

ности добычи ископаемых говорить не приходится, а о комплексном использовании природных ресурсов мы начинаем задумываться только сейчас. Очень много работ посвящено изучению использования отходов. Спектральный анализ выявляет в золах и пыли галлий, германий, висмут и другие элементы, запасы которых порой достигают промышленных значений.

В работе рассмотрены вопросы нетрадиционного извлечения германия из отходов горного производства, в связи с широким применением металла. При добыче германия из зол производится высокотоварная продукция, ликвидная при сегодняшней рыночной ситуации. Уделено внимание экологическим проблемам, возникающим при создании техногенных месторождений.

Проведенные исследования позволяют, кроме имеющихся сегодня промышленное значение концентраций германия и урана, выделить в качестве перспективных для поисков и изучения как ценных компонентов концентраций в углях вольфрама, галлия, молибдена, серебра и других благородных металлов.

Изучение закономерностей распределения токсичных элементов в угольных пластах позволит прогнозировать места локализации повышенных концентраций и добычу углей с повышенным содержанием германия и других элементов, необходимых в промышленности. Это позволит снизить негативное влияние угольной отрасли на окружающую среду.

Библиографический список

1. Карбивничий И.Н. Редкие и рассеянные элементы / Справочник геолога — Магаданское книжное издательство, 1960. — С. 96–102.
2. Ломашов И.П., Лосев Б.И. Германий в ископаемых углях. — М.: Издательство академии наук СССР, 1962. — С. 209–249.
3. Баранов Ю.Е. Редкие элементы в угленосных формациях // Геохимия, минералогия, генетический типы месторождений редких элементов. — М.: Наука, 1966. — Т. 3. — С. 736–755.
4. Войткевич Г.В., Кизильштейн Л.Я., Хомедков Ю.И. Роль органического вещества в концентрации металлов в земной коре. — М.: Недра, 1983. — С. 156.

© Масленко Ю.В., Мальченко А.К., 2004

УДК 330.15

Канд.геол.-мин. наук ВОЛКОВА Т.П., студ. ОМЕЛЬЧЕНКО А.А., инж. ПОПОВ Р.В. (ДонНТУ)

ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ МАЗУРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Появившиеся в последние десятилетия техногенные месторождения являются результатом интенсивного развития горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Они представляют собой новый источник минерального сырья, образованный в результате промышленного производства. Однако их разработка связана с определенными экологическими проблемами. Особенности техногенных месторождений, обуславливающими актуальность их геоэкологического исследования, являются 1) расположение в промышленно развитых и, как правило, густонаселенных регионах; 2) месторождения находятся на поверхности, материал в них преимущественно раздроблен и подвержен интенсивному влиянию поверхностных геологических факторов (водной и ветровой эрозий и т.п.); 3) значительное количество

искусственных минеральных форм, усложняющих анализ. Радиационная опасность техногенного месторождения для окружающей среды определяется его составом (а именно содержанием радиоактивных компонентов), для изучения которого необходимо выполнить аналитические и минералогические исследования.

Мазуровское месторождение приурочено к Октябрьскому рудному полю, расположенному в Восточноприазовской металлогенической зоне Приазовской субпровинции [1]. Оно имеет протяженность 3,3 км, является более широким (1,5 км) на востоке с постепенным сужением в западном направлении до 0,25 км. Площадь месторождения 3,5 км². Мазуровское месторождение расположено в северо-восточной экзоконтактовой части Октябрьского щелочного массива [2]. Руды Мазуровского месторождения являются комплексными по своему составу. Наиболее распространенными природными разновидностями являются мариуполиты (полезные минералы: пироклор — 0,1–0,4%, циркон — 0,2–1,0%, нефелин — полевошпатовый комплекс — 85–90%), полевошпатовые метасоматиты (альбититы и микроклиниты), микроклиновые и нефелин — микроклиновые пегматиты [7]. Мазуровское месторождение может быть надежным поставщиком циркония и других редких металлов. Общие запасы руд более 200 млн.т. В ближайшие годы планируется его обработка карьерным способом.

