

УДК 552.55:551.73(574+575)

ГЕОХИМИЯ

А. Д. ПЕТРОВСКИЙ

**УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ КРЕМНИСТЫХ ТОЛЩ
ПАЛЕОЗОЯ КАЗАХСТАНА И СРЕДНЕЙ АЗИИ ПО ДАННЫМ
МНОГОКРАТНОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ
РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 28 IV 1969)

Кремнистые породы являются одной из наименее изученных групп осадочных горных пород. Литолого-фациальный анализ кремнистых отложений до настоящего времени, по существу, еще отсутствует. Все заключения о фациях кремненакопления делаются не на основании состава и облика самих силицитов, а по различным косвенным данным, главным образом по ассоциациям с другими типами осадков.

В литературе по кремнистым породам по-прежнему дискутируются вопросы об источнике кремнезема в силицитах и о способах поступления его в бассейн осадконакопления. Одни исследователи (А. Д. Архангельский, Н. М. Страхов, В. П. Казаринов и др.) основную роль в поставлении кремнезема в морские бассейны отводят экзогенным процессам, т. е. продуктам размыва суши преимущественно во времена гумидных эпох. Другие же (Н. С. Шатский, Г. С. Дзоценидзе, И. В. Хворова и др.) полагают, что кремнезем силицитов поступает в бассейны осадконакопления при подводных вулканических процессах, на их разных стадиях — во время самих извержений, в поствулканическую стадию и в результате гальмиролиза.

Следует отметить, что все эти вопросы имеют не только теоретическое, но и большое практическое значение, поскольку с морскими кремнистыми толщами связан ряд ценных полезных ископаемых, таких, например, как марганец, железо и фосфориты. Поиски же и разведка этих ископаемых руд будут существенно различаться в зависимости от того, с чисто ли осадочными или же с вулканогенно-осадочными процессами связано накопление кремнезема и сопутствующих ему полезных компонентов.

В связи с изложенным для решения вопросов об источнике кремнезема в кремнистых толщах и о фациях морского кремненакопления мы попытались применить новую методику многократной статистической корреляции рассеянных химических элементов. Эта методика предложена и разработана Ю. К. Бурковым (1). Она основана на математической (при помощи ЭВМ) обработке данных полуколичественных спектральных анализов, отобранных сериями по разрезам кремнистых толщ (не менее 30 анализов в каждой серии).

В связи с тем, что в рассматриваемой методике мы имеем дело с не совсем точными, полуколичественными спектральными определениями, приходится использовать некоторые приемы статистических оценок (2).

В результате расчетов на ЭВМ определяется степень согласованности колебаний в содержаниях рассеянных элементов, присутствующих в различных спектральных пробах каждой серии образцов кремнистых пород. Статистическая мера, оценивающая степень согласованности колебаний содержания химических элементов в разных пробах, будет определяться двумя факторами: химическими особенностями самих элементов и условиями их транспортировки и отложения (2). Согласованность колебания содержа-

ний рассеянных элементов будет тем выше, чем более сходными в данных конкретных условиях будут их миграционные свойства. При этом в различных условиях будут образовываться соответствующие определенные ассоциации элементов, обладающих сходными вариационными содержаниями. В условиях гумидных зон, когда химические особенности элементов проявляются наиболее ярко, образуется несколько различных их групп, объединенных одинаковыми формами миграции, т. е. миграционными свойствами. Во времена же аридных эпох, когда все элементы переносятся практически только в форме взвесей, т. е. обладают, по существу, одинаковой миграционной способностью, они будут объединяться в группы по принципу эндогенного родства, образуя «кислые» и «основные» ассоциации, соответствующие кислым или основным породам размываемой суши. Подобная же картина будет наблюдаться и при вулканогенно-осадочном процессе, когда поступающие во время извержения в морские бассейны элементы сохраняют в осадке характерные эндогенные ассоциации.

Помимо групп элементов, рассматриваемая методика Ю. К. Буркова позволяет устанавливать относительное расположение их между собой по степени корреляционных взаимоотношений (т. е. по степени согласованности их поведения в соответствующих условиях). При экзогенных процессах относительное расположение элементов (в данном случае — ряды подвижности) будет полностью определяться их миграционными свойствами, а следовательно, и условиями переноса и отложения материала осадка. При эндогенных же процессах определяющая роль будет принадлежать соотношениям элементов в поступающих в бассейн продуктах вулканизма.

