

Форма рудных тел свинца – серповидная, мощность – 3–15 м, содержание Pb – 0,097–0,68 %. В расчёте на рудное сечение, максимальное содержание Pb составляет 0,623 % на 9,0 м. Средневзвешенное содержание Pb при бортовом содержании 0,2 % в пределах рудных тел – 0,368 % на 38,0 м.

В рудных телах установлены следующие минералы Pb: галенит (преобладает), церуссит, буланжерит, вульфенит. Галенит образует свинцово-серые кристаллы (октаэдры) размером до 0,1 мм. Кроме минералов Pb отмечен пирит.

Рассматривая весь массив данных по участку Кичиксу (результаты ГТК-50 и поисковых работ), следует отметить, что наиболее ярким проявлением оруденения является минерализация галенита в мощной зоне развития аргиллизитов. Кроме свинцового оруденения отмечены одно рудопроявление и семь пунктов минерализации W, один пункт минерализации Mo, два – Ag, один – Au.

Библиографические ссылки

1. Фанерозойский магматизм Восточного Приазовья Украинского щита и связанные с ним полезные ископаемые (петрология, геохимия и рудоносность) / Е. М. Шеремет, С. Г. Кривдик, Н. А. Козар и др.; под ред. акад. НАН Украины А. Н. Пономаренко. Киев: ЦП «Компринт», 2015. 318 с.

УДК 553.078(477)

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

А. Н. Пономаренко, Е. М. Шеремет, С. Г. Кривдик, Н. А. Козар

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семененко НАН Украины,
пр. акад. Палладина 34, 03142 Киев, Украина; pan.igmof@gmail.com,
evgsherm53@gmail.com, kryvdic@ukr.net, kozar.geolog@rambler.ru

Одним из важнейших показателей уровня экономического развития каждой страны является использование стратегических видов минерального сырья, ведущее место среди которых принадлежит рудам редкоземельных металлов и Y.

Редкоземельные элементы встречаются почти во всех породах земной коры, но их максимальное содержание связано со щелочными породами. В мире известно всего несколько десятков месторождений со значительными запасами REE. Наиболее известные – Баян-Обо (Bayan-Obo) в КНР, Маунтин-Пасс (Mountain-Pass) в США и Кутессай (Актюз) в Киргизстане. Первые два генетически связаны с карбонатитами, третье – со щелочными гранитами. Территория Украины не является исключением. Редкоземельная минерализация УЩ сделала его самой большой редкоземельной металлогенической провинцией Европы.

Несмотря на мощный ресурсный потенциал, Украина импортирует REE. Более того, уровень их потребления в стране очень низкий. В частности, в 2000 г. мы использовали всего 20 т оксидов REE и 0,8 т Y. Планировалось, что к 2010 г. эта цифра возрастет до 100 т оксидов. Это очень мало для страны с доминирующими отраслями тяжёлой промышленности. Очевидно, после преодоления экономического кризиса необходимость в REE возрастёт. При благоприятном сочетании экономических и природных факторов добыча собственной руды может стать экономически выгод-

ной, что в свою очередь потребует расширения минерально-сырьевой базы REE в Украине.

Геологическое изучение УЩ в течение последних 70 лет позволило установить, что все известные объекты REE являются комплексными редкометальными. В настоящее время ни один из них не разрабатывается. Основным и пока единственным представителем комплексных редкоземельных руд (REE + Zr) является Азовское месторождение, на котором, в соответствии с «Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року», планируется начать опытно-промышленную эксплуатацию.

В юго-восточной части Украинского щита в пределах Приазовского мегаблока разведаны с подсчётом запасов 4 редкометально-редкоземельных месторождения – Новополтавское (Черниговское), Азовское, Анадольское, Мазурское. Рассмотрим их потенциальные возможности по добыче редких и редкоземельных металлов.

Новополтавское (Черниговское) месторождение [1, 2]. Черниговское апатит-редкометальное карбонатитовое месторождение Западного Приазовья является уникальным. Подсчитанные балансовые запасы составляют: апатитовые руды кор выветривания + плотные руды + редкометально-apatитовые руды + запасы, связанные с апатитом – 1 003 млн т, из них $P_2O_5 = 52,225$ млн т при среднем содержании в рудах 9,5 %; $\Sigma TR_2O_3 = 3,454$ млн т при среднем содержании в рудах 1,15 %.

