

В. М. ГАВШИН

## КОНЦЕНТРАЦИЯ УРАНА В ПРИРОДНЫХ СЛОИСТЫХ АЛЮМОСИЛИКАТАХ

(Представлено академиком В. С. Соболевым 16 VIII 1971)

Исследование природных ураноносных образований обычно проводится в специфической последовательности: вначале устанавливается повышенная интенсивность  $\gamma$ -излучения, а затем определяются минералы, с которыми связана радиоактивность. Чаще всего, прежде чем определить эти минералы, их извлекают из массы породы; при этом внимание исследователей заранее направлено в основном на поиски так называемых минералов урана. Коль скоро они обнаруживаются, считается, что именно с ними связаны радиоактивные элементы, создающие  $\gamma$ -аномалию.

Новые возможности в исследовании ураноносных пород открывает микрорадиография с применением жидких эмульсий (<sup>2</sup>): рассматривая состав и структуру породы в шлифе, одновременно можно наблюдать распределение радиоактивных элементов и оценивать степень их концентрации в том или ином минерале, не извлекая его из породы. При этом нередко обнаруживается неожиданная картина распределения радиоактивности даже в тех ураноносных образованиях, которые считаются достаточно полно изученными традиционными способами. Оказывается, что значительная, иногда подавляющая часть всего урана, заключенного в породе, содержится не в минералах урана, а в некоторых минералах из группы слоистых силикатов, часто тонкодисперсных, не поддающихся выделению и достаточно надежному определению. Это особенно отчетливо видно там, где породы не особенно богаты ураном и лишь незначительно затронуты выветриванием; в таких породах, как показывает микрорадиография, практически все  $\alpha$ -излучающие атомы заключены в слоистых алюмосиликатах — гидрослюдах и хлоритах; изредка возникающие в пустотах минералы урана не нарушают картины первоначального распределения урана, радий и продукты его распада обычно сопутствуют урану (случай резкого смещения радиоактивного равновесия мы здесь не рассматриваем).

Образование урановых минералов иногда в значительной мере затушевывает роль слоистых алюмосиликатов в процессе концентрации урана. Характерный пример — «месторождение в среднедевонских пестроцветных молассах» (<sup>3</sup>). Здесь, по словам Г. В. Комаровой, в толще песчаников с растительными остатками, максимальные концентрации урана приурочены к наиболее крупнозернистым разновидностям пород. Урановые минералы расположены в пространстве между зёрнами, импрегнируя глинистую часть цемента и мельчайшие глинистые включения. К первичным урановым минералам относятся урановые черни, водный молибдат урана, аморфный водный силикат урана — билибинит. В этой же работе приводятся радиографии, где, помимо отчетливых светлых пятен, бесспорно соответствующих урановым минералам, можно видеть «рассеянный фон», который Г. В. Комарова связывает с убогой урановой минерализацией. На радиографиях образцов из наших сборов и из коллекции П. П. Шилового также нередко наблюдаются участки рассеянного фона. Микрорадиография на шлифах, покрытых фотографической эмульсией, показывает, что такие участки соответствуют разобщенному расположению  $\alpha$ -треков, нигде не образующих густых скоплений, характерных для ура-

