

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,
ПЕТРОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ

ОЧЕРКИ ГЕОХИМИИ
ЭНДОГЕННЫХ
И ГИПЕРГЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ

(отдельный оттиск)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Москва 1966

O. I. Зеленова

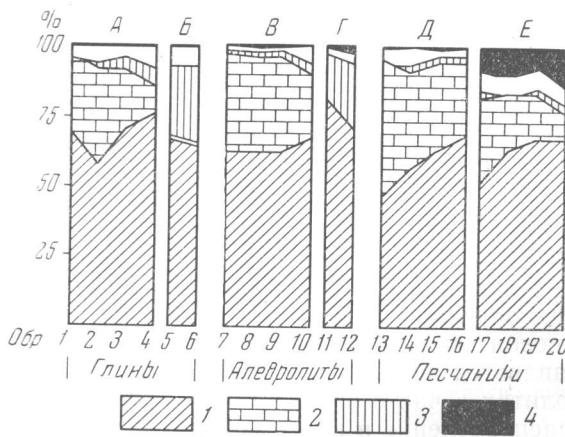
СУЛЬФАТНО-ГЛЕЕВЫЙ КАТАГЕНЕЗ В МЕЛОВЫХ КРАСНОЦВЕТАХ БАДХЫЗА

При изучении осадочных пород в последние годы внимание исследователей стали привлекать процессы катагенеза, т. е. те изменения в горных породах, которые происходят благодаря воздействию подземных вод. Одним из таких процессов, широко распространенным в красноцветных породах, является оглеение. А. И. Перельман (1959₁, 1961) называет оглеением *изменение пород в условиях восстановительной среды, не содержащей сероводорода*. Процесс оглеения протекает под влиянием бескислородных подземных вод, они, как правило, содержат CO_2 , а иногда и метан. В этих условиях соединения трехвалентного железа восстанавливаются до двухвалентного и частично выносятся в форме $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. В красноцветных породах эти изменения особенно наглядны, так как после того как с обломочных зерен снимается пленка гидроокислов железа, породы приобретают светло-серую или сизоватую окраску. В геологическом разрезе основным признаком катагенетического оглеения является чередование линейно-вытянутых горизонтов сизых, серых или пестрых водонепроницаемых пород (гравелиты, песчаники, конгломераты) и красноцветных глин и алевролитов. Часто на контакте с оглеенными прослойками красные глины имеют сизую или зеленоватую кайму, образование которой связано с частичным промачиванием водонепроницаемых пород и обеднением их железом. Эти полосы могут быть названы прионтактным оглеением.

Кроме того, в толще красных глин и алевролитов более или менее равномерно рассеяны мелкие белесоватые или зеленоватые пятна и разводы, образовавшиеся, вероятно, в результате диагенеза, в местах захоронения органических остатков — диагенетическое оглеение.

В том случае, если пластовые глеевые воды имеют сульфатную минерализацию и могут обогащать породы соединениями сульфатов, а восстановления их до сульфидов не происходит, можно говорить о проявлении сульфатно-глеевого катагенеза. Подобную совокупность процессов удалось подметить при изучении верхнемеловых красноцветов Бадхыза. Эти отложения впервые были описаны В. Н. Огневым (1932) как единая свита кирпично-красных глинистых песчаников и песчанистых глин мощностью 240 м и отнесены к нижней части датского яруса. В последние годы меловые породы Бадхыза начали изучаться коллективом Института геологии АН Туркменской ССР (Калугин и др., 1960; Калугин и Дмитриев, 1962). Эти авторы выделили в разрезе ряд свит, которые относятся к сеноману, турону, коньяку, кампану, сантону, маастрихту. Интересующая нас верхняя часть разреза — загипсованные красноцветные глины и песчаники, не содержащие палеонтологических остатков,

получила название гезгядыкской свиты. Ее возраст определен условно как маастрихтский и датско-монтский. Литолого-geoхимические особенности гезгядыкской свиты до сих пор никем не рассматривались. Красная окраска пород и их загипсованность позволили П. И. Калугину и А. В. Дмитриеву (1962) сделать заключение, что во время образования свиты существовали периодически возникавшие лагуны, в которых в условиях жаркого аридного климата отлагались богатые окислами железа и гипсом осадки. Детальное литологическое изучение этих пород выявило целый ряд их особенностей, позволяющих большую часть



Фиг. 1. Содержание основных компонентов в породах гезгядыкской свиты

1 — минеральный нерастворимый остаток; 2 — кальцит;
3 — доломит; 4 — гипс

красноцветной свиты считать отложениями бассейна с нормальной соленостью. Здесь гипс не является седиментационным, а образовался значительно позже, вероятно, в стадию катагенеза.

