© Г.Л. Куклина, 2007

УДК 502/504

Г.Л. Куклина

ЦЕННЫЕ И ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УГЛЯХ ЧИТКАНДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Семинар № 8

Из-за больших и все возрастающих объемов углепотребления (несколько млрд. т в год) и получаемых углеотходов в последние десятилетия во всем мире значительно возрос интерес к изучению в них неорганических компонентов. Это связано, с одной стороны, с выявлением распространения и уровня негативного воздействия токсичных элементов в ископаемых углях (далее «углях») и углеотходах на биосферу, с другой стороны, с изучением их как потенциального нетрадиционного рудного сырья [1, 13].

В связи с введением Единой отечественной классификации углей [12] и в соответствии с рекомендациями ведущих НИИ (ВИЭМС, ВНИГРИуголь) по переоценке запасов угольных месторождений, разведанных 2–3 десятилетия и более назад без учета современных технологий и требований к охране окружающей среды [5, 9], по региональной Программе геологического изучения недр Читинской области выполнена переоценка качества углей Читкандинского месторождения [8]. В рамках этого исследования, которое включало ревизию всей имеющейся геолого–технологической информации о нем, были систематизированы, проанализированы и обобщены с учетом современных нормативно–технических документов (НТД) и методических положений и все имеющиеся данные о металлоносности читкандинских углей.

Читкандинское месторождение каменных углей расположено в зоне БАМ в Верхне–Каларской впадине. Расстояние от него до железнодорожной станции Чара – 100 км, до строящейся железнодорожной ветки Чара-Чина (поселок Чина) – 35 км. Особенность местоположения – принадлежность к горнорудному району с уникальной многокомпонентной промышленной металлоносностью, который входит в железо–медно–редко-метальный Каларский рудный пояс [12]. В 80-90 гг. прошлого века месторождение отрабатывалось открытым способом для удовлетворения местных нужд: уголь добывался из пласта Основной (уч. Угольный) выходящего на поверхность. Перспективы его освоения связывают с общим экономическим развитием зоны БАМ и освоением крупнейших Удоканского (Cu, Ag), Катугинского (Ta, Nb, TR) и, прежде всего, Чинейского (Fe, Ti, V) месторождений [14].

В 1961-1964 гг. Верхне-Каларс-кой впадине проведены геологоразведочные работы (ГРР), при этом детально разведаны участки «Угольный» (западная часть впадины), и Болотистый (северная часть) а остальная территория ее опоискована. Балансовые запасы углей сосредоточены в пласте Основной. Строение пласта простое, мощность его на уч. Угольный от 1,06 (на флангах) до 7,95 м в центральной части, на уч. Болотистый – 7,0÷12,0 м. Кроме пласта Основного,

установлено еще 27 пластов с мощностью 0,7-2,0 м.

Угли месторождения гумусовые, преимущественно среднезольные (средняя зольность, A^d, на уч. Угольный 24,2 %, на уч. Болотистый – 16,9 %, на остальной площади – 25,0 %, в основном низкосернистые (сера общая, S_t^d, 0,09-0,72), низко- и среднефосфористые (P^d = 0,004-0,036 %). В петрографическом составе углей резко преобладают мацералы группы витринита (58-80 %). Минеральные примеси присутствуют в количестве 15-33 % в тонкодисперсном виде в органической массе углей (ОМУ), которая на 50 % и более сложена коллинитом (бесструктурная витринизированная основная масса). В составе минеральных примесей преобладают из аутигенных минералов глины каолинит-гидрослюдистого состава и карбонаты, из терригенных включений крупностью 0,01-0,15 мм – кварц, полевой шпат, биотит; из акцессорных минералов встречается циркон (И.Г. Волоснюк, Э.Д. Дмитриев, В.И. Климов, 1961-1964 гг.).

