

Бібліографічний список

1. Бойко В.С., Нечепуренко Е.С., Климанчук В.В. и др. Мазуровское редкометалльное месторождение в стратегии развития Мариупольского металлургического комбината им. Ильича // Горн. журн. - 2002. - №11-12. - С. 33-36.
2. Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И. и др. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. — Львов: Центр Европы. 2005. - Т. 1. - 785 с.
3. Стрекозов С.Н., Козарь Н.А., Груба В.В. Перспективы геолого-промышленной переоценки месторождений и рудопроявлений редких металлов и редких земель Приазовья в новых экономических условиях // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини: Зб. наук. пр. ІГН НАН України. - К., 2005. - С. 259-261.
4. Черниенко Н.Н. Мазуровское месторождение редкометалльных нефелин-полевошпатовых руд – проблемы и перспективы освоения // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини: Зб. наук. пр. ІГН НАН України. - К., 2005. – С. 280-286.
5. Черниенко Н.Н. Геолого-технологические особенности освоения Мазуровского месторождения Приазовья // Геол. журн. - 2006. - №2-3. - С. 191-197.
6. Мостика Ю.С., Шпильовий К.Л., Мякишев В.М., Шпильовий Л.В. Обгрунтування геолого-економічних, технологічних та екологічних можливостей промислового освоєння техногенного родовища польвошпатової сировини // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини: Зб. наук. пр. ІГН НАН України. - К., 2005. - С. 219-222.
7. Атлас "Геологія і корисні копалини України". Масштаб 1:5000000. – Київ, 2001. – 168 с.

© Чернієнко Н.М., 2008

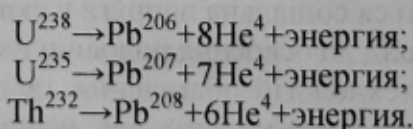
УДК 54.027

Инж. ЧЕРНЫШ О.Г., докт. геол.-мин. наук ПАНОВ Б.С. (Донецкий национальный технический университет)

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ И ГЕНЕЗИС РУД ДОНБАССА И ПРИАЗОВЬЯ

Измерение относительной распространенности изотопов элементов в природе является существенным дополнением к методам, используемым геологами и геофизиками для изучения земных процессов. Было установлено, что небольшие вариации в изотопном составе большинства естественных элементов имеют гораздо большее геологическое значение, чем сами величины распространенности изотопов. Эти вариации отражают геологическую историю пород и минералов, которые состоят из отдельных элементов, и дают количественную информацию о процессах, происходящих в различных геологических условиях, не поддающихся интерпретации другими методами.

Тяжелые изотопы свинца Pb^{206} , Pb^{207} , Pb^{208} образовались благодаря непрерывному и необратимому процессу радиоактивного распада U и Th, который выглядит следующим образом:



Постоянное увеличение числа атомов этих радиогенных изотопов является причиной их вариаций в природе. Однако более важной причиной их сложного распределения в природных объектах служат геологические процессы, приводящие к постоянному перемещению накапливающихся продуктов распада. Свинец Pb^{204} –

первичный, не имеет радиоактивных предшественников, поэтому его количество в земной коре неизменно с момента образования Земли. Главный фактор, влияющий на изотопный состав свинца, – время, т.е. длительность ядерных процессов [1].

Отделившись от материнских источников и сосредоточившись в рудных телах, свинец «консервирует» в своем изотопном составе первичное соотношение изотопов, существовавшее к моменту отделения рудоносных растворов от магмы. Следовательно, чем древнее месторождение, тем меньше содержится изотопов Pb^{206} , Pb^{207} и Pb^{208} , и, следовательно, их отношений к Pb^{204} , что часто используется для вычисления возраста пород, руд, решения задач генезиса месторождений, выявления пути миграций вещества. Этот метод и был применен при проведении 59 анализов свинца галенитов Донецкого бассейна, рассмотрение результатов которых указывает на ряд интересных особенностей рудных свинцов региона [2].