Разрез гезгядыкской свиты описан нами в обнажениях правого склона долины р. Теджен, вблизи рч. Нердеванли, на западном склоне хребта Гез-Гядык. Красноцветная свита протягивается яркой полосой в берхней части грандиозного обрыва западного склона хребта, ниже обнажаются массивные известняки сенона. Покрывает гезгядыкскую свиту мощная пачка пород бухарского яруса (известняки, доломиты, гипсы), слагающая поверхность восточного склона Гез-Гядыка. Снизу вверх, в разрезе свиты выделяются четыре пачки, различающиеся между собой по характеру распределения в них гипса и карбонатов.

I. Пачка красно-бурых алевритистых глин, особенностью которых является то, что вся их карбонатная часть (25—28%) представлена доломитом (фиг. 1, обр. 5 и 6). В нижней части глин — 5-санитметровый прослой мелкозернистого белого гипса, кроме того, по всей пачке рассеяны желваки белого и розового гипса величиной до 3—5 см. В глинах четко выделяются тонкие (2—5 см) прослои и пятна диагенетического оглеения. Мощность пачки 14 м.

II. Красные и вишнево-красные глины и алевролиты с прослойми розовато-серого песчаника. Глинистые породы составляют около 70% по мощности. Они имеют значительную карбонатную примесь, но в отличие от нижней пачки здесь как глины (обр. 1), так и алевролиты (обр. 7, 9, 10) содержат 22—34% кальцита, примесь доломита не превышает 2,7%. Гипс в породах содержится в долях процента и встречается только в виде секущих прожилков (фиг. 2), толщина которых достигает 2—3 см. Среди глин в нижней части встречен прослой розовато-серого песчаника с известково-гипсовым цементом (обр. 17). Расположенные выше прослои песчаника имеют кальцитовый цемент (обр. 13, 14). Мощность прослоев песчаника изменяется от 1 до 4 м (фиг. 3). На контакте между песчаниками и глинами последние часто оглеены. Толщина каймы при контактового оглеения 2—3 см, граница ее обычно извилистая, иногда фестончатая.

Кроме того, в толще красных глин и алевролитов имеются пятнышки и тонкие (1—2 см) прослои диагенетического оглеения. Общая мощность пачки 96 м.

III. Толща переслаивания красно-бурых алевритистых глин и песчанистых алевролитов с розовато-бурыми и сизовато-серыми песчаниками. Глины и алевролиты известковистые (обр. 3 и 8). Гипс в них встречается в виде секущих прожилков и мелких (1—2 см) желвачков. Песчаники в этой части разреза более крупнозернисты и залегают более массивными пластами, чем в нижележащих пачках, они составляют около половины мощности разреза. Среди песчаников встречаются разности с кальцитовым (обр. 15 и 16) и с кальцитово-гипсовым цементом (обр. 19 и 20); как в тех, так и в других встречаются мелкие желвачки гипса. В основании слоя массивного песчаника в низах пачки видна поверхность размыва. Неровные карманообразные впадины заполнены глинистыми катышами до 10 см величиной. К поверхности размыва примыкает неровная полоса оглеенных песчаников толщиной в 5—20 см. По всей песчаной пачке рассеяны желваки белого гипса, а также многочисленные секущие прожилки прозрачного пластинчатого гипса. Общая мощность пачки 65 м.

IV. Глинисто-алевритистая красноцветная пачка, сильно загипсованная. От нижележащих пород отличается значительной доломитовой примесью и иным характером гипсовых включений. В этой пачке алевролиты имеют доломитово-глинистый цемент (обр. 11, 12). Значительную часть разреза (19 м) составляет алевритистая глина, где доломит превышает $\frac{1}{3}$ всех карбонатов (обр. 4). Глина содержит прослой, обогащенные крупными желваками (10—30 см) белого и розового гипса. Скопления желваков образуют прослои в 50—80 см. Часто около нижней поверхности гипсовых желваков глина оглеена на 3—5 см, иногда гипс в этих местах приобретает голубоватую окраску. Тонкая кайма оглеения на верхнем контакте красноцветных глин. Мощность пачки 54 м.

