

А. Г. Бабаев

Парагенные ряды и генерации аутигенных минералов и их значение в познании условий образования осадочных пород

Постановка вопроса

Любое геологическое исследование в областях широкого распространения осадочных формаций в конечном счете должно раскрыть основные закономерности условий их образования. Без знания условий образования данной осадочной формации невозможно восстановить историю геологического развития области исследования, нельзя установить пути локализации связанных с этой формацией полезных ископаемых осадочного генезиса и, тем более, выяснить закономерности их пространственного размещения.

Очевидно, что для успешного разрешения этих вопросов важно выяснить значение не только ряда региональных геологических факторов, но в той же степени важно знать и главнейшие детали вещественного состава исследуемой формации. И хотя это положение отнюдь не является новым, тем не менее, приходится признать, что все еще далеко не всегда в работах литологов имеет место необходимая увязка данных по вещественному составу с теми палеогеографическими, структурно-тектоническими, климатическими и историко-геологическими условиями, которые контролировали формирование данной осадочной формации.

Суждения об условиях формирования осадочных пород обычно базируются на материалах исследования вещественного состава и структуры, на палеонтологических, фациальных и палеогеографических данных. Наличие в осадочных породах остатков древних животных организмов в подавляющем большинстве случаев обеспечивает бесспорное решение вопроса о генезисе этой толщи. Однако отсутствие в той или иной осадочной породе фауны совсем еще не означает, что эта порода имеет определенно континентальный генезис. Между тем, «немые», в смысле наличия фауны, осадочные толщи весьма распространены и как раз при расшифровке их генезиса очень часто возникают споры, а нередко допускаются и ошибки.

Немало исследователей полагает, что если та или иная осадочная порода лишена фауны, то тем самым автоматически возникает сомнение в возможности формирования этой породы в условиях мор-

ского водоема. С такой постановкой вопроса нельзя согласиться. Не следует упускать из вида, что условия сохранения раковин известкового состава (а подавляющее большинство обитателей морских водоемов строят себе раковины как раз известкового состава) в значительной мере зависят от физико-химических условий среды осадконакопления и от всех последующих химических превращений, испытанных данной осадочной породой (диагенез, гипергенез).

При известной насыщенности морских вод карбонатными солями сама садка карбонатов едва ли не в главной степени контролируется парциальным давлением CO_2 . Химическая садка CaCO_3 и $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ форсируется при удалении из раствора избытка CO_2 растительным и животным миром (Страхов—1951 и др., Теодорович—1950). Напротив, возрастание парциального давления CO_2 приводит к растворению уже выпавших в осадок карбонатных солей, т. е. к обеднению осадка этими соединениями. Поэтому, если осадок, содержащий раковины известкового состава, окажется в условиях такой среды, для которой показательно господствующее значение в газовой атмосфере CO_2 , то повышение парциального давления углекислоты приведет к растворению этих раковин и к переводу CaCO_3 из твердой фазы в жидкую, следовательно, произойдет диссоциация CaCO_3 на CaO и CO_2 .

Таким образом, если данная порода не включает в себе раковин морских организмов, то это совсем еще не означает, что она обязательно представляет собою континентальное образование. Другое дело, что доказать ее морской генезис гораздо сложнее, чем в случае, когда мы имеем дело с породой, заключающей в себе раковины морской фауны. Но тем более важно углубленное исследование вещественного состава таких пород, поскольку вся история ее формирования, также как и вся история испытанных этой породой гипергенных преобразований исходных компонентов заключена в самом веществе этой горной породы.

Исследователи осадочных толщ как в Советском Союзе, так и за рубежом уже давно обратили внимание на важность изучения минеральных новообразований (аутигенных минералов). Эта ветвь литологии в последние годы пополнилась крупными исследованиями, обосновывавшими возможность раскрытия главнейших особенностей среды осадконакопления путем использования данных по детальному изучению аутигенных минералов осадочных толщ. К сожалению, эта несомненно правильная установка все еще не получила широкого распространения в трудах исследователей осадочных толщ.

Достаточно ознакомиться с опубликованными в последние годы монографиями по вопросам литологии, чтобы убедиться, что подавляющее большинство из них сосредоточивают свое внимание либо на терригенной части породы и ее структуре, либо на аутигенной части, но в последнем случае исследователи оперируют данными не минералогического, а химического аспекта.

Обе эти стороны исследования, вместе с тем, не в состоянии выяснить как специфические геохимические особенности среды осадконакопления, так, в особенности, всю историю последующих химических превращений исходного вещества, поскольку химизм пород обычно изучается в валовых выражениях, а минералогическому исследованию подвергается навеска породы, испытавшая предварительно кислотную обработку, вследствие чего значительная часть аутигенных минералов данной породы переводится в раствор.

