

12. О некоторых электрофизических свойствах кварцитов / Сальников В.Н., Монингер Г.Г., Заверткин С.Д., Коровкин М.В., Долгов И.В. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 1994. - № 3 - С. 89-99.

13. Радиоактивные элементы в кварцитах Антоновского рудника и проблемы экологической минералогии / Сальников В.Н., Монингер Г.Г., Коровкин М.В., Горенинский В.В., Долгов И.В., Токаренко Г.Г. // Радиоактивность и радиоактивные элементы в окружающей среде. Материалы Международной конф., посвященной столетию со дня открытия явления радиоактивности и столетию Томского политехнического университета, 22 - 24 мая 1996 г. - Томск, 1996. - С. 164 - 167.

14. Комплексное использование кварцитов в качестве высокочистого кварцевого сырья / Долгов И.В., Любкин И.В., Горенинский В.В., Ананьева Л.Г., Коровкин М.В. // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России, 18-23 сентября 2000 г. - Томск, 2000. - Т.2. - С.162-163.

15. Долгов И.В., Коробейников А.Ф., Коровкин М.В. Кварциты Антоновской группы месторождений / Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Материалы науч. конф. - Томск, ТПУ, 2000. - С.117-121.

16. Богатырев А.И., Татаревская Т.Г. Сопоставление данных разведки и эксплуатации, обоснование оптимальной плотности сети при детальной и эксплуатационной разведке месторождения кварцитов "Сопка-248" / Отчет по договорным работам с Антоновским рудоуправлением ПО "Сибруда", Новокузнецк, 1985, № гос.рег. 13-83-59/6. - 301 с.

17. Волков Ф.П. Антоновское месторождение кварцитов / Отчет о результатах геолого-разведочных работ в 1934, 1935 гг. - Новокузнецк, 1934, 1935. Материалы IV отдела фондов КМК.

18. Радугин К.В. О стратиграфии и тектонике северо-западного выступа Кузнецкого Алатау. - Новокузнецк, 1928. Фонды ЗСГУ.

19. Сараев В.А. О номенклатуре и классификации кремнистых пород // Известия Томского политехнического института. - 1976. - Т.264. - С. 84-91.

20. Особенности люминесценции кварцитов разных технологических марок / Монингер Г.Г., Долгов И.В., Горенинский В.В., Сальников В.Н., Коровкин М.В., Токаренко Г.Г. // Закономерности эволюции земной коры. Тезисы докладов Международной конф. - Санкт-Петербург, Россия, 1996. - Т. 2. - С. 277.

21. Ревнивцев В.И., Азбель Е.И., Баранов Е.Г. Подготовка минерального сырья к обогащению и переработке. - М., 1987. - 164 с.

22. Росляк А.Т., Бирюков Ю.А., Пачин В.Н. Пневматические методы и аппараты порошковой технологии. - Томск: Изд-во Томского ун-та, 1990. - 272 с.

23. Гинсар В.Е., Десятов В.А. и др. Технологические средства изменения и регулирования температуры для реализации термических технологических процессов полупроводниковой электроники. / Электронные материалы. Труды Всес. конф. - Новосибирск, 1991г. - С.68-79.

УДК 553.94(571.5):553.078

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ УГЛЕЙ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Арбузов С.И., Рихванов Л.П., Ершов В.В.

В статье представлены результаты изучения редкометального потенциала угольных месторождений и бассейнов Средней Сибири. Дана информация об уровнях накопления и закономерностях распределения элементов в углях, приведены сведения о промышленно значимых концентрациях редких металлов и определена геохимическая специализация отдельных бассейнов и месторождений. Сделан вывод о высоком редкометальном потенциале угольных бассейнов Сибири.

Уголь традиционно с древнейших времен и по настоящее время используется человечеством в качестве основного энергетического источника. Вместе с тем, проведенные в последние 40 – 50 лет исследования в различных угольных бассейнах и месторождениях мира показали, что некоторые угольные месторождения могут рассматриваться не только как источник

углеводородного сырья, но и в качестве потенциальной сырьевой базы различных металлов. В углях и золах углей установлены промышленно значимые содержания, а в некоторых случаях оценены запасы германия, урана, золота, ниобия, редкоземельных и других элементов. Сведения о содержании элементов-примесей в них позволяют решать не только сырьевые, но и технологические и экологические проблемы. Так, изучение концентраций ртути в углях Сибири позволило оценить ее годовую эмиссию в атмосферу за счет сжигания угля в объеме 50 – 60 тонн [1].

В Сибирском регионе сосредоточено около 30% мировых ресурсов угля [2,3]. Здесь расположены уникальные по масштабам угленосные бассейны, такие как Западно-Сибирский, Тунгусский, Ленский и др. Эксплуатируется крупнейший в мире по запасам коксующихся углей Кузнецкий бассейн. Рациональное использование такого природного богатства невозможно без всеобъемлющей информации о его составе и свойствах. Поэтому одной из важнейших задач геологической службы является всестороннее исследование угленосных отложений. Одно из таких направлений – это изучение их металлогенических и геохимических особенностей.

За последние десятилетия накоплен огромный материал о содержании и распределении элементов-примесей в угольных месторождениях и бассейнах Сибири. Однако в основной своей массе он не систематизирован. Имеющиеся обобщения, как правило, ограничены по спектру изученных элементов и базируются в большинстве случаев на данных полуквантитативного спектрального анализа. В настоящем сообщении приведены предварительные результаты специализированного изучения редкометалльного потенциала углей отдельных месторождений и бассейнов Средней Сибири (рис.1).

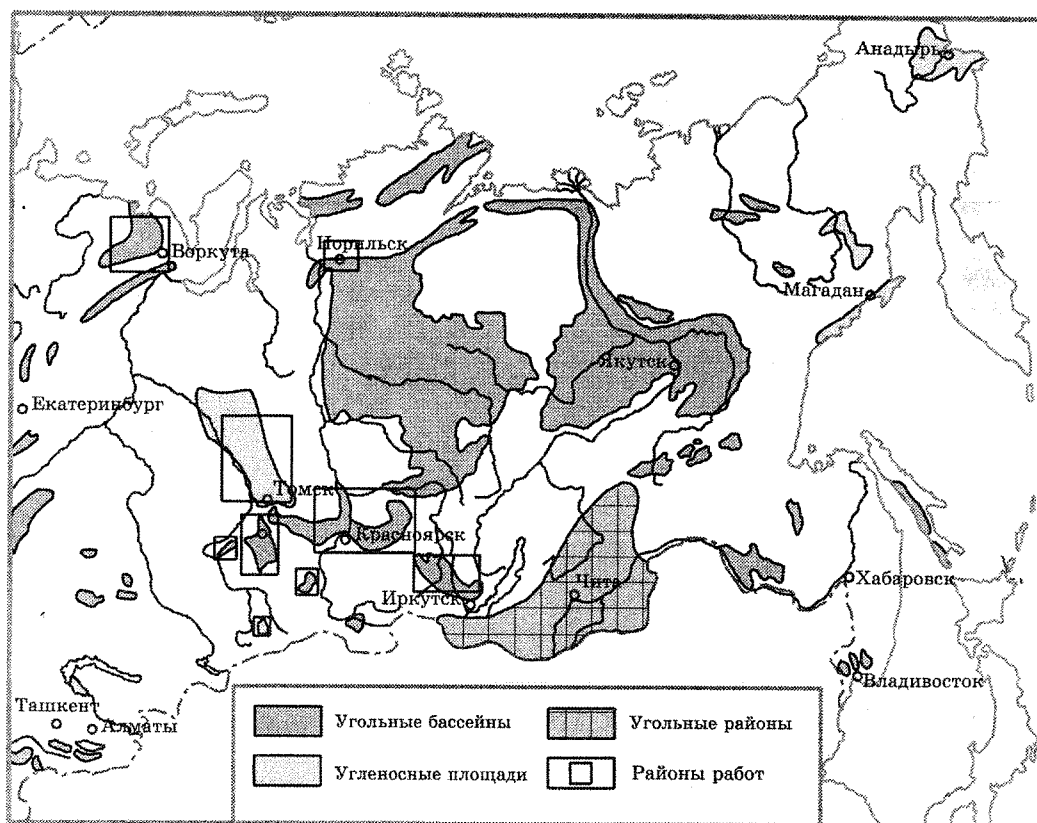


Рис.1. Схема размещения бассейнов и основных угленосных площадей на территории Сибири

Проведенные исследования базируются на данных нейтронно-активационного (табл.1), рентгено-флуоресцентного и других количественных методов анализа, позволяющих с высокой чувствительностью определять содержание большой группы элементов непосредственно в угле без предварительного озоления. Прямое определение позволяет исключить потери элементов в процессе термической обработки проб.

Изученные месторождения угля разнообразны по возрасту и условиям образования.

Таблица 1

Содержание элементов-примесей в угольных месторождениях и бассейнах Средней Сибири, г/т.

