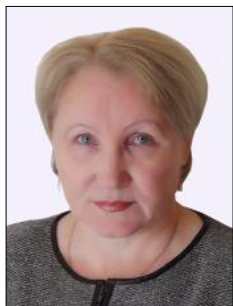


РЕДКИЕ И РАССЕЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УГЛЯХ ЗАБАЙКАЛЬЯ

RARE AND TRACE ELEMENTS IN COALS OF TRANSBAIKALIA



*Г. П. Сидорова,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
druja@inbox.ru*

*G. Sidorova,
Transbaikal State
University, Chita*



*А. А. Якимов,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
yaa76@yandex.ru*

*A. Yakimov,
Transbaikal State
University, Chita*



*Н. В. Овчаренко,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
nataovcharenko@mail.ru*

*N. Ovcharenko,
Transbaikal State
University, Chita*



*Т. О. Гуцина,
Национальный
исследовательский
технологический
университет
«МИСиС», г. Москва
tanyshkaguchina@
inbox.ru*

*T. Gushchina,
National University
of Science and
Technology «MISIS»*

Приведены общие сведения о редких и рассеянных элементах, а также кларковые содержания некоторых из них в земной коре и локализации повышенных концентраций этих элементов в углях в России и мире. Представлены данные, касающиеся наличия и содержания галлия, германия и бериллия в ископаемых углях Забайкалья, Дальнего Востока, Кузбасса, других регионов России. Выделены основные типы распределения галлия в зависимости от их нахождения в компонентах углей – органической и минеральной части. Даны значения средних содержаний галлия и германия, распределение концентрации этих элементов, а также зольности углей и извлечения германия и галлия, органического и минерального вещества углей в зависимости от плотности фракций ископаемого угля. Показаны востребованность галлия в промышленности и использование энергетических углей как источника галлия. Представлена перспективность ископаемых углей Забайкальского региона как минерально-сырьевой базы галлия, бериллия и урана. Приведены данные о содержании бериллия в бурых и каменных углях месторождений Забайкалья, некоторых районов Средней Азии и мира. Дана характеристика забайкальской металлогенической провинции на урановое ору- рудение и его влияние на содержание естественных радионуклидов и урана в ископаемых углях. обосно- вана необходимость детального изучения углей Забайкальского региона, в частности, Южно-Аргунского угленосного района, на редкие и рассеянные элементы с целью их использования как комплексного мине- рального сырья. Отмечено, что отдельные участки месторождений Забайкалья содержат в повышенных концентрациях ниобий, стронций и бор, однако оценка запасов и перспективы извлечения требуют специ- альных исследований

Ключевые слова: редкие и рассеянные элементы; ископаемые угли; зола; галлий; бериллий; уран; германий; распределение элементов; концентрация; извлечение

General information on rare and trace elements, clark content of these elements in the earth's crust and localization of elevated concentrations of these elements in the coals of Russia and the world are given. The data concerning the presence and content of gallium, germanium and beryllium in the fossil coals of Transbaikalia, the Far East, Kuzbass and other regions of Russia are presented. The main types of gallium distribution depending

on their location in the components of coal – organic and mineral parts are identified. The values of the average content of gallium and germanium, distribution of the concentration of these elements, as well as the ash content of coal and extraction of germanium and gallium, organic and mineral matter of coal, depending on the density of fossil coal fractions are presented. The article shows the demand for gallium in industry and use of energy coals as a source of gallium. The prospects of fossil coals of the Transbaikal region as a mineral resource base of gallium, beryllium and uranium are shown. The data on the content of beryllium in brown and coal deposits of Transbaikalia, some areas of Central Asia and the world are given. The characteristic of the Transbaikal metallogenic province on uranium mineralization and its influence on the content of natural radionuclides and uranium in fossil coals is given. The necessity of a detailed study of the coal of the Transbaikal region, in particular the South Argun coal-bearing area, on rare and trace elements for using them as a complex mineral raw material is described. It is noted that some areas of the Transbaikal fields contain high concentrations of niobium, strontium and boron, but the assessment of reserves and prospects for extraction require special studies

Key words: rare and trace elements; fossil coals; ash; gallium; beryllium; uranium; germanium; distribution of elements; concentration; extraction

Введение. К редким и рассеянным элементам относится большая группа химических элементов малой распространенности или рассеянности в земной коре. Они практически не встречаются в виде самостоятельных минералов, а лишь в виде примесей; применяются в современной технике, металлургии и химии. Из группы таких элементов целесообразно рассмотреть галлий, бериллий и германий, содержащиеся в углях Забайкалья в повышенных концентрациях.

