

УДК 552.52+552.5+553.98.061.5+553.98.061.3

ЛИТОЛОГИЯ

Академик Н. В. БЕЛОВ, И. Д. ЗХУС, Г. И. КРУТОВА, Н. Н. ПАВЛОВА

О ТРАНСФОРМАЦИИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В ПРИСУТСТВИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Многочисленные наблюдаемые в природе факты, а в последнее время и экспериментальные исследования подтверждают несостоятельность представлений о чрезвычайной устойчивости глинистых минералов и фиксируют разнонаправленные и различающиеся по интенсивности преобразования глинистых ассоциаций в осадках и осадочных породах на всех стадиях литогенеза.

Особое значение имеют вопросы, связывающие трансформацию и аутигенное образование глинистых минералов с происхождением нефти и формированием ее залежей. Положение о каталичности глинистых минералов лежало в основе представлений о каталическом воздействии глинистого вещества на органическое в процессах битумо- и нефтеобразования. Авторы, развивавшие такие взгляды, как правило, не изучали глинистого вещества — в фокусе внимания были органические соединения, преобразования которых в присутствии глинистых минералов установлены совершенно однозначно.

На основании энергетической теории Н. В. Белова и В. И. Лебедева (^{1, 2}) И. Д. Зхусом (³) в 1958 г. впервые высказано предположение, развитое в ряде других работ того же автора (^{4, 5}), о том, что при преобразовании рассеянных органических соединений глинистые минералы не только играют роль катализаторов, но и сами активно участвуют в реакциях и изменяются, способствуя первичной миграции преобразованного органического вещества — его аккумуляции в ловушках. В то время это предположение оставалось уязвимым для критики и негативной трактовки, ибо возможности его обоснования не могли идти дальше аргументаций, полученных при сопоставлении глинистых ассоциаций пород на разных стадиях литогенеза, которые накапливались в неодинаковых природных обстановках геологического прошлого.

В последние годы совершенствование экспериментальной техники, появление новых приборов и установок сделали возможным моделирование природных процессов с созданием необходимых параметров, прежде всего термобарических.

Моделирование преобразований отдельных глинистых минералов было с успехом разрешено работами В. А. Франк-Каменецкого и его сотрудников (^{6, 7}): не только стали доказанными изменения монтмориллонита, смешаннослойных (гидрослюдисто-монтмориллонитовых), а также псевдослоистых (пальгорскита и сепиолита) минералов, но были выявлены стадии их превращений. И все же результаты этих исследований нельзя было рассматривать в качестве исчерпывающего доказательства преобразования глинистых минералов в природных условиях.

Авторами настоящего сообщения изучались естественные смеси глинистых минералов, выделенные из осадочных пород (фракции < 0,001 мм). Объектами исследования послужили палеогеновые и юрские отложения Ферганской впадины и юрские — Мангышлака. Изучалось и сопоставлялось глинистое вещество одновозрастных и однофациальных образований, залегающих на различных глубинах. Образцы при этом отбирались таким

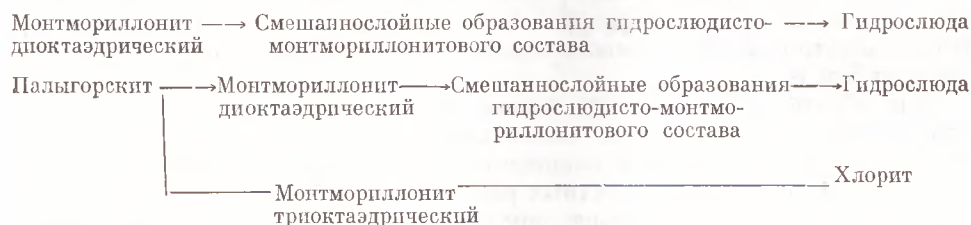
образом, чтобы пробы с малых глубин представляли участки, не испытывавшие после накопления исследованных пород существенных погружений. Особенно удачными в этом отношении были палеогеновые отложения Ферганы. Их глинистое вещество изучалось по неглубоким (200—2200 м) скважинам, по естественному разрезу Нарынской моноклинали (левый берег р. Нарын у г. Ташкумыр КиргССР) и по глубоким скважинам (до 5500—6000 м).

Последние (Чуст-Пап, Гумхана) доведены до риштанских и туркестанских слоев палеогена, что обусловило возможность сопоставления глинистого вещества именно этих горизонтов, поскольку во время их накопления Ферганский залив свободно сообщался с открытым морем, характеризовался нормальной соленостью и был окружен аридной сушей⁽⁸⁻¹⁰⁾.