Элемент	Барзаское месторожде- ние	Кузнецкий бассейн	Минусин- ский бассейн	Горловский бассейн	Курское месторож- дение	Тунгусский бассейн	Западно-Сибирский бассейн		Иркутский бассейн	Канско- Ачинский бассейн	Пыжинское месторожде- ние	Талду- Дюринское месторожде- ние
							P	I-K				
Sc	4,5	3,7	9,4	0,8	6,7	6,3	12,5	18,1	5,7	4,5	3,9	9,2
La	25,0	10,1	15,0	8,9	37,9	12,7	18,8	9,7	12,3	7,4	6,0	7,4
Ce	28,6	18,4	33,7	12,4	43,3	28,1	26,5	17,9	14,9	17,1	6,3	6,7
Sm	5,8	1,8	2,3	1,3	4,7	2,8	4,6	2,3	2,9	1,5	1,3	2,0
Eu	1,4	0,45	0,75	0,21	1,4	0,73	1,6	0,91	0,66	0,5	0,55	0,7
Tb	0,41	0,40	0,50	0,24	0,74	0,32	0,53	0,26	0,45	0,26	0,23	0,34
Yb	1,1	1,1	1,3	0,6	2,0	1,6	2,2	1,6	1,4	1,2	0,59	1,3
Lu	0,3	0,33	0,5	0,04	0,53	0,37	0,78	0,36	0,28	0,31	0,24	0,73
Rb	25,0	13,3	3,0	<1	14,7	2,6	3,2	6,4	<1	5,3	15,3	15,1
Cs	1,1	1,3	0,4	<0,01	0,93	0,48	1,0	0,94	0,06	0,5	1,4	1,6
As	<1	7,5	2,3	55,2	<1	25,5	50,6	17,4	3,7	<1	8,4	32,8
Sb	1,1	0,35	1,3	0,32	0,23	0,91	0,49	4,0	0,71	0,25	0,53	1,1
Ta	0,61	0,33	0,26	<0,05	0,48	0,21	0,12	<0,05	0,22	0,23	0,06	<0,05
Cr	39,1	20,2	21,7	3,4	24,3	26,4	62,4	31,8	16,7	25,1	20,9	32,3
Co	3,9	7,5	21,9	5,0	7,0	10,2	17,6	19,0	8,3	8,6	6,2	18,3
Ba	289	413	117	132	641	316	67	167	16,5	430	91	369
Sr	163	212	310	<7	702	414	57	64	36	285	36	410
Hf	1,8	1,8	2,5	0,46	2,6	1,7	2,0	2,2	1,0	2,2	0,69	0,82
Th	2,1	3,4	2,7	0,5	4,1	3,1	3,6	2,1	2,8	2,5	1,0	1,1
U	5,0	2,8	3,0	<0,5	1,4	7,0	4,2	2,4	1,8	8,3	0,93	2,4
Na, %	0,11	0,22	0,2	0,03	0,18	0,08	0,12	0,07	0,03	0,12	0,15	0,19
Fe, %	1,7	0,9	1,3	0,36	0,9	1,7	1,4	0,25	0,76	1,4	3,5	3,2
Ca, %	1,29	0,77	0,7	<0,01	4,03	3,8	2,84	0,05	0,35	1,8	1,3	4,2
Au, мг/г	2,7	Н.д.	3,3	Н.д.	2,5	2,0	1,2	2,3	3,8	1,2	6,5	6,3
N	4	504	369	5	14	9	51	9	10	26	6	23

Примечание: N-количество проб. Содержание элементов определено методом нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лабора-
тории ТПУ. Аналитики А.Ф.Судыко и В.М.Левицкий

Возрастной диапазон их изменяется от девона (Барзасское месторождение) до палеогена и неогена (Таловское и Талду-Дюргунское месторождения). Степень метаморфизма и марочный состав охватывает практически все типы углей, от лигнитов (палеогеновые угли Западно-Сибирского бассейна) до суперантрацитов (Кузбасс и Горловский бассейн). Достаточно разнообразны и геотектонические условия формирования угольных месторождений и бассейнов.

Кузнецкий бассейн является главным угольным регионом России, крупнейшим в стране по запасам коксующихся углей. Ежегодно здесь добывается от 80 до 150 млн.т. угля. При относительно небольшой площади (26 тыс.км²) Кузбасс характеризуется очень высокой, почти уникальной углеплотностью и по запасам кондиционных углей входит в число крупнейших угольных бассейнов мира. Здесь выявлена древнейшая на планете девонская угленосная формация. Липтобиолитовые угли (барзаситы) установлены в песчано-глинистых отложениях среднего девона.

Основные угленосные отложения Кузнецкого бассейна сформировались в С – Р эпоху и состоят из двух угленосных уровней, разделенных безугольной толщей. Суммарная мощность угленосной толщи достигает 8000 м, при мощности безугольного горизонта 950 м. В каменноугольных и пермских отложениях установлено 300 пластов и прослоев угля суммарной мощностью 380-400 м, из них 126 пластов кондиционной мощности. В тонких пластах (<1,3 м) сосредоточено около 19% запасов угля, в средних (1,3-3,5 м) – 43%, в мощных (3,5-10 м) и весьма мощных (10-30 м) – 38%.

Следующий уровень угленакопления установлен в тарбаганской серии юры, которая подразделяется на 6 свит. Общая мощность угленосных юрских отложений оценивается в 200 м [4]. Неэродированные остатки этой толщи сохранились только в отдельных разобщенных мульдах. В юрских отложениях выявлено 56 угольных пластов, из них лишь 14 имеют рабочую мощность (от 0,9 до 14 м).

Марочный состав углей разнообразен: от бурых до антрацитов.

Геохимические исследования на территории бассейна проводятся систематически и в настоящее время накоплен обширный материал по содержанию и характеру распределения элементов-примесей в углях. Наиболее детальные исследования проводились по изучению германиеносности Кузбасса. Отмечено, что Кузнецкий бассейн характеризуется невысокой германиеносностью. Энергетических углей с промышленно значимыми содержаниями германия за почти 50-летний период исследований не было выявлено. Вместе с тем, были установлены коксующиеся угли с высокими его концентрациями. Запасы германия в таких углях в настоящее время составляют 31,3% от общероссийских при содержании германия 1,6 – 3,04 г/т угля [5]. Из-за отсутствия технологии его извлечения из сибирских коксующихся углей, эти запасы в настоящее время являются неактивными.

Кроме германия, кузнецкие угли перспективны на выявление в них промышленно значимых содержаний ниобия, тантала, циркония, гафния, скандия, иттрия, золота и других редких и благородных металлов [6,7,8,9,10]. В процессе наших исследований в последнее десятилетие установлены аномально высокие концентрации тантала, ниобия, циркония и гафния в углях и внутриугольных породных прослоях пласта XI кемеровской свиты на юге Кузбасса [6]. Содержание тантала в маломощном прослое углистых алевролитов составляет 28 – 71 г/т при среднем значении 42 г/т, а ниобия – достигает 0,2% в золах углей при среднем значении 146 г/т. Здесь же повышено содержание циркония (0,09%), иттрия (132 г/т) и редкоземельных элементов (0,05%) (рис.2). Аналогичные прослои отмечены в пластах IV-V и IVв.п. на разрезе Сибиргинский [7]. Установлен факт увеличения содержания тантала в направлении с запада на восток. Основываясь на этом, можно предполагать увеличение ресурсов металла и повышение качества руд в восточном направлении. Высокие содержания и довольно значительные ресурсы редких элементов в углях пласта XI позволяют рассматривать его в качестве перспективного объекта для комплексной разработки.

Золотоносность Кузбасса требует специальной оценки. Еще в 1908 году К.А.Кулибиным [11] прогнозировалась промышленная золотоносность углей бассейна. В качестве наиболее перспективных он отмечал Бачатский и Крапивинский районы. Проведенные в последнее десятилетие сравнительно небольшие по объему исследования привели к выявлению многочисленных точечных аномалий золота. В частности, в Бачатском районе Б.Ф. Нифантовым, а затем сотрудниками ЦНИГРИ Е.Г. Песковым и О.О. Минко [12] в угленосных отложениях и в углях были выявлены содержания 6,4 и 1,2 г/т Au соответственно. Отмечены повышенные

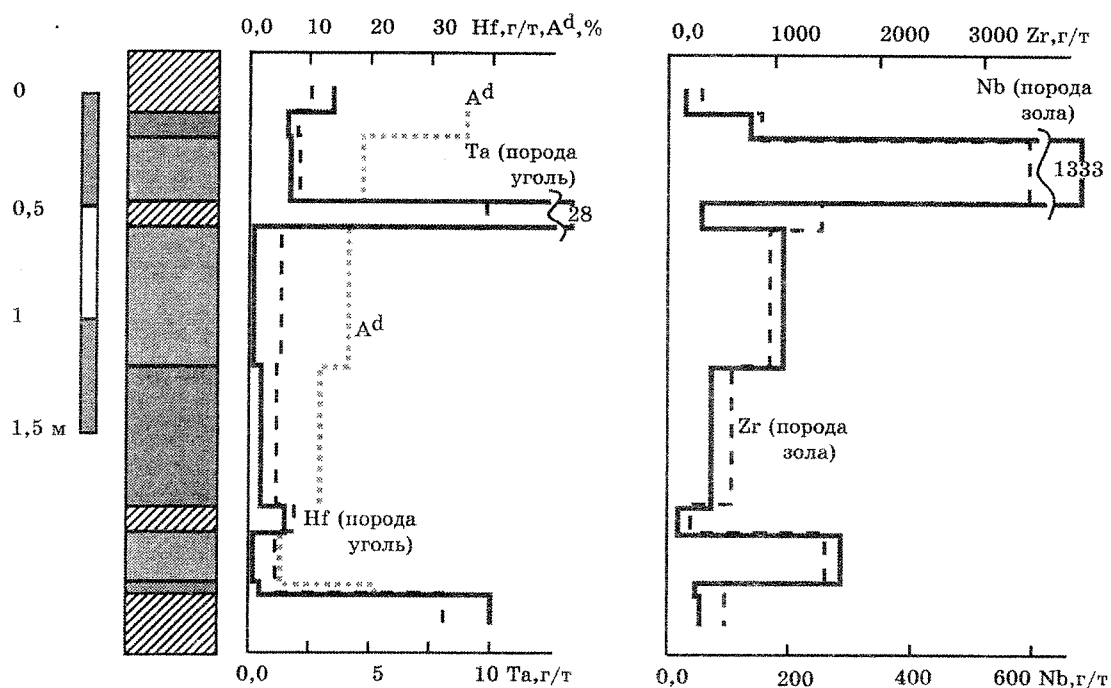


Рис.2. Распределение Ta, Nb, Zr, Hf и зональности в разрезе пласта XI кемеровской свиты