Мазуровское техногенное месторождение представляет собой отвалы обогатительной фабрики, образовавшиеся в результате обогащения руд редких металлов. Первая рудная залежь разрабатывалась карьером 15 лет, руда обогащалась на обогатительной фабрике с получением цирконового концентрата, из которого на Донецком химико-металлургическом заводе (пос.Донское) получали особо чистый цирконий. В результате образовалось около 2 млн.т отходов, из которых возможно получение редкометалльных и нефелин-полевошпатовых концентратов. Товарной продукцией при обогащении руд являются: фтортанталат калия, технический пентоксид ниобия для феррониобия, цирконовый и пироклоровый концентрат, нефелиновый и полевошпатовый концентраты. Породы отвалов имеют повышенный радиационный фон, что обуславливается повышенной радиоактивностью основных рудных минералов продуктивных залежей.

Методика исследования техногенных месторождений в значительной степени отличается от изучения природных объектов, что обусловлено антропогенным фактором формирования. Проведение комплексных исследований включает несколько этапов, первый из которых представляет собой оценочные работы, второй — аналитическое и минералогическое исследования, третий — обработка и анализ полученной информации, оценка концентраций полезных и вредных компонентов. Оценить состав техногенного месторождения можно также на основе данных о процессе его образования, который является важнейшим классификационным признаком техногенного месторождения. Химический состав пород техногенного месторождения в значительной степени определяется процессами, происходящими в породных отвалах после их образования. В этом плане представляет интерес химический состав минералов в первичных породах, природные процессы экзогенного и эндогенного минералообразования, которые значительно лучше изучены.

Акцессорные редкометалльные минералы широко распространены в породах Приазовья. Многие из них являются весьма чувствительными к изменению кислотности-щелочности среды. В результате метасоматических процессов происходит повышение содержания акцессорных минералов редких элементов в породах. Главная роль среди них принадлежит щелочному и карбонатному метасоматозу, а также процессам кислотного выщелачивания [4]. С продуктами щелочного метасоматоза связано накопление таких редких элементов как Li, Rb, Be, Zr, Hf, Nb,

связано накопление таких редких элементов как Li, Rb, Be, Zr, Hf, Nb, Ta. В породах, подверженных кислотному выщелачиванию накапливаются Cs, Be, Nb, Ta, а с продуктами карбонатного метасоматоза связано накопление Sr, Nb, Ta и редких земель. Такая тенденция хорошо выражена в Октябрьском массиве, где в зависимости от степени альбитизации пород меняются содержания рудных и акцессорных минералов в породах — пирохлора, бритолита, бастнезита, чевкинита, ортита, циркона, флюорита [1]. По характеру поведения в различных метасоматических процессах рассматриваемые элементы разделяются на три типа. К первому относится ниобий, который стадийно накапливается в начале в раннюю стадию послемагматического метасоматоза (альбитизацию), а затем в позднюю стадию карбонатизации. Ко второму типу относится цирконий, основная масса которого приурочена к альбитизированным разностям пород. В стадию карбонатизации Zr выносятся из зон метасоматического изменения. Содержания элементов третьего типа (стронций, редкие земли, радиоактивные элементы) слабо повышаются в стадию альбитизации, затем необычайно резко возрастают к концу основной фазы стадии карбонатизации [6]. Как установлено поисковыми работами (В.В. Васильченко, 1986), на участках развития наиболее позднего по возрасту (1500 млн.лет) карбонатного метасоматоза в Октябрьском массиве появляются зоны трещиноватости с урановой чернью. Это свидетельствует о возможности образования собственных минералов радиоактивных элементов в породах, содержащих редкометалльные минералы, в частности, пирохлор. При изучении зерен этого минерала в шлифах установлена их зональность [3]. Она связана с характером распределения радиоактивных элементов. Зоны повышенной радиоактивности более темноокрашенные, так как локализация U и Th ведет к аморфизации этих зон. В результате в одном зерне пирохлора наблюдается чередование темных и светлых участков. Повышенной радиоактивностью объясняется метамиктность некоторых разновидностей зерен пирохлора, а также ореольные изменения вокруг его кристаллов.

