

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622:533.940.4

Б. Ф. Нифантов, А.Н. Заостровский, О.П. Занина

ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕННЫХ И ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КУЗНЕЦКИХ УГЛЯХ

Понятия о ценных и токсичных химических элементах, как примесях в углях, недостаточно полно формулируются. Обычно ассоциации этих элементных групп называют ценными и потенциально ценными, токсичными и потенциально токсичными ЦПЦ, ТПТ. Не существует также в достаточной мере надежных критериев для комплексной оценки свойств ценности или токсичности многоэлементных естественных ассоциаций. Последнее для оценки токсичности элементной или минеральной (молекулярной) ассоциации весьма существенно. Здесь, в будущем, должны найти отражение как экологические и медицинские нормы безопасных содержаний (порогов) в углях и минеральных отходах для отдельных элементов, минералов и химических соединений, так и для конкретизированных их сообществ с учётом совместного усиления их токсичного воздействия в различных природных средах. Развёртывание этих направлений исследований остро необходимо при ожидающихся перспективах увеличения в энергетике доли угольной продукции. Для предотвращения экономических потерь следует определяться в комплексе требований к дополнительной коммерческой оценке рудных элементов их ассоциаций и минеральных групп.

В настоящее время экономическая оценка полезных компонентов угольного сырья и соответствующих отходов базируется на роли отдельных химических элементов. Такой подход, хотя и позволяет вычислять суммарные выгоды от извлечения металлов и компонентов сырья, но не учитывает в выбранных технологиях формы вхождения вещества в конечные и промежуточные извлекаемые минеральные продукты.

Нами выявлено, что при извлечении, например, железорудного концентратата из зольных продуктов сжигания кузнецких углей одновременно с магнетитом почти полностью извлекаются германий и олово. Не учитывать таких особенностей – значит терять ценные элементы в последующих металлургических процессах, продукции, отходах. Комплексное, рациональное, использование минерального сырья – магистральный путь будущего развития процесса освоения полезных ископаемых от геологического изучения сырья до производст-

ва продуктов и предметов потребления.

Если примесные легирующие элементы из добываемых углей попадают в кокс, а затем в металлургическую продукцию и улучшают её качественные показатели и свойства, то такие примеси (Zr, Nb, Y и другие) должны учитываться в цене и оплачиваться потребителем. Необходимо на государственном и межотраслевых уровнях предусмотреть порядок оплаты за естественно содержащиеся в угольной продукции ценные примеси, передаваемые потребителю через технологические этапы переработки сырья и образования отходов.

Отходы производства с цennыми примесями следует направлять на переработку специализированным предприятиям.

Пороги токсичности и нормативны оценки содержаний малых элементов в товарных углях и продуктах их обогащения и золошлакового материала (ЗШМ) приведены в справочнике [1]. Ниже по опубликованным и нашим данным приведём расчёты соответствующих показателей на теоретическую золошлаковую массу.

Будем, в дальнейшем, полагать, что приведённый список исчерпывает набор ТПТ элементов в кузнецких углях (рис 1).

По приведенным оценкам только таллий превосходит порог токсичности. Он выявлен в товарной продукции углей марки СС разреза им. Вахрушева. Продукцию этого разреза, разрабатываемые пласти необходимо в дальнейшем контролировать на содержание таллия.

Как видно по приведенным данным, вероятные концентрации по ЗШМ группы элементов

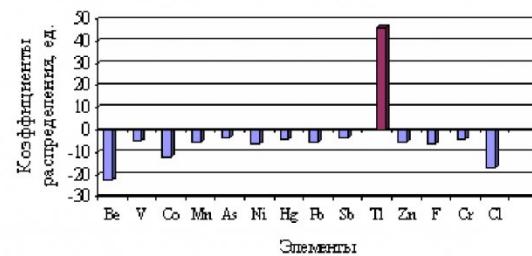


Рис. 1. Подфоновый и надфоновый характер распределения токсичных и потенциально-токсичных химических элементов в ЗШМ кузнецких углей

ТПТ, могут иметь значения (-) 3,0 до (+) 46,0. С наиболее высокими уровнями концентраций в кузнецких углях могут оказаться Cr, Mn, Ni, As, Tl Hg. Вся группа ТПТ должна отслеживаться в недрах при геологоразведочных работах и от начала до завершения разработки угольных пластов.

Отметим здесь также роль радиоактивных элементов Th и U, изотопа 40К. Первые два достаточно неплохо изучены: 405 и 333 пробы, 548 и 410 элементоопределений; встречаемость - 85,1 и 70,0 %. По 40К данных в базе нет. Торий и уран кузнецких углей при средних содержаниях 4,198 и 4,125 г/т превышают нормативы по естественным радионуклидам - 3,5 и 3,0 г/т. Максимальные их содержания в кузнецких углях - 42,96 и 16,4 г/т, что соответствует их содержаниям в ЗШМ - 320 и 118 г/т. Такие показатели содержаний превышают рудные и опасны для человека. Поэтому необходим постоянный мониторинг за естественными радиоактивными изотопами 40К и другими. Изотопы калия, вероятно, пользуются не меньшей встречаемостью, чем Rb, который имеет распространённость в кузнецких углях не менее 34,7 %. Наши оценки средних суммарных показателей содержаний ТПТ элементов в углях не ниже 0,37 %; в ЗШМ не ниже 3,3 %.