Достаточно разнообразные по своим изотопным данным рудные свинцы региона могут быть объединены в несколько групп. Выделяется, прежде всего, группа древних свинцов Октябрьского щелочного массива и Петрово-Гнутовского месторождения. Значительные колебания изотопных соотношений этих проб указывают на их возрастные и генетические отличия. Наиболее древними являются свинцы галенитов карбонатно-флюоритовой жилы Петрово-Гнутовского месторождения и сульфидно-кальцитового прожилка в пироксенитах Октябрьского массива.

Если произвести оценку их возраста по найденным значениям изотопных соотношений тремя различными методами, рекомендованными Р. Расселом и Р. Фаркуаром [3], то получим соответственно средние величины в 2000 и 2400 млн. лет. Наиболее сходящимися будут значения абсолютного возраста свинца Петрово-Гнутовского месторождения (от 1920 до 2100 млн. лет). Именно для этого интервала времени характерен наиболее грандиозный в пределах Украинского щита тектономагматический цикл, с интрузивной деятельностью которого связано возникновение Кировоградско-Житомирских гранитов и различных рудопроявлений, в том числе свинцовых [4]. Следы проявлений этого цикла установлены почти на всей территории Украинского щита, но для Восточного Приазовья они считались сомнительными, хотя для щелочных гранитов Хлебодаровки по циркону был установлен возраст около 2000 млн. лет. Очевидно, это значение нельзя считать случайным, поскольку оно подтверждается данными абсолютного возраста, полученными другим методом и для иного в Восточном Приазовье района. О наличии в районе более древнего магматизма, чем это принято считать, свидетельствуют изотопные соотношения свинца, сопоставимого по содержанию изотопов со свинцом из галенитового прожилка в магнетитовых породах Конкской магнитной аномалии (с. Веселяны), для которого определен возраст 2380 ± 200 млн. лет. Возникновение этого рудопроявления связано с одной из древнейших эпох вулканизма на Украинском щите.

Свинец галенита, вкрапленного в сиенит-пегматите, аномален по своему изотопному составу, что, по-видимому, объясняется смешением разных свинцов и, в частности, добавкой более молодого уранового свинца. Судя по отношению Pb^{207}/Pb^{206} этот процесс имел место свыше 1 млрд. лет назад и мог быть связан с явлениями докембрийской тектоно-магматической активизации, которые привели к образованию щелочных пород на сформировавшемся Сарматском щите. Становление щелочного комплекса Приазовья датируется временем 1550-1750 млн. лет. Результаты анализа пробы согласуются с этими данными, давая среднее значение из трех способов определения возраста, рекомендованных Р. Расселом и Р. Фаркуаром в 1650 млн. лет [3].

Резко аномальными являются рудные свинцы зоны сочленения Донбасса с Приазовским массивом Украинского кристаллического щита. Повышенные содержания радиогенных добавок здесь связаны, вероятно, с их перераспределением в породах,

относительно обогащенных монацитом, ортитом и другими минералами-предшественниками изотопов свинца. В период верхнепалеозойской тектоно-магматической активизации региона имела, по-видимому, место мобилизация рассеянного свинца, особенно его радиогенных компонентов, являющихся наиболее подвижными, как об этом свидетельствуют эксперименты Л.В.Комлева и др. Изотопный состав свинца Комсомольского полиметаллического рудопроявления в известняках нижнего карбона указывает на гидротермальный привнос этого элемента. Такой свинец может быть либо мобилизованным и переотложенным свинцом гранитов, либо связанным с другими источниками, обогащенными радиогенными элементами. Это следует иметь в виду при оценке перспективности района на радиоактивные элементы, особенно в свете данных, приведенных для объяснения причин подобных явлений Д.Я.Суражским и А.И.Тугариновым [5], а также Кэнноном и др. [6]. Аномальным является свинец галенитов пермских медистых песчаников Бахмутской котловины. Это указывает на то, что вероятным источником рудного вещества этих песчаников мог быть Приазовский массив и зона его сочленения с Донбассом.