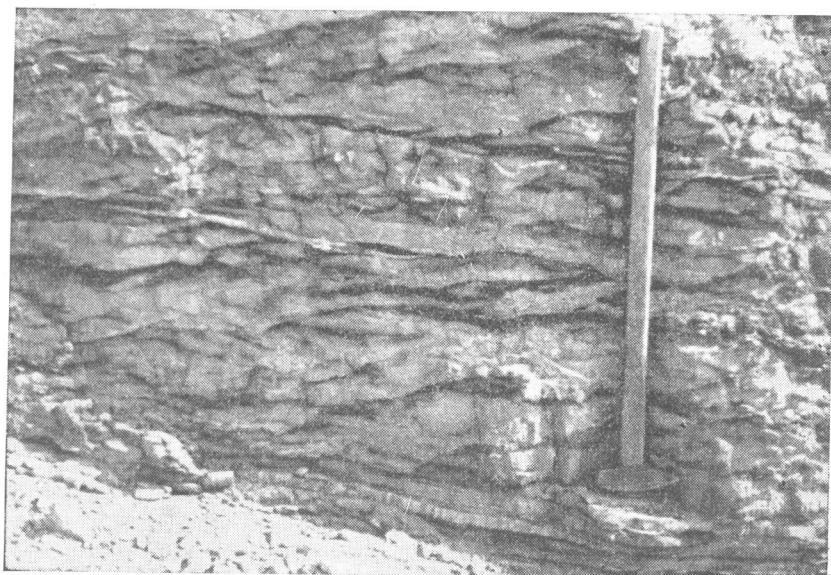
Общая мощность красноцветной толщи 229 м.

Как видно из описания, оглеение широко распространено во всех пачках геяздыкской свиты, однако применительно к различным типам пород оно проявляется по-разному. В водонепроницаемых породах — глинах и алевролитах — часто отмечается пятнистое или приконтактовое оглеение. Перераспределение и восстановление железа на этих участках происходило, вероятно, в процессе диагенеза, при разложении содержащегося в осадке в небольших количествах органического вещества или позже, в результате почвообразовательных процессов, протекавших при местных перерывах в осадконакоплении (Батулин, 1963). В песчаных прослоях развито катагенетическое оглеение, причем голубовато-серые песчаники, как правило, значительно обогащены гипсом.

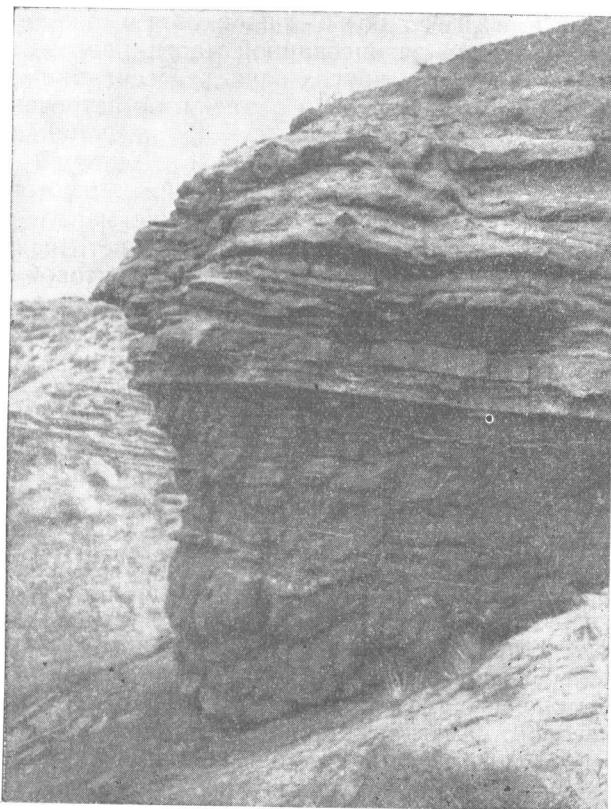
Породы геяздыкской свиты на 24—40% обогащены хемогенными компонентами (карбонаты и сульфаты). В их распределении имеется особенность: водонепроницаемые породы содержат только карбонаты и подразделяются на кальцитовые (см. фиг. 1, А и В) и доломитовые (Б, Г) разности. Среди песчаников доломитовая примесь ничтожна, зато четко выделяются кальцитовые (Д) и гипсово-кальцитовые (Е) песчаники.

Как известно, наиболее легко подвергаются катагенетическим изменениям водонепроницаемые породы, в нашем случае песчаники, поэтому их необходимо описать более подробно. Среди песчаников выделяются две основные разновидности.

