

## О ВОЗРАСТЕ СВИНЦОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

Р. М. ГОЛЬД и Н. К. ГРИГОРЬЕВ

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

На территории восточного склона Кузнецкого Алатау известен ряд пунктов проявления минерализации и промышленных месторождений свинца. Возраст этих месторождений и их генетическая связь с определенными магматическими комплексами до сих пор остаются спорными. В дополнение к имеющимся геологическим данным по этому вопросу авторы предприняли попытку провести некоторые геохронологические исследования. В частности был определен изотопный состав свинца в нескольких рудопоявлениях с галенитом и оценен их возраст, что позволяет уточнить связь конкретных рудопоявлений с определенными магматическими комплексами.

Летом 1963 года авторами с целью проведения вышеуказанных исследований были выполнены специальные полевые работы по сбору материала. На территории Хакасской автономной области было отобрано 7 проб, описание которых приводится ниже.

Проба № 205. Галенит с Дарьинского скарнового рудопоявления Карышской группы, расположенного в правом борту долины речки Карыша. К скарнам, развитым на контакте Улень-Туимского (Туимо-Карышского) гранодиоритового массива с вмещающими мраморами Бюйской (?) интрузии, приурочена шеелитовая минерализация. На одном из участков отмечена кварц-кальцитовая жила, включающая марказит, халькопирит и галенит, и секущая скарны. В районе имеется ряд даек порфиритов, возникновение которых связано, вероятно, с девонским магматизмом. Проба представляет собой брекчию скарнов сцементированных белым кальцитом с марказитом и галенитом. Последний образует иногда зернистые агрегаты, обособляющиеся в виде жилок или линзовидных скоплений.

Проба № 206. Галенит из зоны березитизации в колодзульском массиве адамеллитов. Массив обнажается в среднем течении одноименной реки. В 4 км к востоку от устья реки Глухая, впадающей в р. Каладзуль, обнаружена зона березитизации, которая рассекается малоомощными кварц-карбонатными жилками (толщиной 1—5 см) с пиритом, халькопиритом и галенитом. Из этих жилок и отобрана проба. Следует заметить, что массив вмещает большое число даек порфиритов девонского возраста. Сам колодзульский массив прорывает породы фаунистически охарактеризованного среднего кембрия.

Проба № 212 взята в правом борту долины реки Кара-Теге, в 3-х км ниже устья ручья Бузургата, впадающего в р. Кара-Теге. Гале-

нит здесь встречен в виде тонкой сыпи или реже в виде вкрапленников до 5 мм в поперечнике, в окварцованных мраморах каратегской толщи верхнепротерозойского возраста. Последняя в этом районе представляет собою останцы кровли, прорывающего ее Улень-Туимского гранодиоритового массива и часто окварцована. В непосредственной близости от места отбора пробы расположены две дайки сиенит-порфиров мощностью до 10 м. Возраст даек предположительно считают девонским.

Проба № 214. Точка отбора пробы расположена в левом борту долины р. Глухая в 1,5 км к западу от ее истоков. В конгломератовой пачке нижней части кошкулакской существенно эффузивной свиты было обнаружено повышенное содержание свинца (до 0,01%). Кошкулакская свита лежит на размытой поверхности фаунистически охарактеризованных пород среднего кембрия. Колодзульская интрузия прорывает породы кошкулакской свиты. Возраст этой свиты пока точно не установлен и верхняя граница его определяется тем, что девонские эффузивы перекрывают с размывом породы колодзульской интрузии.

Проба № 215. Галенит из оруденения вблизи от пос. Карасука (Батеневский кряж). В районе имеется ряд даек сиенит-порфиров, прорывающих карбонатные толщи. Оруденение приурочено преимущественно к кальцитовому цементу тектонической брекчии известняков. Кроме галенита и сфалерита реже встречается пирит и халькопирит. Проба взята из зоны окисления.

Проба № 215 а. Англезит-церусситовая корочка на галените из пробы № 215.

Проба № 216. Самородный свинец, отобранный из протолок пород Улень-Туимского массива (среднее течение р. Белого Юуса в районе пос. Мендоля). Свинец встречен во всех разновидностях пород этого массива в виде чешуек и зерен вытянутой и неправильной формы. Размер зерен от 0,08 до 1 мм. В некоторых протолочках свинец встречен вместе с самородным цинком. Материал для анализа представлен Е. В. Владимировой и подробное описание его содержится в публикуемой в этом же сборнике работе [2].