Результаты изотопных анализов свинца галенитов Нагольного кряжа сходны с аномальными свинцами J-типа, которые характеризуются повышенным содержанием радиогенных добавок, особенно Pb^{207} и Pb^{208} , так что их значения оказываются выше соответствующих значений современных свинцов. Избыток радиогенных добавок в рудном свинце Нагольного кряжа говорит об участии в его образовании источников, обогащенных ураном и торием. Такие источники могли быть различными. Например, гипотетический магматический очаг, от которого происходило отщепление рудоносных растворов, образовавших рудные залежи района, мог содержать повышенные концентрации радиоактивных элементов, что и привело к возникновению аномальных свинцов. Однако в Донбассе неизвестны изверженные породы, значительно обогащенные ураном и торием, поэтому вероятнее иное предположение. Как известно, в древние эпохи в земной коре было значительно больше U^{235} , за счет которого могли образоваться повышенные содержания Pb^{207} , а причиной повышенных содержаний Pb^{208} , обычно бывают ториевые минералы, например, монацит. Такими древними монацитсодержащими породами являются гранитоиды Приазовского кристаллического массива, для которых характерна значительная обогащенность радиогенными добавками. Намечается, таким образом, важная роль докембрийского кристаллического фундамента в формировании рудных свинцов среди верхнепалеозойских отложений. Установить определенно пути и способ перемещения свинца из древних образований пока не представляется возможным. Не исключая других объяснений, можно высказать предположение о выносе подвижных радиогенных добавок химически активными гидротермальными растворами, возникновение которых было связано с верхнепалеозойско-мезозойскими этапами тектоно-магматической активизации, существенно переработавшими докембрийский кристаллический субстрат, особенно в период максимальных проявлений в Донецком бассейне тектонических движений и связанных с ними явлений. При этом неизбежно должен был происходить изотопный сдвиг в результате взаимодействия отделившихся растворов с расположенными стратиграфически выше вмещающими осадочными породами и разбавление этих растворов обычным свинцом. Этим может объясняться некоторое отличие изотопных соотношений как в рудных свинцах Нагольного кряжа, так и в свинце кристаллических пород. При таком процессе, очевидно, порции свинца, отложенные вблизи зон разломов, по которым они поступали во вмещающие породы, должны иметь большую радиогенную добавку, чем свинец, удаленный от этих разломов рудопроявлений. Это обстоятельство может быть использовано при поисках глубинных рудоподводящих разломов с помощью изотопных данных.

Примечательными являются изотопные данные рудных свинцов Южно-Донбасского и Красноармейского участков, а также Покрово-Киреевского месторождения, расположенных в местах сложных пересечений продольных, поперечных и диагональных глубинных разломов. Несмотря на разный характер и значительную удаленность Покрово-Киреевского флюоритового месторождения и вкрапленности галенита в песчанике свиты S_2^5 Красноармейского района, они имеют практически одинаковые значения изотопов Pb^{206} и пониженное содержание Pb^{208} по сравнению с обычными для герцинских свинцов значениями, что указывает на участие в рудообразование источников, бедных торием. Таковыми могли быть осадочные толщи карбона, для которых обычно пониженное содержание этого элемента. Если учесть дефицит Pb^{207} в свинце галенита Покрово-Киреевского месторождения, расположенного среди известняков нижнего карбона, то предположение о достаточно тесной генетической связи указанных рудопроявлений с вмещающими породами не будут казаться неожиданным, и его следует, очевидно, иметь ввиду при решении практических вопросов поисков новых рудопроявлений аналогичного типа.

