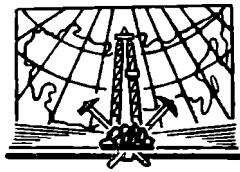


Т. Мило
ТЕОЛОГИЯ
ГЛИН



GEORGES MILLOT

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE STRASBURG
DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

**GÉOLOGIE
DES ARGILES
(ALTERNATIONS,
SEDIMENTOLOGIE,
GÉOCHIMIE)**

Masson et C^{ie}, editeurs
120, boulevard Saint-Germain,
Paris-VI^e, 1964

ЖОРЖ МИЛЛО

ГЕОЛОГИЯ

ГЛИН

**(ВЫВЕТРИВАНИЕ,
СЕДИМЕНТОЛОГИЯ,
ГЕОХИМИЯ)**

ПЕРЕВОД С ФРАНЦУЗСКОГО М. Е. КАПЛАНА

Под редакцией д-ра геол.-минер. наук А. Г. Коссовской

В книге рассмотрены возникновение, эволюция и преобразование глинистых минералов начиная с их формирования при выветривании и почвообразовании, существования и видоизменения в континентальных и морских бассейнах с различными типами осадконакопления и кончая преобразованиями на стадии эпигенеза. Установлены основные закономерности формирования глинистых образований и выделены три генетические группы глинистых минералов.

В работе широко использованы материалы по характеристике глинистых минералов в почвах и корах выветривания разных климатических зон. Учтены основные исследования по глинистым породам и минералам, опубликованные в мировой литературе, и использованы данные, полученные автором в результате двадцатилетних исследований. Привлечен обширный фактический материал по глинистым породам Европы, Африки и Америки.

Книга бесспорно представляет большой интерес для широкого круга литологов и минералогов, а также для геологов, занимающихся изучением осадочных пород.

От редактора

Интерес к изучению глинистых минералов с каждым годом возрастает. До последнего времени исследование глин представляло дисциплину, связанную с различными отраслями науки и промышленности и охватывающую широкий, но разнородный круг вопросов.

Изучение глинистых минералов, как известно, проводится на весьма разнообразных объектах — месторождениях определенных типов глин, в почвах, различных типах осадочных пород, современных осадках — и преследует различные цели (начиная от оценки глин в отношении их пригодности в качестве минерального сырья, технологических и инженерно-геологических свойств до выяснения ряда генетических вопросов). При этом, если техника анализа фазового состава высокодисперсных минералов глин остается постоянной, то общий подход и методика изучения существенно разнятся в зависимости от задач, стоящих перед исследователем.

В последние годы в СССР все более четко начинает оформляться самостоятельное направление в исследовании глин, составляющее одну из важнейших отраслей литологии — исследование глинистых минералов различных осадочных формаций. Наибольшее распространение эти работы приобрели при изучении терригенных накоплений. Характерной особенностью данного направления является то, что тонкодисперсные глинистые минералы фракции меньше одного микрона перестают рассматриваться изолированно от пород, с которыми они связаны, а разбираются как важнейшие составные части последних. Устанавливаются генетические связи и взаимоотношения глинистых минералов с обломочными и аутигенными минералами в различных типах пород на фоне конкретных геологических обстановок, включающих тектоно-климатические и фациальные условия, характер источников сноса, степень эпигенетической переработки пород и т. д. Иными словами, глинистые минералы, являющиеся во многих случаях важными индикаторами различных геологических процессов, становятся одним из основных объектов исследования в современной минералогии осадочных пород. Причина этого ясна: в массовые методы осадочной минералогии наряду с микроскопическими исследованиями, позволявшими изучать объекты размером более 10 мк, включались методы структурного анализа и электронной микроскопии, давшие возможность расшифровать состав высокодисперсных компонентов осадочных пород. Из года в год все больше появляется работ по терригенным образованиям, в которых на «равных правах» освещается состав обломочных и высокодисперсных минералов и делаются попытки выяснения их генетических связей.

Основная ценность книги Милло «Геология глин» заключается в том, что впервые в обобщающей монографии на основании огромного литературного

материала последних лет (включая 1962 г.) сделана попытка проследить эволюцию глинистых минералов начиная от их зарождения при выветривании и почвообразовании, существования и видоизменения в континентальных и морских бассейнах с разными типами осадконакопления до постепенной переработки и исчезновения при переходе осадочных пород в метаморфические.