Сравнение глинистых ассоциаций туркестанских и риштанских слоев в ряде скважин, последовательно вскрывающих их на все большие глубинах, показало тенденцию к росту содержания хлорита и особенно гидрослюда, за счет сокращающихся количеств набухающих компонентов и палыгорскита.

На площади Сузак, где туркестанские слои залегают на глубине около 200 м, рентгеновская дифрактометрия, термография и электронная микроскопия выявили ~30% монтмориллонита, ~20—25% смешаннослойных образований ряда монтмориллонит — гидрослюда, до 5% хлорита и не более 40% гидрослюда. В районе Майли-Су III, на глубине около 1500 м, соотношения между глинистыми минералами несколько изменяются: гидрослюда уже не менее 50%, монтмориллонит и смешаннослойные образования в сумме составляют около 30%, становится меньше палыгорскита и больше — хлорита. На площади Западный Палванташ, на глубине около 2200 м в туркестанских слоях наблюдается дальнейший рост содержания гидрослюда — до 70% всего глинистого вещества, набухающих компонентов — до 20%; здесь содержатся лишь единичные индивиды палыгорскита и заметно возрастает количество хлорита. В отложениях тех же туркестанских и риштанских слоев, но глубоко погруженных — на площадях Чуст-Пап и Гумхана, обнаружены идентичные ассоциации глинистых минералов, сложенные только гидрослюдой и хлоритом, при полном отсутствии набухающих образований и палыгорскита.

Упомянутыми исследователями^(6, 7) для диоктаэдрического монтмориллонита и палыгорскита, исчезающих на больших глубинах, установлены следующие направления и стадии преобразования:



Представляется естественным, что появление двухкомпонентных гидрослюдисто-хлоритовых ассоциаций в туркестанских и риштанских слоях на больших глубинах связано с подобными превращениями монтмориллонита в гидрослюду, а палыгорскита — в гидрослюду и хлорит. Достаточно очевидно, что в гидрослюду преобразованы смешаннослойные компоненты, а изначально присутствовавшие в ассоциациях гидрослюда и хлорит сохранились. Однако убедительность это заключение приобретает при экспериментальном его подтверждении, что и было выполнено авторами сначала в Ленинградском университете при любезном содействии В. А. Франк-Каменецкого, Э. А. Гойло и Н. В. Котова, а затем в Московском университете и в Институте горючих ископаемых.

Глинистое вещество, которое выделено из туркестанских и рихтанских слоев, вскрытых мелкими скважинами, и которое сложено, как указывалось, пятью компонентами, было подвергнуто давлению (1000—1100 атм.) при 300—350° в присутствии хлоридов калия и магния. Длительность опытов составляла от 24 до 96 час. После обработки в глинистом веществе всех указанных проб сохранились только гидрослюда и хлорит, т. е. те же два компонента, которые обнаружены в разновозрастных отложениях на больших глубинах. Таким образом, мы считаем доказанным, что, во-первых, наблюдаемые в природе различия состава глинистого вещества разновозрастных и однофациальных отложений, находящихся на разных стадиях литогенеза, связаны с трансформацией глинистых минералов и что, во-вторых, изменения последних в естественных смесях могут воспроизводиться в лабораторных условиях.

Практически все осадки и осадочные породы содержат то или иное количество органического вещества. Поскольку в природе происходят аналогичные изменения минералов, то, очевидно, им не препятствуют органические соединения. Вместе с тем, для доказательства этого тезиса, следовало произвести эксперименты, подобные описанным, но в присутствии органических соединений, что и составило задачу следующего этапа работы.

В качестве исходного глинистого вещества использован огланлинский бентонит (щелочная разность); термобарические условия во время опытов варьировали в тех же пределах, что и при экспериментах с глинистым веществом, выделенным из палеогеновых отложений. Но помимо хлоридов калия и магния в испытываемые пробы добавлялись органические соединения: α -пинен, стеариновая кислота, олеиновая кислота, бензиновая фракция, выкипающая до 200°, и парафино-циклопарафиновая часть, выкипающая выше 420°.

Рентгенометрия проб после проведения этих опытов и сравнение с дифрактограммами необработанного бентонита показала изменения, подтверждающие ту же направленность преобразований монтмориллонита — его гидрослюдизацию, которая выявлена опытами с глинистыми минералами и их смесями без органической составляющей.

