

В. И. ВИНОГРАДОВ, И. П. ИЛУПИН

## ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СЕРЫ В КИМБЕРЛИТАХ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

*(Представлено академиком Д. С. Коржинским 19 IV 1971)*

Кимберлитовые алмазоносные трубки широко распространены в центральной части Сибирской платформы, главным образом в бассейне р. Вилюй. Формирование кимберлитов обычно связывается с глубинными подкоровыми частями Земли. Однако кимберлитовая магма до достижения поверхности должна прорвать толщу пород земной коры. В частности, платформенный чехол алмазоносного района Северо-Западной Якутии сложен мощными осадочными толщами верхнего протерозоя, кембрия и нижнего ордовика, залегающих на древнепротерозойском и архейском кристаллическом основании. Меньшее развитие в районе имеют терригенные отложения верхнего палеозоя и пермо-триасовой трапповой формации. Ксенолиты всех этих пород обнаруживаются в материале трубок. Повсеместно и наиболее широко распространены ксенолиты карбонатных пород, обильно представленных в разрезе нижнего палеозоя. Кембрийские отложения Сибирской платформы характеризуются интенсивным развитием соленосных фаций и битуминозностью. Соответственно в породах кимберлитовых трубок нередки включения углеводородных газов, битумов и даже жидких нефтей. Иногда породы оказываются пропитанными хлористым натрием (<sup>1-3</sup>). Все это служит непосредственным указанием на захват глубинными кимберлитовыми магмами материала пород осадочного чехла платформы. Кроме включений обломков осадочных пород, в составе кимберлитовых трубок часто обнаруживаются сульфиды — пирит, галенит, сфалерит и др., и сульфаты — гипс, ангидрит, целестин, барит. Их образование также естественно связывать с ассимиляцией кимберлитовой магмы материала осадочных пород или с привносом компонентов растворами.

Данные об особенностях размещения сульфидов и сульфатов в теле кимберлитовых трубок, а также о широком распространении тех же минералов в нижнепалеозойских осадочных породах Северо-Западной Якутии позволяют высказать предположение о возникновении этих минералов в основном в результате привноса вещества из вмещающих пород (<sup>3, 4</sup>). Изучение изотопного состава серы открывало интересную возможность установить независимым путем присутствие коровой серы в материале кимберлитов.

Указанная возможность основывается на предположении, что изотопный состав подкоровой серы равен составу серы метеоритов, т. е. характеризуется величиной  $\delta S^{34} = 0$ . Как в подкоровом магматическом очаге, так и в ходе извержения кимберлитовой магмы невозможно представить себе процессы, которые привели бы к сколько-нибудь существенному фракционированию изотопов серы. Поэтому всякие отклонения значений  $\delta S^{34}$  от нулевого должны были свидетельствовать в пользу захвата магмой коровой серы. Обнаружение нулевых значений  $\delta S^{34}$  в минералах из кимберлитов не может дать однозначного ответа на поставленный вопрос, так как сера с подобным изотопным составом нередко возникает на отдельных этапах ее циклического круговорота в пределах земной коры. Следовало

ожидать, однако, что среди нижнепалеозойских отложений Сибирской платформы будет преобладать сера, обогащенная тяжелым изотопом  $S^{34}$ . Такое предположение исходило из литологических особенностей этих отложений. Значительную часть разреза нижнего палеозоя на данной территории занимают соленосные, и в том числе гипсо-ангидритовые, толщи. Изотопный состав сульфатной серы в них должен характеризоваться значениями  $\delta S^{34}$  около  $+25\%$ . В то же время широко проявленные признаки битуминозности пород и их древний возраст указывают на возможность протекания длительного и интенсивного процесса сульфатредукции. Это могло приводить к еще большему утяжелению сульфатной серы осадочных толщ и к образованию разных по изотопному составу, но преимущественно обогащенных тяжелым изотопом серы сульфидов. Для проверки данного предположения авторами был собран и проанализирован материал, который, несмотря на свою несистематичность, дает четкое представление об изотопном составе серы в нижнепалеозойских отложениях Сибирской платформы (табл. 1). Сульфатная и сульфидная сера в осадочных породах действительно характеризуется резким обогащением тяжелым изотопом. Это утяжеление свидетельствует об участии сульфатной серы в процессах сульфатредукции в условиях замкнутого режима восстановления.

Примерно таким же изотопным составом характеризуется и сера кимберлитов ( $\%$ ):

Трубка «Мир»		Трубка «Удачная»	
Барит	+52,2	Целестин	+17,5
Ангидрит	+16,6	Целестин	+43,8
Гипс	+26,4	Целестин	+36,0
Гипс	+16,1	Гипс	+18,7
Пирит	+24,1	Пирит	+38,2
Пирит	+39,1		
Сфалерит	+22,8	Трубка «Новинка»	
Галенит	+15,0	Таумасит	+23,2
Галенит	+15,0	Пирит	-14,0
Трубка «Геофизическая»		Трубка «Комсомольская»	
Галенит	+14,5	Таумасит	+19,0