Очень важное значение для выяснения основных закономерностей формирования состава глинистых образований имело выделение трех генетических групп глинистых минералов: а) обломочных, или «унаследованных», б) трансформированных, или возникших за счет кристаллохимического преобразования структуры обломочных минералов и в) новообразованных. Автор подробно раскрывает сущность процессов, ведущих к образованию этих трех групп и на протяжении всей книги концентрирует внимание в каждом конкретном случае на установлении значимости того или иного явления для формирования данного типа глинистых образований.

В работе широко использованы материалы по характеристике глинистых минералов в почвах и корах выветривания разных климатических зон, многочисленные результаты исследований глинистых минералов в породах разнообразных терригенных, карбонатных и эвапоритовых формаций и, наконец, новые экспериментальные данные по геохимии, искусственному выветриванию, гидролизу и синтезу глинистых минералов.

Выяснение генезиса глинистых минералов, по мнению Ж. Милло, должно базироваться на двух основных принципах: 1) на установлении характера первичного обломочного материала методами минералого-петрографического изучения; 2) на выяснении обстановки осадконакопления, или «места глинистой породы в фациальном цикле», методами фациально-палеогеографического анализа. Правда, автору далеко не всегда удается проанализировать весь фактический материал под данным углом зрения. Это вполне естественно, так как далеко не все работы, выполненные в разное время и на разном научном уровне, дают материал, достаточный для подобных обобщений. Другим обстоятельством, в ряде случаев существенно снижающим генетические выводы автора, является недостаточное внимание к рассмотрению стадий осадочного породообразования. По существу рассматриваются две стадии (не считая выветривания): седиментогенез и диагенез, причем под последним объединяется весь длительный период существования осадочных пород начиная от захоронения осадков до превращения осадочных пород в метаморфические.

Разбирая очень обстоятельно процесс преобразования обломочных глинистых минералов и формирование новообразований в различных типах бассейнов, и в частности в бассейнах с хемогенной седиментацией, автор связывает эти процессы с химическим составом водной среды, а не с иловыми водами, где главным образом собственно в диагенезе (в понимании этого термина советскими исследователями) осуществляются процессы аутигенного минералообразования. В данном случае Милло повторяет ошибку своей ранней монографии [Millot, 1949], где происхождение глинистых минералов связывалось непосредственно с физико-химическими условиями водной среды бассейна, а не с характером иловых вод осадка.

Очень слабо рассмотрены вопросы постседиментационного преобразования глинистых минералов. Использование понятия «диагенез» (в котором лишь изредка различаются ранняя и поздняя стадии) для всех этапов существования и изменения осадочных пород, нечеткость, вкладываемая в содержание этих терминов, в ряде случаев не только мешают автору дать расшифровку наблюдаемых явлений, но и затрудняют правильное понимание

текста. В переводе в тех случаях, когда вторичный характер процессов минералообразования не вызывал сомнения, термин «диагенез» заменялся на «эпигенез», но чаще на более общее понятие — «постседиментационные изменения».

Несмотря на указанные недостатки, которые следует иметь в виду при чтении книги, монография Милло представляет большой интерес для советского читателя. Прежде всего, в ней широко освещается большой и новый фактический материал, полученный французской и бельгийской школами исследователей по изучению глинистых минералов в породах огромного стратиграфического интервала — от кембро-ордовика до третичных отложений ряда европейских (Франция, Швейцария, Испания) и африканских стран. Особый интерес представляют подробно изложенные материалы Люка [Lucas, 1962] по триасу Франции и ряда исследователей [Radier, 1957; Slansky, 1959; и др.] по третичным отложениям Северной Африки. Эти материалы почти неизвестны у нас в отличие от работ американцев, что связано со значительно меньшей распространенностью французского языка по сравнению с английским. Исключительно важное значение имеют главы и разделы, посвященные экспериментальным работам по растворимости кремнезема и алюминия, синтезу глинистых минералов и геохимической истории главнейших элементов, входящих в состав глинистых минералов.