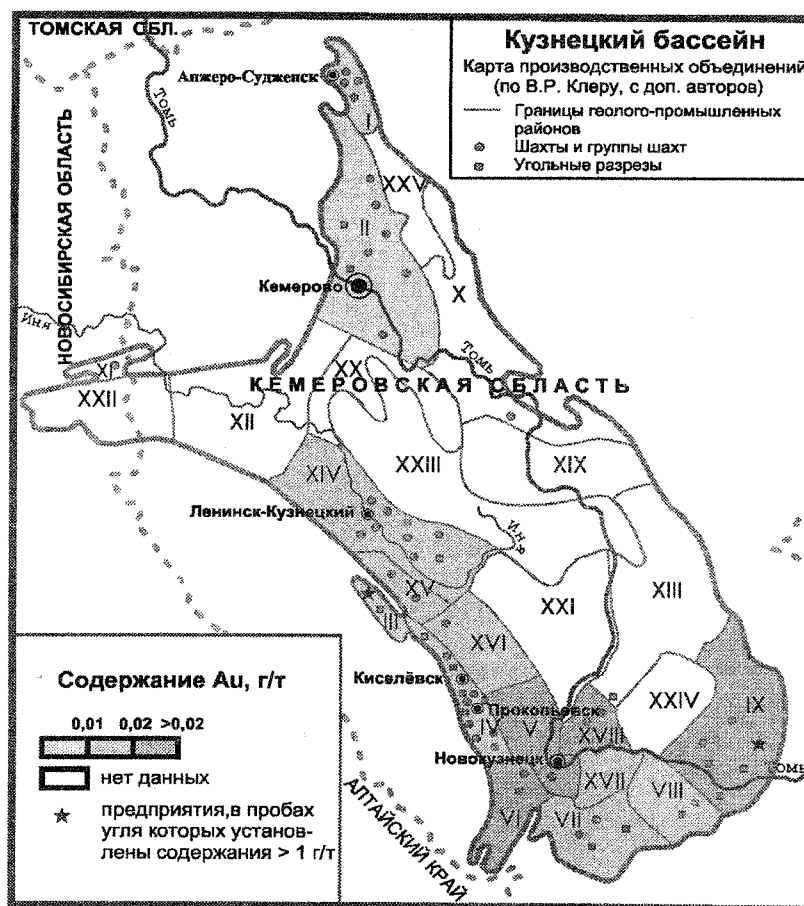


Рис.3. Схема золотоносности углей Кузбасс

уровни накопления золота в товарной продукции шахты Южной Кемеровского горно-промышленного района [8]. Нашими исследованиями отмечена повышенная золотоносность углей балахонской серии [9]. Наибольшее среднее содержание золота в углях характерно для южных районов Кузбасса: Томь-Усинского, Бунгуро-Чумышского, Байдаевского и Араличевского (рис. 3). Локальные концентрации превышают 1 г/т. Природа этих концентраций различна. Преобладают, по-видимому, сингенетичные накопления золота в период углеотложения. В ряде случаев имеют место эпигенетические концентрации, связанные с внедрением силлов и даек основных пород, известных на юге и юго-востоке бассейна. Высокие уровни накопления золота в Бачатском районе также связывают с гидротермальным процессом (Песков, Минко, 1995). По их данным здесь широко проявлена аргиллизитизация. В зонах аргиллизитов установлены аномалии золота. Отдельные локальные аномалии золота могут быть также связаны с зонами размыва угольных пластов. Одна из таких аномалий была установлена нами в углях пласта Е10 ускатской свиты кольчугинской серии в Осинниковском районе. Все эти факты говорят о высоких перспективах обнаружения промышленных концентраций золота в Кузнецком бассейне. Особый интерес представляет южная и юго-восточная часть бассейна [10]. Здесь имеются все предпосылки для выявления золотого оруденения. Структуры обрамления характеризуются повышенной золотоносностью, в угленосных отложениях проявились гидротермальные процессы, несущие золотую минерализацию, имеются признаки золотоносности в углях и углевмещающих породах.

Не ясны перспективы редкоземельно-скандиевого оруденения в углях Кузнецкого бассейна. Помимо комплексного Ta-Nb-Zr-Hf-редкоземельного оруденения в пласте XI, в углях Кузбасса известны многочисленные аномалии скандия, иттрия и лантаноидов [8,13]. Содержание скандия в золе достигает 100 г/т, а суммы лантаноидов – 0,1%. Для промышленной отработки при современных технологиях такие концентрации недостаточны, но данные факты указывают на геохимическую специализацию углей бассейна и хорошо увязываются с геохимической специализацией структур обрамления. Наибольшего внимания, в связи с этим, заслуживает южная и восточная части бассейна.

Имеются сведения, пока не подтвержденные детальными исследованиями, о повышенных содержаниях платиноидов в углях и углевмещающих породах [9].

Таким образом, проведенные исследования показывают, что угли Кузнецкого бассейна следует рассматривать как специализированные на благороднометальное и редкометальное комплексное оруденение.

Минусинский угольный бассейн является возрастным аналогом Кузбасса. В отличие от последнего, угленосные отложения Минусинского бассейна большей частью эродированы и в настоящее время представлены отдельными сохранившимися мелкими впадинами, в основном на юге Минусинских котловин. Промышленная добыча ведется на Черногорском, Изыхском и Бейском месторождениях. Угли бассейна гумусовые малых степеней метаморфизма. По марочному составу достаточно однородны (марки Д и Г). Средняя зольность углей 15%. Угли труднообогатимы, для коксования не пригодны, склонны к самовозгоранию.

Угленосные отложения имеют суммарную мощность 1800 м и подразделяются на 5 свит. В угленосных отложениях черногорской свиты выделяют от 6 – 7 (Изыхское и Черногорское месторождения) до 14 и более (Бейское месторождение) угольных пластов. На Изыхском и Бейском месторождениях сохранились все угленосные свиты, на Черногорском – только нижняя часть разреза. Верхняя часть разреза, представленная белоярской и нарылковской свитами, содержит до 30 угольных пластов и характеризуется максимальной для бассейна угленосностью.

По геохимическим особенностям угли Минусинского бассейна близки к углям Кузбасса, но отличаются более контрастным накоплением многих редких элементов. Минусинский бассейн, благодаря работам Ю.И.Горького и др., с конца 50-х годов известен как потенциально германиеносный объект. В конце 50-х – начале 60-х годов здесь проводились интенсивные поисковые работы на германий. В процессе этих исследований была установлена промышленная германиеносность пласта Новый и отмечено общее повышенное содержание германия в углях Черногорского месторождения [14]. Был выполнен подсчет запасов по категории С2 на основе кондиций, принятых в те годы для Донецкого бассейна. Проведенные нами исследования подтвердили высокую германиеносность отдельных угольных пластов и значительные ресурсы германия в месторождении, но показали, что промышленное извлечение германия из

углей в настоящих экономических условиях без учета комплекса сопутствующих элементов малоэффективно.

Исследования также показали, что угли Минусинского бассейна, а особенно Черногорского месторождения, характеризуются аномально высоким содержанием не только германия, но и скандия и других редких элементов [15]. Отдельные угольные пласты содержат скандия до 100-200 г/т золы. В частных пробах его концентрация достигает 700 г/т. Как правило, в этих же пластах отмечены высокие концентрации комплекса редких элементов, таких как цирконий, ниобий, гафний, иттрий, германий, редкоземельные и другие элементы. Нередко здесь же устанавливаются аномальные содержания золота. Локальные концентрации германия в золе угля достигают 0,13%, циркония – 0,23%, гафния – 0,05%, редкоземельных элементов – 0,15%, галлия – 0,038%, иттрия – 0,05%, урана – 0,014%, золота – 1,4 г/т, ванадия – 0,56%, кобальта – 0,15%, никеля – 0,27%.