Песчаники с кальцитовым цементом наиболее распространены во II и III пачках. Преобладают красно-бурые или серовато-розовые окраски, хотя встречаются прослои, окрашенные в голубовато-серые цвета. Песчаники, как правило, мелкозернистые с большой алевритовой примесью, изредка встречаются зерна крупнее 0,2 мм. Песчаники олигомиктовые, в них преобладает кварц, полевых шпатов гораздо меньше. В некоторых прослоях много окатанных обломков криптоизернистых известняков, иногда содержащих органические остатки. Довольно часто встречаются рудные минералы, главным образом гидроокислы железа, а также зеленый хлорит, листочки мусковита. Из аутогенных минералов в песчанике отмечены глауконит и фосфорит. Включения глауконита часто имеют неправильную форму, неясные очертания, имеются трещиноватые зерна; нередко глауконит пигментирует цемент. Песчаники обычно довольно крепкие, залегают массивными пластами в 0,6—1,5 м толщиной; реже встречаются тонкослоистые разности, при выветривании дающие плитки в 3—5 см.



Фиг. 2. Красноцветный алеврит. Секущие прожилки, выполненные шестовато-столбчатым гипсом



Фиг. 3. Массивные розовато-серые песчаники (нависающий карниз), перекрывающие красноцветный алевролит. В алевролите — белые гипсовые прожилки. Мелкие светлые пятнышки — диагенетическое оглеение

Химический состав породы приведен на фиг. 1 (№ 13—16). Нерастворимая часть составляет 51—68%; почти все карбонаты представлены кальцитом (25—43%), примесь доломита 0,72—2,65%; гипса содержится до 1%. Цемент песчаника кальцитовый, преимущественно базальный, преобладает прозрачный среднезернистый кальцит с величиной зерен 0,2—0,5 мм, неправильно лапчатой формы. Он цементирует терригенный материал, обломочно-органогенный кальцит и, кроме того, участки криптозернистого мутного кальцита. Этот последний по внешнему виду похож на обломочный, но в отличие от него не имеет четких очертаний и разнообразен по размерам. В криптозернистом кальците встречаются раковинки мелких фораминифер, сеточки мшанок, обломки створок пелеципод и брахиопод. По-видимому, участки криптозернистого кальцита являлись первичным кальцитовым цементом песчаника, который затем был значительно перекристаллизован. На участках перекристаллизованного цемента терригенные зерна обычно сильно корродированы и приобретают очень причудливую форму. В таких случаях при беглом осмотре шлифов кажется, что терригенные зерна, слагающие песчаник, неокатаны. На самом же деле большинство из них приобретает угловатую форму в результате коррозии. В шлифах красно-бурых песчаников видно, что обломочные частицы окружены тонкой (0,005—0,01 мм) красной каёмочкой, вероятно, глинисто-лимонитового состава, такие же сгустки размерами до 0,02 мм встречаются в цементе и выполняют внутренние полости фораминифер. Кроме того, в этих песчаниках имеется обломочный лимонит и гидрогетит. В голубовато-серых песчаниках железистые оболочки на терригенных зернах отсутствуют, нет лимонита и в цементе. В остальном эти песчаники не отличаются от красных.

Песчаники с известково-гипсовым цементом преобладают в верхней сильно загипсованной части разреза, но отдельные прослои их можно видеть и в других пачках. Песчаники обычно некрепкие, голубовато-серой и светло-серой окраски, но встречаются и розово-серые, и буровато-серые. Обычно в этих песчаниках много гнезд белого и голубоватого мелкозернистого гипса размером 1—2 см, изредка до 10 см, а также много трещин, выполненных шестоватым гипсом. Песчаники мелкозернистые, изредка разнозернистые, где примесь крупных зерен составляет около 10%. Гораздо чаще встречаются мелкозернистые песчаники, содержащие до 20—30% алевритовой примеси. Песчаники олигомиктовые полевошпатово-кварцевого состава, с обломками кремнистых пород, листочками слюд и окатанными обломками органогенного известняка; отмечены рудные минералы и единичные зерна эпидота. Среди аутигенных минералов довольно часто встречаются глауконит и фосфат, последний — в виде сгусточков и органогенных образований. Нерастворимая часть в этих песчаниках 58—66%; карбонаты 20—25%, из них кальцита 12—24%; доломита — от 0 до 3%; 8,5—15% гипс.

