum:				113,0627	100	100	

Рис. 4. Состав микровключений в оолитовых железных рудах Бакcharского проявления по данным электронной микроскопии.

1 – редкоземельный фосфат – кулларит; 2 – циркон; 3 – галенит; 4 – коффинит.

Таблица 1. 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 по 3 пробам)	Железосодержащие осадки с содержанием Fe 20–30 %, (среднее по 8 пробам)	Глауконит, групповая проба	Осадочные породы с содержанием Fe 10–20 % (среднее по 9 пробам)	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

В отдельных пробах плотных оолитовых гетит-гидрогетитовых руд и их рыхлых разностях зафиксированы концентрации металла 8,6 и 8,0 г/т, соответственно. 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, 5, 7].

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 по зонам роста оолитов гетита (см. рис. 4).

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).

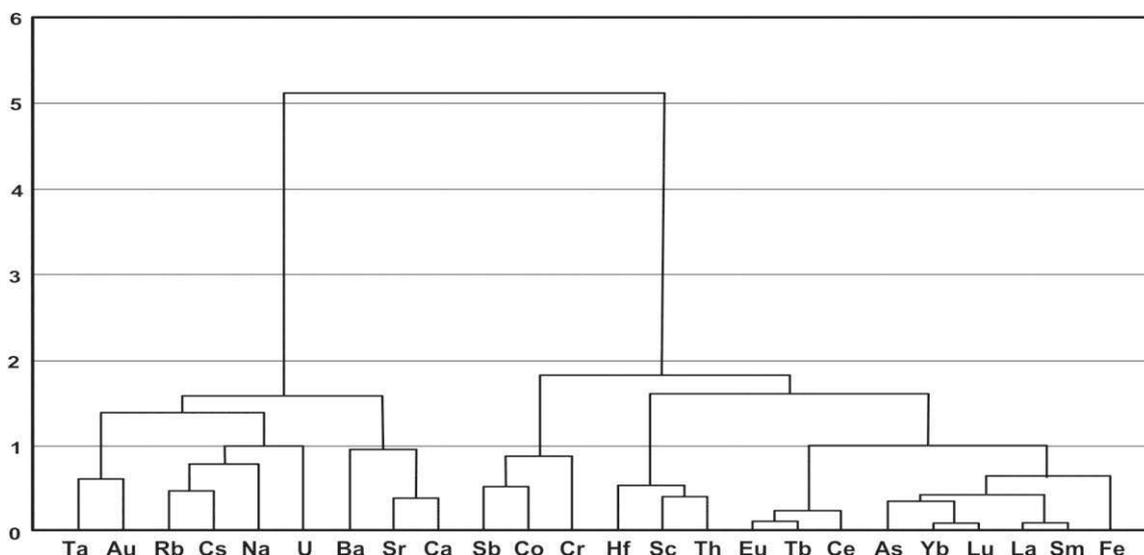


Рис. 5. Дендрограмма корреляционной матрицы выборки железных руд [3]

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 [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные позволяют сделать следующие предварительные выводы:

1. Повышенная радиоактивность бакчарских руд связана с наличием в рудах и их цементе редкоземельной и собственно урановой минерализации [5, 7];
2. Развитие редкоземельных и радиоактивных минералов по зонам роста оолитов гётита и других железистых минералов может существенно повлиять на выбор технологии обогащения и переработки железных руд Бакчарского рудного узла;
3. 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 [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердников А.П., Горюхин Е.Я. и др. Западно-Сибирский железорудный бассейн. Железорудные месторождения Сибири. Тр. ИГРИ СО АН СССР в.501. Новосибирск. Наука, 1981. С. 131–137

2. Бабин А.А. Геолого-экономическая характеристика Бакчарского и Колпашевского месторождений // Западно-Сибирский железорудный бассейн. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1964. С. 270–290.

3. 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.

4. Домаренко В.А., Соболев И.С., Чернев Е.М. К вопросу о перспективах открытия гидрогенных месторождений урана на юго-востоке Западно-Сибирской плиты // Уран: ресурсы и производство. Тезисы Второго международного симпозиума, Москва, ФГУП ВИМС, 26-28 ноября 2008. М.: ВИМС, 2008. С. 39.

5. 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.

6. 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.

7. Карепина К.В. Радиогеохимические особенности железозносных отложений Западно-Сибирского пояса на примере Бакчарского пояса (Томская область) // Труды XVI Междунар. симпозиума им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». Томск, 2012. С.191–194.

8. Николаева И.В. Бакчарское месторождение оолитовых железных руд. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1967. 129 с.

9. Пшеничкин А.Я., Коробейников А.Ф., Колпакова Н.А. К вопросу об оценке осадочных железных руд Бакчарского месторождения на благородные металлы // Материалы регион. конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока. Т. 2. Томск: ГалаПресс, 2000. С. 137–138.

10. Шор Г.М., Дитмар Г.В., Комаров Н.И. и др. О возможности выявления гидрогенного платиноидного оруденения в чехле юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. Т. 2. Кн. 2. М.: Геоинформмарк, 1995. С. 89–92.