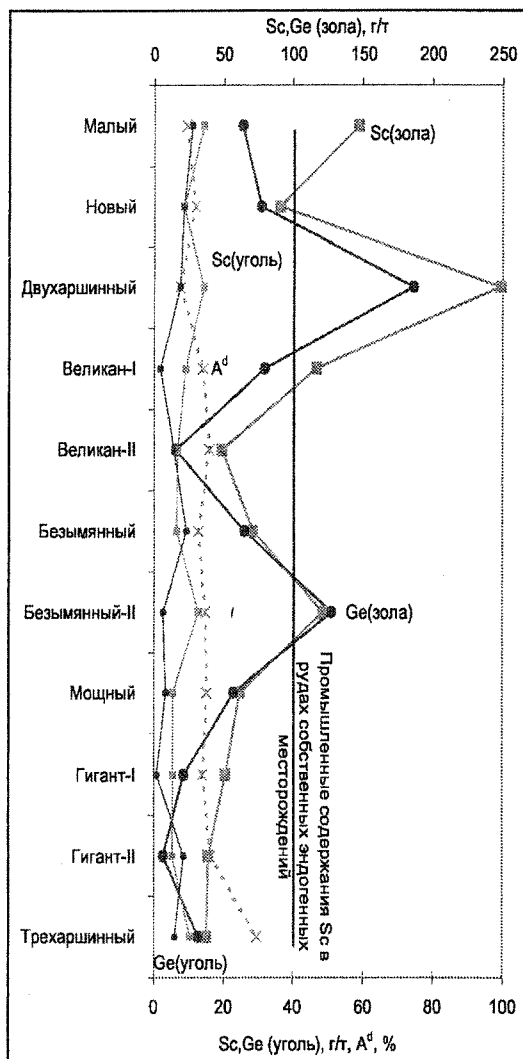


Рис. 4. Распределение Ge, Sc и зональности в результате угленосных отложений Черногорского месторождения

Алатау. В составе доугленосных образований Кузнецкого Алатау значительную роль играют интрузивно-вулканогенные образования кислого, среднего и щелочного состава, обусловившие особенности геохимического спектра углей верхней части разреза.

Угли Минусинского бассейна характеризуются низким содержанием радиоактивных элементов в основании угленосного разреза. Содержание урана и тория здесь существенно ниже, чем в среднем для Кузбасса. В то же время, верхняя часть разреза значительно обогащена

Такие высокие концентрации германия, скандия, галлия, золота и других элементов, безусловно, представляют промышленный интерес. В связи с этим было изучено распределение этих элементов в разрезе угленосных отложений и по латерали. Распределение скандия, как и германия, в разрезе угленосных отложений неравномерное (рис. 4). Максимум приходится на верхнюю часть разреза черногорской свиты. Отчетливо просматривается зависимость уровней накопления элементов-примесей от мощности пласта. Эта закономерность давно известна и подтверждена на большинстве германиеносных и других угольных месторождений [16,17,18,19]. На графиках видно, что более мощные пласты Гигант II, Мощный и Великан II характеризуются более низкими содержаниями, чем пласты Гигант I, Безымянный, Великан I, Двухаршинный, Новый и Малый.

Изучение закономерностей распределения германия, скандия, никеля, кобальта, ванадия и золота в разрезе угольного пласта показало, что максимальные их концентрации приурочены к контактовым частям пласта (рис. 5), главным образом к верхней 10 – 20 сантиметровой прикровельной и, редко, к припочвенной зоне. Эта закономерность, известная как "закон Зильберминца" [20], проявлена повсеместно.

Распределение других редких элементов в пределах бассейна не столь однозначно. Однако исследования показали, что в целом наблюдается возрастание уровней накопления редких литофильных элементов вверх по разрезу и снижение содержания сидерофилов (Fe, Co, Ni, Sc, Cr и V). Это указывает на смену состава области питания древнего района угленакопления. Преобладание сноса со стороны Западного Саяна [21] постепенно уступало место сносу со стороны Кузнецкого

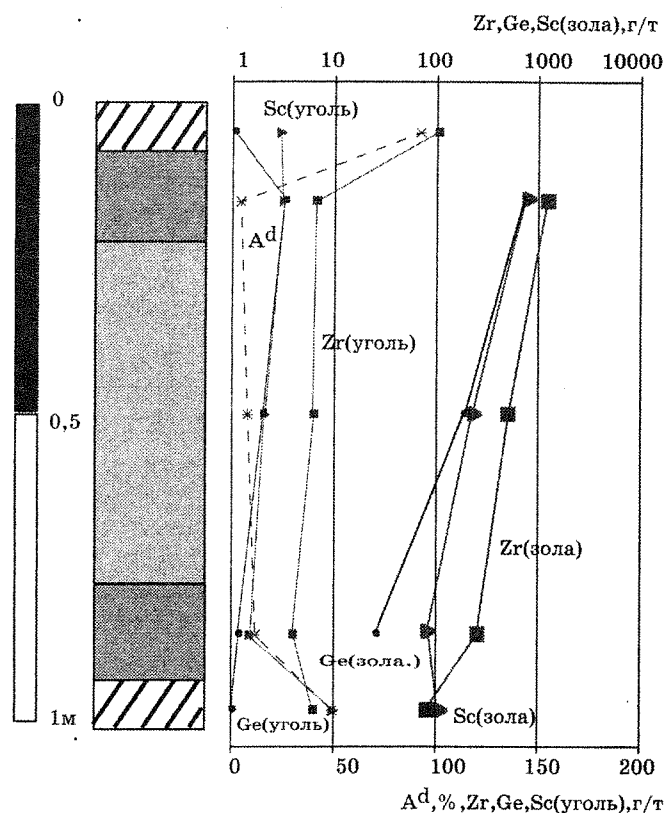


Рис.5. Распределение циркония, скандия, германия и зональности в разрезе пласта Двухаршинный

ураном. Это свидетельствует не только об изменении области питания, но и, вероятно, об изменении климатических условий. Косвенным критерием потепления климата в период накопления белоярских углей является возрастание содержания меди в углях [22].

Латеральная изменчивость в распределении элементов менее существенна, чем вертикальная. Уровни накопления скандия в пределах пласта на всей площади в границах месторождения относительно выдержаны. В то же время распределение германия в месторождении крайне неравномерно. Коэффициент вариации при оценке среднего по пластам изменяется от 100 до 300%. Поэтому даже средние данные по сечениям в пределах одного пласта, опробованного на разных угледобывающих предприятиях, могут различаться на порядок и более.

Таким образом, исследования показали, что угли Минусинского бассейна можно рассматривать в качестве потенциальной сырьевой базы германия, скандия и источником попутного получения из углей золота, ниобия, циркония, гафния, ванадия, редкоземельных элементов и, возможно, урана. Минусинский бассейн, как и Кузбасс, обладает высоким редкометальным потенциалом, в изучении которого сделаны только первые шаги.

Горловский бассейн является возрастным аналогом Кузнецкого и Минусинского бассейнов, но в отличие от них испытал интенсивный метаморфизм. Бассейн входит в состав Колывань-Томской складчатой зоны, имеет площадь около 460 км² и представлен узкой (до 3 – 8 км) грабен-синклиналью, вытянутой на северо-восток и выполненной карбон-пермскими угленосными отложениями, кореллирующими с отложениями балахонской и низами кольчугинской серий [23]. В наиболее угленасыщенных разрезах верхнепалеозойских отложений бассейна насчитывается около 50 пластов антрацита мощностью от 0,3 – 0,5 до 30 м и более, суммарной мощностью до 80-100 м. Пласты чрезвычайно не выдержаны по мощности и строению, часто выклиниваются.

Угли всех месторождений бассейна по физико-химическим свойствам и оптическим показателям относятся к типичным антрацитам. Метаморфизм углей закономерно изменяется вкрест простираения угленосной толщи, повышаясь с юго-востока на северо-запад.

Геохимические особенности Горловского бассейна в связи с бедностью их микроэлементного состава практически не изучены. Проведенные нами исследования ограниченного количества проб показали, что угли Горловского бассейна бедны элементами-примесями. В

отдельных пробах установлены повышенные содержания мышьяка (200 г/т), золота (60 мг/т) и стронция (0,36%). Причины образования этих концентраций не выяснены. Возможно, они связаны с наложенными процессами. Во всяком случае, в пределах бассейна известны дайки, прорывающие угленосные отложения [24]. По всей видимости, редкометалльный потенциал углей Горловского бассейна невысок. Промышленно значимых концентраций можно ожидать только в связи с наложенными гидротермально-метасоматическими процессами послепермского возраста.

Канско-Ачинский бассейн является крупнейшим в России по запасам углей, пригодных для открытой разработки. Он представляет собой систему мезозойских прогибов платформенного типа, сформировавшихся в зоне сопряжения горных сооружений Алтае-Саянской складчатой области и Енисейского кряжа с краевыми частями Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты [25]. Енисейским кряжем бассейн разделяется на две части – западную (Ачинскую) и восточную (Канскую).

Угленосными являются юрские и, на отдельных площадях, верхнепалеозойские отложения. Промышленная угленосность связана с юрскими отложениями, в которых установлено от 10 до 45 угольных пластов, из них с рабочей мощностью от 2 до 17. Суммарная мощность рабочих пластов в полном разрезе продуктивной толщи изменяется от 10 до 100 м при максимальной мощности пласта простого строения 93 м.

Угли месторождения бурые. По марочному составу соответствуют маркам Б2-Б3. Иногда (Саяно-Партизанское месторождение) угли каменные марки Г. По вещественному составу угли относятся к классу гелитолитов и представлены преимущественно гелифицированными стеблевыми, реже листовыми тканями растений. В мацеральном составе резко преобладает витринит. Угли малосернистые и малозольные.