В первой главе дается краткая характеристика основных типов простых и смешаннослойных глинистых минералов. Прилагаются удобные таблицы для упрощенной расшифровки главнейших типов смешаннослойных минералов. Более подробно конкретные ряды смешаннослойных минералов разбираются в главе X, в разделе, посвященном трансформации минералов. Однако при пользовании ими необходимо вносить поправки, основанные на более поздних исследованиях, ссылки на которые даны в дополнительном списке литературы и примечаниях к соответствующим разделам.

Во второй главе разбираются история исследования глин, некоторые вопросы классификации глинистых пород, особенности текстур и минералогического состава глин осадочного происхождения. Глава в переводе несколько сокращена за счет изъятия разделов истории исследования и классификации терригенных пород, достаточно хорошо известных читателям из общих руководств по литологии и петрографии осадочных пород.

Четвертая глава, посвященная геохимии поверхностных процессов, представляет большой интерес. В ней впервые в нашей литературе дается обзор современных представлений зарубежных исследователей о поведении ионов в водных растворах, приводятся результаты экспериментальных работ по растворимости кремнезема и гидроокислов алюминия, подробно разбираются вопросы гидролиза силикатов в поверхностной зоне с широким использованием данных о кристаллохимической структуре минералов и явлениях обмена на границе сред — кристалл и вода.

В главе V, посвященной глинам, образующимся в почвах и корах выветривания, подробно рассматриваются материалы по физическому выветриванию. Особый интерес представляют результаты экспериментальных работ по искусственному физическому и химическому выветриванию кристаллических пород — Педро [Pedro, 1961], Биро [Bigot, 1961] и др. Далее на основе многочисленных примеров разбираются минеральный состав и условия возникновения ассоциаций глинистых минералов в почвах холодного, умеренного «атлантического» и теплого климата. Большое внимание уделяется латеритным профилям выветривания. Приводится обширный материал 50—60-х годов главным образом французских и бельгийских исследователей

по изучению латеритных почв экваториальной Африки, а также новые результаты экспериментов по моделированию процессов латеритизации. Анализ обстановок выветривания во влажном тропическом климате с использованием современных представлений о геохимической подвижности ионов кремния, алюминия и железа позволил автору подробно осветить процессы формирования глинистых минералов в различных горизонтах латеритных профилей, развитых на разных типах кристаллических пород. Рассмотрена зависимость процессов выветривания от интенсивности дренирования, выявлен стадийный характер последовательно возникающих ассоциаций глинистых минералов, даны объяснения механизма формирования кирас. К сожалению, так же как и в других главах книги, автор не упоминает о работах советских ученых, в частности о классических исследованиях кор выветривания И. И. Гинзбурга, трудах Н. А. Лисициной, В. П. Петрова, В. Н. Разумовой и др.

В главе VI на примере современных и древних отложений рассматривается состав глинистых минералов, свойственный осадкам различных обстановок континента. Описаны ледниковые и золотые отложения, осадки рек и эстуариев, красноцветные толщи, угленосные серии, осадки засоляющихся озер. В главе VII примерно в том же аспекте рассмотрены глинистые минералы современных и древних морских отложений — терригенных, карбонатных, глауконитовых, эвапоритовых и др. Расположение фактического материала в этих двух главах, равно как в разделах внутри глав, является не совсем удачным. Было бы правильнее рассмотреть глинистые минералы в обстановках различных типов литогенеза, выделенных Н. М. Страховым, — ледового, гумидного, аридного — примерно так, как это сделано в монографии М. А. Ратеева (1962).

У Милло в последовательности описания глинистых минералов различных отложений отсутствует генетическая связь палеогеографических обстановок, свойственных развитию того или иного бассейна седиментации в определенных климатических и тектонических условиях. Это в известной степени мешает автору отчетливо выявить специфику формирования ассоциаций глинистых минералов в разных палеогеографических обстановках, не говоря уже о том, что читателю было бы удобнее знакомиться с ассоциациями глинистых минералов отложений, связанных известной генетической последовательностью. А так угленосные серии «вторгаются» между описаниями красноцветов и отложений континентальных засоляющихся озер; в разных главах рассмотрены глинистые образования, богатые магнезиальными минералами — сепиолитом и палыгорскитом. После описания этих минералов, ассоциирующихся с морскими карбонатными породами, следуют описание глауконитов и слоистых силикатов железа и характеристика глинистых минералов эвапоритовых формаций.

