Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 4

ПЕТРОГРАФИЯ

В. Д. ЛОМТАДЗЕ

СТАДИИ ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ПРИ ИХ ЛИТИФИКАЦИИ

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 24 XII 1954)

Длительный процесс изменения состава, состояния и свойств глинистых пород при их литификации распадается на две стадии. Первая из них — стадия ила, т. е. свежеотложившегося глинистого осадка, находящегося в сильно гидратированном состоянии, превращающегося под

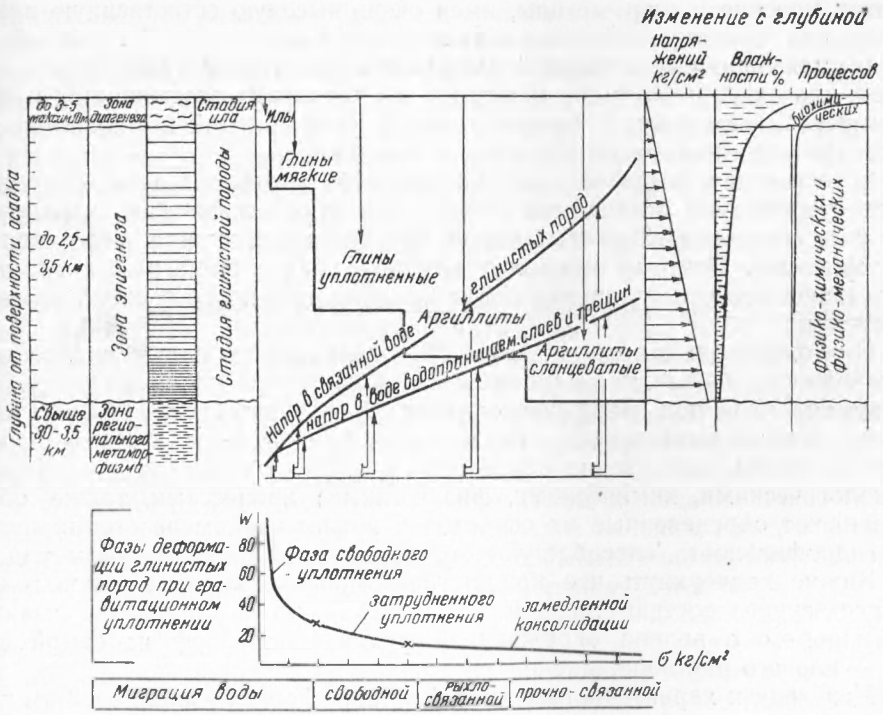


Рис. 1. Схема формирования свойств глинистых пород при их литификации

влиянием процессов диагенеза в глину. Вторая стадия состоит из ряда последовательных фаз, а именно: превращения глины под влиянием процессов эпигенеза в уплотненную глину, а затем в аргиллит, аргиллита — в сланцеватый аргиллит, который при соответствующих условиях, в зоне метаморфизма, может превратиться в глинистый сланец филлитизированный, а затем в филлит (см. рис. 1).

Для каждой из названных стадий образования глинистой породы, как и для ископаемых углей ([1]), можно дать следующую характеристику. Место действия первой стадии — водоем; продолжительность — тысяче-

летия в ту или иную геологическую эпоху; обстановка — толща осадков сравнительно небольшой мощности. Физико-химические условия развития диагенетических процессов в морских и некоторых озерных глинистых илах существенно отличны от условий наддонной среды. Эти условия благоприятны для сохранения и формирования в составе илов породообразующих минералов из группы гидрослюд и монтмориллонита, для постепенного уменьшения в их составе органического вещества, образования большей группы диагенетических минералов и в известной мере микроагрегатов. В результате обменных процессов в составе поглощенных оснований илов основное место, как и у континентальных отложений, занимают кальций и магний, а подчиненное значение имеют натрий и калий.

Важнейшим процессом, регулирующим все геохимические процессы при диагенезе глинистых осадков, является их дегидратация. Дегидратация глинистых осадков начинается обычно с момента их отложения и состоит в высвобождении (миграции) сначала свободной, а затем и физически связанной воды (водный раствор), в переходе ее в воду свободную, в непрерывном движении воды со все возрастающей скоростью в общем из области повышенного уплотняющего давления на глубине к области пониженного уплотняющего давления у поверхности.