Несмотря на довольно хорошую изученность углей Канско-Ачинского бассейна, редкометалльный потенциал его до сих пор практически не оценивался. Опубликованные до настоящего времени данные базируются преимущественно на результатах эмиссионного спектрального анализа, возможности которого не позволяют определять содержание большинства редких элементов. В пределах отдельных месторождений проводились и более глубокие геохимические исследования. Но в связи с тем, что в открытой печати результаты этих работ, в основном, не публиковались, широкому кругу специалистов они не известны.

В последние годы нами выполнены предварительные исследования отдельных угольных пластов в пределах нескольких месторождений (табл.2). Ограниченный объем выполненных работ не позволяет делать каких-либо обобщений по всему бассейну. Однако даже эти результаты указывают на довольно значительные различия разных месторождений по уровням накопления элементов-примесей в углях.

Из всего спектра изученных элементов в настоящее время практический интерес могут представлять лишь уран и скандий. Содержание урана на некоторых месторождениях может достигать промышленно значимых величин. Так, на одном из участков Итатского месторождения среднее содержание урана, оцененное по 12 пробам, составляет 57 г/т при максимальных значениях в частных пробах до 140 г/т. Эти концентрации приурочены к верхним приконтактовым участкам пласта и имеют эпигенетическую природу. Такие же аномалии установлены и на ряде других месторождений. Этот радиоэкологический фактор необходимо учитывать при разработке таких ураноносных угольных пластов.

На Переясловском месторождении в 80-х годах специалистами ПГО "Березовгеология" в золе маломощного пласта сажистого угля (0,5 м), являющегося спутником основного угольного пласта, установлено 100-300 г/т скандия, высокие содержания иттрия и циркония. На Ирша-Бородинском месторождении в золе угля пласта "Мощный" установлены локальные аномалии урана (до 0,087%), скандия (до 200 г/т) и редкоземельных элементов. По нашим данным, такие же концентрации характерны для прикровельной части пласта, разрабатываемого на Канском разрезе. Здесь также резко повышено содержание скандия, редкоземельных элементов и урана.

Изучение гравитационных концентратов зола – шлаковых отходов Красноярской, Назаровской и Березовской ГРЭС, выполненное А.М.Сазоновым и др. [26], показало наличие в них высоких содержаний родия (1 г/т) и иридия (1 г/т).

Наличие обогащенных редкими элементами пластов угля позволяет считать, что возможности выявления аномальных, в том числе промышленно значимых, редкометалльных

Таблица 2

Содержание элементов-примесей в углях Канско-Ачинского бассейна, г/т

Элемент	Месторождение, угольный разрез			
	Итатское	Переясловское	Канский разрез	Саяно-Партизанское
Sc	3,8	4,1	3,4	8,2
La	10,6	1,6	6,0	6,4
Ce	20,2	4,9	17,6	22,3
Sm	1,2	0,72	1,9	2,5
Eu	0,64	0,08	0,26	0,92
Tb	<0,01	0,12	0,5	0,91
Yb	1,49	0,92	0,58	1,16
Lu	0,38	0,29	0,13	0,33
Rb	11,6	<1	<1	<1
Cs	1,1	<0,01	<0,01	0,11
As	<1	<1	<1	<1
Sb	0,34	0,46	<0,3	<0,3
Ta	0,5	<0,05	<0,05	<0,05
Cr	33,0	10,5	18,3	28,1
Co	9,7	5,4	5,6	12,9
Ba	590	68	188	710
Sr	110	н.д.	233	864
Hf	3,9	0,52	1,0	0,86
Th	2,4	0,5	0,9	7,1
U	56,9	0,96	5,5	3,6
Na, %	0,21	0,02	0,05	0,06
Fe, %	1,83	1,0	1,3	0,64
Ca, %	0,95	1,8	4,0	1,85
Au, мг/т	н.д.	0,8	1,5	1,4

Примечание: н.д. - нет данных. Содержание элементов определено методом нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лаборатории ТПУ. Аналитики А.Ф.Судыко и В.М.Левицкий

концентраций в пределах Канско-Ачинского бассейна далеко не исчерпаны. Особенно с учетом многообразия геохимических обстановок в обрамлении отдельных впадин бассейна. Вместе с тем, данные общих геохимических исследований [8, 27, 28] показывают, что ожидать промышленное сингенетичное редкометальное оруденение в мощных отрабатываемых в настоящее время угольных пластах малоперспективно. Богатые концентрации редких элементов можно выявить в пластах малой мощности или в зонах эпигенетических изменений в при-контактных участках различных по мощности пластов.

Западно – Сибирский бассейн является крупнейшим угольным бассейном мира. По разным оценкам, в нем сосредоточено от 3,3 до 70 трилл.т угля [29, 30]. Последняя цифра более чем в пять раз превышает официально публикуемые мировые ресурсы угля. Ресурсы Западно-Сибирского бассейна не включены в официальный общегосударственный подсчет ресурсов углей и являются лишь ориентировочными. В пределах бассейна известны юрские, меловые и палеогеновые угли. Изученность их крайне низкая.

В нижне- среднеюрских отложениях содержится от 5 до 15, местами до 40 угольных пластов суммарной мощностью 5-35 м, на отдельных площадях 60-70 м. Преобладают пласты мощностью 1-2 м, но нередки и сложно построенные залежи мощностью 15-18 м и более. Угленосность верхней юры составляет 2-3 м и лишь на отдельных участках достигает 6-7 м, максимум до 14 м. Качество юрских углей Западно-Сибирской плиты практически не изучено [30]. В петрографическом составе преобладает витринит (обычно более 40%). В отдельных

пробах установлено 15-30% липтинита, причем в составе этой группы зачастую доминирует альгинит. Это свидетельствует о заметном участии литотипов сапропелевого ряда. Для химического состава характерно высокое (до 7,8%) содержание водорода.

В меловых отложениях, по данным А.З. Юзвickкого, содержится до 40, а в отдельных разрезах до 84 угольных пластов и прослоев суммарной мощностью 10-30 м, нередко 70-90 м. От 3 до 20 пластов имеют мощность более 1 м. Среди них встречаются залежи до 10 м. Меловые угли по мацеральному составу преимущественно витринитовые (49-86%), но с довольно высоким содержанием инертинита (30-45%) и небольшим количеством липтинита (1-8%). Марочный состав оценивается от бурых до газовых. Палеогеновые угли залегают в виде невыдержанных пластов и линз. В большинстве случаев устанавливается 2-3 пласта мощностью до 3-4 м, редко до 10 м и более. Угли бурые низкосозревшие (группа 1Б) и высокосозревшие (Ad=10-50%).

Редкометалльный потенциал углей практически не изучен. Имеются неопубликованные сведения о результатах изучения германиеносности палеогеновых углей и данные полуколичественных спектральных анализов.

Имеющийся в нашем распоряжении ограниченный материал по геохимическому спектру юрских и палеогеновых углей указывает на значительные вариации содержания в них редких элементов. В частности, из таблицы 1 видно, что юрские угли, опробованные в центральной части Западно-Сибирского бассейна, аномальны по содержанию скандия. В них повышены концентрации сурьмы, кобальта, иттрия, циркония, бериллия, а в отдельных случаях - ванадия, меди, цинка, мышьяка и молибдена. Из макроэлементного состава следует обратить внимание на низкие концентрации железа и кальция. Особенности геохимического спектра углей указывают на важную роль, которую играет в их составе сапропелитовое вещество.

Палеогеновые угли также характеризуются значительными вариациями микроэлементного состава. На отдельных участках в углях бассейна отмечено до 0,03% урана, высокие содержания германия (до 0,6% в золе), редкоземельных элементов и благородных металлов. По данным единичных определений, в лигнитах юрковской и верхах сымской свит содержится в среднем 0,05 г/т платины, 0,022 г/т палладия и 0,082 г/т иридия [31]. Здесь же установлены аномальные концентрации циркония (до 0,5%), иттрия (до 0,15%), скандия (до 0,07%), ванадия (до 0,3%), иттербия (до 0,025%) и других элементов.

В бассейне реки Яя (Яйское и Усманское месторождения) и р. Тым выявлены ураноносные угли, обогащенные также иттрием и редкоземельными элементами.

Германиеносные угли также выявлены Ю.И. Горьким [14] в восточной части Западно-Сибирского угольного бассейна в районах рек Сым и Каз. Содержание германия в лигнитах мелового возраста здесь более 0,01%. В золе концентрации достигают 1%. По данным А.Г. Еханина [32], при опробовании 5-ти метрового пласта, обнажающегося в борту долины р. Сым, было установлено среднее содержание германия 0,038% при максимальных значениях до 0,104%. Наиболее обогащена металлом верхняя и нижняя части горизонта лигнитов.

Лигниты и бурые угли юрского возраста были изучены также в Зырянской котловине [32]. Выявленные при этом содержания германия колеблются от 0,005% до 0,062% при среднем значении около 0,027%. В русле р. Черной были отмечены лигниты с содержанием германия до 0,1%.

