

УДК 550.42 : 546.7 (571.151.) (571.51) 1

ГЕОХИМИЯ

А. С. МИТРОПОЛЬСКИЙ, С. В. МЕЛЬГУНОВ

**УРАН И ТОРИЙ В ПРОЦЕССАХ ЭВОЛЮЦИИ  
ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГОРНОГО АЛТАЯ  
И ЗАПАДНОГО САЯНА**

*(Представлено академиком В. А. Кузнецовым 25 VI 1973)*

В основу работы положены данные изучения рифейских и палеозойских стратифицированных отложений Горного Алтая и Западного Саяна. Радиогеохимическая характеристика отложений базируется на анализах представительных проб, отобранных из главнейших разновидностей горных пород. Пробы анализировались на U люминесцентно-перловым методом (1483 пробы) и Th фотоколориметрическим методом (701 проба). Относительные ошибки по внутреннему и внешнему контролю, в зависимости от уровня содержания элементов, составляют для U 8—13 и для Th 14—16%.

Горный Алтай и Западный Саян — крупные регионы Алтае-Саянской области сложного складчатого сооружения, состоящего из структурно-формационных зон, различающихся по составу слагающих их формаций, возрасту и истории развития. Согласно В. А. Кузнецову (<sup>1</sup>, <sup>2</sup>), по времени консолидации в пределах рассматриваемых регионов выделяются зоны: салаирские, каледонские и ранне- и позднегерцинские. Породы синхронных стратиграфических подразделений аналогичных формационных типов отложений Горного Алтая и Западного Саяна по своей радиогеохимической характеристике практически неразличимы, поэтому относящиеся к ним данные по содержанию и особенностям распределения U и Th рассматриваются ниже обобщенно.

Отложения наиболее ранних эвгеосинклинальных стадий салаирского этапа развития регионов представлены рифейскими метаморфическими сланцами Теректинского и Джебашского горстов. Они подразделяются на метапелиты и metabазиты, соответственно являющиеся метаморфизованными терригенными алевропелитовыми породами и основными вулканитами — типичными представителями порфирито-сланцевой формации. Среди них изредка встречаются небольшой мощности пласты мраморов и кварцитов. В составе породообразующих минералов сланцев преобладают типоморфные минералы фации зеленых сланцев — кварц, альбит, серицит, хлорит, эпидот и актинолит, образующие различные ассоциации. Метаморфические сланцы отличаются низкой радиоактивностью: средние содержания в них U 1,0 и Th 5,2 г/т, в том числе, соответственно, в метапелитах 1,2 и 5,4 г/т и в metabазитах 0,3 и 2,6 г/т.

Последующие этапы формирования эвгеосинклинали в верхнем рифее, нижнем и среднем кембрии характеризовались появлением островных дуг и развитием кремнисто-карбонатно-вулканогенной и вулканогенно-карбонатно-терригенной формаций. Породы верхнерифейско-нижнекембрийских свит Горного Алтая — существенно кремнисто-карбонатной баратальской и преимущественно вулканогенной манжерокской имеют общий невысокий уровень содержания U и Th, составляющий соответственно 1,2 и 2,0 г/т, при колебаниях содержаний от 0,1—0,3 г/т в силицилитах и диабазовых порфиритах до 2,3 г/т в известняках с органическим углеродом. Нижне- и среднекембрийские вулканогенно-карбонатно-терригенные отло-

жения Горного Алтая и Западного Саяна подразделяются на ряд свит, различающихся, кроме их стратиграфического положения, относительной ролью в их составе тех или иных разновидностей пород, изменяясь от существенно вулканогенных до карбонатно-терригенных. Породы свит испытали зеленокаменный метаморфизм, а местами и интенсивный динамометаморфизм. В связи с пестротой состава средние содержания U и Th в породах колеблются соответственно от 0,2 до 0,9 г/т и от 1,1 до 5,7 г/т.

Активные тектонические дифференцированные движения в конце кембрия — начале ордовика привели к образованию антиклинорных структур сайлаирид и многоэосинклинальных прогибов между ними (Ануйско-Чуйский и Западно-Саянский синклиналии). В последних, за счет эрозии эвгеосинклинальных вулканогенно-карбонатно-терригенных толщ и прорывающих их массивов раннекаледонского габбро-плагиогранитового комплекса, происходило накопление мощных флишопдных отложений верхнего кембрия — нижнего ордовика. Для них характерен метаморфизм, проявляющийся в перекристаллизации глинистого материала и цемента песчаников с развитием хлорита, серицита, эпидота и карбоната. Содержания U и Th лишь незначительно варьируют между глинистыми и песчанистыми разновидностями, изменяясь соответственно в пределах 1,8—1,9 и 8,3—10,2 г/т. Однако однообразие состава пород и постоянство содержания в них радиоактивных элементов характерно только для отложений морских фаций. В прибрежной части прогибов состав пород имеет молассоидный характер, а содержания в них U и Th близки к концентрациям этих элементов в верхнерифейско-кембрийских толщах, слагавших горное обрамление прогибов.