В главе VIII суммируются предшествующие данные и разбирается характер распределения и изменения глинистых минералов на примере ряда мощных серий осадочных пород начиная с чисто терригенных образований и кончая хемогенными осадками.

Красной нитью, проходящей через эти главы, является попытка оценки для каждого типа осадконакопления удельной значимости того или иного «механизма» формирования минерального состава глинистого вещества: наследования первично-обломочного материала, его кристаллохимической трансформации или возникновения новообразований. В связи с этим важнейшим вопросом Милло неоднократно упоминает о «знаменитой» дискуссии по проблеме генезиса глинистых минералов, широко развернувшейся в конце 50-х, начале 60-х годов в зарубежной литературе.

Суммируя материалы по изучению терригенно-глинистых серий континентальных и морских отложений, Ж. Милло подчеркивает, что основными факторами, определяющими состав глинистых минералов в породах, являются: а) наследование первичного обломочного состава; б) его трансформации. Относительная значимость того или другого фактора зависит от скорости накопления и среды седиментации. (Добавим, — и от степени устойчивости или приспособленности того или другого глинистого минерала к соответствующей среде. — А. К.). В терригенных континентальных осадках абсолютно преобладают глинистые минералы унаследованного типа, т. е. обломочные. В карбонатно-глинистых сериях сохраняются оба вышеперечисленных фактора, однако трансформации минералов принадлежит значительно большая роль. Чем более высокой минерализацией обладают воды бассейна, тем в большей степени преобладают процессы трансформации.

Зональность в распределении глинистых минералов в морских водоемах, установленную многими авторами на различных объектах (в частности, многочисленными исследованиями осадков Мексиканского залива), Ж. Милло склонен объяснить совместным влиянием различных скоростей осаждения глинистых минералов и их трансформацией. Как известно, эта зональность выражается в нередком присутствии каолинита в дельтах и эстуариях, постепенном убывании и исчезновении его при движении к центральным участкам бассейна. В этом же направлении происходят уменьшение содержания монтмориллонита, появление смешаннослойных минералов и увеличение содержания иллита и хлорита. Присутствие каолинита в периферийных участках бассейна связано, по мнению автора, с большой скоростью его осаждения. Уменьшение содержания, а иногда и исчезновение монтмориллонита при движении в глубь бассейна определяются малой скоростью его осаждения и постепенной трансформацией в процессе осадконакопления сначала в смешаннослойные образования, а затем в хлорит и иллит. Первичные обломочные смешаннослойные минералы претерпевают агрегацию, т. е. в большей или меньшей степени «восстанавливают» свою решетку до иллита или хлорита.

При описании терригенных серий, главным образом на примере пенсильванских и миссисипских отложений Иллинойса [Glass, Potter, Siever, 1956, 1958; Smoot, Narain, 1960], автор обращает внимание на наблюдающиеся в ряде случаев различия между составом глинистых минералов в цементе песчаников и в глинистых сланцах. Отличный состав цемента объясняется наложенными изменениями при циркуляции растворов в постседиментационный период. Приводятся очень интересные данные о тормозящем влиянии нефти на перекристаллизацию цемента песчаных пород. На примере нефтеносных кембро-ордовикских отложений Сахары показано, что в нефтеносных горизонтах цементирующим минералом песчаников является каолинит; иллит присутствует в подчиненном количестве. В песчаных породах, находящихся за контуром нефтеносности, цементирующим минералом служит иллит. Автор считает, что изучение характера и степени перекристаллизации глинистого цемента песчаников нефтяных месторождений может дать важные сведения о времени прихода нефти в пласт, путях ее миграции и в известной мере служить критерием для поисково-разведочных работ.