Дегидратация осадка, естественно, вызывает изменение его физического состояния и, соответственно, свойств. В самых приповерхностных горизонтах морские и озерные илы, имея очень высокую естественную влажность, как правило, находятся в явно текучем состоянии. С глубиной, по мере уменьшения естественной влажности, они приобретают скрыто текучее или вязко пластичное состояние, их пористость уменьшается и объемный вес возрастает. В процессе всех этих изменений возникают и постепенно упрочняются структурные связи илов.

Естественная влажность, пористость, объемный вес и консистенция илов существенно отличаются от значений этих показателей, характеризующих состояние глинистых пород, претерпевших ту или иную степень литификации. Поэтому они могут служить количественным выражением того исходного состояния глинистых осадков, при котором начинается их диагенез.

Ничтожная уплотненность илов обусловливает их малую прочность и устойчивость, большую сжимаемость и малое сопротивление сдвигу. Деформация илов под нагрузкой характеризуется фазой свободного уплотнения, сопровождающегося миграцией свободной воды. Физико-химические процессы, развивающиеся в илах в неразрывной связи с другими (биологическими, химическими, физическими) процессами, также обусловливают определенные их свойства и в известной мере ограничивают их гидрофильность, способствуют образованию микроагрегатов и т. д.

Важно подчеркнуть, что при диагенезе происходит изменение не только вещественного состава твердой фазы осадка, но в результате взаимодействия его с водной окружающей средой — метаморфизм самой среды — илового раствора.

Переходя к характеристике второй стадии формирования свойств глинистых пород, необходимо отметить следующее. Место действия второй стадии — пласт горной породы, погребенный под толщей других пород; продолжительность — миллионы лет; обстановка — недра земли, все более и более глубокие. В связи с постепенно увеличивающимся гравитационным уплотняющим давлением с глубиной, постепенно уменьшается естественная влажность пород и, соответственно, затухает бактериальная жизнь. Поэтому биохимические процессы, имеющие первостепенное значение в зоне диагенеза, в зоне эпигенеза приобретают подчиненное значение. В этой зоне получают наибольшее развитие процессы физико-механические и физико-химические. Они совершаются в толще пород, достигающей большой мощности. При эпигенезе продолжаются процессы изменения состава, состояния и свойств пород. Направленность этих про-

цессов примерно такая же, как и при диагенезе, и состоит в приспособлении состава и состояния пород к новым геохимическим и геологическим условиям. Однако при эпигенезе все эти процессы имеют явно замедленный характер и поэтому трудно уловимы.

После превращения глинистых осадков в глинистые породы они продолжают уплотняться. Уплотнение глинистых пород сопровождается миграцией из них влаги, цементацией, а также кристаллизацией различных компонентов из отжимаемых водных растворов. В процессе уплотнения и дегидратации некоторые компоненты твердой фазы глинистых пород подвергаются перекристаллизации и приспосабливаются к условиям повышенного давления и температуры. В результате этого возникшие в глинистом осадке (в илу) структурные связи усиливаются, упрочняются, и глинистая порода постепенно утрачивает свою текучесть, а затем и пластичность и приобретает свойства полутвердого или твердого тела — массивной породы. Естественно, что все эти эпигенетические преобразования породы сопровождаются упрочнением не только всей породы в целом, но и отдельных составляющих ее микроагрегатов и макроагрегатов. При этом еще более заметные изменения происходят в степени дисперсности глинистых пород, в их гранулометрическом составе, чем при диагенезе.

Некоторые изменения при эпигенетических превращениях глинистых пород наблюдаются и в их минеральном составе. Однако эти изменения устанавливаются главным образом в составе минералов-примесей и мало заметны в составе основных породообразующих глинистых минералов. Зона эпигенеза, повидимому, наследует состав глинистых минералов, сформировавшихся в период седиментации и диагенеза глинистых отложений. Эти обстоятельства позволяют поэтому использовать минеральный состав тонкодисперсной части глинистых пород для стратификации глинистых толщ и восстановления палеогеографических условий их накопления.