В некоторой мере этот недостаток может быть устранен путем соответствующего пересчета данных химического анализа на минералогический состав и параллельным исследованием шлифов, но в полной мере он может быть преодолен лишь при углубленном микроскопическом изучении объекта при условии сохранения всех его аутигенных компонентов. Только в этом случае может быть обеспечено познание не только всего разнообразия аутигенных компонентов, но также и их структурных и текстурных соотношений, что особенно важно для выяснения последовательности их образования.

Не следует упускать из вида, что подобно тому, как при постмагматических процессах в результате их пульсирующего проявления возникает несколько генераций одного и того же минерала или же несколько ассоциаций различных минералов, так и в осадочных породах, поскольку их история весьма продолжительна и сложна, может возникнуть и фактически возникает либо несколько генераций одного и того же аутигенного минерала, либо несколько их ассоциаций.

Следует подчеркнуть, что исследованиями последних лет значительно расширен список аутигенных минералов осадочных пород. Так, например, аутигенные турмалины зафиксированы в Бредфордском песчанике (Р. Krylin—1946), в третичных нефтеносных отложениях Тринидада (Stow—1932), в брекчии соляных куполов Украины (Питковская—1946), в меловых отложениях юго-восточной части Средней Азии (Бабаев—1954) и, по-видимому, в ряде других районов.

Н. В. Ренгартен (1955) описаны новообразования титановых минералов в континентальных угленосных отложениях, а Л. В. Пустоваловым (1937)—новообразования хромовых и фтористых минералов (волконскит, ратовкит) соответственно в пермских и каменноугольных отложениях Поволжья. Автором в пестроцветных меловых отложениях Кызыл-Кумов встречены аутигенные новообразования рутила (фиг. 1). Имеются определенные указания об аутигенном генезисе некоторых проявлений флюорита (Саркисян—1949, Ф. П. Флоренский—1941 и др.) Совсем недавно А. Г. Коссовской и В. Д. Шутовым описаны аутигенные проявления энидота и цоизита в мезозойских и верхнепалеозойских отложениях Верхоянья, а Baskin рассмотрел пути формирования аутигенного полевого шпата.

Этот далеко не полный перечень свидетельствует о большом многообразии состава и форм проявления аутигенных минералов в осадочных породах.

К сожалению, этому до сих пор уделялось незаслуженно мало внимания. Между тем, важность разграничения тех аутигенных минералов, которые возникли в период формирования осадка от всех остальных аутигенных минералов, образованных в последующие этапы истории этой породы, очевидна.

При исследовании аутигенных минералов все еще мало уделяется внимания тому положению, что они являются результатом длитель-

ных и сложных физико-химических и биохимических превращений исходного вещества. Эти превращения начинаются с момента накопления осадка и продолжаются в течение всей истории существования данной осадочной горной породы. При этом достаточно часто порода, формировавшаяся в одних термодинамических и геохимических условиях, в последующем оказывается в существенно иных. Это не может не вызвать и фактически вызывает или существенную перестройку уже имеющихся в породе аутигенных минералов, или же добавления к числу уже существовавших каких-то новых аутигенных минералов, свойственных новым термодинамическим и геохимическим условиям бытия осадка или горной породы.

Следовательно, и в осадочных горных породах могут существовать две и более генерации аутигенных минералов. При этом, в одних случаях более поздняя генерация возникает за счет частичного или полного преобразования первичной (сингенетичной) ге-

нерации аутигенных минералов, а в других вне всякой зависимости от них.

Аутигенные минералы в осадочных породах представлены либо в индивидах того или иного строения, либо в виде цементирующей массы. Цементация, приводящая к уплотнению осадка, является следствием обогащения осадка аутигенными минеральными образованиями, заимствованными либо грунтовыми растворами из обломочных частиц самого осадка, либо привнесенными в данный участок зоны седиментации извне (с суши). В обоих этих случаях фиксации в осадок аутигенных минералов предшествует химическая перегруппировка исходных компонентов. Waldschmidt (1941), изучивший цементирующие минералы, выделил нижеследующие типы цемента:

- 1) одноминеральный цемент-кварц,
- 2) двухминеральный цемент-кварц, кальцит,



Фиг. 1.

- 3) трехминеральный цемент $\begin{cases} \text{а) — кварц, доломит, ангидрит} \\ \text{б) — кварц, доломит, кальцит,} \end{cases}$

4) четырехминеральный цемент — кварц, доломит, кальцит, ангидрит.