Ж. Милло почти совсем не использует материалы советских исследователей, которые могли бы существенно обогатить и дополнить многие разделы книги, а нередко и корректировать выводы автора. Чтобы заполнить хотя бы отчасти этот пробел, мы кратко остановимся на важнейших результатах работ советских литологов, как в предисловии, так и в сносках к соответствующим главам и разделам книги. Кроме того, к библиографии приложен дополнительный список работ советских ученых за последние 10 лет, имеющих

непосредственное отношение к выяснению вопросов распределения, генезиса и преобразований глинистых минералов осадочных пород.

Для советской школы характерны два основных направления в исследовании глинистых минералов. Первое — его можно назвать сравнительно-литологическим — предусматривает широкое региональное изучение глинистых минералов в современных и древних водоемах различных климатических зон. Наиболее яркое выражение оно находит в монографии М. А. Ратеева [1964], а также в более ранних (1948—1958) и поздних работах этого автора. Второе — его можно назвать кристаллохимически-генетическим — представлено работами М. Ф. Викуловой, Б. Б. Звягина [1965], А. Г. Косовской, В. Д. Шутова, В. А. Дрица [1959—1966], Г. В. Карповой [1965]. Его характерной чертой является подробное изучение динамики кристаллохимических преобразований глинистых минералов в различных локальных геологических обстановках. Оба направления в существенной степени дополняют друг друга.

Большой заслугой первого направления является установление важной роли терригенного сноса и доказательство существования *обломочного фона* в распределении глинистых минералов, что особенно отчетливо проявляется в современных морских и океанических водоёмах. Широтная общепланетарная зональность в распределении глинистых минералов в осадках Атлантического, Тихого и Индийского океанов, установленная работами З. Н. Горбуновой [1963], В. А. Ерощева-Щака [1961], М. А. Ратеева, З. Н. Горбуновой, Г. И. Носова и других (1966) убедительно иллюстрируют значимость терригенного приноса и подчиненность состава глинистых минералов основным климатическим поясам. Особенно наглядно вырисовывается зона высокого содержания каолинита в океанических осадках. Она приурочена к экваториальной и тропическим областям океана и связана с поступлением с суши продуктов разрушения латеритных кор выветривания.

Результаты изучения современных осадков сыграли решающую роль в развитии и утверждении концепции аллотигенного происхождения глинистых минералов, которая была предложена у нас М. А. Ратеевым и Н. М. Страховым в 1948—1954 гг. и Уивером в США в 1958 г. В более поздних работах М. А. Ратеева [1963, 1965] и монографии Н. М. Страхова [1963] обломочный генезис глинистых минералов рассматривается как характерная черта литогенеза областей с гумидным климатом. Для областей с аридным климатом существенна роль аутигенного образования глинистых минералов.

Естественно, что на столь обширном геологическом материале было трудно уловить тонкие кристаллохимические оттенки и особенности преобразований глинистых минералов и появление новообразований, т. е. процессов, характеризующих специфику глинистого минералообразования, даже если она протекает в таком подавленном виде, как это свойственно современному осадконакоплению. В частности, представляет большой интерес вопрос о постоянном присутствии на рентгенограммах глинистых минералов современных осадков интенсивного фона, свидетельствующего об изобилии аморфных веществ, отсутствующих в древних отложениях, и, очевидно, расходующихся в диагенезе и начальном эпигенезе на формирование новообразований. Не обращалось внимания на диффузность рефлексов глинистых минералов современных осадков, не свойственную ни минералам кор выветривания, ни глинистым образованиям осадочных пород. Удавалось фиксировать только такие выпуклые проявления аутигенного минералообразования, как появление в осадках монтмориллонита, связанного с переработкой продуктов подводных вулканических извержений.

С точки зрения представителей второго направления, условия образования могут оказывать существенное влияние на формирование минерального состава глин. Основное содержание этой концепции с позиций автора предисловия заключается в том, что большая или меньшая значимость влияния окружающей среды на генезис глинистых минералов определяется двумя главными факторами: а) степенью устойчивости или приспособленности первичных обломочных глинистых минералов к данным условиям осадконакопления и б) скоростью погружения или длительностью диагенеза, т. е. временем пребывания минералов в зоне активного водообмена, где они в большей или меньшей степени успевают приспособиться к окружающим условиям.