Состояние и анализ проблемы. Среднее фоновое содержание галлия в углях составляет 10 г/т, локально-высокое – 30 г/т, предельное – 500 г/т угля. Кларк галлия в глинистых породах – 30 г/т. Коэффициент фоновой концентрации по отношению к кларку составляет 0,3. Галлий может рассматриваться как потенциально ценный элемент в угле. Он является постоянным спутником германия. Свойства германия и галлия очень близки. Минимальное содержание галлия для оценки его использования в промышленности принято 20 г/т в расчете на сухой уголь и в золе углей – 100 г/т. Как и другие рудные элементы, галлий распространен в углях крайне неравномерно, на отдельных участках образуя локальные повышенные концентрации [4].

В углях Приморского края, Амурской и Сахалинской областей широко распространено галлий-германиевое оруденение, приуроченное к месторождениям, залегающим в палеоген-неогеновых отложениях.

Среди них имеются промышленные германий-угольные месторождения с высокими содержаниями галлия и других металлов (скандий, золото, серебро, редкоземельные элементы). Для более древних угольных месторождений Дальнего Востока (верхняя юра-нижний мел) металлоносность углей менее характерна [1; 2].

Повышенные содержания галлия известны в других угольных месторождениях России и сопредельных стран. Широко распространен галлий (27...40 г/т) в углях Подмосковского бассейна, находящийся в ассоциации с бедным германием (2...6 г/т угля). Имеется галлий в золах Донецкого (20...200 г/т), Кузнецкого (10...90 г/т), Карагандинского (40 г/т) бассейнов и месторождений Средней Азии (90 г/т).

Аномальные содержания галлия (600 г/т и более) известны в золе углей Англии. Они тесно связаны с высокими концентрациями германия. Здесь галлий в промышленных количествах извлекают из золы углей с 1954 г. Также отмечаются высокие концентрации галлия в золах углей Германии (370 г/т), Венгрии (780 г/т), Болгарии (200 г/т), Индии (250 г/т) и других стран [10; 11].

Анализ имеющегося материала и проведенные экспериментальные исследования явились основой для выделения трех основных типов распределения галлия в углях [7].

Первый тип. Носителем галлия является минеральная часть углей, где галлий

большей частью связан с минералами глин, в которых прослеживается четкая корреляция галлия и алюминия. В этом типе с возрастанием плотности фракций разделения углей увеличивается содержание галлия в расчете как на уголь, так и на золу.

Второй тип. Галлий приурочен как к минеральной, так и органической части угольного вещества. Основными носителями галлия являются минералы глин и гелифицированное вещество, образовавшееся при разложении растительного материала в процессе углеобразования. С увеличением плотности фракций угля содержание галлия в расчете на уголь увеличивается, а на золу – снижается.

Третий тип. Галлий большей частью связан с органической частью угольного вещества. Он концентрируется в гелифицированной массе со структурными микрокомпонентами, выделяемыми во фракциях низкой плотности. С увеличением плотности продуктов разделения угля содержание галлия снижается как в расчете на уголь, так и на золу. Минеральная часть углей, в том числе и минералы глин, разубоживает содержание галлия во фракциях. В органической части углей галлий находится в форме комплексных соединений [7].

Для каждого угольного бассейна или месторождения характерен один из трех типов распределения галлия в углях (табл. 1). Германий, находящийся в тесной связи с галлием, в углях обычно проявляется в органической форме (табл. 2). Эта ассоциация характерна для угольных месторождений Забайкалья. Тесные связи германия и галлия, одинаковые формы их проявления в углях позволяют рекомендовать единую технологическую схему для извлечения этих элементов.