Изотопный анализ во всех пробах проводился по  $PbJ^+$  на масс-спектрометре с печным источником. Для получения йодида свинца минерал растворялся в азотной кислоте. Раствор упаривался досуха, и сухой остаток растворялся в бидистиллированной воде. Раствор помещался в центрифужную пробирку, и к нему прибавлялся KJ. Получающийся при этом осадок йодида свинца центрифугировался и промывался несколько раз этиловым спиртом. Из пробирки капилляром йодид свинца наносился на ленточку печи ионоисточника масс-спектрометра.

При обработке пробы № 214 ее разложение несколько отличалось от описанного выше. Навеска в 1 г тонко истертого порфирита обрабатывалась во фторопластовой чашке смесью фтористоводородной и щавелевой кислот. Сухой остаток растворялся в 5N азотной кислоте. Свинец из азотнокислого раствора экстрагировался диэтилдитиокарбоматом натрия с последующей очисткой раствором дитизона в хлороформе. После рекстракции свинца слабым раствором азотной кислоты (разведение 1:500) к последнему в качестве носителя добавлялась азотнокислая медь. Выделение йодидов свинца и меди производилось по методике, описанной выше. Результаты изотопных анализов приводятся в табл. 1.

Возраст галенитов и самородного свинца оценивался по таблице, предложенной А. П. Виноградовым [1], который статистически обрабо-

Таблица 1

Результаты изотопных анализов и возраст свинца из месторождений Восточного  
склона Кузнецкого Алатау

| №<br>проб<br>пп. | №<br>проб. | Коли-<br>чество<br>анали-<br>зов | Изотопный состав свинца |     |                   |     |                   |     |                   |     |                      |                   |                   | Возраст по А. П. Ви-<br>ноградову    | Возраст, рас-<br>считанный по<br>уравнениям<br>Камминга<br>в млн. лет |                  |
|------------------|------------|----------------------------------|-------------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------|
|                  |            |                                  | Pb <sup>204</sup>       |     | Pb <sup>206</sup> |     | Pb <sup>207</sup> |     | Pb <sup>208</sup> |     | Pb <sup>204</sup> =1 |                   |                   |                                      | t <sub>206</sub>                                                      | t <sub>208</sub> |
|                  |            |                                  | %                       | δ   | %                 | δ   | %                 | δ   | %                 | δ   | Pb <sup>206</sup>    | Pb <sup>207</sup> | Pb <sup>208</sup> |                                      |                                                                       |                  |
| 1                | 205        | 3                                | 1,397                   | 0,6 | 24,58             | 0,3 | 21,61             | 0,7 | 52,41             | 0,4 | 17,59                | 15,47             | 37,52             | Верхнекаледонский-<br>нижневарийский | 295                                                                   | 330              |
| 2                | 206        | 3                                | 1,392                   | 0,2 | 24,39             | 0,5 | 21,88             | 0,7 | 52,34             | 0,1 | 17,52                | 15,72             | 37,60             |                                      | 310                                                                   | 311              |
| 3                | 212        | 2                                | 1,391                   | 0,4 | 24,30             | 0,1 | 21,78             | 0,3 | 52,53             | 0,1 | 17,47                | 15,66             | 37,76             |                                      | 321                                                                   | 301              |
| 4                | 215        | 4                                | 1,408                   | 0,2 | 24,50             | 0,2 | 21,45             | 0,8 | 52,68             | 0,4 | 17,40                | 15,23             | 37,41             |                                      | 338                                                                   | 353              |
| 5                | 215a       | 4                                | 1,383                   | 0,3 | 24,77             | 0,5 | 21,57             | 0,5 | 52,28             | 0,4 | 17,90                | 15,60             | 37,80             |                                      | 269                                                                   | 275              |
| 6                | 214        | 2                                | 1,429                   | 1,0 | 24,29             | 0,5 | 21,93             | 0,1 | 52,37             | 0,2 | 17,00                | 15,33             | 36,62             | Нижекаледонский<br>(салаирский)      | 421                                                                   | 533              |
| 7                | 216        | 3                                | 1,426                   | 0,3 | 24,55             | 0,3 | 21,41             | 0,3 | 52,61             | 0,2 | 17,22                | 15,02             | 36,88             |                                      | 390                                                                   | 470              |

Примечание: δ — относительная ошибка, подсчитанная из проделанного коли-  
чества анализов, в %.