Решение проблемы, поставленной в таком плане, распадается на ряд самостоятельных задач. Одна из них — выяснение в каждом конкретном случае первично-обломочного состава высокодисперсных минералов, связанных с определенными петрографическими семействами песчаных пород (мономинерально-кварцевыми песчаниками, аркозами кислого и среднего состава, литокластическими и вулканогенными граувакками и др.), и выявление диапазона минералогических изменений обломочного глинистого вещества, характерного для каждого семейства в различных фациально-климатических обстановках.

Изучение ряда угленосных формаций платформенных синеклиз и предгорных прогибов, породы которых принадлежат к разным петрографическим семействам, показало, что «сфера влияния» фациальных обстановок на состав глинистых минералов в отложениях платформенных бассейнов с малой скоростью погружения оказалась весьма значительной; в прогибах с быстрой седиментацией и коротким временем «приспособления» глинистых минералов к окружающей обстановке это влияние было ничтожным. Исключение составляют только подугольные глины (*underclay*), формирующиеся в условиях интенсивного кислого выщелачивания, в которых почти всегда присутствует новообразованный каолинит, тем в большем количестве, чем мощнее вышележащий пласт угля, т. е. чем длительнее было существование торфяника [Коссовская, Шутов, 1963].

Таким образом, новообразование глинистых минералов, равным образом как и их интенсивное преобразование, наиболее наглядно проявляется в резко контрастных обстановках, каковыми в угленосных формациях являются фации зарастающих лагун, озер и болот, характеризующиеся условиями с низкими значениями рН и интенсивным выносом катионов, т. е. средой, благоприятной для разрушения трехслойных структур и образования каолинита. Наоборот, в «нейтральных» фациях даже платформенных отложений, каковыми являются отложения рек, дельт и иногда морских осадков с интенсивной терригенной седиментацией, на первое место как основной фон выступает состав первично-обломочных глинистых минералов. Задача исследователя сводится к выяснению специфики преобразования первично-обломочного материала в различных фациальных обстановках, устанавливаемой прежде всего подробным кристаллохимическим исследованием и далее выяснением парагенетических связей и меняющихся количественных соотношений присутствующих глинистых минералов.

Чрезвычайно важным объектом в этих случаях оказываются смешанно-слоистые минералы, которые часто бывают представлены сочетаниями различных фаз, отражающих определенные этапы переработки тех или иных первичных глинистых минералов. Примером, где подробное кристаллохимическое исследование позволяет установить целую гамму изменений в составе глинистого вещества в зависимости от различных фациальных

обстановок, могут служить глины мезозойских угленосных формаций Вилюйской впадины и Иркутского бассейна (Коссовская, 1962; Копорулин, 1965). Правда, в данном случае особенная наглядность подчиненности состава глинистого вещества фаціальным обстановкам определялась также и тем, что первичным обломочным материалом являлись триоктаэдрические слюды, легко поддающиеся изменениям и дающие многообразную гамму глинистых минералов, часто сочетающихся в различных комбинациях в смешанно-слоистых образованиях.

В отложениях аридных формаций существует также слабая переработка глинистого вещества в «нейтральных» фациях и интенсивная в «контрастных», т. е. в обстановках, характеризующихся повышенными значениями рН и высокой концентрацией катионов. Эти условия благоприятны для регенерации и образования трехслойных минералов, хлоритов и магнезиальных силикатов. В гумидной зоне «контрастные» условия интенсивного кислого выщелачивания осуществляются в обстановках зарастающих лагун, озер и болот и процесс каолинитового новообразования имеет сравнительно ограниченное распространение. В противоположность этому в аридных условиях «контрастные» обстановки водоемов с повышенными концентрациями катионов и разными типами хемогенной седиментации от карбонатной до эвапоритовой могут быть очень разнообразными. Как следствие этого, значимость аутигенного образования глинистых минералов выступает здесь гораздо более разнообразно и отчетливо, что и дало основание Н. М. Страхову и М. А. Ратееву сделать справедливый и важный вывод о значительно большей (и добавим наглядной) роли *новообразования* глинистых минералов в областях с аридным климатом.

Что же касается явлений трансформации, т. е. кристаллохимического преобразования и приспособления минералов к тем или иным условиям, то этот процесс может идти с равным успехом в областях как с гумидным, так и с аридным климатом, и целиком зависит от степени устойчивости или приспособленности данных глинистых минералов к конкретным геологическим обстановкам.