Галлий является важнейшим ценным элементом, имеющим большую перспективу для широкого использования в промышленности, кроме применения его в качестве добавки к металлам, резко улучшающей физико-химические их свойства, галлий находит новые области применения (лазерная и атомная техника, солнечные

элементы, новые источники энергии, стекльно-керамическая промышленность и др.). Все это стимулирует значительное расширение минерально-сырьевой базы для производства галлия. Одним из важнейших источников галлия являются энергетические угли. Несмотря на его низкие содержания, в процессе переработки углей возможно получить повышенные концентрации галлия и извлечь его совместно с германием и другими редкими элементами с высокими технико-экономическими показателями [Там же].

Среднее фоновое содержание бериллия в углях составляет 3 г/т, локально-высокое – 20 г/т, предельное – 200 г/т, кларк бериллия в глинистых породах – 3 г/т. Бериллий рассматривается как потенциально ценный элемент в угле. Максимальное его содержание для оценки использования в промышленности принято 5 г/т в расчете на сухой уголь и 20 г/т в золе угля.

В углях и углистых аргиллитах верхнеудуйской свиты Южного Сахалина выявлены высокие содержания германия и бериллия. Содержание последнего достигает 500...1000 г/т золы.

По данным опробования товарных углей на угледобывающих предприятиях по 14 месторождениям Подмосковского бассейна и 9 месторождениям Кизеловского бассейна установлены средние содержания бериллия, соответственно равные 26 и 27 г/т золы.

Аномальные содержания бериллия отмечаются в золах углей Чехии и Словакии (260 г/т), Венгрии (430 г/т), Германии (300 г/т), Бельгии (360 г/т). Наиболее высокие концентрации бериллия, достигающие 1...10 кг/т, обнаружены в золе углей США.

Несмотря в общем на небольшие концентрации бериллия в углях, во многих угольных месторождениях он имеет широкое распространение. Коэффициент встречаемости бериллия в углях равен 90...100 %. Высокие его концентрации приурочены к малозольным углям.

Таблица 1 / Table 1

Распределение галлия и компонентов угольного вещества в продуктах разделения углей по регионам России и сопредельных стран [7] / Distribution of gallium and components of the coal substance in the products of coal division according to the regions of Russia and neighboring countries [7]

Регион / Region	Плотность фракций, г/см ³ / Fraction density, g/cm ³	Галлий, г/т / Gallium, g/t		Компоненты угля, % / Components of coal, %				Тип распреде- ления / Type of distribution
		в угле / in coal	в золе / in ash	органиче- ские / organic	кварц и карбонаты / quartz and carbonates	глинистые минера- лы / clay minerals	сульфи- ды / sulfides	
Приморье / Primorie	Исходный уголь / Original coal	2,86	34,5	89,2	8,2	0,3		I
	>1,20	2,20	28,0	94,1	-	5,9	-	
	1,20-1,26	2,38	30,0	93,3	-	6,7	-	
	1,26-1,28	2,42	30,0	92,0	0,2	7,8	-	
	1,28-1,30	2,63	32,0	91,7	0,2	7,9	0,2	
	1,30-1,31	2,91	35,0	90,8	0,5	8,4	0,3	
	1,31-1,33	3,42	40,0	90,6	0,5	8,7	0,2	
	1,33-1,34	3,48	40,0	88,3	2,1	9,3	0,3	
>1,34	3,76	42,0	87,0	3,1	9,5	0,4		
Сахалин / Sakhalin	Исходный уголь / Original coal	9,17	26,0	65,4	0,7	33,9	-	II
	<1,40	5,02	75,0	93,9	0,4	5,7	-	
	1,40-1,50	7,72	60,0	86,6	1,4	12,0	-	
	1,50-1,70	8,33	35,0	77,4	1,2	21,4	-	
	1,70-1,90	10,05	22,0	54,4	1,6	44,0	-	
Донбасс / Donbass	Исходный уголь / Original coal	4,27	270	96,9	0,7	1,7	0,7	II
	<1,25	4,02	370	98,7	-	1,3	-	
	1,25-1,26	4,15	270	98,5	-	1,5	-	
	1,26-1,28	4,18	270	97,7	0,2	1,5	0,6	
	1,28-1,30	4,40	250	97,5	0,2	1,6	0,7	
	>1,30	5,60	35	87,4	1,0	10,9	0,7	
Донбасс / Donbass	Исходный уголь / Original coal	12,60	111	91,0	0,5	6,4	2,1	II
	<1,30	11,16	315	97,2	-	2,7	0,1	
	1,30-1,32	11,95	185	94,9	0,2	4,0	0,9	
	1,32-1,37	12,24	140	91,6	-	6,9	1,7	
	1,37-1,40	14,06	115	87,3	0,6	9,1	3,0	
	>1,40	14,30	53	67,8	2,2	27,2	2,8	
Приморье / Primorie	Исходный уголь / Original coal	17,44	78	80,2	3,1	16,0	0,7	III
	<1,26	19,94	160	88,8	-	10,5	0,7	
	1,26-1,28	18,80	150	88,9	-	10,5	0,6	
	1,28-1,30	17,78	140	88,2	-	10,9	0,9	
	1,30-1,32	17,25	135	88,9	0,2	10,9	1,0	
	1,32-1,35	16,98	130	87,8	0,6	11,0	0,6	
	>1,50	16,26	26	51,2	4,0	44,0	0,8	
Забайкалье / Transbaikalia	Исходный уголь / Original coal	12,02	398	96,6	0,4	2,0	1,0	
Забайкалье / Transbaikalia	Исходный уголь / Original coal	9,45	240	95,7	0,4	3,4	0,5	
	1,30-1,33	9,90	264	95,2	0,4	4,2	0,2	
	>1,33	6,09	180	94,0	0,9	4,7	0,4	