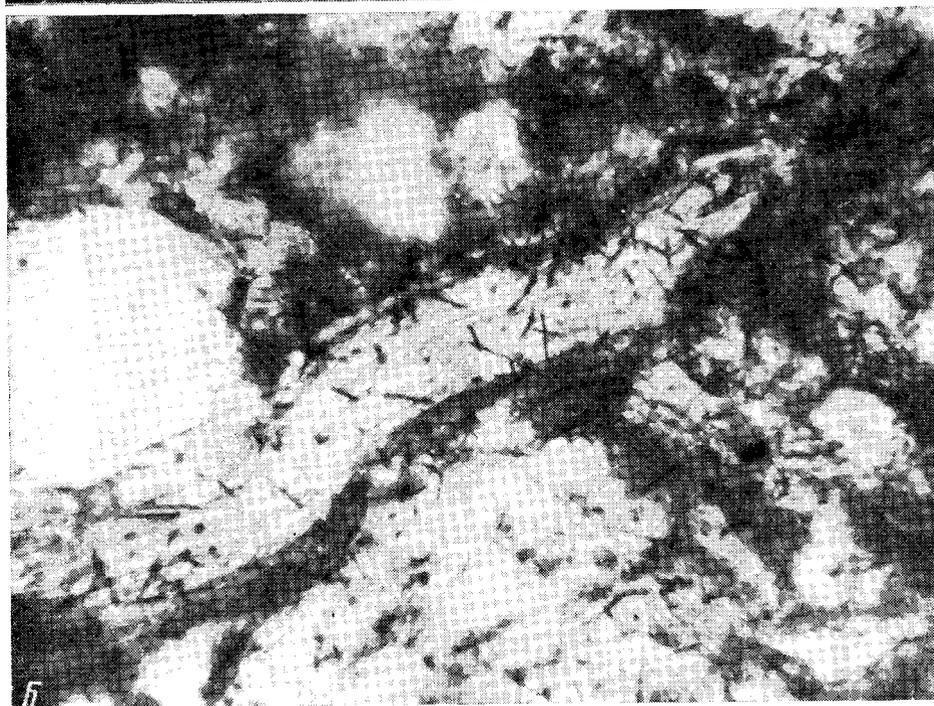
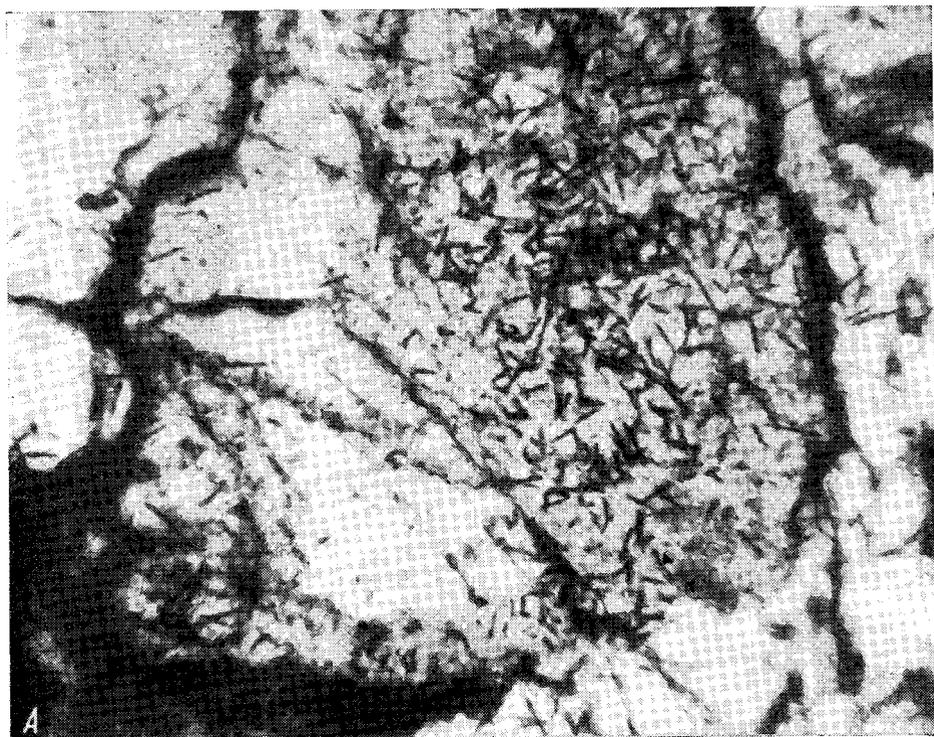


Рис. 1. *А* —  $\alpha$ -треки в связи с пелитизированной основной массой в обломке эффузивной породы ( $400\times$ ). *Б* —  $\alpha$ -треки в связи с обломочным биотитом ( $500\times$ ). Экспозиция 7 суток

новых минералов. Если принять, что при недельной экспозиции одному проценту урана соответствует около 5000  $\alpha$ -треков на 1 мм<sup>2</sup> (<sup>5</sup>), то оказывается, что рассеянный фон отвечает участкам, где уран содержится в количестве от десятых долей до 2—3%, что во много раз меньше, чем в любом из урановых минералов. Следовательно, с минералами урана можно связывать лишь некоторую долю общей радиоактивности пород.