По результатам ГРР с использованием бассейновых классификаций того периода (60-70^{е} гг.) угли месторождения отнесены к маркам Д, ДГ, Г. По ГОСТ 25543-88 они также принадлежат к этим маркам, но при более широком распространении газовых углей – марка Г. Прогнозируются угли более высоких марок – ГЖО, КСН, СС, что может повысить потребительскую ценность запасов Читкандинского месторождения [8].

В ходе ГРР (1961–1964 гг.) был выполнен приближенный количественный спектральный анализ (ПКСА) на 28 элементов золы углей 428 бороздовых и точечных проб, в том числе 150 проб – с уч. Угольный, 98 проб – с уч. Болотистый, 180 проб – с остальной опоискованной площади впадины. Кроме того, проанализировано методом ПКСА 228 металлометрических проб, отобранных из вмещающих пород и гумусового слоя в пределах распространения угленосных отложений. Проведен ПКСА всех указанных проб для характеристики их германиеносности. Введу того, что германий был выявлен лишь в 18 % проб углей при максимальном содержании его 30 г/т золы при еще более низких результатах анализа металлометрических проб, оценка угленосной формации в целом на германиеносность обоснована как отрицательная. Оценка значимости содержаний других элементов при этом не выполнялась ввиду отсутствия постановки такой задачи и ТНД как методической базы для ее проведения: в тот период лишь начались системные исследования металлоносности твердых топлив.

К настоящему времени накоплена обширная информация о металлоносности углей, нашедшая отражение в многочисленных публикациях, включая монографии [7, 10, 11]. Результаты исследований в этой области отражены в НТД, которая позволяет на унифицированной и, в значительной мере, стандартизированной основе проводить изучение элементного состава и свойств минеральных компонентов в углях, сравнительную оценку металлоносности углей различных месторождений, отдельных их участков между собой, а также с кларками.

С 1988 г. в практике ГРР, в том числе в Забайкалье, применяется Инструкция по изучению и оценке попутных твердых полезных ископаемых и компонентов при разведке месторождений угля и горючих сланцев [6]. Она содержит детализированные методические указания и рекомендации по изучению и оценке в углях малых элементов*, к которым отнесены некоторые редкие, радиоактив-

ные элементы, ценные, благородные, черные металлы. Содержания большинства из них обычно близки к фоновым (кларковым) значениям и лишь иногда образуют высокие (рудные) концентрации, превышающие 0,1 %. Рекомендовано подразделять их на собственно малые (0,1-0,001 %), редкие (0,001 % – 0,00001 %) и ультраредкие (< 0,00001 %). В табл. 1 приведены ориентировочные перечни малых элементов по указанным группам по данной НТД, а также сведения о том, какие из них определены ПКСА в читкандинских углях.

При массовом определении малых элементов в углях в практике ГРР, как ранее, так и в настоящее время, широко применяются полу- или приближенно количественные эмиссионные спектральные методы анализа (ПКСА): доступные, высоко производительные, дешевые. Ими определяются 30-50 элементов, из которых наиболее часто в углях присутствуют (в пределах чувствительности) B, P, Sr, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Be, Zn, Ga, Ge, As, Y, Zr, Mo, Ba, La, Pb; реже обнаруживаются In, Cd, Tl, Ta, Hf – в пробах с их повышенными концентрациями. Для определения Sc, Hg, Cs, Re, Rb, Au, Pt, Pd, Ir, Cl, Br, I требуются специальные методы [4].

Количественная оценка содержаний малых элементов более достоверна, но и более дорогостоящая, поэтому по [6] она рекомендуется при выявлении повышенных концентраций методами ПКСА. Ориентировочные минимальные содержания малых элементов, подлежащие количественной оценке для решения различных задач (далее, как в [13] к ним применены термины «пороговые содержания», «пороги»), приведены в таблице 2 (графа 2).