Среди природных редкометалльных ассоциаций в метасоматически измененных породах почти всегда присутствуют акцессорные минералы радиоактивных элементов — торит, уранинит. Акцессорный торит из метасоматитов, как правило, ассоциирует с танталит-колумбитом, ксенотимом, монацитом, циртолитом, паризитом, касситеритом, а также флюоритом и топазом [6]. В значительных количествах радиоактивные элементы содержатся в качестве изоморфной примеси в кристаллических решетках редкометалльных минералов, а также в виде минеральных примесей. На это указывает химический состав редкометалльных минералов, приведенный в таблице 1.

Поведение урана в различных геологических процессах определяется устойчивостью его ионов при различных окислительно-восстановительных потенциалах (Eh), который, в свою очередь зависит от кислотности-щелочности среды (pH). Хорошая растворимость минералов урана в природных водах и крупный размер уранил-иона являются основными причинами рассеяния урана в земной коре, в том числе в гидросфере [4]. Из породы отвалов, включающей торий- и урансодержащие минералы, при химическом и физическом выветривании легко выщелачиваются радиоактивные элементы. Они составляют основу концентраций грунтовых вод. В пределах приповерхностных частей отвалов (зона выветривания) подвижный уран может частично связываться тонкодисперсными продуктами выветривания. Но большая его часть поступает в нижние горизонты отвалов, где он может скапливаться, образуя более высокие концентрации. Наличие сероводородного восстановительного геохимического барьера приводит в природных обстановках к формированию

инфильтрационных месторождений урана. В нижних горизонтах отвалов редкометальных месторождений за счет подобных процессов могут появляться зоны повышенного радиационного загрязнения.

Табл. 1. Химический состав (в %) редкометальных минералов (по литературным данным)

Минерал	Минералы тантала и ниобия									
	Компонент									
	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	TiO ₂	ZrO ₂	ThO ₂	ΣTR _{Ce}	ΣTR _Y	UO ₂	U ₂ O ₃	U ₃ O ₈
пирохлор	53,6	4,25	4,47	2,83	1,65	1,55	-	-	1,05	-
фергусонит	42,01	1,0	0,05	-	0,88	52,26	-	-	-	1,11
гатчеттолит	34,26	8,74	7,45	-	-	10,80	-	-	-	11,98
эльсвортит	34,91	5,84	15,41	-	-	0,65	0,23	-	-	13,77
бетафит	7,51	0,70	21,62	-	0,895	5,20	-	18,43	-	-
приазовит	30,23	22,0	3,26	-	2,0	0,25	10,25	3,12	6,28	-
приорит	28,89	6,21	20,46	-	1,58	1,12	24,95	-	-	5,01
тапиолит	63,9	14,69	2,92	-	-	0,16	-	-	-	0,28
колумбит	61,74	11,0	6,78	-	-	0,04	-	1,14	-	-
самарскит	51,10	16,42	3,28	-	2,88	2,66	4,0	-	-	3,89
Минерал	Минералы редких земель									
	Компоненты									
	TR ₂ O ₃	(Nb,Ta) ₂ O ₅	TiO ₂	ZrO ₂	ThO ₂	ΣTR _{Ce}	ΣTR _Y	UO ₂	U ₂ O ₃	U ₃ O ₈
ортит	19,58	-	0,96	-	2,08	-	-	-	-	-
бритолит	59,22	-	0,04	-	1,93	-	-	-	-	-
чевкинит	-	2,50	13,10	-	0,10	39,65	1,20	-	-	-
ксенотим	60,25	-	-	-	-	-	-	1,62	-	-
монацит	58,6	-	0,05	-	4,10	58,6	-	-	-	0,08