В песчаниках, описанных Г. В. Комаровой, как и во многих других уранопосных горизонтах некоторых осадочных толщ, уран, действительно, содержится в глинистой части цемента и в мельчайших глинистых включениях. Глинистое вещество нередко весьма тонкодисперсно, но иногда в его массе можно различить заметно двупреломляющие листочки, — по-видимому, гидрослюды; в обломках глинистого материала — «катунах» можно видеть агрегатное погасание ориентированных листочков. Именно в глинистом материале, независимо от того, находится ли он в цементе или обломках, обнаруживаются довольно равномерно распределенные радиоактивные атомы, составляющие чаще всего не более 0,5—1% от веса алюмосиликатного вещества. Нередко такое же и даже более высокое содержание урана (до 2—4%) устанавливается в обломках эффузивных пород, главным образом в их криптозернистой зеленоватой основной массе (рис. 1А); иногда в подобных обломках удается распознать порфирит с хлоритизированным мезостазисом. В некоторых шлифах наблюдаются многочисленные деформированные листочки измененного биотита, в общем посплошно ориентированные. В биотите также содержится уран, нередко в количестве до 0,5—1%, а по краям листочков, и особенно там, где они теряют четкость очертаний, превращаясь в бурые хлопья, концентрация урана достигает 2—3% и более (рис. 1Б). До 1% урана содержится в хорошо различимых под микроскопом листочках хлорита. И лишь изредка в шлифах наблюдаются минералы урана — так называемые первичные — в ассоциации с сульфидами и вторичные — минералы уранила — в зоне выветривания. При недельной экспозиции эмульсия над ними непрозрачна — настолько густо располагаются  $\alpha$ -треки.

Некоторое представление о составе тонкодисперсных ураноносных алюмосиликатов дают дифрактограммы отмученных пелитовых фракций; обычно они показывают четкие рефлексии, соответствующие межплоскостным расстояниям около 10 Å, что указывает на гидрослюды, и около 14 Å, что отвечает хлоритам (обработка проб этиленгликолем, как и нагревание, не изменяет расстояния между слоями). Одно глинистое включение, дающее отчетливый отпечаток на  $\alpha$ -радиографии, целиком извлечено из породы и исследовано дифрактометрически без предварительной процедуры отмучивания (дифрактометр УРС-50И, Fe-излучение, аналитик Н. И. Зюзин); на дифрактограмме получены четкие пики, соответствующие межплоскостным расстояниям около 10 и 14 Å, что опять-таки отвечает смеси гидрослюды и хлорита. Устойчивая ассоциация гидрослюды и хлоритов возникает, как известно, в породах, прошедших начальную стадию метаморфизма (<sup>13</sup>), и, таким образом, является вполне естественной для палеозойских отложений.

В породах, где уран содержится в гидрослюдах, хлоритах и измененном биотите, зачастую совсем нет урановых минералов, а там, где они есть, обязательно обнаруживаются ураноносные слоистые алюмосиликаты. Отсюда следует, что в данном случае нельзя считать единственной причиной концентрации урана в породах возникновение урановых минералов; не менее существенную, а скорее всего и главную роль в процессе накопления урана играли слоистые алюмосиликаты.