Таким образом, даже предварительные исследования показывают, что редкометалльный потенциал Западно-Сибирского бассейна достаточно велик. Разнообразный состав областей питания древних районов угленакопления обуславливает и значительное многообразие редкометалльных концентраций в разных частях обширной территории бассейна. Из-за недоступности большей части угольных пластов для промышленного освоения первоочередное внимание следует уделить сравнительно неглубоко залегающим редкометалльным (главным образом германиеносным) палеогеновым углям и перспективным выходам углей юрского и мелового возраста на периферии Западно-Сибирского бассейна.

Тунгусский бассейн – один из крупнейших в мире. По ресурсам углей уступает лишь Западно-Сибирскому бассейну. По официальным данным прогнозные ресурсы его составляют около 1,5 трилл. тонн [3].

Угли выявлены в отложениях среднего и верхнего карбона, перми, юры и палеогена. Угленосные отложения выполняют тектонические структуры верхнего осадочного чехла Си-

бирской платформы. Основная угленосность связана с карбон-пермскими отложениями мощностью 350-1460 м., перекрытыми туфовыми и лавовыми толщами Р-Т мощностью до 1500-2000 м и прорванными многочисленными силлами, дайками и штоками изверженных пород, которые слагают от 10 до 75% объема формации. Для верхнепалеозойской угленосной формации характерна длительность накопления, широкое проявление траппового магматизма и большой диапазон метаморфизма углей от бурых до антрацитов и графитов. В пределах каждой тектонической структуры отмечается увеличение мощности угленосной формации с востока на запад. В этом же направлении увеличивается угленасыщенность отложений. Мощность угольных пластов различна, строение простое, реже сложное. К верхам разреза, как правило, увеличивается общая угленасыщенность толщи и мощность пластов [23].

Угли бассейна гумусовые, в основном клареновые, низко-среднезольные ($Ad=9-25\%$), малосернистые с широким диапазоном марочного состава от бурых (БЗ) до антрацитов (А). Бурые угли юрского возраста марок Б2 и Б3, палеогеновые – Б1.

Геохимический спектр углей Тунгусского бассейна практически не изучен. Основные объемы исследований сосредоточены в южной части бассейна и обусловлены наличием здесь германиеносных углей и лигнитов. Впервые такие угли выделены Ю.И.Горьким [14] в бассейне р.Бахты. Германиеносные угли и лигниты отчетливо тяготеют к Енисейскому кряжу. Они распространены как в Тунгусском бассейне, обрамляющем его с восточной и северной стороны, так и в Западно-Сибирском бассейне, ограничивающим Енисейский кряж на западе.

По данным А.Г.Еханина [32], отмечается увеличение германиеносности углей и лигнитов от устья р. Подкаменной Тунгуски к бассейну р.Ангара. Указанная закономерность объясняется, по-видимому, тем, что породы этой части Енисейского кряжа являлись более богатым источником сноса германия в период формирования лигнитов. В качестве таких источников могли быть, в частности, гранитоиды Посольненского и Татаро-Аяхтинского комплекса. По его мнению, наибольший интерес с точки зрения выявления промышленно значимых германиеносных месторождений углей представляют месторождения и проявления рек Тасеевой и Усолки. Наличие в угленосных отложениях этого района мощных пластов угля (до 4,2 и 7,8м.) и высокая их германиеносность, с учетом благоприятного географического расположения вблизи водного и железнодорожного путей сообщения делают этот район наиболее перспективным для поисков месторождений германиеносных углей.

В настоящее время не ясны перспективы германиеносности углей наиболее крупного на территории южной части бассейна Кокуйского месторождения. По предварительным данным его угли характеризуются повышенным содержанием германия.

По-видимому, вся южная часть Тунгусского бассейна в той или иной мере германиеносна. В частности, единичные пробы выветрелых углей, отобранные нами на Гавриловском месторождении и из пласта в районе г.Кодинска, показали повышенное содержание германия (10-12 г/т угля) и урана (33 г/т угля). В целом можно отметить, что проблема германиеносности углей южной части бассейна еще требует своего решения. На специализированном совещании по геологии и геохимии редких элементов, состоявшемся в 1965г. в г.Новосибирске было принято решение о необходимости "проведения ускоренной оценки и освоения лигнитов Красноярского края, располагающихся в хороших экономических условиях и содержащих около 10 кг германия на тонну руды" [33]. Но такая оценка до сих пор не проведена, несмотря на повышенный спрос на германиевое сырье как отечественных, так и зарубежных производителей.

Перспективы выявления высоких концентраций других редких металлов в пределах бассейна не ясны. Есть предпосылки для выявления в углях и лигнитах обрамления Енисейского кряжа и Анабарского щита золото-платинового оруденения. Высокая золотоносность Енисейского кряжа непременно должна найти отражение в геохимических особенностях углей юга Тунгусского бассейна. Здесь же вероятно выявление и комплексного редкометально-редкоземельного оруденения.

Геохимическая информация по микроэлементному составу углей северо-западной части бассейна свидетельствует о преобладании здесь сидерофильно-халькофильной ассоциации элементов. Выполненный нами анализ единичных проб не дал сколько –нибудь значительных редкометальных концентраций, в том числе металлов платиновой группы.

Иркутский бассейн приурочен к Присаянскому прогибу в южной периферической части Ангарской синеклизы Сибирской платформы, протянувшись вдоль структур Протеросая-

на почти на 500 км при ширине 50-100 км. Площадь бассейна (37 тыс. км²) на северо – западе и юго – востоке ограничивается выходами пологозалегающих юрских продуктивных отложений, перекрывающих породы докембрия и палеозоя. Мощность угленосных отложений возрастает с СЗ на ЮВ от 75 до 750 м. В основной угленосной черемховской свите содержится от 2 до 9 угольных пластов сложного строения и изменчивой мощности от 1 до 10 м. (в локальных зонах слияния до 19 м.). С возрастанием на юго-восток мощности продуктивных отложений увеличивается и число угольных пластов до 65 [34].

Угли бассейна в основном гумусовые (87%), частично гумусово-сапропелитовые и сапропелитовые. Степень их метаморфизма нарастает с северо-запада на юго – восток. Соответственно изменяется их марочный состав от БЗ до ГЖ. Угли средnezольные и высокzольные (19-30%), высокосернистые [23].

Геохимические особенности углей изучены слабо. Основные работы по изучению геохимии угленосных отложений связаны с поисковыми работами на германий в 60-х годах и экологическими исследованиями в последние десятилетия. Поэтому редкометалльный спектр почти не изучен.

В 30-х годах В.А.Зильберминцем и др. [35] впервые была проведена оценка отдельных проб углей Черемховского месторождения на германий и ванадий, в процессе которой были выявлены аномально высокие содержания этих элементов (0,01-0,1% Ge).

Угли Иркутского бассейна, имея в целом невысокое среднее содержание радиоактивных элементов, на отдельных участках характеризуются аномальными, вплоть до промышленно значимых, концентрациями урана. В частности, в Черемховском месторождении в 60-70 годах выявлены мелкие месторождения и проявления уран – угольного типа. Судьба их неизвестна, так как специализированных работ по этой тематике в дальнейшем не проводилось [36]. Исследования товарной продукции, проведенные в разные годы, показали, что угли Иркутского бассейна бедны редкими элементами [8]. В то же время, в статье М.Я.Шпирта с соавторами [37] отмечено высокое содержание серебра (2 г/т) в углях Хольболджинского разреза. Здесь же установлены повышенные концентрации молибдена (10 г/т), циркония и ниобия. По данным В.Н. Крюковой и др. [34], угли бассейна характеризуются высоким содержанием бора и фтора. В бурых углях Азейского месторождения концентрация бора в золе достигает 0,2% при среднем значении 0,1%. В золах углей Азейского месторождения установлены также высокие содержания ванадия (600 г/т), иттрия (200 г/т), молибдена (120 г/т), ниобия (125 г/т). Несколько повышены уровни накопления циркония и лантана. В некоторых пробах углей Вознесенского месторождения установлено до 33 г/т бериллия. Все эти цифры существенно превосходят угольный и зольный "кларк" этих элементов, а также те минимальные значения, которые рекомендовано рассматривать в качестве реперных при оценке возможной промышленной значимости концентраций элементов-примесей в углях [38].

Нашими данными подтверждается наличие в отдельных пробах повышенных содержаний бериллия (20 г/т). В золе угля котельной Тулунского разреза отмечено высокое содержание скандия и меди. В отдельных пробах угля установлены повышенные содержания золота и ниобия. Эти результаты хорошо согласуются с данными о геохимической специализации углей Иркутского бассейна [36].

В целом же редкометалльный потенциал углей Иркутского бассейна изучен недостаточно. На наш взгляд, богатый редкометалльный спектр складчатого обрамления Иркутского бассейна должен найти отражение в геохимических особенностях углей. Отчасти это подтверждается теми фрагментарными данными, которые опубликованы в последние годы.

Месторождения Горного Алтая. На территории Горного Алтая развиты угленосные формации верхнепалеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов, характеризующиеся различными особенностями угленакопления, угленосности, состава и качества углей.

Нами проведено исследование редкометалльного потенциала Курайского каменноугольного месторождения верхнепалеозойского возраста, позднетриасового Пыжинского месторождения и олигоцен-миоценового буроугольного Талду-Дюргунского месторождения.