Запасы апатитовых руд Черниговского месторождения могли бы удовлетворить потребности Украины в фосфорном сырьё не менее, чем на 90 % при ежегодном потреблении 1,4 млн т в течение 40 лет (если исходить из текущего потребления в 700 тыс. т 100 % P_2O_5 в год, что составляет около 45 % от количества, которое необходимо для загрузки мощностей по производству фосфоросодержащих удобрений).

Сравнение Черниговского карбонатитового месторождения с карбонатитовыми месторождениями – Баян-Обо в Китае и Маунтин-Пасс в Северной Америке по содержаниям ΣTR_2O_3 показывает, что оно проигрывает им по параметрам запасов. Главным отличием Черниговского карбонатитового месторождения в сравнении с ними являются низкие средние содержания ΣTR_2O_3 (1,15 % по отношению к 6–8,9 %).

Сделан вывод об экономической целесообразности отработки редкометально-apatитовых руд. При годовой производительности комбината в 5 млн т руды будут получены: апатитового концентрата 437,5 тыс. т, оксидов РЗЭ из апатита 6 387 т, ниобиевого концентрата Nb_2O_5 4 097 т, Ta_2O_5 35 т, концентрата РЗМ 2 868 т. Годовой доход от реализации продукции составит 203 млн 423 тыс. дол.

Азовское редкометально-редкоземельное месторождение [1, 3]. Цирконий-редкоземельное месторождение находится в Восточном Приазовье.

Подсчитанные запасы по категориям $C_1 + C_2 + P_1$ составляют: 34 522 717 т руды с содержанием $\Sigma TR_2O_3 = 408 003$ т при среднем содержании суммы окислов REE 1,18 %, $ZrO_2 = 598 147$ т при среднем содержании окиси Zr 1,73 %, $\Sigma TR_2O_{3yc} = 599 410$ т при среднем содержании 1,74 %. Срок обеспечения запасами добывающего предприятия при подземном способе отработки по самым скромным подсчётам составит порядка 30 лет.

Эксплуатация Азовского цирконий-редкоземельного месторождения с получением редкоземельного, цирконового и полевошпатового концентратов и переработкой редкоземельного концентрата гидрометаллургическим методом на оксиды REE (85 %-й концентрат) является экономически выгодной.

Азовское месторождение можно отрабатывать открытым или подземным способом, а также сочетанием этих способов. Наиболее экономичным и по критерию максимума уровня рентабельности (3,0 до 4,5 %), и по максимуму чистой прибыли оказался комбинированный (открыто-подземный) способ разработки

Окупаемость капитальных затрат при условии рационального варианта разработки месторождения – 3,0–4,5 года (после уплаты всех налогов), а рентабельность капитальных затрат 34,0–22,5 %.

Суммарная чистая прибыль за весь период разработки месторождения – 186,5 млн долл., срок окупаемости капитальных вложений в промышленное строительство – 12,5 лет, доход Государства (сумма налогов, платежей и сборов государственных и местных бюджетов) за весь период разработки месторождения – 166 млн долл.

Анадольское редкоземельное месторождение [2] Анадольское рудопроявление REE цериевой группы расположено в 2,0–2,5 км к северу-востоку от с. Анадоль (б. Тавла) Волновахского р-на Донецкой обл. в 6 км к востоку от Октябрьского массива нефелиновых сиенитов, содержащего Мазуровское редкометалльно-редкоземельное месторождение.

Форма главного рудного тела – жильная (его ещё называют «ортитовой дайкой»). Вблизи зоны дробления, катаклаза и милонитизации мощностью от 30 м до 400 м рудное тело прослежено в северо-западном направлении на 1 000 м и на глубину 400 м при мощности от 0,7 до 3,0 м. При разведке пройдено 19 канав общей длиной 423 пог. м и 5 скважин глубиной до 200 м.

Месторождение среднее по запасам руд с высоким содержанием $\sum \text{TR}_2\text{O}_3$ цериевой группы – 14 230,0 т при средневзвешенном содержании $\sum \text{TR}_2\text{O}_3$ 6,863 %. В рудах содержится REE Се-группы (TR_{Ce}) 13 823,0 т и REE Y-группы (TR_{Y}) 407,0 т.