Необычен изотопный состав свинца галенита в трахиандезите, секущем отложения нижнего карбона. Если бы не был известен возраст дайки в трахиандезите, то находящийся в ней свинец можно было бы принять по данным изотопного анализа за каледонский или даже докембрийский. Поскольку геологические сведения однозначно указывают на позднегерцинский возраст трахиандезитов Донбасса, то для этого аномального свинца мы имеем пониженные по сравнению с его возрастными данными изотопные соотношения. Причиной этого мог быть вынос и переотложение древнего свинца из глубоких этажей магмой, бедной ураном и торием. Так как изотопный состав свинца трахиандезита резко отличается от изотопных значений свинцов Нагольного кряжа, то следует осторожно подходить к мнению о непосредственной генетической связи этих образований и происхождении их из единого родоначального источника. Результаты изотопных анализов заставляют также осторожно относиться к утверждению, что гидротермальные образования юго-западной части Донецкого бассейна и интрузии трахиандезитов – это прямые производные одних и тех же магматических очагов. Изотопный состав свинца галенита в трахиандезите, свидетельствующий подобно свинцам Нагольного кряжа о значительном влиянии на его формирование древних образований, интересен еще тем, что он может говорить о значительном различии в содержаниях радиоактивных элементов среди погруженного на глубину кристаллического субстрата, так и сложной геологической историей его формирования. Если скорректировать изотопные значения свинца галенита Покрово-Киреевского месторождения в соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями [2], то на конкордии – кривой согласующихся изотопных значений – свинец этого месторождения расположится рядом со свинцом из Петрово-Гнутово. Этот любопытный факт может свидетельствовать о едином глубинном материнском источнике фтора этих месторождений, геохимическая история которого для Покрово-Киреевского месторождения была более сложной и длительной, связанной, например, с его мобилизацией из докембрийских щелочных пород химически активными гидротермальными растворами и фиксацией в нижнекаменноугольных карбонатных породах.

Оценивая причины разброса в значениях изотопного состава рудных свинцов Донецкого бассейна, следует иметь ввиду как неоднородность исходного материнского источника рудопроявлений, так и отчетливо проявившиеся процессы контаминации, ассимиляции и связанные с ними явления. Следовательно, для рудных свинцов региона характерна комплексная контаминация урановыми и ториевыми добавками,

свидетельствующая о полигенности фильтрационной группы источников рудного вещества изученных месторождений и рудопроявлений.

Изотопный состав серы сульфидов и сульфатов Донбасса и Приазовья был изучен в изотопной лаборатории Фрайбергской горной академии (зав. лабораторией, доктор И.Пилот). Результаты 50 выполненных анализов позволяют выделить следующие особенности распределения изотопов серы в исследованных пробах.

Прежде всего, обращает на себя внимание однообразие и постоянство изотопного состава серы сульфидов продуктивных стадий Никитовского рудного поля, Дружковского рудопроявления, а также месторождений Нагольного кряжа. Практически все полученные результаты лежат в области метеоритного стандарта с очень небольшим разбросом изотопных значений. Особенно хорошо это выдерживается для киновари и антимонита Никитовки, а также золотоносных пиритов Остробугорского месторождения. Для последнего была сделана попытка выявления зависимости изотопного состава серы от глубины залегания руд. Однако вариации изотопного состава серы в образцах пирита и арсенопирита, отобранных в интервале глубины 50-1500 м, практически почти никаких различий не обнаруживают.

Близость изотопного состава серы вышеуказанных сульфидов к составу серы метеоритного стандарта указывает на ее хорошую гомогенизацию в исходном веществе, что согласуется с представлениями о глубинном, гидротермально-магматическом происхождении серы. На этом основании можно сделать вывод о ее глубинном, мантийном происхождении.

В области метеоритного стандарта лежит также результат изотопного анализа серы пирита Стыльского серноколчеданного рудопроявления, приуроченного к нижнекаменноугольной карбонатной толще. Для этого района характерны интенсивные проявления магматизма, так что мнение о гидротермальном происхождении серноколчеданного оруденения является достаточно обоснованным.