В процессе своих исследований нам приходилось встречать также и еще некоторые другие типы цемента. Так, например, мы изучали двухминеральный цемент пирит-кальцитового и барит-глауконитового составов, трехминеральный цемент кальцит-пирит-глауконитового состава, четырехминеральный цемент кальцит-пирит-глауконит-баритового, кальцит-пирит-глауконит-гипсового и кальцит-гидрогетит-глауконит-гипсового составов и, наконец, пятиминеральный цемент кальцит-гидрослюда-гидрогетит-ангидрит (или гипс) — баритового состава.

Очевидно, что сосредоточение в цементах изученных нами пород таких далеко неодинаковых по геохимическим условиям своего образования минералов, как пирит и барит, или же глауконит и барит, или же кварц и кальцит, или же, наконец, пирит и гипс, свидетельствует прежде всего о неодновременности их образования. Очевидно также, что для получения правильных суждений относительно условий образования осадочной породы, которая имеет в своем составе подобное сочетание аутигенных минералов, необходимо прежде всего отделить аутигенные минералы первой генерации (сингенетичные) от всех последующих минеральных новообразований.

Наиболее достоверным критерием для определения первичного аутигенного минерала, несомненно, является степень совершенности его кристаллографической огранки и, в известной мере, размеры кристалла. Первичные аутигенные минералы, которые мы в последующем будем называть первичной генерацией аутигенных минералов, должны иметь хорошо образованные индивиды, тогда как более поздние генерации аутигенных минералов, поскольку они размещаются либо в оставшихся свободных пространствах, либо замещают ранее существовавшие минералы, имеют менее совершенные формы.

При исследовании аутигенных минералов нельзя не обратить внимания на одну деталь. Дело в том, что аутигенные минералы могут отличаться друг от друга не только по своему составу и структуре, но и по физико-химическим условиям своего образования. Так, например, кальцит может возникать как путем непосредственной кристаллизации из растворов (Страхов — 1951₁, 1951₂, 1954), так и в процессе редоломитизации первичных доломитов (Татарский — 1949). Точно также и гипс в одних случаях образуется за счет кристаллизации из раствора, а в других путем гидратации первичного ангидрита. Сказанное относится и к лимониту, который может возникать как путем кристаллизации из водных растворов, так и за счет разложения и окисления первичного пирита.

Подобные примеры можно было бы продолжить, однако и приведенных достаточно как для суждения об источниках вещества аути-

генных минералов, так и для подтверждения ранее отмеченного положения о реальной возможности сосредоточения в одной и той же горной породе таких минеральных новообразований, которые возникают далеко не при одинаковых геохимических условиях. Последнее положение очень важно в том отношении, что обязывает разграничивать аутигенные минералы относительно друг друга по времени их образования, то есть выделять их генерации. Без этого трудно рассчитывать на правильное решение вопроса об условиях образования данной осадочной породы.

Осадочные породы обычно слагают толщи гетерогенного состава, что в значительной мере находится в зависимости от ритма, масштаба и темпа колебательных движений. Поэтому очень часто смежные, даже парагенно связанные слои представлены осадками различной структуры и заключают в себе неодинаковый комплекс аутигенных минералов. Кроме того, даже в пределах одного и того же слоя очень часто в тех или иных соотношениях развито несколько аутигенных минералов.

Мы полагаем, что представления Брейтгаупта, В. М. Севергина, Д. С. Коржинского, А. Г. Бетехтина и других исследователей о важности изучения парагенезов гипогенных минералов с успехом могут быть использованы и в минералогии осадочных пород.

Парагенными рядами (парагенезами) аутигенных минералов мы предлагаем называть ассоциации аутигенных минералов, возникшие одновременно при определенных и достаточно узко ограниченных термодинамических (глубина, давление, температура) и геохимических (степень насыщенности воды солями, газовая атмосфера и реакция среды и т. п.) условиях, контролирующих формирование осадка. Несколько нам удалось выяснить, лишь в работе Pettijohn (1949) имеется указание о парагенезисе или, как он далее указывает, о закономерностях кристаллизации из водных растворов можно судить по условиям роста (степени совершенности кристаллографической грани) кристалла. Однако Pettijohn не дает определения парагенезиса и этот термин приводит лишь как синоним понятия „закономерность кристаллизации“.

Более определенные указания по этому поводу мы встречаем в работе Н. И. Логвиненко, который в своих исследованиях каменноугольных отложений Донецкого бассейна также рассматривал парагенные ряды аутигенных минералов. Совсем недавно и Е. П. Ермолова (1956), рассматривая аутигенные минералы олигоускамилуска Грузии объединила их в ряды, вскрывающие последовательность их образования.