Примеров кремненакопления в условиях аридных зон не известно. Образование же кремнистых илов в эпохи гумидного климата, а также при вулканогенно-осадочном типе седиментогенеза, неоднократно описывались в литературе, хотя в каждом конкретном случае заключения об эндогенном или экзогенном источнике кремнезема силицитов делались обычно лишь на основании присутствия и степени удаленности очагов синхронного с кремненакоплением вулканизма.

Корреляционный анализ по методу Ю. К. Буркова позволил более объективно судить об источнике кремнезема в кремнистых породах, исходя из соответствующих, полученных в результате математических расчетов ассоциаций элементов и их взаимного расположения.

Методика многократной статистической корреляции содержаний рассеянных элементов применялась нами для изучения условий образования кремнистых пород некоторых палеозойских разрезов Центрального Казахстана и Средней Азии. В отобранных спектральных пробах полуколичественным способом (с применением приблизительных количественных оценок *) были определены содержания титана, ванадия, алюминия, галлия, хрома, меди, никеля, марганца, железа, кобальта, циркония, свинца, фосфора, бария и стронция. Несмотря на то что алюминий и железо не относятся к группе рассеянных элементов, они учитывались нами в корреляционных соотношениях, так как встречаются в силицитах в очень незначительных количествах.

Математическая обработка результатов спектральных определений для проб по изученным разрезам позволила установить следующие ряды и ассоциации элементов:

I. Разрез в горах Ортатау (D_1 , Средняя Азия, район г. Ош): Ti, Zr, V, Ga \rightarrow Al, Cr, Co, Ni \rightarrow Ba \rightarrow Sr \rightarrow Cu, Pb \rightarrow Mn.

II. Разрез в урочище Ходжи-Гаир (D_{1-2} , Южная Киргизия, северные отроги Алайского хребта): Al, Ti \rightarrow Zr, Ba \rightarrow Ga, Fe \rightarrow Cu \rightarrow Cr, Ni \rightarrow Co, Mn.

* В спектральных определениях приводились не пределы содержаний (например, 0,01—0,03), как это обычно делается при полуколичественном способе, а все содержания (0,01; 0,02 или 0,03).

III. Разрез по р. Арг (D_2 , Зеравшано-Гиссарская горная область, район оз. Искандеркуль): Ti, Zr → V, Fe → Ga, Al, Ba → Co, Ni, Mn → P.

IV. Разрез в горах Еременьтау ($Сm_3 - O_1$, Центральный Казахстан): Al, Ga → Ti → Cu, Fe, Ni → Mn → V(?) → Zr, Sr → Ba.

V. Разрез в горах Агырек ($Сm_1^2 - Сm_2^1$, Центральный Казахстан): Ti, Al, Ga → Zr, Sr → V → Cu, Ni, Fe, Mn → Ba.

VI. Разрез в районе пикета 48-й км по трассе Агадырь — Акчатау (S, Центральный Казахстан): Ni, Cu → Fe, Mn → Ti → Al, Ga, V, Cr, Sr → Zr → Pb, Ba.

Анализ приведенных рядов и ассоциаций элементов позволяет установить следующее.

1. Кремнезем силицитов всех приведенных разрезов Средней Азии поступал в бассейн осадконакопления с размываемой суши в условиях гумидного климата. Об этом свидетельствует достаточно четко выраженная дифференциация элементов по их миграционным свойствам. Требуется лишь своего объяснения несколько повышенная подвижность алюминия в разрезе гор Ортатау и бериллия в разрезе по р. Арг. Во втором случае, возможно, сказывается присутствие органического вещества, повышающего миграционную способность некоторых элементов.

2. На фоне миграционной дифференциации в разрезах р. Арг и в урочище Ходжи-Гаир наблюдаются и эндогенные ассоциации элементов, соответственно Co, Ni, Mn и Cr, Ni → Co, Mn. Последнее обстоятельство без учета фактического материала по разрезу можно трактовать двояким образом. Либо подобные ассоциации связаны с эндогенным привнесом части кремнезема, либо область питающей провинции находилась рядом с бассейном и была сложена основными породами.