Интересны результаты изотопных анализов серы халькопирита и борнита с.Раздольного. Здесь примечательно наличие в сере легкого ее изотопа S^{32} в повышенных количествах, в результате этого оба анализа попадают в область сульфидной серы, заключенной в осадочных породах и прошедшей биогенный цикл. В условиях затрудненного водообмена, например, при наличии мелководных заливов, ограниченно сообщаемых с морским бассейном, что приводит к изоляции иловых вод, участвующих в процессах минералообразования, возникают сульфиды с неоднородным изотопным составом серы [7]. Именно такой неоднородный изотопный состав наблюдается в сере халькопирита и борнита с. Раздольного. Судя по палеогеографическим данным, в среднем девоне море отдельными языками проникало в наиболее пониженные участки территории, где сейчас располагается зона сочленения Донбасса и Приазовья. Оно отложило здесь лагунно-морские карбонатно-глинистые осадки. В связи с начальным этапом активизации региона в средне-верхнедевонское время по расколам кристаллического фундамента произошло внедрение в верхние этажи земной коры, в том числе в ее осадочный чехол базальтовой магмы. Смешиваясь с терригенными и другими отложениями, она образовала эффузивно-осадочную толщу, к которой и приурочено медносульфидное оруденение. Таким образом, на процессы гидротермального образования здесь оказала влияние сульфидная сера, рассеянная в толще девонских осадочных пород.

Влияние вмещающих пород на процессы минералообразования продуктивных стадий, судя по изотопным данным, заметно для полиметаллических руд Нагольного кряжа. Это, по-видимому, связано с длительностью протекания минералообразующего процесса, происходившего на фоне неоднократных тектонических подвижек. Широкое развитие основных рудных минералов района – сфалерита, галенита, образовавшихся

главным образом в средние-поздние фазы гидротермального процесса и более локальное распространение минералов новых стадий (пирит, арсенопирит), наряду с заметными отличиями их изотопных составов, могут свидетельствовать о различных масштабах проявления разных минералообразующих стадий. Для основных из них характерно большое площадное распространение, указывающее на циркуляцию гидротермальных растворов в значительной по своему объему толще пород, легкая сульфидная сера которых заимствовалась рудообразующими растворами и отлагавшимися из них минералами. Это обстоятельство может явиться важным дополнительным признаком, который необходимо учитывать при определении масштабов рудоотложения той или иной стадии и, следовательно, ее промышленной ценности и перспективности.

Оригинален изотопный состав серы сфалерита, заполняющего центральную часть пиритовой конкреции в угленосной толще нижнего карбона Павлоградского района. Значительное обогащение тяжелым изотопом серы (+17,6) может свидетельствовать о процессах восстановления сульфатной серы в условиях ограниченного ее запаса. При диагенетическом характере подобных конкреций это могло иметь место в случае затрудненного водообмена в том илистом осадке, где происходило образование пирита и сфалерита. В этом отношении полученные изотопные данные сходны с теми, которые установлены для серы баритовых конкреций в киевских мергелях севера Донбасса [8].

В изотопном составе серы галенита, в нижнепермских доломитах Бахмутской котловины доминирует легкий изотоп, так что здесь основным источником сульфидной серы были, по-видимому, сульфаты подземных вод седиментационного генезиса, которые прошли через стадию сульфатредукции. Эта сульфатредукция в пластах содержащих органику доломитов, по которым циркулировали термальные воды, образовавшие галенит и другие сульфиды, имела, вероятно, биогенный характер, так что представление о магматическом источнике серы в данном случае не подтверждается.