Сведения о концентрации урана в природных слоистых силикатах довольно редко появляются в литературе. В фундаментальной сводке Э. У. Хейнриха есть указание на ураноносность серицита, биотита и хлорита (<sup>14</sup>). Ураноносный «каолин» на месторождении Нинге-Тогге упоминается в статье Н. Катаяма (<sup>7</sup>). В справочнике Р. В. Гецевой и К. Т. Са-

зельевой перечислены урансодержащие силикаты: галлузит, монтмориллонит, палыгорскит, аллофан<sup>(6)</sup>. Нахождение урана в хлорите и биотите рассматривается И. Г. Ченцовым<sup>(12)</sup>, в биотите — И. Г. Берзиной, И. Б. Берманом и др.<sup>(4)</sup>; концентрация урана в гидрослюде установлена В. П. Роговой<sup>(10)</sup>. «Алюмосиликатное вещество с ураном» упоминает М. Н. Альтгаузен<sup>(1)</sup>. Ураноносные глаукоциты из меловых отложений рассматривают в своей статье М. Ф. Каширцева, А. Н. Шевнин, Л. В. Воронкевич<sup>(8)</sup>, — это едва ли не единственная работа, в которой можно найти подробные сведения о содержании и распределении урана в минерале из группы слоистых силикатов. Наконец, в рефератах ряда японских статей сообщается о находках ураноносных галлузитов и «глинистых минералов». При этом лишь японские исследователи отводят глинистым минералам какую-то роль в процессе рудообразования. Между тем, как мы уже видели, в некоторых ураноносных горизонтах различных осадочных толщ именно слоистые алюмосиликаты являются «первичными» урансодержащими минералами. По отношению к ним минералы четырехвалентного урана, возникающие в восстановительной среде, по-видимому, так же «вторичны», как и минералы уранила, формирующиеся в контакте с атмосферой.

О формах нахождения урана в слоистых алюмосиликатах в настоящее время трудно судить с достаточной степенью уверенности. Находится ли уран в виде четырехзарядного катиона, или уранил-иона, в октаэдрических пустотах, в межслоевом пространстве, в дефектах кристаллов или на краях дисперсных частиц — в зависимости от решения этих вопросов сложится то или иное представление об условиях концентрации урана в природной среде. Отсюда становится очевидным направление дальнейших исследований: выяснение форм нахождения урана и способов его концентрации в слоистых алюмосиликатах.

Автор признателен П. П. Шиловскому и Л. П. Шикалову, любезно предоставившим для исследования образцы из своих коллекций, а также Д. К. Архипенко, оказавшей существенную помощь в диагностике тонкодисперсного алюмосиликатного вещества.

Институт геологии и геофизики  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Новосибирск

Поступило  
1 III 1974

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> М. Н. Альтгаузен, Сборн. Металлы в осадочных толщах. Благородные металлы, редкие, рассеянные и радиоактивные элементы, «Наука», 1966. <sup>2</sup> В. И. Баранов, Г. Тлеубергенова, Геохимия, № 2, 62 (1956). <sup>3</sup> С. Г. Батулин, Е. А. Головин и др., Экзогенные эпигенетические месторождения урана, 1965. <sup>4</sup> И. Г. Берзина, И. Б. Берман и др., Атомная энергия, 23, в. 6, 520 (1967). <sup>5</sup> В. М. Гавшин, Сборн. Геохимия и минералогия радиоактивных элементов Сибири, «Наука», 1970. <sup>6</sup> Р. В. Гецева, К. Т. Савельева, Руководство по определению урановых минералов, 1956. <sup>7</sup> Катаяма Нобуо, Тр. II Международн. конфер. по мирному использованию атомной энергии, 1959. <sup>8</sup> М. Ф. Каширцева, А. Н. Шевнин, Л. В. Воронкевич, Сов. геол., № 11, 131 (1961). <sup>9</sup> Реферативный журнал, Рудные месторождения, №№ 1, 2 (1970). <sup>10</sup> В. П. Рогова, Сборн. Геология и вопросы генезиса эндогенных урановых месторождений, «Наука», 1968. <sup>11</sup> Э. У. Хейнрих, Минералогия и геология радиоактивного минерального сырья, ИЛ, 1962. <sup>12</sup> И. Г. Ченцов, Сборн. Вопросы геохимии, 1, Тр. Инст. геол. рудн. месторожд. петрогр., минерал. и геохим., в. 28, 1959. <sup>13</sup> В. Kubler, Rev. Inst. franç. du petrole, 19, № 10 (1964).