Что касается разреза в урочище Ходжи-Гаир, то здесь кремнистые породы представлены преимущественно яшмами, залегающими на вулканогенных толщах основного состава, которые, очевидно, и оказывали соответствующее влияние на осадконакопление силицитов. В разрезе по р. Арг такой связи с вулканитами не обнаруживается. По-видимому, присутствующие здесь эндогенные ассоциации элементов обусловлены химическим выветриванием «основных» пород береговой суши в условиях гумидного климата.

3. Если в приведенных разрезах Средней Азии ряды и ассоциации элементов являются отражением экзогенной дифференциации последних, то в разрезах Центрального Казахстана наблюдается совершенно иная картина. Элементы в рядах, построенных для этих разрезов, расположены не по их миграционным особенностям, а по эндогенным группам. Прежде всего обращает на себя внимание положение легкоподвижного марганца в левой или в средней части рядов. В то же время, цирконий, обладающий низкой миграционной способностью, попадает преимущественно в правые, самые подвижные части рядов. Очень характерна ассоциация «кислых» элементов — циркония и стронция, которые в условиях гумидного климата обладают совершенно различными миграционными свойствами и должны располагаться на противоположных концах ряда. То же можно сказать и об «основных» ассоциациях элементов — железа, никеля, марганца и меди. Все это свидетельствует о том, что закономерности распределения элементов в рядах, полученных для казахстанских разрезов, определяется их эндогенными соотношениями. Следовательно, материал для накопления кремнистых осадков в этих разрезах поступал при подводных вулканических процессах. Такой вывод подтверждается и тесной связью силицитов рассматриваемых толщ с подстилающими или же переслаивающимися с ними вулканогенными образованиями.

4. Для среднеазиатских разрезов, силициты которых образовались преимущественно за счет кремнезема экзогенного происхождения, можно с некоторым приближением судить о сравнительной солености среды осадконакопления, а следовательно, и об относительной удаленности от берего-

вой линии. Такие выводы, согласно Ю. К. Буркову, удобно делать, наблюдая поведение бария. Этот элемент, легкоподвижный в условиях пресной среды, плохо растворим в присутствии сульфат-иона. Поэтому, чем выше соленость среды, тем скорее он выпадает в осадок. В связи с такой закономерностью в прибрежных районах, где морские воды постоянно опресняются, барий сохраняет относительную подвижность и в этом случае ассоциирует в рядах с легкоподвижными элементами. По мере возрастания солености среды осадконакопления (по мере удаления в более мористые районы) барий будет входить в группы элементов с все более низкой степенью миграционной способности. Так, в разобранных нами примерах барий располагается в правой, сложенной подвижными элементами части ряда в разрезе гор Ортатау и последовательно смещается влево в рядах, построенных для разрезов по р. Арг и в урочище Ходжи-Гаир. Следовательно, накопление кремнистых илов гор Ортатау происходило в прибрежных частях бассейна, а силициты разрезов р. Арг и урочища Ходжи-Гаир формировались в более удаленных от суши районах, по-видимому, в условиях нормальной солености.

Фактический материал по разрезам не противоречит сделанным выводам. Силициты в разрезе гор Ортатау образуют маломощные радиоляриевые прослои в толще криноидных и коралловых известняков, разрез по р. Арг сложен темно-серыми и черными кремнистыми и кремнисто-глинистыми сланцами с мелкими линзами тонкослоистых, по-видимому, хемогенных известняков, а разрез в урочище Ходжи-Гаир представлен толщей разноокрашенных силицитов, которая подстилается вулканогенными образованиями.

5. Подобных же выводов о фациях кремненакопления для казахстанских разрезов сделать нельзя, поскольку кремнезем силицитов здесь не экзогенного, а эндогенного происхождения, и положение его в рядах обусловлено иными причинами.

Всесоюзный научно-исследовательский
геологический институт
Ленинград

Поступило
10 IV 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. И. Боровиков, Ю. К. Бурков, Докл. сов. геологов на XXIII сессии Международн. геол. конгр., Генезис и классификация осадочных пород, «Наука», 1968.
² Н. М. Страх ов, Основы теории литогенеза, 2, Изд. АН СССР, 1960. ³ И. П. Ша-
ра по в, Применение математической статистики в геологии (стат. анализ геол. дан-
ных), М., 1965.