Можно предложить два варианта объяснения наблюдаемого изотопного состава серы. I. Формирование кимберлитовых трубок сопровождалось брекчированием глубинного и захваченного корового материала, нарушением нормального залегания околожерловых пород. Это приводило к тому, что кимберлитовые трубки являлись очагами разгрузки напорных пластовых вод нижнепалеозойских отложений. Смещение вод из различных горизонтов разреза осадочного чехла привело к формированию минералов с различным изотопным составом серы. Эти различия усиливались еще тем, что восстановление сульфатов могло интенсифицироваться в пределах самих вулканических трубок, где на локальных участках приводилась в соприкосновение сульфатные растворы с битумным веществом. По своим последствиям в отношении перераспределения изотопов серы эта модель вполне аналогична условиям сульфатредукции в локальных очагах разгрузки типа соляных куполов. II. В состав кимберлитов при прорыве ими осадочной толщи были непосредственно вовлечены сульфатные и сульфидные минералы, сформировавшиеся в самих осадочных толщах. Таким образом, изотопный состав серы в минералах кимберлитов является унаследованным. Как бы то ни было, но объяснить наблюдаемый изотопный состав можно лишь захватом коровой серы; признаки ювенильной, подкоровой, серы, даже если она и участвует в процессе минерализации, совершенно теряются здесь. Во всяком случае о существенном участии ювенильной серы в формировании крупных, визуально различимых выделений сульфидных и сульфатных минералов кимберлитовых тел говорить не приходится. Такой вывод, неизбежно следующий из изотопных

Таблица 1

Изотопный состав серы в нижнепалеозойских отложениях Сибирской платформы

Характеристика образца	$\delta S^{34}$ , ‰	Характеристика образца	$\delta S^{34}$ , ‰
Сульфат из подземных рассольных вод отложений $Sm_1$ , район Усть-Кута, скв. № 2	+26,1	Пирит из аллювиальных отложений в среднем течении р. Оленек	+44,1
Сульфат из минерального источника ( $Sm_1$ ) на курорте Усть-Кут	+26,1	Барит из доломитов $Sm_1$ , бассейн р. Оленек	+41,0
Сульфат из скважины на территории Физиотерапевтического института в г. Иркутске ( $Sm_1$ )	+26,1	Целестин из доломитов $Sm_2$ , бассейн р. Силигир	+47,9
Сероводород из этой же скважины	-16,7	Конкреция пирита в карбонатных породах $Sm_{1-2}$ , бассейн р. Мархи	+5,0
Сульфат грунтовой воды, нижнее течение р. Чары, Южная Якутия*	+26,6	Гипс из доломитов $O_1$ , бассейн р. Маркоки	+27,0
Сульфат грунтовой воды, нижнее течение р. Олекмы*	+27,9	Самородная сера из карбонатов вблизи трубки «Мир»	+8,2
Самородная сера из доломитов $Sm_1$ , среднее течение р. Олекмы	+31,3	Сульфат из этого же образца	+30,3
	+39,7	Целестин из карбонатов $O_1$ , бассейн р. Ирелях, район трубки «Мир»	+48,8
		Барит из карбонатов $O_1$ , бассейн р. Ирелях	+34,6

\* Сульфатные грунтовые воды северного склона Алданского щита формируются за счет растворения гипсосодных отложений и дают, следовательно, усредненную характеристику изотопного состава серы гипсо-ангидритовой толщи. Образцы представлены Г. Климовым.

данных, находится в полном соответствии с минералого-геохимическими наблюдениями.

Рассмотренный материал характеризует низкотемпературную стадию минерализации. Поэтому интересно было изучить изотопный состав серы в ее высокотемпературных проявлениях, вероятно связанных с собственно магматическим процессом. К таким проявлениям прежде всего относится пентландит-халькопиритовая минерализация в ксенолитах эцлогитов из кимберлитов трубки «Обнаженная». Появление халькопирита и пентландита в них объясняется распадом высокотемпературного твердого раствора. Его образование и распад происходили при температурах соответственно 800 и 600° (5). Видимо, сходную природу имеет и пентландит из трубки «Комсомольская», описанный в (6). Другим вероятным проявлением высокотемпературной серы является рассеянная сера неизученной минеральной формы в основной массе кимберлитов (7). Содержание ее составляет обычно 0, n%. Как видно из приводимых ниже данных, общее обогащение серы тяжелым изотопом и здесь проявлено очень четко, что свидетельствует о безусловном участии коровой серы в высокотемпературном магматическом процессе:

Форма серы		$\delta S^{34}$ , ‰	S, %
Трубка «Обнаженная»	Пентландит и халькопирит	+22,1	0,6
	Рассеянная сера	+14,1	0,5
» «Русловая»	» »	+8,8	0,3
» «Слюдянка»	» »	+5,3	0,3
» «Муза»	» »	0,0	
» «Комсомольская»	Пентландит	+6,3	

Вместе с тем, степень утяжеления серы в высокотемпературных ее проявлениях существенно ниже, чем в низкотемпературных минералах. Это может служить косвенным указанием на возможно большую относительную роль ювенильной серы в формировании высокотемпературных минералов. Очень низкое содержание титана в кимберлите трубки «Муза» (7) позволяет предположить, что слагающий трубку материал наименее загрязнен

коровым веществом — по сравнению с другими кимберлитовыми телами Якутии. Приведенные данные об изотопном составе серы не противоречат такому предположению.

Институт геологии рудных месторождений,  
петрографии, минералогии и геохимии  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
24 III 1971

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Н. С. Бескровный, ДАН, 122, № 1 (1958). <sup>2</sup> Н. С. Бескровный, ДАН, 178, № 1 (1968). <sup>3</sup> И. П. Илупин, Сов. геол., № 3 (1962). <sup>4</sup> И. П. Илупин, Тр. Мин. музея АН СССР, в. 12 (1961). <sup>5</sup> Н. В. Соболев, В. А. Вахрушев, Зап. Всесоюзн. мин. общ., 96, в. 4 (1967). <sup>6</sup> А. Д. Харькив, И. П. Илупин, Геология и геофизика, № 4 (1968). <sup>7</sup> И. П. Илупин, Геохимия, № 9 (1970).