Таблица 2 / Table 2

Распределение германия при фракционировании угля и углистых пород по плотности (по В. Р. Клеру) [3] /
Distribution of germanium fractionation of coal and carbonaceous rocks according to density
(after V. R. Cler) [3]

Плотность фракций, г/см ³ / Fraction density, g/cm ³	Зольность, % / Ash content, %	Приведенная концентрация / Concentration		Извлечение германия, % / Extraction germanium, %	Извлечение, % Extraction, %	
		на всю массу / for entire mass	на органическое вещество / on organic substance		органического вещества / organic substance	минерального вещества / mineral substance
Исходный уголь Б-1 / Original coal B-1	50	1	1	100	100	100
<1,3	27	1,9	1,29	92	77,9	26,1
1,3-1,4	36	1,09	0,79	4,2	5,7	3,0
1,4-1,5	62	0,18	0,28	0,6	2,9	5,0
1,5-1,6	73	0,09	0,16	0,9	4,0	13,6
1,6-1,7	76	0,06	0,13	0,5	3,0	13,3
1,7-1,8	80	0,09	0,24	1,1	3,0	19,2
1,8-2,0	78	0,06	0,12	0,5	3,0	15,6
>2,0	82	0,05	0,12	0,1	0,44	4,1
Исходный уголь Б-2 / Original coal B-2	22	1	1	100	100	100
<1,3	3	0,69	0,52	20	36,9	3,6
1,3-1,4	8	1,6	1,3	55,8	41,6	12,0
1,4-1,5	25	1,15	1,1	7,4	6,0	7,0
1,5-1,6	39	0,97	1,1	6,1	5,1	11,8
1,6-1,8	52	0,58	0,88	5,4	5,2	22,1
>1,8	66	0,26	0,55	4,0	5,1	43,4
Исходный уголь Б-3 / Original coal B-3	16	1	1	100	100	100
<1,4	6	1,12	1,01	54	44,7	15,1
1,4-1,8	17	0,63	0,65	39,8	49,8	56,1
>1,8	36	0,55	0,71	6,2	7,0	22,1
Исходный уголь Д / Original coal D	28	1	1	100	100	100
<1,4	4	1,78	1,35	65,5	51,2	5,2
1,4-1,6	13	0,56	0,47	10,6	23,2	9,0
1,6-1,8	32	0,65	0,69	6,0	9,1	11,3
>1,8	59	0,51	0,91	17,6	16,9	74,6
Исходный уголь Г / Original coal G	10	1	1	100	100	100
<1,27	3	1,22	1,15	44,5	40,1	9,4
1,27-1,29	4	0,90	0,84	14,2	17,1	5,6
1,29-1,31	4	0,95	0,90	8,2	9,4	3,2
1,31-1,33	5	1,07	1	11,1	10,8	4,9
>1,33	24	0,44	0,52	16,6	23,5	69,6
Алевролит углистый / Carbon bearing silt	65	1	1	100	100	100
<1,3	1,6	1,6	0,51	17,5	31,7	3,7
1,3-1,4	45	2,9	1,45	17,1	10,8	4,1
1,4-1,5	53	2,26	1,38	23,2	15,3	8,4
1,5-1,6	60	1,6	1,26	13,0	9,8	7,5
1,6-1,7	71	0,68	0,88	4,3	4,8	7,0
1,7-1,8	76	0,46	0,85	5,0	5,8	12,4
>1,8	78	0,41	0,91	19,5	22,0	56,9
Аргиллит углистый / Carbon bearing mudstone	67	1	1	100	100	100
<1,3	23	2,8	1,25	30,5	28	4
1,59-2,0	47	1,67	1	36,4	36	16
>2,0	78	0,47	0,62	33,1	36	80