На исходной дифрактограмме огланлинского бентонита в малоугловой части выделяется только один пик, который отвечает межплоскостному расстоянию 12,8—13,2 Å и который после насыщения этиленгликолем смещается вправо до 17 Å. Дифрактометрические кривые того же бентонита, обработанного указанными выше приемами в течение не более 24 час., имеют существенно иную конфигурацию, с тем принципиальным отличием, что в малоугловой части вместо одного появляется целая серия рефлексов — от 5 до 8.

Для образца, обработанного α -пином, межплоскостные расстояния, отвечающие этим рефлексам, колеблются от 10 до 14,16 Å; насыщение этиленгликолем приводит к смещению вправо только их части, причем крайние значения межплоскостных расстояний, 9,91 и 17 Å, свидетельствуют о появлении, правда в небольшом количестве (до 10—15%), гидрослюды и сохранении около 50% монтмориллонита. Промежуточные значения (001) для того же образца равны 12,8; 14,7 и 16,4 Å, что по диаграмме Уивера⁽¹¹⁾ отвечает неупорядоченным смешаннослойным образованиям ряда монтмориллонит — гидрослюда с содержанием набухающих (монтмориллонитовых) фрагментов соответственно ~30, ~40 и ~60%. Глинистое вещество продуктов преобразования бентонита, обработанного другими упоминавшимися органическими соединениями, характеризуется близкими к приведенным значениями межплоскостных расстояний на дифрактограммах как исходных препаратов, так и насыщенных этиленгликолем.

Можно считать, что результаты проведенных экспериментов однозначно отвечают на вопрос о том, происходят ли, а если происходят, то в каком направлении протекают преобразования глинистых минералов под влия-

нием высоких температур и давлений, в присутствии ионов щелочных (калий) и щелочноземельных (магний) и органических соединений. Выполненная серия опытов подтверждает высказанную гипотезу ⁽³⁾ о взаимодействии между глинистой составляющей и органическим веществом в процессах битумообразования, причем глинистые минералы активно участвуют в реакциях и изменяются в соответствии с изменениями окружающей среды.

Практическое значение этих результатов для нефтяной геологии заключается в том, что при преобразовании глинистых минералов изменяются фильтрационно-емкостные и экранирующие свойства пород. Глинистые покрывки, которые на малых глубинах в основном состоят из набухающих минералов, в погруженных участках теряют флюидоупорные свойства, их сорбционная емкость падает, могут появиться незалечивающиеся сообщающиеся трещины — породы превратятся в глинистые трещиноватые коллекторы, подобные известным в некоторых нефтяных месторождениях США. Одновременно терригенные коллекторы, из-за окварцевания, теряют пористость, их проницаемость со временем снизится и, в конечном счете, они могут стать экранами. Как результат — при завершении катагенеза или в метакатагенезе возможно перераспределение нефтяных залежей, которые окажутся заключенными в бывших покрывках и экранированы бывшими коллекторами.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
11 I 1974

Институт геологии и разработки горючих ископаемых
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. В. Белов, В. И. Лебедев, Природа, № 5 (1957). ² В. И. Лебедев, Основы энергетического анализа геохимических процессов, 1957. ³ И. Д. Зхус, ДАН, т. 123, № 2 (1958). ⁴ И. Д. Зхус, Глинистые минералы и их палеогеографическое значение, 1966. ⁵ И. Д. Зхус, Тр. Ташк. госуд. ун-та, в. 431 (1972). ⁶ В. А. Франк-Каменецкий, Матер. X Пленума Всесоюз. комиссии по изучен. и использованию глин, 1973. ⁷ Э. А. Гойло, Рентгеновские исследования трансформационных превращений каолинита, метакалдузита и монтмориллонита при повышенных температурах, давлениях и в растворах хлоридов К, Na, Са, Mg. Автореф. кандидатской диссертации, 1970. ⁸ А. М. Акрамходжаев, А. К. Каримов и др., Фациально-литологические и битуминологические предпосылки нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции в мезозойских и палеогеновых отложениях Ферганской впадины, 1966. ⁹ А. М. Акрамходжаев, Органическое вещество — основной источник нефти и газа, 1973. ¹⁰ А. М. Габрильян, Литология, палеогеография и вопросы нефтеносности верхнего мела и палеогена Ферганской депрессии, 1957. ¹¹ Ч. Е. Уивер, Распространение смешанно-слоистых глинистых минералов и их определение в осадочных породах, Сборн. Вопросы минералогии глин, 1962.