

УДК 550.4 : 551.71 : 551.31 + 552.14

ГЕОЛОГИЯ

Академик А. В. СИДОРЕНКО, В. А. ТЕНЯКОВ, О. М. РОЗЕН,
Ю. А. БОРЩЕВСКИЙ, Св. А. СИДОРЕНКО

К ГЕОХИМИИ ГИПЕРГЕНЕЗА В РАННЕМ ДОКЕМБРИИ

Решение многих теоретических и практических проблем современной геологии связано с правильным пониманием всей доступной сегодня геологической истории Земли, начиная с нижнего архея, а не только последних ее 500 млн лет, охватываемых фанерозоем. Мы подчеркиваем — доступной, потому что все известные к настоящему времени геологические, геохимические, геофизические и геохронологические данные не позволяют видеть — даже в наидревнейших образованиях земной коры (наблюдаемых в обнажениях и буровых скважинах) — самых первых ее геологических слоев или «точку отсчета» эволюции седиментогенеза в истории Земли.

Особую роль в познании дометаморфической истории развития докембрия сыграло применение литологических методов исследований метаморфических комплексов ⁽¹⁾. Подсчеты распространения типов пород в докембрии показали, что соотношение между первично-осадочными и интрузивными комплексами было такое же, как и в фанерозое, т. е. парапороды, а не интрузивные массивы в целом составляют основу щитов и докембрийских платформ ⁽²⁾.

Ныне идея «исключительности» геологических и геохимических процессов в докембрии пришла в противоречие с тем огромным фактическим материалом, который накоплен по осадочной геологии докембрия и свидетельствует о принципиальном единстве геологических образований архея, протерозоя и фанерозоя. Это позволило по-новому взглянуть на ранние этапы геологического развития нашей планеты и привело к выводу о том, что эволюция земной коры на протяжении всей геологической истории была в принципе единой, без деления на докембрий и фанерозой ⁽³⁾. Исходя из этого, можно полагать, что определяющие факторы геохимии гипергенеза в раннем докембрии были в основном те же, что и в более поздние эпохи.

В раннем докембрии, так же как и в последующие периоды, отлагались все основные типы осадочных и осадочно-вулканогенных горных пород *. Несомненно широкое развитие в докембрии пород, образованных процессами механогенеза. В зависимости от исходного состава обломков и степени метаморфизма кластогенные породы были превращены в разного рода метаконгломераты, метагравелиты, кварциты, метапесчаники, гнейсы, гранулиты кислого состава, гранитогнейсы и другие типы пород. В них даже при сильном метаморфизме нередко сохраняются первичные осадочные текстуры и структуры, реликтовые терригенные минералы (циркон и др.), позволяющие восстанавливать фациальные и палеогеографические условия их отложения. В отложениях раннего докембрия также достаточно широко развиты продукты химического выветривания. Известны различные кристаллические сланцы, отвечающие обычным глинистым породам. Существенное значение имеют высокоглиноземистые сланцы. Нередко встре-

* Здесь нет необходимости приводить подробную библиографию по затронутым вопросам. Необходимые сведения об основных типах пород, достоверно датированных в 2,6 млрд лет и более, по странам и континентам достаточно известны из исследований ^(4-7, 10) и др.).

чаются горизонты, обогащенные корундом, — метаморфизованные бокситы. Все это с несомненностью свидетельствует о том, что в архее шла весьма глубокая химическая дифференциация продуктов выветривания с образованием высокоглиноземистых скоплений и высвобождением кварца, дающего мощные толщи кластогенных кварцитов. Это же подтверждается и широким развитием в архее автохтонных кор выветривания в разной степени метаморфизованных.