Бериллий преимущественно связан с органической частью углей, в основном с его гелифицированными компонентами. В продуктах разделения угля зола легких фракций содержит в три-пять раз больше бериллия, чем зола исходных углей. Отмечается уменьшение его содержания с увеличением метаморфизма углей.

Извлечение бериллия во фракции различной плотности исследовано на углях Кок-Янгакского месторождения (Средняя Азия), содержащих бериллий в золе 130 г/т. Во фракциях угля с плотностью менее 1,3 г/см³ выделен концентрат бериллия с выходом 62,6 % и извлечением его 54,7 %. В золе концентрата содержание бериллия составило более 400 г/т. Столь низкое извлечение бериллия обусловлено тем, что он при сжигании углей образует тонкодисперсную пыль, которая плохо улавливается электрофильтрами.

Редкие и рассеянные элементы в углях Забайкалья. Забайкальские угли имеют повышенные концентрации галлия, тесно связанные с германием. Среднее содержание галлия в золе германиеносных углей составляет 77 г/т, в негерманиеносных – 22,8 г/т. Наибольшие содержания галлия в рассматриваемом регионе приурочены к наиболее богатому германий-угольному Тарбагатайскому месторождению. Установлено, что среднее отношение германий-галлий в германиеносных углях составляет 1 : 0,2, в негерманиеносных – 1 : 3,5. Галлий отличается широким распространением в углях. Его коэффициент встречаемости равен 80...100 % [1; 4].

В бурых углях Забайкалья отмечаются повышенные содержания бериллия. Наличие бериллия в углях не случайно и обусловлено пространственной обнаженностью угольных и редкометалльных месторождений. Последние включают промышленные запасы бериллия и входят в состав крупнейшей в России Забайкальской бериллиеносной провинции [Там же].

Концентрация бериллия имеет практическое значение. В золах германийсодержащих углей Тарбагатайского и Мордойского месторождений содержание бериллия со-

ответственно равно 28 и 50 г/т. В золе углей отдельных локальных участков и пластов Красночикойского (27 г/т), Запуланского (31...45 г/т), Пограничного (25-64 г/т), Бадинского (38 г/т) и Буртуйского (21 г/т) месторождений. Его высокие содержания отмечаются в углях Читкандинского месторождения – 300 г/т [3].