тал данные изотопных анализов около 200 разновозрастных галени-  
тов, составил таблицу и в ней показал изотопный состав обычного  
свинца, характерный для каждого цикла тектогенеза.

Способы расчета возраста по изотопному составу свинца, предло-  
женные Алфером, Расселом, Дамопом, Гаутермансом, Тугариновым,  
Соботовичем, приводят к значительным ошибкам для таких сравни-  
тельно молодых рудопроявлений, каковыми являются изучаемые нами.

Если рассчитать возраст галенита с изотопным составом свинца,  
характерным для варийской складчатости по А. П. Виноградову  
( $Pb^{204}=1$ ;  $Pb^{206}=18,16$ ;  $Pb^{207}=15,70$ ;  $Pb^{208}=38,17$ ), по формулам,  
предложенным вышеупомянутыми авторами, то он оказывается равным  
400—350 млн. лет. Сам же А. П. Виноградов определяет возраст ва-  
рийского цикла в пределах 200—260 млн. лет. Наиболее подходящими  
для расчета возраста послепротерозойских свинцовых минералов сле-  
дует, вероятно, считать уравнения, предложенные Каммингом [7]:

$$t_{206} = 6,51 \cdot 10^9 \lg \frac{29,82 - x}{11,02} \text{ лет,}$$

$$t_{208} = 20,04 \cdot 10^9 \lg \frac{79,90 - z}{40,8} \text{ лет,}$$

где

$t_{206}$  и  $t_{208}$  — возраст в годах, определенный соответственно по отно-  
шениям  $Pb^{206}/Pb^{204}$  и  $Pb^{208}/Pb^{204}$ ;

$x$  и  $z$  — отношение в определяемом свинце соответственно

$Pb^{206}/Pb^{204}$  и  $Pb^{208}/Pb^{204}$ .

Авторами был вычислен возраст по изотопным отношениям, при-  
водимым А. П. Виноградовым, с помощью уравнений Камминга. Ока-  
залось, что для постпротерозойских галенинов результаты мало отли-  
чаются от данных А. П. Виноградова. Результаты сравнения приводят-  
ся в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение возрастов по А. П. Виноградову и по Каммингу

| Данные А. П. Виноградова |                                | Возраст по уравнениям<br>Камминга в млн. лет |           |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|-----------|
| Эпоха складчатости       | Интервал времени<br>в млн. лет | $t_{206}$                                    | $t_{208}$ |
| Альпийская               | 25—180                         | 145                                          | 184       |
| Варийская                | 200—260                        | 168                                          | 200       |
| Каледонская              | 280—400                        | 355                                          | 370       |

Возраст рудопроявлений Хакасской автономной области, рассчитанный  
по уравнениям Камминга, приводится в табл. 1.

Среди проанализированных проб можно выделить две группы.  
К первой группе следует отнести свинец с верхнекаледонским — ниж-  
неварийским возрастом. Абсолютный возраст галенинов их из этих  
проб находится в пределах 266—353 млн. лет. Оруденения, из которых  
отобраны пробы, связаны, вероятно, с девонским магматическим комп-  
лексом, выделенным на восточном склоне Кузнецкого Алатау многими  
исследователями [3; 4; 5]. К этой группе относятся пробы №№ 205, 206,  
212, 215 и 215 а.

Данные, полученные нами, не противоречат геологическому положению образований, с которыми связана свинцовая минерализация. Некоторое сомнение может вызвать возраст галенита в каратегских мраморах (проба № 212). Как уже указывалось, в этом районе каратегская толща контактирует с породами Улень-Туимского массива. Окварцевание мраморов связывают с контактово-метасоматическими процессами, протекавшими при становлении Улень-Туимской интрузии. На первый взгляд может показаться, что и галенит появился также в результате этих процессов. Тогда возраст его должен быть более древним, поскольку кембрийский возраст Улень-Туимской интрузии почти не вызывает сомнения. Но следует заметить, что галенит и повышенное содержание свинца по данным спектральных анализов отчетливо тяготеют к полю развития девонских даек сиенит-порфиров. На других участках контакта каратегских мраморов с Улень-Туимскими интрузивными породами, где также наблюдается окварцевание, сколько-нибудь повышенных концентраций свинца не обнаружено. Все выше сказанное позволяет предположить, что свинец в этой пробе связан с девонскими дайками сиенит-порфиров.