В соответствии с технологическими схемами переработки руд месторождений предполагается их комплексное использование. Вмещающие породы обычно применяют в качестве строительного материала. С целью радиационной оценки влияния добываемых пород и руд на окружающую среду отбирается дополнительное количество проб для выполнения гамма-спектрометрического анализа. На месторождении проводится обязательный гамма-каротаж скважин с целью выявления интервалов проб с повышенным уровнем радиоактивности. Фоновым уровнем естественной радиоактивности считается 8–12 гамм. Наиболее эффективным практическим методом определения тяжелых и радиоактивных металлов является ядерно-физический. В процессе разведки Мазуровского месторождения проводились замеры гамма- и бета-излучения, которое находится в границах от 11 до 16 мкр/год и от 0 до 2 в.частей/мин·см² соответственно. В этих же точках проводились замеры содержимого ртути в атмосферном и грунтовом воздухе. Максимальные значения – 30·10⁻⁹ мг/л в атмосферном и 34·10⁻⁹ мг/л в грунтовом воздухе выявлены в юго-восточной части карьера. Полученные результаты положены в основу подготовки материалов к проекту по оценке влияния разработки месторождения на окружающую среду. Отобраны 51 проба на радиационно-гигиеничную оценку и 443 пробы — для определения урана — торий-калия.

При условии восстановления разрушенной обогатительной фабрики, в пос.Донском возможно обогащение руд других редкоземельно-редкометальных месторождений, которые достаточно разнообразно представлены в Приазовье. В первую очередь к ним относится Азовское цирконий-редкоземельное и Анадолевское ортитовое месторождение. Рудные минералы Азовского месторождения представлены силикатами (циркон, ортит, чевкинит, иттриалит), редкоземельными фосфатами (бритолит, монацит, апатит), ортокарбонатами (бастнезит), оксидами (магнетит, ти-

таномagnetит), и фторидами (флюорит). Практическое значение имеют циркон, брито-лит, ортит и псевдоморфозы по бритолисту, сложенные агрегатом включающим бастнезит, монацит (рабдофанит) и реликты бритолита, а также в небольших количествах итробритолит, апатит и флюорит. Бритолит является главным минералом концентратом редкоземельных элементов. Встречается во всех породах участка, но обогащение отмечается только в такситовых щелочно-полевошпатовых сиенитах. Неизмененные бритолиты — селективно цериевые минералы, доля легких лантаноидов (La, Ce, Nd, Pr) в их общей сумме составляет 85–90% (в образцах, где определен весь спектр). Доля оксидов иттрия в сумме $\text{Tr}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ составляет 6–7%. Встречаются псевдоморфозы в которых наряду с преобладающим бастнезитом содержится монацит. Состав монацита достаточно постоянный: кроме редких земель, иттрия и фосфора в нем отмечается лишь незначительная примесь кремния (0,6–1,0%), циркония (0,5–1,1%), а также торий, содержание которого изменяются от 0,9 до 5,2%. По соотношению элементов цериевой и иттриевой групп руды могут быть отнесены к иттриевоземельным. Содержание урана в рудах колеблется от 0,00117% до 0,0142% при среднем 0,00648%, тория от 0,0034% до 0,0938% при среднем 0,04811; уран-ториевое соотношение — 0,135. В рудах отмечается четкая положительная корреляционная зависимость между содержаниями редкоземельных и радиоактивных элементов: минимальные значения характерны для проб с содержанием суммы редких земель 0,21% максимальные для пробы с содержанием РЗЭ 12,74%. На некоторых интервалах опробования Азовского месторождения этот уровень повышался до 100, иногда 200 гамм. Такие интервалы подвергались детальному опробованию. Дополнительно проводилась экспресс-оценка строительного сырья по мощности дозы гамма-излучения. Для этого вначале с помощью звукового индикатора производится поиск участка с повышенным гамма-фоном, а затем измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения.

Работами установлено, что мощность экспозиционной дозы гамма излучения, замеренная радиометром РКС-20-03 с порогом чувствительности 10 мкР/час, составляет 12–14 мкР/час для основной массы вмещающих пород. Для пород с повышенной естественной радиоактивностью она повышалась до 25 мкР/час. Допустимый уровень этой дозы для зданий и помещений составляет 30–50 мкР/час. Полученные результаты замеров позволили пока предварительно рекомендовать извлекаемые при отработке месторождения породы в качестве строительных материалов с радиационными параметрами первого класса, который применяется для всех видов строительства. Окончательная радиационно-гигиеническая оценка пород и руд месторождения может быть установлена после определения суммарной удельной активности естественных радионуклидов.