В условиях постепенного замыкания многоэосинклинальных прогибов в среднем — верхнем ордовике и силуре в пределах небольших остаточных бассейнов формировались мелководные осадки. Средне- и верхнеордовикские отложения представлены глинистыми сланцами, алевролитами и грубообломочными породами прибрежных фаций, характерна значительная известковистость пород. Содержания радиоактивных элементов в породах, по сравнению с подстилающими их верхнекембрийско-нижнеордовикскими отложениями, снижаются, в особенности по Th. В среднем они составляют 1,2 г/т U и 5,5 г/т Th. В составе нижнесилурийских осадков развиты песчаники и алевролиты с глинисто-карбонатным цементом, известково-глинистые сланцы и пелитоморфные известняки. Содержание U в породах остается на уровне ордовикских отложений, содержание Th падает до 3,6 г/т.

Близки по своей радиогеохимической характеристике к породам ордовика и силура известковистые, нередко красноцветные песчаники и алевролиты нижнего девона Ануйско-Чуйского синклиналии.

В среднем девоне, в обстановке значительных глыбовых движений и активного субаэрального вулканизма эпохи раннегерцинского тектогенеза, происходило формирование пестроцветных терригенно-вулканогенных толщ. Среди отложений среднего девона Горного Алтая, наряду с основными лавами, широкое развитие получили риолитовые и андезитовые вулканиты. Присутствие последних в отложениях вызвало повышение содержаний радиоактивных элементов в породах, по сравнению с их концентрациями в толщах геосинклинальных этапов развития, в среднем до 2,5 г/т U и 11,7 г/т Th.

Разрез палеозоя завершают известково-песчано-алевролитовые отложения среднего и верхнего девона герцинской структуры Чуйского прогиба Ануйско-Чуйского синклиналии. Они отличаются низким средним содержанием U (1,8 г/т), при сравнительно высокой средней концентрации Th (10,5 г/т).

Изучение мономинеральных фракций пород показывает, что в верхнерифейских метапелитах главными концентраторами радиоактивных эле-

ментов являются породообразующие минералы, содержащие 85% U и около 100% Th; в метapelитах среднего кембрия на долю породообразующих минералов приходится около 70% общего содержания этих элементов в породе. В алевролитах и сланцах верхнего кембрия и ордовика породообразующие минералы содержат 90% U и Th. Главные минералы-носители различаются по содержанию радиоактивных элементов и соотношению их форм нахождения. В порядке увеличения содержаний U и Th устанавли-