Широко известны раннедокембрийские карбонатные накопления, превращенные последующими процессами метаморфизма в кальцитовые и доломитовые мраморы и кальцифиры, а также различные жадеитовые, диопсидовые и другие породы. Не менее широко было развито отложение различных карбонатных глин, глинисто-карбонатных и тому подобных пород, часто с повышенным содержанием железа. Разнообразные плагиоклазовые гнейсы, а также параамфиболиты и другие сланцы основного состава, обычно интерпретируемые как продукты метаморфизма соответствующего состава лав или интрузий, могли быть также продуктами метаморфизма карбонатных глин⁽⁸⁾. Пересчеты теоретических химических составов, а также эксперименты показывают, что при метаморфизме глинистые и мергелисто-карбонатные породы могут давать бескарбонатные существенно плагиоклазовые гнейсы. Вероятно также, что часть параамфиболитов и кристаллических сланцев основного состава первоначально представляла собой обогащенные гидроокислами железа красноцветные карбонатно-глинистые отложения, характерные для аридных областей⁽⁹⁾.

Известно широкое распространение в архее различных железистых накоплений хемогенного или вулканогенно-хемогенного происхождения, превращенных в разнообразные железистые кварциты, сидериты и тому подобные образования, сохраняющие первичные осадочные признаки (оолитовые, натечно-колломорфные структуры, тонкая ритмичная слоистость и т. п.).

Накопление в архее таких остаточных продуктов выветривания, как гидроокислы алюминия, кварц, дает основание предполагать, что высвобождающиеся при выветривании исходных пород легко подвижные соединения натрия, калия, кальция, бора и других солей могут также накапливаться при соответствующих условиях. Это подтверждается как прямыми, так и косвенными признаками развития соленосных отложений в архее. Известно захоронение гипса в метаморфизованных соленосных отложениях. Отмечались отпечатки кристаллов каменной соли в метаморфизованных породах⁽¹⁰⁾. Турмалиновые, людвигитовые и скаполитовые сланцы и им подобные породы рассматриваются теперь в ряде случаев как результат метаморфизма морских соленосных толщ, обогащенных бором. О наличии соленосных отложений в архее свидетельствует широкое развитие явлений щелочного метасоматоза и, возможно, образование ряда щелочных пород.

В нижнем архее известно значительное обогащение осадочно-метаморфических горных пород метаморфизованными остатками живого вещества в виде или тонкораспыленного графитоподобного материала, или в виде самостоятельных накоплений, причем содержание элементарного углерода в осадочно-метаморфических породах докембрия в целом сопоставимо с содержанием $C_{орг}$ в толщах постдокембрия⁽¹¹⁾.

Проведенное в последнее время широкое и одновременно детальное исследование в докембрийских осадочно-метаморфических породах тонкодисперсного углеродистого вещества, изотопии его углерода, а также битуминологическое изучение углеводородов, обнаружение в них биохимическими методами аминокислот, сахаров и т. д.⁽¹²⁾ — в совокупности с широко известными сегодня фактами установления следов живых организмов в метаморфизованных заведомо осадочных отложениях дают все основания считать, что живое вещество и продукты его жизнедеятельности, отмирания и преобразования участвовали в гипергенных процессах начиная по крайней мере с 3,5—3,2 млрд лет назад^(13, 14). Все больше накапливается дан-

ных о сохранении индивидуализированных органических остатков и следов их жизнедеятельности и об отложении в докембрии пород органогенного происхождения.

Рассмотренные выше типы пород достаточно широко представлены как в фанерозе, так и в древнейших первично-осадочных комплексах щитов и, по существу, распространены в пределах всех континентов и всех выходов раннего докембрия.

Разумируя все сказанное, мы приходим к следующему выводу: если основные типы осадков раннего докембрия принципиально не отличаются от подобных образований более поздних периодов, то и условия их образования были принципиально близкими, следовательно и геохимические условия раннедокембрийского гипергенеза были принципиально близки с геохимическими условиями гипергенеза в фанерозе. Следует также полагать, что основные типы водоемов, солевой состав морских и пресных вод и их щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия находились примерно в тех же пределах, в каких они колебались в различного типа водоемах в более поздние эпохи.

Вопрос о составе атмосферы Земли в раннем докембрии наиболее сложный. Приведенные данные свидетельствуют о процессах окисления, а доказанное в последние годы фракционирование изотопов серы начиная с 2,9—2,6 млрд лет (¹⁵, ¹⁶), наряду с установленными проявлениями живого вещества, показывает, что уже на рубеже примерно 3,0 млрд лет в атмосфере Земли присутствовал свободный кислород и все реакции в зоне гипергенеза шли при его активном участии.