Для Забайкальской металлогенической провинции характерно урановое оруденение. В ее пределах известны промышленные месторождения и рудопроявления урана. Поскольку некоторые крупные урановые месторождения тесно связаны с углями (США, Германия, Швеция и др.), то можно ожидать высокие концентрации урана и в угольных месторождениях Забайкальского региона. Наиболее изученным в этом направлении является Уртуйское бурогольное угольное месторождение, расположенное вблизи Стрельцовского уранового узла. На месторождении выявлены запасы угля с повышенным содержанием урана. Отмечаются повышенные концентрации естественных радионуклидов и на отдельных участках месторождений Южно-Аргунского угленосного района [5; 8]. В настоящее время в данном районе проводятся детальные исследования в этом направлении авторами статьи при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант РФФИ 18-05-00397). Забайкальская металлогеническая провинция имеет перспективу для урано-угольных месторождений, особенно находящихся вблизи промышленных месторождений урана. Данный вопрос требует дополнительных научных исследований [6].

На отдельных локальных участках угольных месторождений Забайкалья отмечаются повышенные содержания ниобия, стронция и бора. Однако из-за низкой изученности распределения их в углях, форм нахождения и отсутствия технологических решений по извлечению этих элементов [9] сделать какие-либо выводы по их использованию можно только после проведения специальных исследований.

Выводы. Темпы развития высокотехнологичных производств напрямую зави-

сят от наличия на мировом рынке редких и рассеянных элементов, дефицит которых зачастую ставит под угрозу реализацию перспективных сверхсовременных проектов. Истощение сырьевой базы руд редких и редкоземельных элементов предопределяет поиск альтернативных источников этого сырья. Природная локализация этих элементов в ископаемых углях отмечается во многих мировых регионах угледобычи, в том числе в Забайкалье. Однако недостаточная изученность распределения редких

и рассеянных элементов в забайкальских углях и несовершенство или отсутствие научной и технологической базы для их извлечения является серьезным сдерживающим фактором развития этого направления в регионе. Целевое финансирование исследований, направленных на решение таких проблем, положительно отразится на Забайкалье в будущем, как на ключевом игроке в производственной отрасли редких и рассеянных элементов в России.

Список литературы

1. Арбузов С. И., Ершов В. В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. Томск: Д-Принт, 2007. 468 с.
2. Гуревич А. Б., Волкова Г. М., Гаврилова О. И. Угольная база России. Т. 4. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Тунгусский и Таймырский бассейны, месторождения Забайкалья). М.: Геоинформмарк, 2001. 493 с.
3. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения / В. Р. Клер, В. Ф. Ненахова, Ф. Я. Шпирт [и др.]. М.: Наука, 1988. 256 с.
4. Наркелон Л. Ф., Офицеров В. Ф. Комплексное использование ископаемых углей. Чита: Поиск, 2000. 270 с.
5. Овсейчук В. А., Сидорова Г. П. Качество углей Кутинского бурогоугольного месторождения // Кулагинские чтения: техника и технология производственных процессов: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. Чита, 2014. С. 288–294.
6. Овсейчук В. А., Сидорова Г. П. Ураноносность бурых углей Забайкалья. Чита, 2012. 198 с.
7. Ратынский В. М., Жаров Ю. Н. О галлии в ископаемых углях // Литология и полезные ископаемые. 1980. № 5. С. 38–48
8. Сидорова Г. П., Овчаренко Н. В. Оценка радиационного состояния территории Уртуйского бурогоугольного разреза // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 1. С. 92–100.
9. Шпирт М. Я. Формы соединений микроэлементов и их превращение при переработке твердых горючих ископаемых // Химия твердого топлива. 2004. № 6. С. 62–84.
10. Beatriz Gutierrez, Carmen Pazos, Jose Coca. Recovery of gallium from coal fly ash by a dual reactive extraction process // Waste Management & Research. 1997. no. 15. P. 371–382.
11. WenFeng Wang, Yong Qin, XinHua Liu, JianLin Zhao, JunYi Wang, GuoDai Wu, JiongTian Liu. Distribution, occurrence and enrichment causes of gallium in coals from the Jungar Coalfield, Inner Mongolia // Science China Earth Sciences. 2011. Vol. 54. P. 1053–1068.