В книге Милло великолепным примером явления трансформации могут служить данные из работы Люка [Lucas, 1962] о глинистых минералах триасовых бассейнов Франции, Испании и Марокко. Люка установлен ряд преобразований глинистых минералов в эвапоритовых бассейнах — от иллита в прибрежных фациях через сложный ряд неупорядоченных и упорядоченных смешаннослоистых минералов состава хлорит — подвижный хлорит — монтмориллонит до хорошо окристаллизованного магнезиального хлорита и корренсита в центральных частях бассейнов. К сожалению, остается совершенно неясной природа первичного иллита, т. е. не известно, относится ли он к триоктаэдрической разновидности, легко подвергающейся изменениям, или к диоктаэдрической, изменения которой происходят значительно труднее. Лука и Милло упоминают только о деградированном облике первичного иллита, частом присутствии «хвоста» в сторону малых углов, наличии смешаннослоистых фаз иллито-хлоритового типа в отличие от хорошо окристаллизованного иллита, встречающегося в парагенезе с магнезиальным хлоритом и корренситом. Перечисленные признаки дают основание предположить, что первичные обломочные иллиты относились к триоктаэдрическому типу. Интересно, что в этом случае они дали ряд промежуточных смешаннослоистых неупорядоченных и упорядоченных фаз хлорито-вермикулито-монтмориллонитового типа, *структурно сходных* с фазами изменения триоктаэдрической слюды в угленосных отложениях Вилюйской впадины [Коссовская, Дриц, 1963], но *химически существенно отличных*.

В первом случае хлоритовые минералы имеют магнезиально-алюможелезистый состав, причем при переходе от биотита к подвижным хлоритам, вермикулитам и монтмориллониту фиксируется диоктаэдризация вновь формирующихся фаз, в частности монтмориллониты этого ряда всегда относятся к диоктаэдрическому типу. Во втором случае, в условиях среды с высокой концентрацией Mg образуются сходные структурные фазы, но уже триоктаэдрического типа.

Явления новообразования глинистых минералов, формирующихся в условиях хемогенной седиментации в морских бассейнах, соленых и содовых озерах и лагунах, рассматриваются Милло на примере мела Франции, пермо-триаса Франции, Испании и Марокко (Люка, 1962) и третичных отложений Западной Африки. Особенно наглядные материалы приведены в работах Сланского [Slansky, 1959], изучавшего мел и третичные отложения Западной Африки. Сущность этих работ сводится к следующему: в эпоху развития мощных латеритных кор на континенте в морские бассейны вносятся большие количества растворенного кремнезема и отчасти алюминия, включающихся в химическую седиментацию. В зависимости от большей или меньшей концентрации солей в бассейне могут последовательно формироваться монтмориллонит, палыгорскит и сепиолит. В ряде разрезов эоцена Того и Сенегала устанавливается отчетливая ритмичность в распределении названных минералов, выдерживающаяся на больших расстояниях и отражающая определенные этапы истории развития третичного бассейна Западной Африки. Любопытно отметить, что иногда в описываемых отложениях встречается на первый взгляд трудно генетически объяснимая ассоциация каолинита, монтмориллонита и магнезиальных силикатов. Присутствие ее связано со спорадическим поступлением в бассейн седиментации с континента не только растворенных веществ, но и обломочных продуктов кор выветривания.

Краткую, но очень содержательную главу IX Милло посвящает описанию процессов окремнения и окварцевания. Им приводятся новые данные о растворимости кремнезема в природных водах, очень интересные материалы структурных и электронномикроскопических исследований, доказывающие кристаллическую природу опалов и халцедонов. В свете современных результатов опровергаются прежние представления об участии в процессах аутигенного минералообразования коллоидального кремнезема и выдвигается новая гипотеза роста кристаллов за счет присутствия в растворах мономерного кремнезема. Возможность роста новообразований связана с тем, что природные растворы, резко ненасыщенные SiO_2 по отношению к аморфному кремнезему, пересыщены по отношению к его кристаллическим формам. Степень кристалличности возникающих новообразований определяется возможностью упорядоченного роста кристаллов из разбавленных чистых растворов. Присутствие в растворах катионов или других примесей препятствует формированию упорядоченных структур аутигенного кварца и ведет к появлению микрокристаллических и криптокристаллических образований халцедонов и опалов.