При сравнении состава обоих типов песчаников видно, что в общем соотношение хемогенной и терригенной частей для них примерно равно, мало меняется и количество доломитовой примеси, большая разница лишь в содержании кальцита и гипса. Кальцит в цементе песчаника, так же как и в предыдущем типе, встречается как криптозернистый, так и перекристаллизованный. В криптозернистых участках встречаются также разнообразные органические остатки. Можно видеть раковины фораминифер, окруженные гипсовым цементом (фиг. 4).

Участки гипсового цемента, как правило, имеют пойкилитовую структуру, с величиной гипсовых выделений по площади до 1 мм^2 , но встречаются участки и с игольчатоволокнистым цементом. Терригенные зерна, главным образом кварц, нередко корродированы гипсовым цементом (фиг. 5). По соотношению гипса и кальцита можно судить о последовательности выделения минералов в цементе. Первичным компо-



Фиг. 4. Песчаник мелкозернистый с гипсовым цементом, в центре — раковина фораминиферы. Увел. 90; без анализатора

ментом цемента является криптозернистый кальцит. Он обычно занимает центральную часть пор и окружен гипсом (фиг. 6) или перекристаллизованным кальцитом. Там, где гипса в цементе немного, он обычно со- средоточивается вокруг группы терригенных зерен.

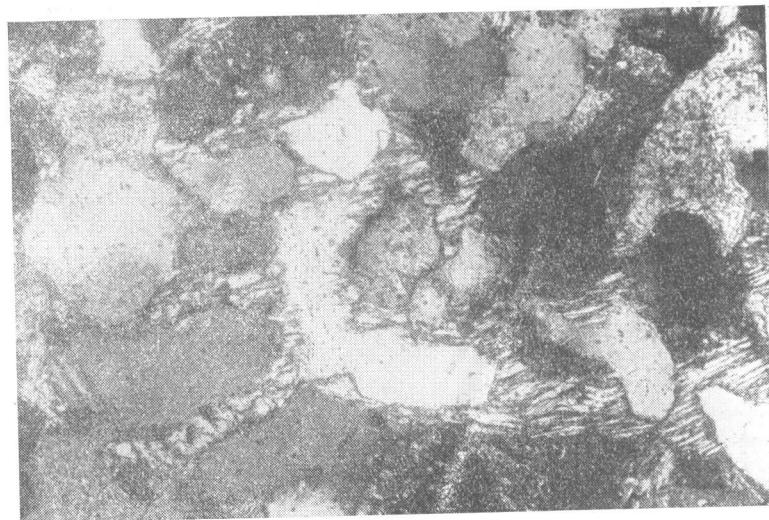
Сравнение текстурных и структурных особенностей обоих типов песчаников и общность их химического состава позволяют считать, что гипсовый цемент является вторичным. Глинисто-алевритовые разности пород по составу терригенной части и аутигенных компонентов аналогичны песчаникам. В них встречаются также раковинки мелких фораминифер и обломки створок пелеципод. По составу карбонатов среди глин и алевролитов могут быть выделены кальцитовые и доломитовые разности (см. фиг. 1). Гипс в них встречается только в виде секущих прожилков и мелких желвачков. Исключение составляет пачка IV, где преобладают доломитовые глины с повышенным содержанием гипса. Местами встречаются прослои, содержащие крупные (30—40 см) желваки, расположенные четковидно, параллельно слоистости. Возможно, что эта пачка образовалась в условиях повышенной солености бассейна.

Как видно из описания пород, терригенная часть в отложениях геядыкской свиты по разрезу почти не меняется. В этот промежуток времени в бассейн в основном поступал красноцветный песчано-глинистый материал, причем области питания, по-видимому, были сравнительно удалены, так как мы не встречаем в разрезе грубообломочных пород. Особенности распределения в разрезе хемогенных компонентов вскрывают некоторые любопытные детали обстановки осадконакопления.

Кальцит наиболее распространен, он содержится в большинстве пород и составляет в них до 30%. В основном кальцит встречается в виде криптозернистого или перекристаллизованного цемента; в песчаниках, кроме того, встречаются органогенно-обломочные кальцитовые зерна обломочного происхождения.

Доломит присутствует только в виде цемента, главным образом микрозернистого, в немногих типах пород (доломитистые глины и алевролиты с глинисто-доломитовым цементом), составляя до 28% породы.