Необходимо подчеркнуть, что в бурых окисленных углях одного из северных районов Кемеровской области (пласт Итатский, I2it) нами выявлено содержание урана - 139 г/т, в ЗШМ - 902,6 г/т, в пересчёте на UO_2 - 1023,9 г/т. Эти сведения имеют не только важное поисковое значение, но и экологическое, в т.ч. для принятия решений об усилении экологического контроля за распространённостью единые радиационные нормы (ЕРН) в углях, отходах их добычи, переработки и сжигания.

Ценные и потенциально ценные (ЦПЦ) элементы достаточно полно представлены в разрабатываемых пластах кузнецких углей. По опубликованным данным их 41. Нами рассматривается в этой группе большее число изученных в кузнецких углях элементов, т.к. их повышенные содержания, устойчивая распространённость и наличие в отдельных случаях рудных содержаний позволяют внести в этот список 50 элементов, включая Al и Fe.

Блоковая структура Кузнецкого бассейна, занимавшая от девона до верхней перми, положение подвижного сегмента среди более древних "жёстких" массивов Салаира, Горной Шории, Кузнецкого Алатау, Колывань-Томской зоны, способствовала формированию тектонических условий накопления в озёрно-болотных фациях торфяных залежей. Они адсорбировали и накапливали в растительном органическом веществе из пропитывающих растворов и вадозных вод комплексы элементов, характерные для каждого интервала геологического времени, когда осуществлялось массовое поступление обломочного, глинистого

растворенного материала, а также продуктов вулканической и магматической деятельности. Существенный вклад в накопление элементов привнесли рудный материал из выветривавшихся металлоносных месторождений и вмещающих пород. Суммарное сочетание благоприятствующих геологических факторов привело, в итоге, к образованию металлоносных углей.

В петрографическом наборе пород бассейна, кроме углистых пород, включая песчаники, алевролиты, аргиллиты нередко встречаются почти мономинеральные породы в виде желваков и пластообразных тел, представленных карбонатами кальция, магния и железа. Породы также содержат в различных частях бассейна значительные количества фосфора, могут быть окремнены, аллитизированы. Все эти и другие факты свидетельствуют о выраженной химической дифференциации и концентрации вещества, происходившей как в период осадконакопления, так и после него. Таким образом, породы бассейна и пласти углей могут являться носителями рудных концентраций различных химических элементов.

Последнее подтверждается примерами максимальных и рудных содержаний в зольной компоненте углей. К таким показателям могут быть отнесены вычисленные для ЗШМ рудные содержания алюминия (22,3 % или 42,1 % Al_2O_3), железа (52,8 %), а также Li, Be, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, La и суммы РЗЭ, Au, Th, U. Эти и другие, перечисленные в таблице 8 элементы, кроме тех, для которых отсутствуют данные наших определений (In, Te, Re, Pt, Pd и др.) спорадически встречающиеся (Cd, W, Tl), составляют геохимическую ассоциацию ценных и потенциально ценных элементов. Поиски их в угленосной толще и в пластах углей приведут к открытию новых металлоугольных объектов добычи. Учитывая изложенное, следует пересмотреть и заново изучить соответствующие продукты, сырье, накопленные отходы горных, обогатительных, коксохимических, металлургических предприятий, тепловых электростанций в Кузбассе и в других регионах России, где в течение длительного времени потреблялись кузнецкие угли в значительных количествах и накоплены соответствующие минеральные отходы.

Поисковые работы рекомендуется направить в ближайшем будущем на выявление и оценку Pt, Pd, Rh, Ir, Os, Ru и In, Te, Re. Необходимо продолжить поиски и определение токсичных и ценностных характеристик таллия, его приуроченность к пластам углей Прокопьевско-Киселёвского и других районов.