Курайское месторождение представлено многочисленными невыдержанными по простиранию и по мощности пластами угля. Уголь марки Т средней зольности (19,5%). Угленосные отложения интенсивно дислоцированы и залегают почти вертикально.

Геохимические особенности отчетливо отражают особенности состава пород складчатого обрамления и выражены в повышенном содержании в углях бария, стронция и хрома. Ред-

кометальный спектр месторождения довольно беден. Из изученных элементов несколько повышено лишь содержание скандия. В одной пробе было установлено повышенное содержание палладия (25 мг/т). Содержание платиноидов в месторождении не изучалось, но из-за высокой степени метаморфизма углей уровни их накопления, по-видимому, будут невелики.

Пыжинское месторождение расположено на юге Горного Алтая в грабенообразной структуре вблизи Телецкого озера. Угленосная толща содержит 31 угольный пласт, из них 17 весьма тонкие (до 0,7 м), 8 – тонкие (0,7 – 1,2 м), 5 – средней мощности (1,2 – 3,5 м) и 1 мощный пласт (более 3,5 м) (Селин, Говердовский, 2000).

Уголь гумусовый, по степени метаморфизма относится к каменным марки КЖ, легко-обогащаемый. Средняя зольность 12 – 15,4%.

Основной особенностью геохимического спектра углей Пыжинского месторождения является повышенное содержание золота (табл. 1), что в целом хорошо согласуется с геохимической специализацией данного блока земной коры. В целом же редкометальный потенциал месторождения не оценен из-за недоступности основных пластов месторождения для исследования.

Талду – Дюргунское месторождение изучено наиболее детально. Оно представлено бурыми углями палеоген – неогенового возраста, залегающими среди песчано-глинистых отложений кошагачской свиты. На месторождении изучено три кондиционных по мощности пласта (сверху вниз): "Нулевой", "Первый" и "Второй". Наибольшее значение имеет пласт "Второй", средняя мощность которого составляет 11-12м. Строение пласта сложное с многочисленными породными прослоями. Угли гумусовые низкой степени углефикации, По физико-химическим свойствам соответствуют марке Б1. Средняя зольность угля 29,2% [39].

Геохимические черты обрамления Талду-Дюргунского месторождения определяются преимущественно мафическим характером магматизма и проявлением здесь интенсивной гидротермальной деятельности в период мезозойской активизации, выразившейся в формировании ртутных, полиметаллических, золото-сульфидных и других месторождений и проявлений цветных и благородных металлов.

Геохимические особенности обрамления отчетливо отразились на геохимическом спектре углей месторождения. Уголь и зола угля обеднены литофильными элементами и обогащены сидерофилами и халькофилами. В Талду-Дюргунском месторождении отчетливо накапливаются ванадий, хром, кобальт, никель, медь, цинк, мышьяк, барий, стронций и кадмий. В редкометальном спектре преобладают таллий, скандий, золото и элементы группы платины.

Магматизм представлен комплексом ультраосновных интрузий и вулканогенными образованиями основного состава, которые можно рассматривать в качестве потенциальных источников накопления в углях никеля, хрома, железа, ванадия, титана, скандия и элементов группы платины. Гидротермальные проявления и месторождения в процессе выветривания могли обеспечить концентрирование в углях Hg, As, Sb, Pb, Zn, Cu, Cd, Tl, Au, Ag и других элементов.

Геохимические особенности Талду-Дюргунского месторождения особенно контрастно видны при анализе уровней накопления элементов-примесей в золах углей. Уровни содержания в золах Fe, V, Cr, Mn, Co, Ni, Sc, Cu, Zn, Ge, As, Cd, Sb, Au, Hg и U существенно превосходят их концентрацию в углевмещающих породах, что указывает на накопление этих элементов не только в составе терригенного материала, но и в аутигенных минералах и на органическом веществе [19, 40]. В связи с тем, что месторождение перекрыто мощным слоем плотных глин, обеспечивающих его консервацию и ограничивающих возможность эпигенетического концентрирования элементов, можно предположить, что высокие уровни накопления микро-элементов в данном случае сингенетичны угленакоплению.

Таким образом, редкометальный потенциал Талду-Дюргунского месторождения определяется сидерофильно-халькофильной группой элементов, представленной таллием, скандием, золотом и элементами группы платины.

Выводы

Анализ проведенных в последние десятилетия исследований уровней накопления и закономерностей распределения редких элементов в различных угольных бассейнах и месторождениях свидетельствует о довольно высоком редкометальном потенциале углей Средней

Таблица 3

Содержание элементов-примесей в антрацитах разных бассейнов, г/т

Элемент	Угольные бассейны		
	Горловский	Кузнецкий	Донецкий ^[6]
Sc	0,8	2,7	4,9
La	8,9	7,0	22,5
Ce	12,4	45,6	33,3
Sm	1,3	1,3	3,9
Eu	0,21	0,55	0,70
Tb	0,24	0,38	0,32
Yb	0,6	0,93	1,2
Lu	0,04	0,13	0,13
Rb	<1	<1	60
Cs	<0,01	0,67	5,3
As	55,2	<1	н.д.
Sb	0,32	<0,2	н.д.
Ta	<0,05	0,67	0,34
Cr	3,4	20,5	н.д.
Co	5,0	10,0	н.д.
Ba	132	257	н.д.
Sr	<7	171	н.д.
Hf	0,46	1,3	1,4
Th	0,5	2,4	3,3
U	<0,5	2,1	1,5

Примечание: Н.д. – нет данных; 1- по [8]. Содержание элементов определено методом нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лаборатории ТПУ. Аналитики А.Ф.Судыко и В.М.Левицкий

Сибири. Этот вывод хорошо согласуется с данными о редкометальном потенциале Сибирского региона в целом [41, 42, 43]. Здесь имеются практически все геолого-промышленные типы месторождений редких земель, тантала и ниобия, играющие главную роль в формировании структуры запасов и добычи данных компонентов в мире. Сибирь богата разновозрастными и разнотипными редкометальными месторождениями. Это отчетливо выражено в геохимической специализации данного блока земной коры и, в свою очередь, не могло не отразиться на геохимической специализации углей. Неоднородность строения обширной территории Средней Сибири обусловила и специфические особенности геохимического состава различных угольных бассейнов и месторождений. При наличии некоторых общих геохимических черт, для каждого угольного бассейна характерны свои особенности, обусловленные как составом областей питания, так и условиями накопления и формирования углей.

Определяющими факторами, обуславливающими формирование редкометального потенциала угольных бассейнов и месторождений, являются геохимические особенности областей питания районов угленакопления и палеогеографические условия, существовавшие в периоды формирования угленосных толщ. Это отчетливо видно на примере германиеносных лигнитов в обрамлении Енисейского кряжа, сидерофильно-халькофильной геохимической специализации бурых углей Талду-Дюргунского месторождения и редкометально – благороднометальной специализации углей юга Кузнецкого бассейна. Для выявления высоких концентраций наиболее благоприятны угольные месторождения, расположенные в межгорных впадинах или предгорных прогибах, непосредственно примыкающие к горно-складчатому обрамлению, в составе которого имеются редкометальные специализированные вулканогенно-интрузивные комплексы, монометальные и комплексные месторождения редких элементов. Роль складчатого обрамления хорошо видна при анализе латеральной изменчивости распределения элементов в пределах бассейнов и месторождений. Как правило, наиболее обогащены

редкими элементами периферические части месторождений и отдельных угольных пластов [18].

При оценке редкометального потенциала углей необходимо учитывать и степень их зрелости. При прочих равных условиях наиболее перспективны для выявления промышленных концентраций угли низких стадий углефикации (от бурых до длиннопламенных). Угли высоких степеней метаморфизма характеризуются пониженным содержанием редких элементов. При этом, из таблицы 3 видно, что даже антрациты из разных месторождений довольно существенно отличаются по уровням накопления элементов. Это отличие обусловлено первично-седиментационным геохимическим фоном угольного пласта и характером его последующих преобразований.

На основные закономерности накопления и распределения редких элементов в углях нередко накладываются дополнительные факторы, которые могут в той или иной мере оказывать влияние на редкометальный потенциал угольных бассейнов. К таким факторам можно отнести формирование эпигенетического оруденения в контактовых частях угольных пластов. Подобное оруденение уран-угольного типа известно в пределах Канско-Ачинского и Иркутского бассейнов. Известны случаи формирования гидротермального оруденения в угленосных толщах. Такого типа руды, по-видимому, имеют место на юге и в Бачатском районе Кузнецкого бассейна.