Ко второй группе следует отнести пробы с более древним возрастом. Во-первых, это самородный свинец из пород Улень-Туимского массива (проба № 216), возраст которой по таблице А. П. Виноградова — нижнекаледонский. По уравнениям Камминга абсолютный возраст этого свинца 390—470 млн. лет. Следует отметить, что самородный свинец отобран из протолочек со значительным содержанием пирохлора [2], поэтому возраст его может быть «омоложен» за счет некоторой добавки радиогенного свинца. Данные, полученные по самородному свинцу из пород Улень-Туимской интрузии, не противоречат ее кембрийскому возрасту. Во-вторых, к этой же группе относится свинец из кашкулакской свиты. Кашкулакская свита имеет в своем составе мощные толщи эффузивов, и появление в ней свинца может быть связано с гидротермальными процессами, проходящими в лавах. В ходе полевых работ авторами часто наблюдались в кашкулакских эффузивах гидротермальные образования с минералами меди, которые скорее всего связаны с гидротермальными процессами, сопровождавшими формирование эффузивных толщ. Не исключена возможность, что свинец здесь имеет такое же происхождение. Возраст этого свинца согласно таблицы А. П. Виноградова нижнекаледонский, а по уравнениям Камминга — 420—530 млн. лет. Свинец в оруденениях второй группы связан, вероятно, с салаирским магматическим комплексом, выделяемым многими исследователями на восточном склоне Кузнецкого Алатау.

Очень интересным является анализ галенита и англезит-церусситовой корочки на нем с Батеневского кряжа (пробы № 215 и № 215 а). Как видно из табл. 1 англезит-церусситовый агрегат несколько обогащен изотопами  $Pb^{206}$  и  $Pb^{207}$ . Это может быть следствием двух причин. Во-первых, привнос в зону окисления продуктов распада урана, на что как будто бы указывает относительное обеднение изотопом  $Pb^{208}$ . Во-вторых, не исключена возможность сдвига изотопного состава свинца при переходе из сульфида в сульфат и карбонат. Этому так же не противоречит относительное обеднение изотопов  $Pb^{208}$ , так как работы, проведенные И. Е. Стариком и другими авторами [7] по выщелачиванию свинца из минералов, показывают, что в определенных условиях  $Pb^{206}$  и  $Pb^{207}$  могут оказаться более подвижными, чем  $Pb^{208}$ . Обе эти причины при проведении соответствующих исследований помогут полнее изучить геохимические процессы в зоне окисления. К сожалению,

материала для более глубоких и обоснованных выводов в наших руках оказалось недостаточно.

### Выводы

Определение абсолютного возраста рудного свинца из рудопроявлений восточного склона Кузнецкого Алатау показали, что среди них можно выделить две группы. Оруденения, имеющие девонский возраст и связанные, вероятно, с девонским магматическим комплексом, и более древние оруденения кембрийского возраста, генетически связанные с салаирскими магматическими образованиями данного района. Обращает на себя внимание различие изотопного состава свинца в галените и в англезит-церусситовой корочке, появляющейся на нем в зоне окисления. Дальнейшие исследования в этом направлении помогут полнее изучить процессы в зоне окисления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Виноградов. Тр. сессии ОХН АН СССР по мирному использованию атомной энергии. Изд. АН СССР, М., 1955.
  2. Е. В. Владимирова. О находке самородного свинца и цинка на территории Кузнецкого Алатау. Настоящий сборник.
  3. А. П. Додин. Интрузивные комплексы Кузнецкого Алатау и Горной Шории. Информационный сборник ВСЕГЕИ, № 4, 1956.
  4. Ю. А. Кузнецов. Об интрузиях Кузнецкого Алатау и их рудоносности. Вестник ЗСГРТ, вып. 34, 1932.
  5. Ю. А. Кузнецов, Г. А. Иванкин. Магматизм восточного склона Кузнецкого Алатау. Геология СССР, т. XV, Красноярский край, 1961.
  6. Р. Рассел, Р. Фаркуар. Изотопы свинца в геологии. ИЛ., М., 1962.
  7. И. Е. Старик. Ядерная геохронология. Изд. АН СССР, Л., 1961.
-