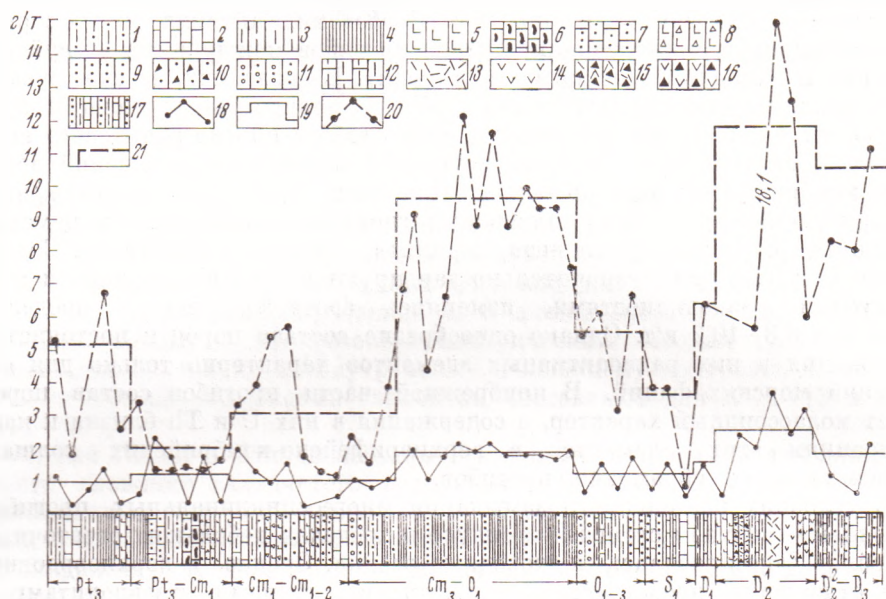


Рис. 1. Распределение средних содержаний U и Th в верхнерифейских и палеозойских отложениях Горного Алтая и Западного Саяна. 1 — кварц-альбит-серицит-эпидотовые сланцы; 2 — мраморы; 3 — кварц-альбит-эпидот-хлорит-актинолитовые сланцы; 4 — кварц-альбит-серицит-хлоритовые и глинистые сланцы; 5 — альбит-эпидот-актинолитовые сланцы (метабазиты), уралитизированные диабазовые порфиристы; 6 — кремнистые известняки, силилиты; 7 — известняки с органикой; 8 — туфы диабазовых порфиритов; 9 — хлоритизированные песчаники; 10 — граувакки; 11 — конгломераты; 12 — известково-глинистые сланцы с органикой; 13 — риолитовые порфиры; 14 — андезитовые порфиристы; 15 — туфы риолитовых порфиритов; 16 — туфы андезитовых порфиритов; 17 — известковистые песчаники, глинистые сланцы и известняки; 18 — содержание U в горных породах; 19 — среднее содержание U в породах серии, свиты; 20 — содержание Th в горных породах; 21 — среднее содержание Th в породах серии, свиты

вается ряд: хлорит — эпидот — рутил — сфен (или циркон). Среди минералов наибольшее значение в балансе U принадлежит хлориту или эпидоту, рутилу и сфену, вместе взятым; в балансе Th доля хлорита, как правило, основная. Весьма показательной оценкой характера распределения Th и U является величина их отношений. В ряду хлорит — эпидот — рутил — сфен — циркон отношение Th и U закономерно уменьшается от 18,0—7,7 в хлорите до 0,7—0,8 в цирконе большинства исследованных пород. Характерна высокая концентрация U и Th в новообразованном рутиле и лейкоксене. Радиография этих минералов показывает, что радиоактивные элементы в них распределены неравномерно; обычно фиксируются субмикроскопические выделения, которые, судя по высокой плотности треков, по-видимому, представляют собственно урановые и ториевые минералы.

Изложенные данные и рассмотрение графика распределения радиоактивных элементов в геосинклинальных отложениях Горного Алтая и Западного Саяна (рис. 1) показывает, что уровень содержаний и харак-



тер распределения U и Th в породах являются хорошими индикаторами, чутко реагирующими на изменения тектонического режима, фациальных условий осадконакопления и состава отложений. Действительно, распределение радиоактивных элементов и их обций уровень в отложениях морских и эпиконтинентальных фаций целиком зависит от соотношения в составе толщ вулканогенных пород, известняков, силицилитов и алевропелитовых осадков. Поэтому господствующая роль дериватов базальтового вулканизма и граувакковый состав отложений предопределили обций низкий уровень радиоактивности терригенных пород эвгеосинклинального периода развития. В дальнейшей эволюции геосинклинальных прогибов происходило уменьшение роли в отложениях мантийного вещества и нарастание значений корового материала. Указанная направленность осадочной дифференциации и изменение характера преобладающего вулканизма от основного до кислого во времени вызвали последовательное увеличение обцей радиоактивности отложений к завершающим стадиям развития геосинклинали. Особенно четко такая тенденция проявлена в содержаниях Th (рис. 1).

Ведущее значение в транспортировке, осаждении и распределении в осадках радиоактивных элементов имели процессы сорбции. Основными сорбентами являлись глинистые частицы терригенного материала и органический углерод в карбонатных отложениях. Значение акцессорных минералов в балансе этих элементов морских осадков было весьма ограниченным. Обращает на себя внимание роль двуокиси титана в концентрации U и Th. При перекристаллизации пелитовых пород и цемента песчаников в процессе диагенеза и последующего регионального зеленосланцевого метаморфизма почти весь U и Th связывались в новообразованных минералах — хлорите, эпидоте, рутиле и сфене. Однако механизм сорбции для U и Th, вероятно, был различен, и степень насыщения этими элементами глинистых частиц была непостоянна.

Проявление отчетливой дифференциации стратиграфических подразделений и формаций по радиогеохимическим особенностям пород может быть рекомендовано как критерий для расчленения немых толщ. Наиболее контрастно индивидуальные свойства отложений проявляются в изменениях содержаний и характера распределения Th.

Институт геологии и геофизики  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Новосибирск

Поступило  
25 VI 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. А. Кузнецов, Тр. Горно-геол. инст., Новосибирск (Зап.-Сиб. фил. АН СССР), в. 12 (1952). <sup>2</sup> В. А. Кузнецов, Сборн. Вопросы геологии Азии, т. 1, М., 1954.