При поисковых работах, вероятно, следует обратить внимание на особенности преимущественного вхождения в относительно маломощные пласти Li, Sn, Sb, Cs, Sm, Eu, Lu, Hf, Ag, Hg, Th, U. Газообразный радон, продукт распада радия, сопровождающего урановую минерализацию углей,

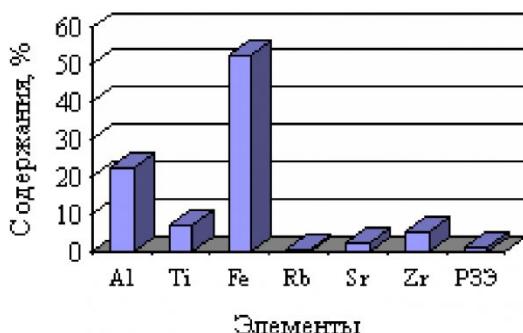


Рис. 2. Гистограмма распределения максимальных содержаний промышленно ценных элементов в ЗШМ кузнецких углей

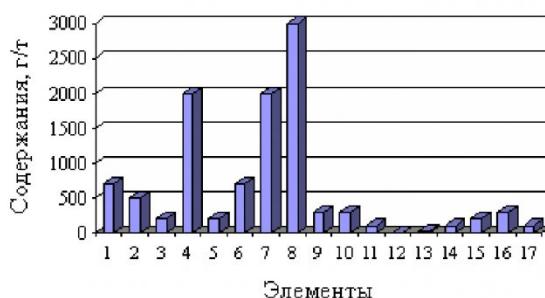


Рис. 3. Гистограмма распределения максимальных содержаний (г/т) редких, благородных, радиоактивных элементов в ЗШМ кузнецких углей:
 1) Li – 700; 2) Be – 500; 3) Sc – 200; 4) V – 2000; 5) Ga – 200; 6) Ge – 700; 7) Y – 200; 8) Nb – 3000; 9) Ag – 300; 10) Hf – 300; 11) Ta – 100; 12) Pt – 3.4; 13) Au – 20; 14) Tl – 100; 15) Bi – 200; 16) Th – 300; 17) U – 100.

фиксируется в кузнецких углях, в атмосфере горных выработок, на поверхности. Его повышенная эмиссия может быть предвестником опасных газодинамических явлений, всплесков тектонической активности, подземных пожаров. В пластах с максимальными мощностями следует ожидать высоких содержаний Al, Zn, Ge, Ag, Cd, Bi. Связь с повышенным средним удельным весом углей (1,50 г/см³ при зольности 16,67 %) обнаружена для золота по 82 пробам.

В дальнейшем требуется выявить и изучить минеральные носители ассоциаций элементов, соответственно, для литофильных, халькофильных, сидерофильных групп. Для этого рекоменду-

ется выделить из углей органические и неорганические фракции. Последние, вероятно, следует получить испарением навески угля в холодной плазме [2] с тем, чтобы в ходе пробоподготовки не изменить, насколько это возможно, состав и структуру первичных минералов зольной массы углей. Изучение структуры и состава выделенных минеральных компонентов в дальнейшем будет осуществляться с применением современных средств электронно-микроскопической, микроанализаторной и другой исследовательской техники и новых технологий.

Полученные массивы данных потребуется хранить и обрабатывать с применением компьютерных технологий современных новых программных средств.

Выявление в пластах углей и углевмещающих породах отдельных "маркирующих" элементов их изотопов и ассоциаций позволит не только уточнить схемы стратиграфии. Главным образом, такие выявленные комплексы элементов и изотопов могут служить в качестве руководящих поисковых признаков при организации производственного геологического изучения угленосных отложений и других объектов. Этот инструмент исследований применим также при поисковых работах на нефть, газ, минерализованные подземные воды, при добыче углей.

В избранных нормативных сведениях о промышленных ценных и потенциально ценных элементах приведены результаты анализов и вычислений, которые отражают средние, максимальные и промышленные содержания элементов в ЗШМ, представлена на рис. 2, 3.

Их рассмотрение позволяет выделить ассоциации элементов (по средним содержаниям), которые входят в пределы рудных кондиций, в т.ч. Ti, Ga, Y, Nb, Au, Tl, Th. Список кондиционных содержаний максимальных в ЗШМ включает: Li, Al, Sc, Ti, Fe, Ga, Ge, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, РЗЭ, Hf, Au, Tl, Th, U. Отмеченные выше перечисления элементов (7 и 24) входят в генетически закономерные ассоциации с Al, Fe, халькофильными, РЗЭ, Au, Ag, ПГМ, радиоактивными и другими металлами. Поэтому при выделении металлоконцентратов количество "рудных" элементов окажется больше рассчитанного. Это повысит ценность концентратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник. – М.: Недра, 1996. – 238 с.
2. Коробецкий И.А., Подольский А.П., Заостровский А.Н., Балабанова Н.В. Выделение минеральной части из углей и углистых пород // Химия твердого топлива. 1986. № 5. С. 117 – 121.

□ Авторы статьи:

Нифантов
Борис Федорович
- канд. геолого-минерал. наук, ст.
науч. сотр. Института угля и угле-
химии СО РАН (ИУУ СО РАН)

Заостровский
Анатолий Николаевич
- канд. техн. наук, доц. каф. химической
технологии твёрдого топлива и эколо-
гии, ст. науч. сотр. ИУУ СО РАН

Занина
Ольга Павловна
- аспирант ИУУ СО РАН