В [13] подведены итоги тридцатилетних исследований малых элементов в углях различных бассейнов и месторождений России, в которых принимали участие ученые многих НИИ и сотрудники ряда геологических производственных лабораторий (ВНИГРИуголь, ИМГГЭ, ГГП «Донбассгеология» и т.д.). Анализ полученного банка данных и сопоставление их с содержаниями элементов в основных типах месторождений и руд позволил, с учетом уровня современных технологий и требований к охране биосферы, авторами [6] внести коррективы в кларки, пороги «ценности» и «токсичности» в [6]:

- значительно расширен перечень элементов, отнесенных к ценным и токсичным;
- уточнены ранее установленные пороги «ценности» и «токсичности» для ряда элементов (табл. 2).

Все результаты анализа читкандинских углей методом ПКСА (428 проб) рассмотрены относительно уточненных кларков, (табл. 2, графа 4) порогов «ценности» и «токсично-сти» по [13] (табл. 2, с учетом сред-ней зольности углей A^d = 20 % для графы 9).

Во всех пробах читкандинских углей не обнаружены As, Au, Ag, Bi, Ce, Ta, Nb, Tl, Cd, т. е. они находятся в концентрациях ниже чувствительности ПКСА (табл. 2).

В 50-100 % проб установлены Be, Cr, Co, Ga, Zr, Ni,Ti, Mn, Pb, Cu, Mo, Y, Yb. Они присутствуют в углях всех участков, но в различных концентрациях: если содержания Co, Cu, Ti, Y, Yb, Be во многих пробах близки к порогам «ценности», достигают и превышают его, то у Ni, Mn, Pd, Zr, Ga, Cr, Mo, V они в основном ниже или едва достигают кларков.

Такие элементы, как Zn, Ge, La, Sn, Sc установлены 15-20 % проб при концентрациях лишь в единичных пробах приближающихся к кларковым.

Концентрации, превышающие порог «ценности», т. е. минимальные содержания элемента, определяющую его возможную промышленную значимость углей как источника рудного сырья, выявлены для Co, Cu, Ti, Y, Yb и Be (табл. 3).

Из них Cu, Ti относятся по [6] к собственно малым элементам, Co,Y, Yb, Be - к редким. Наибольший интерес как попутный компонент представляет бе-риллий: его повышенные концентрации установлены в 33,9 % проанализированных проб, а на участке Угольный – в 47 % проб (табл. 3), причем они часто коррелируются с повышенными содержаниями Y,Yb и Ti.

Несмотря на то, что повышенные концентрации Co и Cu установлены в ограниченном количестве проб, встречены они в 80 % проанализиро-ванных проб при их содержаниях 25-50 % от порога «ценности» (то есть в 2-3 раза выше кларков) почти в поло-вине проб, особенно на уч. Болоти-стый для Cu. Обращает внимание обогащенность углей участков Уголь-ный и Болотистый титаном по срав-нению с углями остальной площади месторождения.

По [6] пробы с повышенными концентрациями малых Элементов должны быть проанализированы количественными методиками, что достаточно часто выявляет значительными более высокие содержания, чем установлено ПКСА [13].

В табл. 4 рассмотрены концентрации в читкандинских углях элементов, содержание которых нормализованы по порогом токсичности (табл. 2).

Содержаний токсичных элементов, превышающих порог «токсичности», в читкандинских углях методом ПКСА не выявлено, хотя отдельные интервалы углей пласта Основной могут иметь его превышение для Be.

Общетехнические требования к углям в России, характеризующие безопасность угольной продукции, регламентируют в них: зольность (A^d < 45 %), сера общая (S_t^d < 4,5 %), массовая доля мышьяка (A_s^d < 0,02 %, что соответствует < 200 г/т сухого угля), массовая доля хлора (Cl^d < 0,60 % = 6000г/т) при оценке всех указанных параметров количественными методами [3]. Угли Читкандинского месторождения по A^d < 30 %, S_t^d < 1 % и A_s^d < 60 г/т (хотя и методом ПКСА) вполне экологически безопасны. Хлор в них не оценивается, но многочисленные определения Cl, а также A_s в углях 8 разрабатываемых месторождений региона сходного генезиса показали, что они присутствуют в них в количествах, не превышающих чувствительности методов их определения (соответственно, ГОСТ 93264 и ГОСТ 10478), что 1-2 порядка ниже установленных норм.