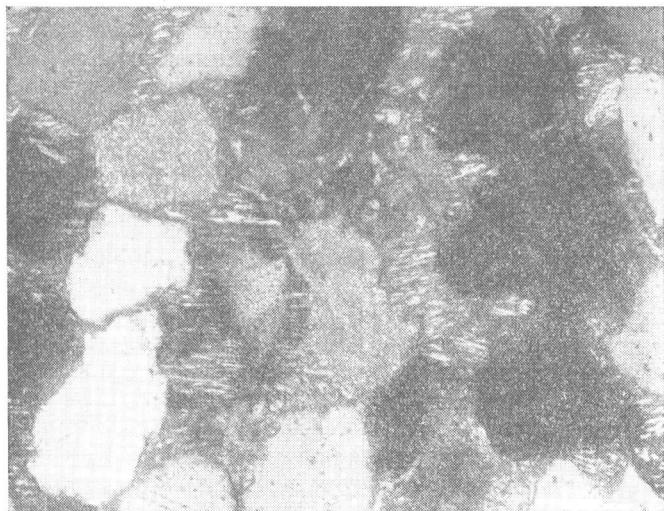
Гипс встречается в трех разновидностях. Мелкозернистый белый или розоватый гипс образует мелкие гнезда или включения, разбросан-



Фиг. 5. Песчаник с гипсовым цементом; видно, как гипс кокроридирует обломочные зерна. Увел. 90, николит.

ные довольно беспорядочно по самым разнообразным породам. Крупные желваки мелкозернистого гипса, расположенные параллельно слоистости лишь в верхней пачке красноцветных доломитистых глин, представляют собой диагенетические образования. Шестоватостолбчатый гипс, иногда мутный, иногда прозрачный, выполняет секущие прожилки толщиной от 0,5 до 2—3 см. Прожилки имеют самое различное направление, особенно часто они распространены в глинистых и алевритистых пачках. Гипс мелко- и среднекристаллический образует пойкилитовый цемент в песчаниках, являясь наиболее поздним компонентом породы.

В процессе лагунного осадконакопления на определенной стадии ослонения обычен парагенезис гипса с доломитом. В данной толще мы наблюдаем несколько необычные соотношения: существенно доломитовые глины и алевролиты гипса почти не содержат, а песчаники с кальцитовым цементом обогащены гипсом. Наблюдая в этих породах ассоциацию перекристаллизованного прозрачного кальцита с гипсом можно было бы предположить, что этот кальцит образовался при раздоломичивании цемента по известной реакции Гайдингера. В таком случае осадок первоначально должен был содержать только примесь доломита и гипса, а тот кальцит, что мы наблюдаем в породе сейчас, является эпигенетическим. Такому предположению противоречат следующие факты. Во-первых, перекристаллизованный прозрачный кальцит в загипсованных песчаниках абсолютно аналогичен кальциту в незагипсованных песчаниках и алевролитах, где без гипса реакция Гайдингера не происходила бы. Во-вторых, известно, что в породах, образовавшихся в процессе раздоломичивания, наблюдается обычно смешанный кальцитово-доломитовый состав с постепенным переходом от известковистого доломита к доломитовому известняку (Хворова, 1958; Зеленова, 1962). В описываемых породах всегда преобладает какая-нибудь одна из разновидностей карбонатов с небольшой постоянной (до 3%) примесью другой. Таким образом, образование крупных прозрачных кристаллов мы связываем не с раздоломичиванием, а с перекристаллизацией первичного криптозернистого кальцитового цемента. Исключение в данном случае составляют породы верхней части разреза, где желваки гипса являются диагенетическими. Здесь могло происходить частичное раздоломичивание с последующим образованием кальцита. Вероятно, там можно объяснить смешанный кальцитово-доломитовый состав цемента



Фиг. 6. Песчаник с гипсовым цементом. Среди гипса — участки криптозернистого кальцитового цемента. Увел. 60, николи +

Для более обоснованного суждения о генезисе пород воспользуемся теми закономерностями в соотношении терригенных и хемогенных компонентов, что приводит Н. М. Страхов (1962) для лагунных отложений. Данные по Кунгурской лагуне и кембрию Сибири свидетельствуют о том, что осаждение CaSO_4 сопровождается абсолютным преобладанием в карбонатной части доломита. Доломитность падает до $\frac{1}{3}$ суммы карбонатов только при 60% нерастворимого остатка, но при этом CaSO_4 практически уже не осаждается. При нерастворимой части более 70% в бассейне должны существовать условия резкого опреснения.