Мазурское редкометалльное месторождение [2]. Мазуровское месторождение находится на территории Волновахского р-на Донецкой обл., в 0,5–2,0 км к западу от п. г. т. Донское. Месторождение пространственно и генетически связано с породами Октябрьского щелочного массива – протерозойского платформенного проявления нефелинового магматизма на УЩ, изотопный возраст которого – 1,8–1,7 млрд лет. Массив находится в северо-западной части Восточно-Приазовского микроблока между бал. Вали-Тарама (на западе) и р. Кальчик (на востоке).

В геолого-структурном плане Мазуровское месторождение приурочено к северо-восточной экзоконтактовой части Октябрьского щелочного массива к самому крупному блоку основных-ультраосновных пород и связано с жильными, магматическими породами (щелочными сиенитами и мариуполитами), развитыми в наиболее мощной «оболочке» – основных-ультраосновных пород первой фазы Октябрьского комплекса (габбро, пироксениты и перидотиты).

На участке развития основных пород (преимущественно габбро) выявлены четыре полого и «позтажно» залегающих тела мариуполитов и щелочных пегматитов. Верхнее тело вскрыто действующим карьером. Рудные тела представлены мариуполитами, нефелиновыми пегматитами (микроклин-нефелиновыми и нефелин-микроклиновыми), полевошпатowymi метасоматитами и ксенолитами в разной степени преобразованных вмещающих пород. Всего на месторождении выявлено и оконтурено 44 рудных тела (из них десятая часть в пределах проектируемого карьера). Длина большинства рудных тел свыше 500 м (27 тел или 61 % от общего количества), а отдельные тела (15 тел или 34 %) простираются без перерыва более чем на

1 000 м. Мощность выявленных рудных тел непостоянна и меняется от первых десятков сантиметров до 78,3 м.

Руды Мазуровского месторождения относятся к Ta-Nb-Zr-типу: по Nb и Ta – с неравномерным распределением полезного компонента; по Zr – с довольно неравномерным распределением.

При комплексном использовании руд Мазуровского рудного узла промышленно ценными минералами являются: главные – пирохлор и циркон; сопутствующие – нефелин, полевые шпаты, ильменит, бритоцит.

Подсчёт минеральных ресурсов для 1–10 рудных залежей по глубине ограничен контурами карьера, обоснованного ТЭО временных кондиций. Все минеральные ресурсы объекта детальной разведки разделены на балансовые и забалансовые.

Балансовые подсчитанные минеральные ресурсы (кат. C₁) опираются в каждом блоке на рудные подсечения 5–30 буровых скважин. Средняя взвешенная мощность рудной толщи в блоках 4,1–30,4 м, в среднем – 12,7 м. Среднее содержание пентоксидов Nb, Ta и ZrO₂ составляет соответственно – 0,135, 0,0045 и 0,60 %.

Общие балансовые ресурсы руды составляют 4 486,1 тыс. т, Nb₂O₅ – 6 038,3 т, Ta₂O₅ – 202,5 т, ZrO₂ – 26 762,2 т. Свыше 93 % минеральных ресурсов Nb, Zr и Ta сосредоточены в первой и пятой рудных залежах.

При годовой добыче руды 150 тыс. т это позволит горнодобывающему предприятию работать около 30 лет.

Балансовые подсчитанные минеральные ресурсы (кат. C₂) оценены в 1 924,9 тыс. т руды, а всего балансовые и забалансовые минеральные ресурсы (C₁ + C₂) в блоке детализации составляют 11 830,3 тыс. т руды.