Приведенные данные свидетельствуют о многообразии и большой сложности процессов рудообразования, происходивших в Донецком бассейне. При доминирующем значении глубинной серы гидротермально-магматогенного происхождения активную роль в процессах минералообразования играла сульфидная сера вмещающих оруденение осадочных пород, а также сульфатная сера вадозных вод. При этом относительная роль последней в гидротермальных контаминированных растворах заключительных стадий минералообразований значительно возростала, что и привело к образованию минералов (барита и др.), заметно утяжеленных изотопом S^{34} .

Карбонаты являются широко распространенными в Донецком бассейне минералами. Они известны среди нижнекаменноугольных известняков и доломитов в зонах сочленения с Приазовским и Воронежским кристаллическими массивами, нередко их находки устанавливаются в угленосных отложениях в различных частях бассейна, среди полиметаллических рудных жил Нагольного кряжа и т.д.

Результаты изотопных анализов кислорода выражены значениями δO^{18} в промиллях относительно кислорода международного стандарта SMOW (средней океанической воды), а также относительно опорного Чикагского стандарта PDB, между которым существует следующая зависимость:

$$\delta_{SMOW} = \delta_{PDB} \cdot 1,03 + 29,5\%$$

Полученные величины C^{13} тоже выражены относительно стандарта PDB, для которого принято значение $\delta C^{13} = 0$. Определение соотношений изотопов кислорода и углерода выполнялось на улучшенном масспектрометре типа MAT-CH3 по углекислому

газу, возникающему в результате разложений карбонатов 100% ортофосфорной кислотой. Погрешность измерений составляла для $\delta O^{18} = \pm 0,5\%$, для $\delta C^{13} = \pm 0,3\%$. Полученные результаты исследований, несмотря на относительно небольшое количество анализов, позволяют сделать некоторые заключения, особенно при сопоставлении с имеющимися данными ряда авторов по различным районам мира, обобщенным в работах D.Harzer [9], H.I.Rosler [10], I.Pilot и др. При рассмотрении полученных данных обращает на себя внимание примечательная группировка результатов изотопных отношений. Четко обособляются две области, каждая из которых объединяет пробы карбонатов с близкими или сходными изотопными значениями. В первую из них попадают анкериты Нагольного кряжа, находящиеся в тесной парагенетической ассоциации со сфалеритом, буланжеритом и другими рудными минералами. По своим значениям δO_{PDB}^{18} (-12,0 и -12,6), а также δC^{13} (-6,4 и -9,7) эти анкериты соответствуют типичным гидротермальным ювенильным карбонатам.

При обсуждении полученных результатов следует иметь в виду, что участки отбора проб карбонатов (юго-западная часть бассейна, Донецко-Макеевский угольный район, северная область мелкой складчатости) находятся в зонах влияния глубинных разломов субширотного и субмеридионального направлений, так что заключение о термальном характере растворов, отложивших эти карбонаты, будет логичным.

Для решения вопроса о характере этих гидротерм – являлись ли они ювенильными или подогретыми вадозными водами – одних лишь значений δO^{18} недостаточно. Здесь интересны различия, являющиеся при сопоставлении температур гомогенизации первичных газово-жидких включений изученных карбонатов с экспериментальными значениями температур образования, найденными по шкале $\delta O^{18} - T C^0$ для системы вода-кальцит-доломит [9], которые могут указывать на обеднение гидротерм изотопом δO^{18} . Это, по-видимому, объясняется примешиванием вадозных вод к ювенильным. При этом доля примесных вадозных вод, зависевшая от конкретной палеогидрогеологической обстановки, могла колебаться в значительных пределах. Такие колебания и сказываются, судя по значениям δO^{18} , на разобщенности областей размещения карбонатов зоны сочленения и угленосной толщи, которые, в общем, занимают промежуточное положение между типично гидротермальными и осадочными образованиями. На это же обстоятельство указывают найденные в исследованных карбонатах значения δC^{13} (от -3,3 до +1,0). Некоторое утяжеление углерода в изученных минералах относительно типичных гидротермальных образований свидетельствует, по всей видимости, о заимствовании изотопа C^{13} из осадочной толщи.