References

1. Arbuzov S. I., Ershov, V. V. *Geokhimiya redkih elementov v uglyah Sibiri* (Geochemistry of Rare Elements in the Coals of Siberia). Tomsk: D-Print, 2007. 468 p.
2. Gurevich A. B., Volkova G. M., Gavrilova O. I. *Ugolnaya baza Rossii. T. 4. Ugolnye basseyny i mestorozhdeniya Vostochnoy Sibiri (Tungusskiy i Taymyrskiy basseyny, mestorozhdeniya Zabaykaliya)* (The coal base of Russia. Vol. 4. Coal basins and deposits of Eastern Siberia (Tungusky and Taimyr basins, deposits of Transbaikalia)). Moscow: Geoinformmark, 2001. 493 p.
3. *Metallogeniya i geokhimiya uglunosnyh i slantsesoderzhashchih tolshch SSSR. Zakonomernosti kontsentratsii elementov i metody ih izucheniya* (Metallogeny and geochemistry of coal-bearing and shale-bearing strata of the USSR. Patterns of concentration of elements and methods for studying them) / V. R. Claire, V. F. Nenaikova, F. Ya. Shpirt (ets.). Moscow: Science, 1988. 256 p.
4. Narkelyun L. F., Ofitserov V. F. *Kompleksnoe ispolzovanie iskopaemyh ugley* (Complex use of fossil coal). Chita: Poisk, 2000. 270 p.

5. Ovseychuk V. A., Sidorova G. P. *Kulaginskije chteniya: tehnika i tehnologiya proizvodstvennyh protsessov: materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (Kulagin readings: technique and technology of production processes: materials of the XIV Intern. scientific-practical conf.). Chita, 2014, pp. 288–294.
6. Ovseychuk V. A., Sidorova G. P. *Uranosnost buryh ugley Zabaykaliya* (Uranium bearing of Transbaikalian brown coal). Chita, 2012, 198 p.
7. Ratynsky V. M., Zharov Yu. N. *Litologiya i poleznye iskopaemye* (Lithology and minerals), 1980, no. 5, pp. 38–48.
8. Sidorova G. P., Ovcharenko N. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining Informational and Analytical Bulletin), 2018, no. 1, pp. 92–100.
9. Shpirt M. Ya. *Himiya tverdogo topliva* (Chemistry of solid fuels), 2004, no. 6, pp. 62–84.
10. Beatriz Gutierrez, Carmen Pazos, Jose Coca. *Waste Management & Research* (Waste Management & Research), 1997, no. 15, pp. 371–382.
11. WenFeng Wang, Yong Qin, XinHua Liu, JianLin Zhao, JunYi Wang, GuoDai Wu, JiongTian Liu. *Science China Earth Sciences* (Science China Earth Sciences), 2011, vol. 54, pp. 1053–1068.

Коротко об авторах

Сидорова Галина Петровна, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: проблемы освоения угольных месторождений
druja@inbox.ru

Якимов Алексей Алексеевич, канд. техн. наук, доцент, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: открытая геотехнология
yaa76@yandex.ru

Овчаренко Наталья Валерьевна, аспирант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геология угольных месторождений
nataovharenko@mail.ru

Гущина Татьяна Олеговна, аспирант, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия. Область научных интересов: физико-химия углей
tanyshkagychina@inbox.ru

Briefly about the authors

Sidorova Galina, doctor of technical sciences, professor, Transbaikalian State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: problems of coal deposits development

Alexey Yakimov, candidate of technical sciences, associate professor, Transbaikalian State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: technology of opencast mining

Natalia Ovcharenko, postgraduate, Transbaikalian State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: geology of coal deposits

Tatiana Gushchina, postgraduate, National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia. Sphere of scientific interests: physics and chemistry of coal

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-00397.

Образец цитирования

Сидорова Г. П., Якимов А. А., Овчаренко Н. В., Гущина Т. О. Редкие и рассеянные элементы в углях Забайкалья // *Вестн. Забайкал. гос. ун-та*. 2019. Т. 25. № 2. С. 26–33. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-2-26-33.

Sidorova G. P., Yakimov A. A., Ovcharenko N. V., Gushchina T. O. Rare and trace elements in coals of Transbaikalia // *Transbaikalian State University Journal*, 2019, vol. 25, no. 2, pp. 26–33. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-2-26-33.

Статья поступила в редакцию: 10.01.2019 г.
Статья принята к публикации: 28.01.2019 г.