В породах гезгядыкской свиты доломит встречается редко, а нерастворимый остаток колеблется от 56 до 81%, в среднем достигая 65%. Исходя из этих цифр, можно считать, что соленость бассейна едва ли сильно превышала нормальноморскую. С этим согласуется также факт, что в шлифах почти всех разновидностей пород гезгядыкской свиты встречаются разнообразные фаунистические остатки: фораминиферы, мшанки, пелециподы и брахиоподы. Хотя этих остатков не так много, их состав свидетельствует против сильного засоления бассейна.

Таким образом, приведенный материал позволяет считать, что большинство пород гезгядыкской свиты образовалось в условиях бассейна с нормальной соленостью и лишь некоторые в осолоненной лагуне. В маастрихте-дате на месте Бадхыза существовал мелководный морской бассейн, куда привносилось большое количество красноцветного терригенного материала. По временам происходили местные перемывы. Малое количество захороненных органических остатков вызывало небольшое проявление диагенетического оглеения, что фиксируется сейчас в породе мелкими голубовато-серыми пятнами.

Большая часть пород (II и III пачки) образовалась при солености воды, близкой к нормальному морской. Об этом свидетельствует большое количество приносимого терригенного материала, остатки морской фауны, резкое преобладание кальцита среди карбонатов. Загипсование этих толщ является наложенным, эпигенетическим.

Перераспределение гипса, естественно, может быть связано с различными геологическими процессами. Так следует иметь в виду, что на любую из стадий существования пород может накладываться современ-

ный процесс выветривания, с которым также часто связано размывание и переотложение гипса. По-видимому, именно этот современный процесс привел к заполнению секущих трещин в глинах и песчаниках волокнистым гипсом, к образованию гипсовых корочек на выходах слоев и, возможно, к скоплению гипса в пустотах в виде мелких желвачков. Что же касается гипсового цемента в известковистых песчаниках, то его накопление нельзя связывать с поверхностными водами. Песчаники с гипсовым цементом в разрезе четко выражены, протягиваются от обнажения к обнажению. Их положение никак не связано с современным рельефом и в то же время полностью соответствует расположению водопроницаемых пластов между водоупорами. Последнее обстоятельство доказывает участие пластовых подземных вод в образовании вторичного гипсового цемента и позволяет относить данные изменения к катагенетическим.

Какова же геохимия этого процесса? Изучение пород под микроскопом показало, что в цементе песчаника произошло замещение кальцита гипсом. Естественно связывать такое замещение с действием сульфатно-натровых вод, двигавшихся по песчаным прослойям. Как правило, прямой обмен катионами между раствором Na_2SO_4 и твердой фазой CaCO_3 в природных условиях затруднен, так как гипс обладает большей растворимостью, нежели кальцит. Однако такая реакция может произойти при избытке CO_2 . Известны, например, опыты Гильгарда (Перельман, 1959₁), когда при пропускании тока CO_2 через твердую фазу CaCO_3 и раствор Na_2SO_4 в осадок выпадал гипс, и вода становилась содовой: $\text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3$. Таким образом, если в подземной воде растворено много CO_2 , то могут создаться условия для растворения кальцита и замещения его гипсом. В том случае, если CO_2 нет, реакция сдвигается в левую сторону.

Как известно, природные воды содержат то или иное количество CO_2 , которая получается в основном за счет биохимических процессов. Д. С. Соколов (1962), сделав обзор экспериментальных работ по растворению карбонатов кальция, пришел к выводу, что «растворяющая способность воды, содержащей углекислоту в количестве, равновесном $p\text{CO}_2$ воздуха при 17°, примерно, в 4—5 раз больше, по сравнению с чистой водой». На увеличение растворимости CaCO_3 влияют также повышенные содержания различных солей в воде. Известны опыты П. Н. Бутырина (1935), который пришел к выводу, что «по сравнению с дистиллированной водой 1% раствор хлористого натра в среднем увеличивает растворимость на 100%». Ф. Ф. Лаптев (1939) проводил эксперименты при концентрациях солей, близких к природным водам. Он установил, что наличие в растворе NaCl и Na_2SO_4 повышает скорость растворения кальцита в той же пропорции, как и соответствующее увеличение концентрации свободной углекислоты. Таким образом, экспериментальные работы позволяют предполагать, что природные воды, содержащие NaCl и Na_2SO_4 , при достаточном количестве CO_2 могут растворять кальцит и одновременно высаживать гипс.