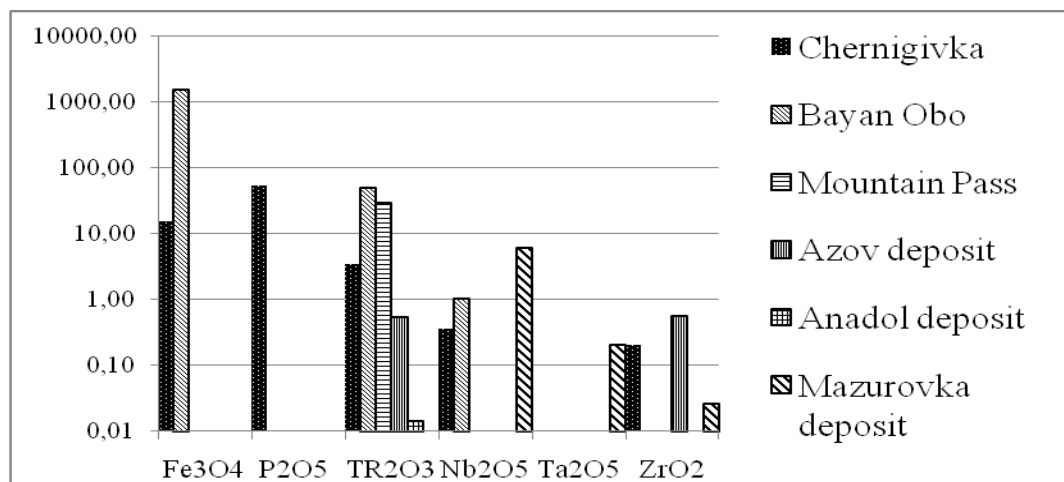


Рисунок – Сопоставление редкометально-редкоземельных месторождений юго-востока Украины с зарубежными аналогами

Инновационная привлекательность создания редкоземельной отрасли промышленности в Украине. Три крупных редкоземельных месторождения Восточного Приазовья – Азовское, Анадолевское и Мазуровское – расположены относительно недалеко друг от друга и пригодны для создания промышленного регионального узла. Все они находятся на территории Донецкой области с хорошо развитой инфраструктурой (дороги, энергоснабжение, источники воды). Запасы 3 месторождений:

- Азовское: ZrO₂ – 550,0 тыс. т, REE_{усл.} – 537,8 тыс. т (C₁ + C₂);
- Мазуровское: ZrO₂ – 26 762,2 т, Nb₂O₅ – 6 038,3 т, Ta₂O₅ – 202,5 т;

– Анадольское: $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$ – 14 230 т.

Черниговское карбонатитовое месторождение является уникальным. Его запасы, как упоминается выше, составляют – редкометальный комплексный концентрат из редкометально-апатитовых руд с их запасами 299,6 млн т.

На рис. показаны сопоставления редкометально-редкоземельных месторождений юго-востока Украины с известными зарубежными гигантами Баян-Обо (Китай) и Маунтин-Пасс (Северная Америка). По запасам руды они вполне сопоставимы, но проигрывают в 5-6 раз по среднему содержанию редкоземельных окислов ($\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$).

Библиографические ссылки

1. Инновационная привлекательность добычи редкоземельного сырья из месторождений юго-востока Украины: V Международ. геол. форум, г. Одесса, Украина. 18–23 июня 2018 г. С. 264–266.

2. Фанерозойский магматизм Восточного Приазовья Украинского щита и связанные с ним полезные ископаемые (петрология, геохимия и рудоносность) / Е. М. Шеремет, С. Г. Кривдик, Н. А. Козар и др. Киев: ЦП «Компринт», 2015. 318 с.

3. Азовское редкометальное месторождение Приазовского мегаблока Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, проблемы эксплуатации) / Е. М. Шеремет, В. С. Мельников, С. Н. Стрекозов и др. Донецк: «Ноулидж» (Донецкое отд.), 2012. 374 с.

УДК 543.42+550.42

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ В ГРАНИТАХ И МИНЕРАЛАХ

А. Н. Пономаренко, А. И. Самчук, Е. В. Вовк, О. В. Заяц

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семененко НАН Украины,
пр. акад. Палладина 34, 03142 Киев, Украина; evgsherm53@gmail.com

В настоящее время редкоземельные элементы (РЗЭ) присутствуют в большинстве высокотехнологических товаров. Они имеют ключевое значение в оборонных технологиях – в производстве лазеров, радаров; в так называемых «зелёных технологиях», производстве катализаторов. Лидирующее место по добыче РЗЭ занимают Китай, США, Канада, Австралия.

Определение содержания и распределения РЗЭ в горных породах и минералах имеет фундаментальное значение в геохимии и петрологии для раскрытия сущности процессов породообразования [2].

Однако, определение РЗЭ является наиболее сложным аналитическим заданием, что связано с близкими химическими свойствами этих элементов, обусловленных «эффектом лантаноидного сжатия». Использование для определения РЗЭ рентген-флюорисцентного, нейтронно-активационного анализов, атомно-эмиссионной спектроскопии имеет свои ограничения через недостаточную чувствительность, невозможностью определения всех редкоземельных элементов, матричное влияние в природных объектах [2, 3]. Сейчас особенно перспективным является определение РЗЭ с помощью метода масс-спектрометрии с индукционно связанной плазмой (ICP-MS).