Предлагая тесно связанные друг с другом понятия о парагенезах или парагенных рядах аутигенных минералов и их генерациях, мы исходим из вполне очевидной важности отделения первичных аутигенных минералов от всех последующих минеральных новообразований. Это положение еще в 1933 г. было подчеркнуто Л. В. Пустова-

ловым, но, к сожалению, оно не получило развернутого обсуждения в литературе. Сравнительно подробно мы рассмотрели этот вопрос в нашей неопубликованной работе 1953 г.

Аутигенные минералы следует рассматривать в качестве хотя и не единственного, но, вместе с тем, одного из наиболее достоверных индикаторов физико-химических и биохимических условий среды, в которой возникает та или иная осадочная порода. Поэтому без наличия вполне определенных данных как о составе аутигенных минералов осадочной породы, так и о их взаимоотношениях невозможно дать развернутое описание условий образования данной осадочной породы.

Разграничение аутигенных минералов осадочных пород на парагенезы и генерации способствует, однако, не только раскрытию геохимических условий образования той или иной осадочной породы, но оно оказывается в неменьшей мере полезным и для восстановления картины последующих геохимических преобразований, испытанных данной осадочной породой.

Приведем один пример. В пределах одного и того же образца из отложений альбского яруса юго-восточной части Средней Азии мы неоднократно встречали такие аутигенные минералы, как пирит, глауконит, гидрогетит и гипс, причем первый и второй минералы в максимальных концентрациях сосредоточены соответственно в глинах и песках. Трудно допустить одновременное формирование этих четырех минералов. Мы полагаем, что в данном случае перед нами два парагенеза: 1) пирит-глауконит и 2) гидрогетит-гипс, причем последний из них представляет собою более позднюю генерацию, образованную в процессе преобразования первой. Естественно, далее, думать, что эти породы образовались в восстановительных геохимических условиях, но в последующем испытали ряд геохимических преобразований, контролировавшихся главным образом избытком свободного кислорода. В этих условиях закисные соединения железа, представленные в данном случае сульфидами, окисляются до сульфата закиси железа, который в дальнейшем переходит в сульфат окиси железа. Последний, обогащаясь водой, разлагается на нерастворимую гидроокись железа и переходящую в раствор свободную сернистую кислоту. В дальнейшем эта серная кислота вступает в реакцию с находящейся в растворе окисью кальция и в результате образуется гипс.

Таким путем, как мы полагаем, происходит обогащение альбских отложений юго-востока Средней Азии гипсом и гидрогетитом. Поэтому пирит и глауконит, как сингенетичные минералы, следует отнести к первой генерации аутигенных минералов альба юго-востока Средней Азии, тогда как гидрогетит и гипс, несомненно, представляют собою более позднюю генерацию. Естественно, что в качестве индикаторов палеогеохимических условий образования упомянутых отложений следует рассматривать не гидрогетит и гипс, а пирит и глауконит,

представляющие собою первую генерацию парагенезов аутигенных минералов альба юго-востока Средней Азии.

Этот пример, хотя он и рассмотрен в самой общей форме, все же достаточно убедительно свидетельствует о важности разграничения генераций аутигенных минералов и целесообразности выделения их парагенезов.

Практическую целесообразность использования предложенных понятий мы покажем на ряде более обстоятельно рассмотренных примеров в следующей статье.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступило 25 VI 1956

Ու. Գ. Բաբաև

ՊԱՐԱԳԵՆ ՇԱՐՔԵՐՆ ՈՒ ԱՌԻՏԻԳԵՆ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԻ ԳԵՆԵՐԱՑԻԱՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՍՏՎԱԾՔԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԳՈՅԱՑՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՃԱՆԱԶՈՂՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾՈՒՄ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Միներալային նորագոյացումները (աուտիգեն միներալները), որոնք կազմում են նստվածքային ապարների կարևորագույն բաղադրիչ մասը, նստվածքային նյութը հարստացնում են ինչպես սինդենեզի ստադիայում, այնպես էլ ավելի ուշ՝ նստվածքի սկզբնական նյութի դեպոզիտակի և հիպերգեն վերափոխման ընթացքում: Միներալային այդ գոյացումներով նստվածքի հարստացման պատմութեանը բնութագրող բազմաթիվ երկրաբանական փոփոխությունները կապված են նստվածքի ծախսման հետ: Մի գեղարվեստական աշխատանքում կատարվում է գրունտային լուծույթներից կամ արդեն կարծրացած նստվածքի ծախսման հետ կապված շրջանառող ստորերկրյա ջրից այս կամ այն բաղադրիչների փոխանցման միջոցով, իսկ մի այլ գեղարվեստական աշխատանքում՝ հենց նստվածքի նյութի քիմիական վերադասավորման հաշվին: Նստվածքի կամ նստվածքային լուծույթի ապարի այդ հարստացումն իրենից ներկայացնում է ոչ թե միափուլային պրոցես, այլ ունի բազմափուլային բնույթ, ուստի նստվածքային ապարներում ինչպես ըստ իրենց կազմի, այնպես էլ ըստ առաջացման ժամանակի, կարող են գոյություն ունենալ աուտիգենի միներալների մի քանի տարբեր գեներացիաներ:

Աուտիգեն միներալների հարադոյացման և գեներացիաների վերաբերյալ առաջադրված հատկացությունները թույլ են տալիս առաջին գեներացիայի աուտիգեն միներալների հարադոյացումներն առաջատու ընթացքում հաջորդ վերադասումներից (աուտիգեն միներալների գեներացիաներից) և, հետևաբար, նորոգում են ինչպես նստվածքի ձևավորման ժամանակ միջավայրի ուրույն ֆիզիկոքիմիական պայմանները, այնպես էլ ապարների նյութի կազմից հիպերգենեզի ընթացքում կրած հետագա ընթացքի ֆիզիկոքիմիական փոփոխությունների ճանաչողությունը:

ЛИТЕРАТУРА

- Бабаев А. Г. 1954. О турмалине и меловых отложениях Западного Узбекистана. Докл. АН Уз. ССР, № 1.
- Батурич В. П. 1947. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. Изд. Ак. наук СССР, № 1.
- Ермолова Е. П. 1956. Образование аутигенных минералов в песчаных и алевритовых отложениях миоцена и олигоцена Грузии. В книге „Материалы по геологии и нефтеносности Грузии“, Изд. АН СССР, М.
- Косовская А. Г. и Шутлов В. Д. 1956. Об эпигенетических новообразованиях эпидота и цоизита из мезозойских и верхнепалеозойских отложений Западного Восточного. Докл. АН СССР, том 108, № 1.
- Логвиненко Н. В. 1953. Литология и палеогеография продуктивной толщи Донецкого бассейна. Харьков. Изд. Харьковского гос. ун-та.
- Питковская Ц. Н. 1946. Об аутигенном турмалине в брекчии соляных поднятий в Романах и Изв. АН СССР, сер. геол., № 6.
- Преображенский И. А. 1941. Об аутигенных минералах и минералообразованиях. Тр. Инст-та геол. наук АН СССР, вып. 40.
- Пустовалов Л. В. 1933. Геохимические фации и их значение в общей и прикладной геологии. Проблемы Сов. геологии, № 1.
- Пустовалов Л. В. 1936. Ротовит Верхнего Поволжья. Изд. АН СССР, М.
- Ренгартен Н. В. 1955. Новообразования минералов титана в песчаных породах угленосных свит. ДАН СССР, том 102, № 1.
- Саркисян С. Г. 1949. Петрографо-минералогические исследования верхнепермских и триасовых нестроцветных отложений Приуралья. Изд. Ак. наук СССР, М.
- Страхов Н. М. 1951. Известково-доломитовые фации современных и древних водоемов. Тр. Инст-та геол. наук АН СССР, сер. геол., вып. 124 (№ 45).
- Страхов Н. М. 1951. Очерки карбонатообразования в современных водоемах. В книге „Памяти академика А. Д. Архангельского“, Изд. Ак. наук СССР, М.
- Страхов Н. М. 1954. Образование осадков в современных водоемах. Изд. Ак. наук СССР, М.
- Татарский В. Б. 1949. О распространенности раздоломиченных пород. ДАН СССР, том XIX, № 6.
- Флоренский В. П. 1941. Флюорит в нижнепермских отложениях Башкирской АССР. ДАН СССР, т. XXXI, № 3.
- Теодорович Г. И. 1950. Литология карбонатных пород палеозоя Урало-Волжской области. Изд. Ак. наук СССР, М.
- Baskin. 1956. A study of authigenic feldspats. The journal of geology vol. 64. March, № 2.
- Krynin P. 1946. The tourmaline group in Sediments. The journal of geology vol. LIV, № 2.
- Stow M. 1932. Autigenic tourmaline in the Oriskany Sandstone. Am. Min. vol. 17, № 4.
- Pettijohn F. I. 1949. Sedimentary rocks. New York.
- Waldschmidt W. A. 1941. Cementing material in sandstones and their probable influence on migration and accumulation of oil and gas. Am. Assoc. Pet. Geol., Bull., vol. 25.