Современные воды Бадхыза характеризуются сульфатно-хлоридно-натровым составом с общей минерализацией 4—5 г/л. Если учесть, что район южной окраины Бадхыза (окрестности г. Кушки) и прилегающие площади Афганистана нефтеносны, то понятно, что воды глубокой циркуляции здесь не содержат кислорода и обладают значительным количеством CO_2 . Примерно такой же состав вод существовал в неогеновое время, когда морские условия сменились на континентальные и началось формирование подземных вод.

Климат эпохи неогена был аридным и по воздействию на подземные воды почти не отличался от современного (Перельман, 1959₂), поэтому мы вправе считать, что подземные воды в то время имели сульфатно-натровый состав и обладали повышенным содержанием CO_2 . То, что

подземные воды, циркулировавшие по проницаемым прослойям красноцветной толщи, содержали CO_2 , подтверждается широким распространением в этих породах катагенетического оглеения.

В свете всего изложенного образование пород гезгядыкской свиты представляется в следующем виде. В датско-монтское время на территории Бадхыза существовал морской бассейн, куда с юга сносилось большое количество красноцветного песчано-глинистого материала. Одновременно происходила садка карбонатов, главным образом CaCO_3 , что отвечало нормальному морской солености воды. В диагенезе криптозернистый кальцит частично перекристаллизовался, но песчаные породы сохранили часть первоначальной пористости.

В начале неогена, когда регион оказался выведенным из под уровня моря и начал образовываться расчлененный рельеф, началось и движение подземных вод. Сульфатно-натровые воды с повышенным содержанием CO_2 , двигаясь по песчанным прослойям, частично растворяли кальцитовый цемент песчаников. Образовавшиеся пустоты и поры заполнял гипс, впоследствии перекристаллизовавшийся в пойкилитовый цемент.

Красноцветные породы, как известно, обязаны своим цветом гидрокислам железа, которые в виде тонких пленок обволакивают терригенные зерна. Так как воды, циркулировавшие по пластам гезгядыкской свиты, не содержали кислорода и были насыщены углекислотой, они обладали восстановительными свойствами. В этих условиях трехвалентное железо пленок восстанавливается до двухвалентного и порода изменяла свою окраску на голубовато-серую. Так образовались прослои голубовато-серого оглеенного песчаника и примыкающие к ним оглеенные полосы в красных глинах и алевролитах (приконтактовое оглеение). Таким образом, в водопроницаемых породах толщи в результате движения по ним бескислородных сульфатных вод отмечается, с одной стороны, четко выраженное оглеение, с другой — частичное растворение карбонатного цемента и замещение его гипсом. Совместное проявление этих двух процессов можно назвать сульфатно-глеевым катагенезом.

ЛИТЕРАТУРА

- Батулин С. Г. Миграция железа при оглеении в породах нижнего мела юго-восточной Ферганы.— Труды ИГЕМ, 1963, вып. 99.
- Бутырин П. Н. К вопросу изучения процессов карста.— Материалы по гидрологии, гидрографии и водным силам СССР, 1935, вып. 26.
- Зеленова О. И. Литология, фации и геохимические особенности отложений алайского яруса Таджикской депрессии.— Труды ИГЕМ, 1962, вып. 53.
- Калугин П. И., Джабаров Г. Н., Курылев А. И. Строение и перспективы нефтегазоносности верхнемеловых отложений Центрального, Южного, Восточного Копет-Дага и Бадхыза.— В кн. «Перспективы нефтегазоносности и направление геологоразведочных работ в западных районах Средней Азии». Гостоптехиздат, 1960.
- Калугин П. И., Дмитриев А. В. Верхний мел горного Бадхыза. Труды Института геологии АН Туркменской ССР, 1962.
- Лаптев Ф. Ф. Агрессивное действие воды на карбонатные породы, гипсы и бетоны. ГОНТИ СССР, 1939.
- Огнев В. Н. Геологический очерк Бадхыза.— Труды ВГРО, 1932, вып. 266.
- Перельман А. И. 1. Катагенез.— Изв. АН СССР, серия геол., 1959, № 8.
- Перельман А. И. 2. Процессы миграции солей на равнинах Восточной Туркмении и Западного Узбекистана в неогене.— Труды ИГЕМ, 1959, вып. 25.
- Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов (зона гипергенеза). Изд-во «Высшая школа», 1961.
- Соколов Д. С. Основные условия развития карста. Госгеолтехиздат, 1962.
- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза, т. III. Изд-во АН СССР, 1962.
- Хворова И. В. Атлас карбонатных пород среднего и верхнего карбона Русской платформы. Изд-во АН СССР, 1958.