Проведенные изотопные исследования указывают на полигенность гидротермальных рудообразующих растворов, давших начало полихронной эндогенной минерализации в регионе. При доминирующей роли ювенильной составляющей существенное значение имели вадозные воды глубинной циркуляции, а также растворы, возникшие при метаморфизме пород и насыщение их компонентами. Источником рудных элементов залежей являлись как породы земной коры, так и более глубокие подкорковые зоны, включая мантийное вещество.

Говоря об особенностях генезиса эндогенных руд изученного региона следует сказать, что образованы они генетически различными геологическими процессами. Судя по минеральным ассоциациям, структурно-текстурным особенностям, окolorудным изменениям пород, а также закономерностям размещения оруденения и другим данным можно выделить магматическую, скарновую (контактово-метасоматическую) и гидротермальную группы месторождений и рудопроявлений. Наиболее интересные и практически важные месторождения характеризуемой области связаны с гидротермальными процессами оруденения. Под этими процессами в

соответствии с существующими в настоящее время представлениями понимаются такие процессы образования месторождений и рудопроявлений, которые обусловлены деятельностью подземных горячих минерализованных газовой-жидких растворов различного происхождения: магматического (ювенильного), метаморфогенного, а также древними погребенными растворами и более молодыми вадозными водами глубокой циркуляции.

Образование гидротермальных месторождений связано с глубинными процессами, недоступными, как правило, непосредственному наблюдению, поэтому выяснение вопросов их генезиса является чрезвычайно сложной задачей, решаемой обычно на основании фактических данных, полученных при изучении месторождений. Помимо сведений о геолого-структурной позиции месторождений, важными являются данные о минералого-геохимических и текстурно-структурных особенностях руд, а также результаты термобарометрических исследований минералов. Весьма ценными являются сведения об изотопном составе свинца, серы, кислорода и углерода различных гидротермальных минералов. Совокупность этих данных в сочетании с другими сведениями дает возможность выявить генетические особенности месторождений и рудопроявлений, в том числе такие, которые определяют их практическую ценность.

Библиографический список

1. Браун Дж. С. Рудные свинцы и изотопы. Изотопы свинца в рудных месторождениях. М.: Атомиздат, 1969. – С. 301-389.
2. Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Павлишин В.И. Минералогия Донецкого бассейна. – Киев: Наук. думка, 1975. - Ч.II. – С. 410-416.
3. Рассел Р., Фаркуар Р. Изотопы свинца в геологии. – М.:Изд-во иностранной литературы, 1962. – С. 10-93.
4. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. // Геохимия. - 1962. - №7.
5. Суражский Д.Я., Тугаринов А.И. Об использовании изотопного состава свинца для поисков урановых руд. – М.: Атомная энергия, 1960. - Т.9, вып.1.
6. Cannon R.S. et al. The date of lead isotope geology related to problems of ore genesis. // Econom. Geol. – 1961. - vol. 56, №1.
7. Виноградов А.П., Гриненко Л.Н. О влиянии вмещающих пород на изотопный состав серы рудных сульфидов. // Геохимия. - 1964. - №6. - С. 491-499.
8. Виноградов А.П., Зарицкий П.В. Изотопный состав серы баритовых конкреций в киевском мергеле Донбасса. // ДАН СССР. – 1968. - Т.180, №2.
9. Harzer D. Isotopengeochemische Untersuchungen (O^{18} und C^{13}) in hydrothermalen Mineralen und Ganglagerstätten der DDR. // Freibergener Forschungshefte, 1970.
10. Rösler H.I. u.a. Isotopen geochemische Untersuchungen (O, S, C) an Salinar und Sapropelsedimenten Mitteleuropas. // XXXIII Iutera, Geol. Congr., 1968. - vol. 6.

© Черныш О.Г., Панов Б.С., 2008