Заслуживает внимания вопрос о режиме углекислоты в докембрийской атмосфере. Расчеты ее количества, выделяемой при метаморфизме*, показывают, что изменение содержания углекислоты в атмосфере Земли, обусловленное как дегазацией или своего рода углекислым «дыханием» погретых глинисто-карбонатных отложений во время эпох метаморфизма, так и последующим извлечением и захоронением CO₂ в карбонатных осадках могло быть одной из существенных причин периодизации гипергенеза и седиментогенеза в докембрии.

Формационно-фациальный анализ основных типов древнейших осадочно-метаморфических пород и сравнение их с более молодыми постдокембрийскими аналогами позволяет в первом приближении говорить о существовании климатической дифференциации процессов гипергенеза на Земле уже с раннедокембрийского времени. На основании реставрации палеогеографических условий седиментации изначального минерального и химического состава первичных осадков, парагенезиса их с другими типами осадочных пород реликтовых структур и текстур можно более или менее уверенно выделять формации и фаии «обычных» и жарких гумидных, аридных и, возможно, ледовых типов литогенеза уже с раннего докембрия.

Таким образом, весь комплекс геологических и геохимических данных указывает на существование принципиально сходных геохимических факторов гипергенеза на всем протяжении обозримой сегодня геологической истории Земли. Главнейшими из этих факторов являются вода, живое вещество и продукты его жизнедеятельности, отмирания и преобразования, газовый состав, и прежде всего свободный кислород атмосферы, и химизм поверхностных вод.

Этот вывод ни в коем случае не должен быть понят как утверждение отсутствия эволюции геохимических процессов гипергенеза в истории Земли. Естественно, что они закономерно изменялись, равно как изменялись и другие геологические параметры, но в основных, принципиальных чертах они были сходными на всем известном нам сейчас отрезке геологической истории Земли. Опираясь на принцип единого геологического развития Земли, мы считаем, что эволюцию осадконакопления в земной коре нужно

* Статья авторов по этому вопросу будет опубликована в другом месте.

рассматривать не с кембрия, и даже не с протерозоя, а с древнейших доступных изучению метаморфизованных осадков нижнего архея.

Поступило
13 VIII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. В. Сидоренко, О. И. Лунева, К вопросу о литологическом изучении метаморфических толщ, М.—Л., 1961. ² А. В. Сидоренко, Сов. геол., № 4 (1963). ³ А. В. Сидоренко, ДАН, 186, № 1 (1969). ⁴ Ю. К. Дзевановский, Н. Г. Судовиков, Докембрий Алданского щита и хр. Станового, XXI сессия Международн. геол. конгр., докл. сов. геол. пробл. 9, 1960. ⁵ А. Холмс, Л. Кэп, В кн. Радиологические методы определения абсолютного геологического времени, М., 1959. ⁶ М. С. Кришнан, Тр. XXI сессии Международн. геол. конгр., в. 1, ИЛ, 1963. ⁷ С. Г. Хоутон, Африка южнее Сахары, М., 1966. ⁸ А. В. Сидоренко, О. М. Розен и др., ДАН, 189, № 6 (1969). ⁹ А. В. Сидоренко, В. А. Теняков и др., ДАН, 182, № 4 (1968). ¹⁰ М. Е. Уилсон, В кн. Докембрий Канады, Гренландии, Британских островов и Шпицбергена, М., 1968. ¹¹ А. В. Сидоренко, Св. А. Сидоренко, ДАН, 183, № 1 (1968). ¹² А. В. Сидоренко, ДАН, 192, № 1 (1970). ¹³ J. W. Shopf, E. S. Barghoorn, Science, 156, № 3774 (1967). ¹⁴ W. M. Scott et al., Nature, 225, № 5238 (1970). ¹⁵ В. И. Виноградов и др., ДАН, 188, № 5 (1969). ¹⁶ Ф. В. Чухров и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 9 (1969).