Результаты проведенного исследования показали:

1. Угли Читкандинского месторождения на локальных участках представляют интерес как нетрадиционное рудное комплексное сырье (Bt, Y, Yb, Ti, в меньшей степени Co и Cu).

2) Прослеживается тенденция взаимосвязи основной части ком-плекса элементов с повышенными концентрациями (Ti, Cu, Y, Yb) с ме-таллогенией горнорудного района, в котором месторождение находится.

3) Установлены некоторые закономерности распространения элементов с повышенными концентрациями по площади месторождения, что должно быть учтено при его доразведке.

4) Подтверждена эффективность анализа и обобщения ранее полученных (несколько десятилетий назад) результатов ГРР на базе современных нормативно- технических документов и методологических подходов, т. к. это позволяет получить качественно новую многоплановую (некоторые выявленные геолого-геохимические аспекты металлогении Читкандинского месторождения не рассмотрены в данной статье) НТ - информацию без проведения дорогостоящих исследований, которая может быть использована при проектировании дальнейших ГРР, а также как основа для продолжения научных исследований (в данном случае – металлоносности углей Читкандинского месторождения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев В.К.* Токсичные элементы в углях.//Обзорная информация «Геол. методы поисков и разведки месторождений тверд. горюч. ископаемых». – М.:ВИЭМС, 1987. – 29 с.
2. ГОСТ 25543 – 88. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. – М.: Госкомитет СССР по стандартам. - 19 с.
3. ГОСТ Р 51591 – 2000. Угли бурые, каменные и антрациты. Общие технические требования. – М.: Госстандарты России. - 4 с.
4. *Еремин И.В., Броновец Т.М.* Марочный состав и их рациональное использование/ И В. Еремин, Т.М. Броновец. - М.: Недра, 1994. - 254 с.
5. *Заверткин В.Л., Прокофьева Л.М.* Топливно-энергетические ресурсы и их роль в экономике России. / Матер. X Всеросс. Угольного совещания. – Ростов–на–Дону: ВНИГРИуголь, 1999. - с. 20–21.
6. *Инструкция* по изучению и оценке попутных твердых полезных ископаемых и компонентов при разведке месторождений угля и горючих сланцев. – М.: Наука, 1987. - 136 с.
7. *Коробецкий И.А., Шпирт М.Я.* Генезис и свойства минеральных компонентов углей /И.А. Коробецкий, Шпирт М.Я. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1988. - 227 с.
8. *Куклина Г.Л., Сверкунова Т.П.* Переоценка качества углей и ревизия геолого–технологической информации по Читкандинскому каменноугольному месторождению. Отчет ООО «ЗабНТГео». – Чита, 2004. - 217 с. Гос. Рег. № 43– 02–11/5.
9. *Медведев А.Я., Гордеева Н.И., Пронина Т.И.* Прогнозные ресурсы углей России. /Матер. X Всеросс. Угольного совещания. – Ростов–на–Дону: ВНИГРИуголь, 1999. - С. 22–24.
10. *Металлогения* и геохимия сланцесодержащих толщ СССР./ Клер В.Р., Волкова Г.А., Гуревич Е.М. и др.// – М.: Наука, 1987. - 300 с.
11. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения. / Клер В.Р., Ненахова В.Ф., Сапрыкин Ф.Я. и др.// – М.: Наука, 1988. - 256 с.
12. *Скурский М.Д.* Недра Забайкалья /М.Д. Скурский. – Чита: ЧитГТУ, 1996. - 692 с.
13. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России /Под ред. В.Ф. Череповского – М.: Недра, 1996. - 238 с.
14. *Сырьевая* база угольной промышленности Читинской области (состояние, перспективы использования и развития) / В.С. Чеченкин [и др.]// Ресурсы Забайкалья. – 2004 - № 3. - С. 14–26.

Коротко об авторах

Куклина Галина Леонидовна – кандидат технических наук, докторант Читинского Государственного университета.