Выполненные исследования охватывают далеко не полный перечень угольных бассейнов и месторождений Сибири. Среди рассмотренных объектов нет таких крупных бассейнов, как Таймырский, Ленский, Южно-Якутский и другие. Те работы, которые проведены по Южно-Якутскому, Ленскому и Таймырскому бассейнам, свидетельствуют о высоком редкометальном потенциале [44, 45, 46]. Все это позволяет обосновать необходимость проведения полномасштабных исследований редкометального потенциала углей Сибири на основе современных аналитических методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аношин Г.Н. Аналитическая геохимия благородных металлов и ртути. Автореф. диссерт. докт. геол.-мин. наук. – Новосибирск, 2000. – 56с.
2. Данилов В.П., Медведев А.Я. Угольный ресурсный потенциал России. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - 1995. - №3. - С.7-12.
3. Юзвickий А.З., Станкус В.М., Шаклеин С.В. и др. Угольные ресурсы России и их рациональное использование. // Минеральные ресурсы России. - 1999. - №3. - С. 11 – 20.
4. Юзвickий А.З. Уголь. Кузнецкий бассейн. // Геология СССР. Т. XIV. Западная Сибирь. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1982. – С.44 – 68.
5. Кац А.Я., Кременецкий А.А., Подкопаев О.И. Германий – минерально-сырьевая база Российской Федерации. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - №3. - 1998. – С. 5 – 9.
6. Рихванов Л.П., Вертман Е.Г., Ершов В.В. и др. Комплексное минералого-геохимическое исследование известных и вновь открываемых месторождений с целью выявления нетрадиционных типов редких, редкоземельных и благородных металлов // Рефераты лучших научных разработок на конкурсе грантов по фундаментальным исследованиям в области геологии. – Москва, 1994. - С. 23-24.
7. Середин В.В. Первые данные об аномальных концентрациях ниобия в углях России. // Докл. РАН. - 1994. - Т.335. - №5. – С. 634 - 636.
8. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник. - М.:Недра, 1996. – 238 с.
9. Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А., Рихванов Л.П. Редкие элементы в углях Кузбасса. – Кемерово, 2000. – 246 с.
10. Ершов В.В. Металлоносность углей Кузнецкого бассейна. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2000. – 215с.
11. Кулибин К.А. Драгоценные металлы в каменном угле // Золото и платина. - 1908. - № 24. - С. 510 - 511.
12. Песков Е.Г., Минко О.О. Оценить перспективы золотоносности аргиллизитов центральной и восточной части Кузбасса и основных районов Салаира. - М., 1995. – 93с.

13. Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А. и др. Редкоземельные элементы и скандий в углях Кузбасса. // Литология и полезные ископаемые. - 1997. - №3. - С. 315 – 326.
14. Горький Ю.И. Основные закономерности распространения германия в ископаемых углях (на примере Минусинского бассейна). Дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. – Минск, 1972. - 184с.
15. Арбузов С.И., Ершов В.В., Рихванов Л.П., Кяргин В.В., Борисюк Г.А., Дубовик Н.Е. Металлоносность углей Черногорского месторождения Минусинского бассейна (Республика Хакасия). // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. Т.2.- Томск, 2000. – С. 158-160.
16. Травин А.Б. Некоторые закономерности распространения германия в углях Западной Сибири. // Геология и геофизика. – 1960. - №2. – С. 57 – 73.
17. Ломашев И.П., Лосев Б.И. Германий в ископаемых углях. – М.: Изд – во АН СССР, 1962. – 258 с.
18. Баранов Ю.Е. Редкие элементы в угленосных формациях. // Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. - Т.3. – М.: Наука, 1966. – С. 736 – 754.
19. Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В. Элементы – примеси в ископаемых углях. – Л.: Недра, 1985 – 239 с.
20. Павлов А.В. Вещественный состав золы углей некоторых регионов западного Шпицбергена. // Ученые записки НИИ геологии Арктики. Региональная геология. – 1966.- вып.8.- С.134.
21. Крашенинников Г.Ф. Некоторые закономерности размещения и состава балахонской серии на юге Западной Сибири. // Известия ТПИ.- Т. 99.- Вопросы геологии Кузбасса. – Томск: Изд-во ТГУ, 1959. – С. 9 – 20.
22. Изучение опорных геохимических разрезов. Методические рекомендации. – М., 1986.- 57с.
23. Петрография углей СССР. Вещественно-петрографический состав угольных пластов и качество углей основных бассейнов СССР. / Под ред. И.Б. Волковой - Труды ВСЕГЕИ. Т. 333.- Л.: Недра, 1986. - 248с.
24. Геодинамика, магматизм и металлогения Колывань-Томской складчатой зоны. / Сотников В.И., Федосеев Г.С., Кунгурцев Л.В. и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1999.- 227с.
25. Миронов В.С. Состояние сырьевой базы и перспективы развития Канско-Ачинского бассейна. // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. Т.2.- Томск, 2000. – С.184-187.
26. Сазонов А.М., Алгебраистова Н.К., Сотников В.И. и др. Платиноносность месторождений Средней Сибири. – М.:Геоинформмарк, 1998. – 35с.
27. Киселева Н.В., Вдовченко В.С., Иванова А.А., Давыдова В.Н. Содержание микроэлементов в Канско-Ачинских углях. // Атмосфероохранные проблемы Канско-Ачинского и Экибастузского топливно-энергетических комплексов. Сб.научн. трудов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – С. 49-53.
28. Гаврилин К.В., Озерский А.Ю. Канско-Ачинский угольный бассейн. – М.: Недра, 1996. – 272с.
29. Голицын М.В., Голицын А.М., Андросов Б.Н. и др. Угли западной Сибири. // Известия вузов. Геология и разведка, 1992. - №2. – С. 75-83.
30. Юзвickий А.З., Фомичев А.С., Бостриков О.И. Западно-Сибирский угленосный бассейн. // Отечественная геология. – 2000 - №2. – С. 25 – 33.
31. Шор Г.М., Дитмар Г.В., Комарова Н.И., Голикова О.В. О формировании инфильтрационного оруденения элементов платиновой группы в чехле Западно-Сибирской платформы. // Докл. РАН.- 1996. – Т.351. - №4. – С.525 – 527.
32. Еханин А.Г. Проблемы германиеносности углей и лигнитов южной части Тунгусского бассейна. // Сырьевые ресурсы Нижнего Приангарья. – Красноярск, 1997. – С.49 – 51.
33. Геология и геохимия месторождений редких элементов в Алтае-Саяно-Байкальской складчатой области (труды совещания по геологии и геохимии редких элементов, состоявшегося 10-14 ноября 1965г. в г. Новосибирске). – Новосибирск, 1966. – 335с.
34. Крюкова В.Н., Комарова Т.Н., Латышев В.П., Попова Н.А. Угли Иркутского бассейна.

на: состав и свойства. – Иркутск: Изд-во Иркут. Ун-та, 1998. – 256 с.

35. Зильберминц В.А., Русанов А.К., Кострикин В.М. К вопросу о распространении германия в ископаемых углях. // Академику Вернадскому к пятидесятилетию научной и педагогической деятельности. – М: Изд-во АН СССР, 1936. – С.169-189.

36. Смыслов А.А., Малышев Ю.Н., Голубев Б.Б., Горцовский А.А., Кирюков В.В. Карта угленосности, сланценосности и геохимической специализации углей и горючих сланцев России. М-б 1: 10 000 000. Объяснительная записка. // Геологический атлас России. Раздел 3: Полезные ископаемые и закономерности их размещения. – М.-СПб, 1996. – С.27-47.

37. Шпирт М.Я., Клейман Р.Я., Скрипченко Г.Б. и др. Вещественный и микроэлементный состав минеральной части углей и вскрышных пород ПО "Востсибуголь". // Химия твердого топлива. – 1994. – № 4 – 5. – С. 169 – 176.

38. Жаров Ю.Н. Малые элементы в твердых каустобиолитах. // Российский химический журнал. – 1994. – 36. – №5. – С.12 – 19.

39. Селин П.Ф., Говердовский В.А. Угольные месторождения Республики Алтай. // Итоги и перспективы геологического изучения Горного Алтая. – Горно-Алтайск, 2000. – С.37 – 52.

40. Клер В.Р., Ненахов В.Ф., Сапрыкин Ф.Я., Шпирт М.Я. и др. Металлогения и геохимия угленосных и сланценосных толщ СССР. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения. – М.: Наука, 1988. – 256 с.

41. Рихванов Л.П. Промышленно-генетические типы месторождений редких земель и металлов Средней Сибири и их возможная промышленная значимость. // Редкоземельные металлы: переработка сырья, производство соединений и материалов на их основе. Материалы международной конференции. – Красноярск, 1995. – С.27-32.

42. Рихванов Л.П. Редкометальный потенциал Алтае-Саянской складчатой области. // Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в России в XXI веке. Тезисы докладов международной конференции. – М., 1998. – С. 12-14.

43. Рихванов Л.П. Редкометальный потенциал юга Сибири. // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. Т.2. – Томск, 2000. – С.58- 61.

44. Вялов В.И., Коломенская В.Г. Вещественно-петрографический состав и геохимические особенности метаантрацитов и графитов Таймырского угольного бассейна. // Химия твердого топлива. – 1996. – №1. – С.3-13.

45. Каширцев В.А., Зуева И.Н., Сукнев В.С. и др. Парагенетические ассоциации редкоземельных элементов в мезозойских углях северной части Ленского бассейна. // Отечественная геология. – 1999. – №4. – С.65 – 68.

46. Швец В.Н. О геохимии угольных пластов Южной Якутии. // Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – Томск: ТПУ, 2000. – С.244. – 247.

RARE-METAL POTENTIAL OF COALS OF THE MIDDLE SIBERIA

Arbuzov S.I., Rikhvanov L.P., Ershov V.V.

Results of the investigations into coal deposits and basins rare-metal potential are presented in this paper. Information about accumulation level and legitimacies of distributions of elements is shown. Data on industrially significant concentrations rare metals are given and geochemical specialization of distinct deposits and basins are determined. A conclusion about high rare-metal potential of coal basins of Siberia is drawn.