Анадольское месторождение редкоземельного минерала ортита имеет жильную форму. Жила прослежена на расстоянии более 1 км при мощности от 0,5 до 3 м, по данным бурения протягивается на глубину на 300–400 м. Среднее содержание редких земель в руде составляет 7%, запасы руды — несколько сот тысяч тонн. Жила выходит на поверхность, поэтому возможна ее разработка открытым способом. Проведены технологические испытания редкоземельной руды и концентрата на Приднепровском химическом заводе (г.Днепродзержинск). Данные о содержании радиоактивных элементов в ортите приведены в таблице 1.

Приведенные данные свидетельствуют о потенциальной опасности заражения местности радиоактивными элементами в местах нахождения отвалов редкометалльных месторождений. С этой целью необходимо изучение не только поверхности от-

валов, но и более глубоких горизонтов в соответствии с «Положением о радиационном контроле...»

Библиографический список

1. Волкова Т.П. Критерии продуктивности редкометальных месторождений и рудопроявлений Октябрьского массива // Наукові праці ДонНТУ, с. гірничо-геол., 2001. — Вип.36. — С. 63–69.
2. Донской А.Н. Нефелиновый комплекс Октябрьского щелочного массива. — К: Наукова думка, 1982. — 151 с.
3. Минералогия Приазовья // Е.К.Лазаренко, Л.Ф.Лавриненко, Н.И.Бучинская и др. — Киев: Наук.думка, 1981. — 432 с.
4. Минералогия и геохимия редких и радиоактивных металлов // В.Я.Терехов, Н.И.Егоров, И.М. Баюшкин, Д.А. Минеев. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 359 с.
5. Редкие элементы Украинского щита // Б.Ф.Мицкевич, Н.А.Беспалько, О.С.Егоров и др. — Киев: Наук.думка, 1986. — 256 с.
6. Розанов К.И. Акцессорные минералы гранитоидов Русской платформы как критерий их генезиса и потенциальной рудоносности // Акцессорные минералы докембрия. — М.: Наука, 1986. — С. 131–138.
7. Тихоненкова Р.И., Осокин Е.Д., Гонзеев А.А., и др. Редкометальные метасоматиты щелочных массивов. — М.: Наука, 1967. — 196 с.

© Волкова Т.П., Омельченко А.А., Попов Р.В., 2004

УДК 551.24.03

Инж. ДУДНИК В.А., докт.геол.- мин.наук КОРЧЕМАГИН В.А. (ДонНТУ)

МЕЗОЗОЙСКИЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ОЛЬХОВАТСКО-ВОЛЫНЦЕВСКОЙ АНТИКЛИНАЛИ ДОНБАССА

Главная антиклиналь Донбасса является перспективной структурой нахождение золоторудной минерализации [1, 2]. Она располагается в осевой части Донбасса и состоит из складок второго порядка (с запада на восток): Дружковско-Константиновской, Горловской, Ольховатско-Волынцевской, в пределах Ровеньковского поднятия распадается на южную и северную ветви, и далее протягивается как единая структура (рис. 1).

Ольховатско-Волынцевская антиклиналь (далее ОВА) протягивается прямолинейно по азимуту СЗ 300° на расстояние около 65 км от ст. Новопавловка до г.Горловка. Антиклиналь представляет собой линейную складку с крутонаклонными крыльями (50–70°). Ее осевая плоскость вертикальна или круто падает на северо-восток. Структура сложена породами нижнего и среднего карбона, которые представлены чередованием пластов песчаников, глинистых сланцев и маломощных горизонтов известняков. В центральной ее части обнаружено и изучено Михайловское гидротермальное рудопроявление золота и имеются предпосылки для нахождения других золоторудных объектов [3, 4]. Что вызывает необходимость проведения детальных геологических исследований ОВА.

Известно, что гидротермальная минерализация контролируется, прежде всего, структурными элементами массива горных пород, их динамикой и взаимоотношениями. Поэтому важно определение тектонофизических условий формирования и развития ОВА, особенно тех этапов, с которыми может быть связана золоторудная минерализация. С этой целью нами были проведены структурно-тектонофизические исследования, включавшие в себя анализ пластических деформаций и кинематиче-