Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLV, вып. 2, 1963 г.

О ЛЕГКОРАСТВОРИМОМ УРАНЕ В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОДАХ СИНИЯ

Ю. Н. Капков

Одной из насущных проблем геохимии является изучение форм нахождения и закономерностей распределения элементов в породах и минералах. Большой интерес приобретает значение и технические возможности определения малых концентраций радиоактивных элементов. В последние годы опубликован ряд работ, посвященных главным образом распределению радиоактивных элементов в породах преимущественно гранитоидного состава [1, 3, 5, 6, 7, 8]. Значительно меньше уделялось внимания метаморфическим породам.

Одним из основных приемов, используемых при изучении радиоактивных элементов, является выяснение характера распределения валовой концентрации урана и его трудно- и легкорастворимых форм. Оценка степени растворимости обычно производится путем выщелачивания. По мнению большинства исследователей, результаты сравнительного выщелачивания позволяют косвенно судить о формах нахождения урана в породах или минералах. Совокупность данных, освещающих характер распределения концентраций элемента и его форм нахождения, может служить объективным материалом, помогающим в расшифровке таких вопросов, как генезис месторождения, возможность формирования ореолов и потоков рассеяния и т. п.

При оценке доли легкорастворимого урана допускается некоторая произвольность в толковании результатов за счет разнообразных по жесткости условий его выщелачивания, на что справедливо обращали внимание А. Я. Крылов и Л. Я. Атрашенок [4]. Несмотря на это, качественно всегда отмечаются определенные закономерности в распределении легкорастворимого урана. Даже при максимально мягких условиях выщелачивания, которые применялись А. Я. Крыловым и Л. Я. Атрашенок (0,2 н раствор Na_2CO_3 в течение пяти дней при механическом перемешивании пробы), были получены результаты, показывающие, что процент выщелачиваемого урана в различных по составу и степени измененности гранитах и минералах может изменяться от долей процента до 100%. Сравнительный анализ этих данных позволил авторам установить закономерности распределения легкорастворимого урана в различных типах гранитоидов и высказать предположение о формах нахождения урана.

В настоящей статье излагаются данные о распределении урана валового $U_в$ и легкорастворимого $U_{лр}$ в метаморфических породах синия одного из районов Советского Союза.

В районе преимущественным развитием пользуются вулканогенно-осадочные породы, испытавшие различное воздействие метаморфизма. Процессы метаморфизма, накладываясь один на другой, превратили

породы в полиметаморфические образования. Метаморфические породы, относимые к синийской системе, представлены различными сланцами и роговиками Snl и существенно известковистыми породами Snm. В средней части сланцево-роговиковой пачки Snl^2 фиксируются небольшие рудопроявления урана в форме вкрапленности уранинита. Распространены нижнепалеозойские биотитовые граниты, связанные с ними аплитовидные и лейкократовые разности, а также жилы аплито-пегматитов. Кроме того, отмечаются девонские кварцевые порфириты и лавобрекчии.

Метаморфические, интрузивные и эффузивные породы подвергались комплексному геохимическому изучению с целью получения объективных данных для определения природы генезиса урановых концентраций.

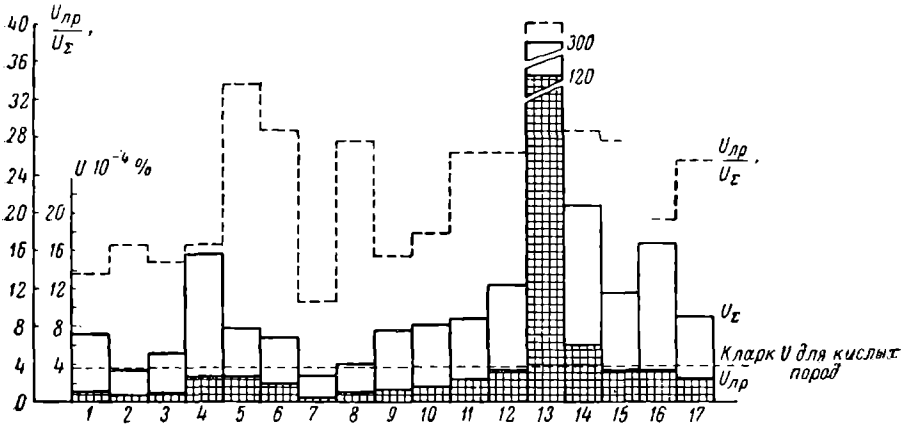


Рис. 1. Диаграмма распределения U_{Σ}, $U_{лр}$ и $\frac{U_{лр}}{U_{\Sigma}}$ в породах района:

1 — кислые порфириты девона (9 проб); *2* — средние кварцевые порфириты девона (6 проб); *3* — лавобрекчии девона (7 проб); *4* — нижнепалеозойские жилы аплито-пегматитов (8 проб); *5* — нижнепалеозойские аплитовидные и лейкократовые граниты (8 проб); *6* — нижнепалеозойские биотитовые граниты (11 проб); *7* — известняки, мраморы свиты Snm (4 пробы); *8* — кварц-диопсид-тремолитовые породы свиты Snm (11 проб); 9 — андалузит-ставролит-биотитовые сланцы подсвиты Snl^3 (5 проб); *10* — кварцевые порфиры подсвиты Snl^2 (8 проб); *11* — скарны, подсвита Snl^2 (6 проб); *12* — кварц-двуслюдяные сланцы подсвиты (6 проб); *13* — рудные слюдистые кварциты подсвиты Snl^2 (5 проб); *14* — слюдистые кварциты подсвиты Snl^2 — безрудные (27 проб); *15* — пироксен-плагиоклазово-флогопитовые роговики подсвиты Snl^2 (25 проб); *16* — амфиболовые, полосчатые роговики подсвиты Snl^2 (11 проб); *17* — биотитовые сланцы подсвиты Snl^1 (22 пробы). Все пробы сборные

Каменным материалом для исследований служили сборные пробы из каждой разновидности пород в горных выработках (поверхностных и подземных) и из керна [1].

После соответствующей обработки сборные пробы подвергались комплексу анализов; в том числе определялась концентрация валового и легкорастворимого урана. Анализ валового содержания урана U_{Σ} производился люминесцентным методом с химическим разложением проб смесью соляной, серной кислот и фтористого аммония с последующей обработкой 5-процентным содовым раствором и смесью 10-процентного раствора фтористого и сернистого аммония. Легкорастворимый уран извлекался выщелачиванием 10-процентным содовым раствором без кипячения (10—15-минутный подогрев на теплой плитке с последующим 12-18-часовым отстоем). Относительные ошибки в пределах ±20% (по повторным анализам).

Единые условия выщелачивания для всех пород позволили фиксировать по меньшей мере относительный характер распределения легкорастворимого урана (рис. 1, 2).

---

[1] Методику отбора проб и их обработки см. в статье «О методике геохимических исследований» настоящего Сборника.

Полученные данные и их сравнительный анализ позволяют вывести некоторые закономерности распределения урана.

Сопоставляя средние значения U_{Σ} по отдельным породам с кларком для кислых пород [2], можно отметить повышенные концентрации урана, значительно превышающие кларковые для всех пород сланцево-роговиковой толщи (рис. 1). Наибольшие концентрации отмечаются в слюдистых кварцитах и амфиболовых полосчатых роговиках, в которых и были установлены повышенные скопления урана.

Внутри сланцево-роговиковой пачки Snl U_{Σ} распределяется следующими образом. Как следует из рис. 2, наибольшая концентрация U_{Σ} приурочена к средней части пачки Snl^2, наименьшая — к верхней Snl^3 Средняя концентрация U_{Σ} пачки преимущественно известковистых пород Snm примерно соответствует кларковым значениям.

Нижне-палеозойские биотитовые граниты, сопровождающие их аплитовидные и лейкократовые разности и жилы аплито-пегматитов обладают повышенными концентрациями U_{Σ}. Содержание закономерно увеличивается от биотитовых гранитов ($6{,}7 \times 10^{-4}$%) к пегматоидам ($15{,}5 \times 10^{-4}$%), как наиболее поздним дериватам. В кислых эффузивах концентрация U_{Σ} примерно в два раза выше кларковой.

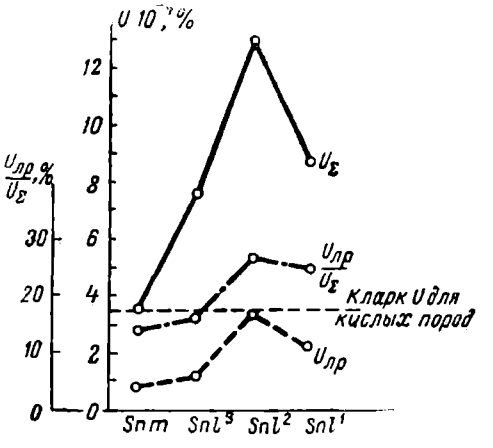


Рис. 2. Распределение средних значений U_{Σ}, $U_{лр}$ и $\frac{U_{лр}}{U_{\Sigma}}$ по свитам метаморфических пород синия

Распределение концентрации $U_{лр}$ как раздельно по породам, так и в среднем по пачкам метаморфических толщ следует примерно закономерностям, выявленным для U_{Σ}. Так, наибольшая концентрация $U_{лр}$ приурочена к средней части сланцево-роговиковой пачки Snl^2, наименьшая — к Snm. Присутствие $U_{лр}$ прослежено на глубину до 418 *м*.