Катионы металлов, увеличивающие неупорядоченность в новообразованиях кремнезема, в случае обилия их в определенных условиях могут вовлечь ионы кремнезема в новый процесс формирования структур глинистых минералов. Этим обстоятельством, как считает Милло, объясняется частое совместное присутствие новообразований монтмориллонита и магнезиальных силикатов с кристобалитом, опалом и другими кремнистыми образованиями.

Эти данные, так же как и исключительно важная и содержательная сводка экспериментальных работ последних лет по синтезу глинистых минералов, широко используются Ж. Милло в главе X, посвященной

происхождению глинистых минералов. Особое внимание уделяется обсуждению явления *трансформации*. Трансформированные глинистые минералы являются как бы промежуточными звеньями между обломочными (унаследованными) компонентами и новообразованиями. Подчеркивается расплывчатость границ этой группы, так как в одном случае к ней могут относиться минералы, в которых трансформация только началась и выражается в небольших изменениях в межслоевых промежутках, в другом — переработка структуры зашла так далеко, что, по существу, через ряд промежуточных переходов возникает уже новая фаза, которую можно рассматривать как новообразованный глинистый минерал. Явление трансформации проявляется в двух типах процессов, названных Люка и Милло, *деградацией* и *аградацией* (первый термин использовался и раньше, второй введен впервые). Дегградация выражается в обеднении межслоевых промежутков катионами, аградация — в обогащении ими. Первый процесс свойствен обстановкам выщелачивания и выноса катионов, второй протекает в средах, насыщенных катионами, могущих иметь место в бассейнах с хемогенной седиментацией или в течение постседиментационного периода при участии иловых и подземных растворов с повышенной концентрацией солей.

Хотя Милло в описании главных рядов дегградации и аградации допускает ряд принципиальных ошибок, на которых мы остановимся дальше, нельзя переоценить всю важность введения в минералогию глинистых минералов самого понятия — трансформация. Изучение типичных рядов кристаллохимической трансформации главных глинистых минералов явится надежным ключом для понимания истории образования и изменения как отдельных минеральных видов, так и формирования важнейших парагенетических ассоциаций глинистых минералов, свойственных определенным петрографическим типам отложений в определенных геологических обстановках. Накопление такого фактического материала позволит в будущем правильно оценить в каждом конкретном случае удельный вес обломочного унаследованного материала, степень его преобразования и роль новообразованных компонентов. Причем Милло справедливо подчеркивает всю трудность во многих случаях решения вопроса о том, что является истинным новообразованием. В частности, нет принципиальной разницы между глауконитом, возникшим синтетическим путем, и глауконитом, образующимся в результате трансформации обломочного биотита и «использующим» элементы структуры «минерала-родоначальника».

Не вызывает сомнений, что к настоящему времени назрела насущная необходимость нового подхода к изучению глинистых минералов — изучению истории кристаллохимических превращений главных минералов в различных обстановках седиментогенеза, диагенеза и постседиментационных изменений. В самом деле, один и тот же фактический материал нередко трактуется сторонниками разных направлений по-разному. Например, упоминавшееся уже широко известное явление преимущественного распространения каолинита в осадках прибрежных фаций, сменяющегося при движении к центральным частям ассоциацией гидрослюды, монтмориллонита и иногда хлорита, проиллюстрированное в книге Милло ссылками на работы Смута [Smoot, 1960], Джонса, Грима [Jones, Grim, 1954] и др., а у нас подробно описанное М. А. Ратеевым [1964] на примере ряда каменноугольных и девонских бассейнов Русской платформы, объясняется по-разному. Милло, а в СССР А. Б. Ронов и А. А. Мигдисов (1960), также изучавшие глины каменноугольных отложений Русской платформы, и М. Ф. Викулова, изучавшая мезозойские отложения Западной Сибири, склонны объяснить это явление переработкой каолинита в течение седиментогенеза и диагенеза;