Средняя относительная доля $U_{лр}$ (рис. 2) меняется от 10% (для известняков и мраморов) до 40% (для слюдистых кварцитов, вмещающих небольшие рудопроявления урана). В эффузивных породах средний процент выщелачивания не превышает 15.

Распределение легкорастворимого урана в интрузивных породах имеет хотя и более сложный характер, чем U_{Σ}, но вполне объяснимо с генетической точки зрения. Наименьшая относительная доля $U_{лр}$ фиксируется в аплито-пегматитах (16,5%), что обусловливается, вероятно, связыванием урана в виде либо собственных минеральных форм, либо изоморфным вхождением урана в кристаллические решетки других минералов. Тот и другой процесс, как известно, характерен для пегматитов. Наибольший процент выщелачивания (33,5%), обнаруженный в аплитовидных и лейкократовых гранитах, может быть объяснен, исходя из общего баланса распределения урана по минералогическим фракциям. Как показали исследования, в этих породах наибольшее количество валового урана (до 60—80%) приходится на главные гранитообразующие минералы — кварц и полевые шпаты, составляющие основу (по весу) лейкократовых и аплитовидных гранитов. Доля легкорастворимого урана в этой минералогической фракции аналогична средней доле для всей породы (порядка 30%). Можно предположить, что основная масса легкорастворимого урана в этих породах связана с квар-

цем и полевыми шпатами, где она располагается, не входя в кристаллические решетки (в пленках высокодисперсных образований в интерстициях и т. п.).

Биотитовые граниты в этом отношении занимают промежуточное положение, поскольку в них относительно большая доля урана более тесно связана с темноцветными минералами и прежде всего с биотитом.

Значительное повышение относительной доли $U_{лр}$ в слюдистых кварцитах предположительно объясняется: а) наличием вкрапленности уранинита (увеличение $U_{лр}$ в данном случае обусловлено присутствием урана в форме окислов, которые по условиям опыта оказываются более растворимыми); б) наличием (так же, как и в аплитах) значительной доли урана в породообразующих минералах в легко извлекаемой форме.

Характер распределения U_{Σ} и $U_{лр}$ в метаморфических породах синийского возраста позволяет высказать некоторые генетические предположения.

Наличие общего повышенного содержания валового и легкорастворимого урана в метаморфических породах синия может свидетельствовать об определенной роли метаморфических процессов в концентрации урана.

В качестве рабочей гипотезы можно предположить, что первоначальная концентрация элементов связана с осадкообразованием. Впоследствии первичные осадочные породы под воздействием интенсивных метаморфических процессов были превращены в разнообразные сланцы и роговики. Рудная минерализация связывается с процессами обработки вулканогенно-осадочных толщ растворами, которые могут быть либо метаморфогенного, либо гидротермального происхождения. Однако повсеместное повышение концентрации урана свидетельствует скорее о региональной обработке всех пород метаморфогенными растворами. Подобная закономерность вряд ли имела бы место при чисто гидротермальных процессах, несмотря на высокий местный кларк урана в гранитах. Косвенным подтверждением высказанных положений является наличие также во всех породах, в том числе и рудах таких минералов, как арсенопирит, пирротин, пирит. Отмечаемая, кроме того, повсеместно ассоциация урана с флюоритом, вероятно, может свидетельствовать о кислом характере растворов (присутствие плавиковой кислоты), способствующих растворению урана и лучшему проникновению и перераспределению его в породах.

Эти предположения подтверждают возможность осадочно-метаморфогенного генезиса исследованных рудопроявлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович И. И. Уран и торий в интрузивных породах Центральной и Западной Тувы. «Геохимия», 1959, № 4.
2. Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. «Геохимия», 1956, № 1.
3. Геология атомных сырьевых материалов. Доклады иностранных ученых на международной конференции по мирному использованию атомной энергии в мирных целях. Госгеолтехиздат, 1956.
4. Крылов А. Я., Атрашенок Л. Я. О формах нахождения урана в гранитах. «Геохимия», 1959, № 3.
5. Смирнов В. А. Редкие и рассеянные элементы в изверженных породах Удинской впадины (Зап. Забайкалье). Сб. «Вопросы рудной геофизики». Госгеолтехиздат, 1961.
6. Смыслов А. А. Радиоактивные элементы в изверженных породах Северного Казахстана. «Геохимия», 1958, № 3.
7. Таусон Л. В. К геохимии урана в гранитоидах Черновского массива. «Геохимия», 1956, № 3.
8. Таусон Л. В., Леонова Л. Л. Распределение урана по минералам каледонских гранитоидов Сусамырского батолита. «Геохимия», 1958, № 7.