При повышении минерализации подземных вод с глубиной в недрах земной коры из них последовательно начинают кристаллизоваться различные соли. В первую очередь из них выпадают в осадок карбонаты кальция и магния. Происходит карбонатизация горных пород. Выпадению карбонатов в осадок способствует и уменьшение содержания CO_2 с глубиной. Характерной особенностью для зоны карбонатизации пород является также их доломитизация. Карбонатизация пород, и в том числе их доломитизация, способствует уменьшению их гидрофильности, упрочняет их структурные связи, повышает жесткость и прочность глинистых пород, т. е. улучшает их строительные качества. После выпадения в осадок карбонатов начинается кристаллизация сульфатов кальция, гипса и ангидрита. Обогащение пород такими воднорастворимыми солями, как гипс и ангидрит, с инженерно-геологической точки зрения ухудшает их свойства.

Для нижней части зоны эпигенеза характерна повышенная активность кремнекислоты по сравнению с углекислотой. В этой подзоне наблюдается обогащение пород кремнеземом. С инженерно-геологической точки зрения это новое преобразование состава пород на более глубоких горизонтах земной коры улучшает их качества.

Из изложенного видно, что при эпигенетических процессах в горных породах происходят некоторые изменения в их вещественном составе. При этом в результате кристаллизации коллоидов, перекристаллизации различных минеральных образований, возникновения микроагрегатов, эпигенетических минералов в глинистой породе формируется больше алевритовых и псаммитовых составляющих. Поэтому структура их постепенно также изменяется. Как отмечено было выше, существенные изменения происходят также в характере и прочности структурных связей.

При диагенетических, и особенно эпигенетических преобразованиях пород повышенное или высокое уплотняющее давление ориентирует согласно слоистости кристаллизацию новых минералов. Этим самым слои-

стая текстура пород усиливается. При хорошо выраженной слоистой текстуре отвердевшие глинистые породы легко расслаиваются на плитки, пластинки, часто очень тонкие. Это явление обнаруживает зачатки перехода слоистой текстуры в сланцеватую. Формирование таких текстур влияет на еще более сильно выраженную анизотропность водных и механических свойств глинистых пород.

Следствием различных эпигенетических преобразований глинистых пород является изменение их состояния, сопровождающееся изменением как внешнего облика пород, так и их свойств. В соответствии с этим глины мягкие постепенно переходят в глины уплотненные, последние затем превращаются в аргиллиты и аргиллиты сланцеватые. Следовательно, показатели, характеризующие состояние сланцеватых аргиллитов, могут служить мерой наивысшей степени литификации глинистых пород. Многие морские и озерные илы имеют объемный вес скелета 0,6—0,8 г/см³. Объемный вес скелета сланцеватых аргиллитов обычно близок к их удельному весу и достигает 2,65—2,75 г/см³. Соответственно пористость изменяется от 75—80 до 1—2%, а коэффициент пористости от 3—4 до 0,09 и меньше. Таким образом, диапазон изменений состояния и свойств глинистых пород при их литификации от ила до сланцеватого аргиллита контролируется довольно точно. Наиболее типичные показатели свойств глинистых пород различной степени их литификации показаны в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что под влиянием процессов эпигенеза свойства глинистых пород претерпевают существенные изменения. Эти изменения особенно наглядно проявляются при сравнении естественной уплотненности глинистых пород. В соответствии с различной уплотненностью глинистых

Таблица 1

Показатели	Глинистый ил	Глины мягкие	Глины уплотненные	Аргиллиты	Аргиллиты сланцеватые
Естественная влажность, %	75—80	80—30	35—12	15—3	<3—4
Объемный вес скелета, г/см³	0,6—0,8	0,8—1,40	1,35—1,90	1,90—2,65	2,65—2,75
Пористость, %	75—80	80—40	45—25	30—4	4—5
Коэффициент пористости	3—4	3—0,60	0,60—0,35	0,30—0,1	0,1
Консистенция	Жидко- или вязко-текучая	Текучая пластичная	Пластичная полутвердая	Полутвердая	Твердая

пород в геологическом прошлом находится различная степень их сжимаемости в настоящем. При этом деформация глинистых пород под нагрузкой характеризуется главным образом фазами затрудненного уплотнения и замедленной консолидации, сопровождающимися миграцией связанной воды.

Итак, при литификации глинистых отложений происходят существенные изменения их состава, состояния и свойств — формируется их прочность и устойчивость. В ходе всех этих изменений важнейшим процессом, регулирующим все геохимические процессы в глинистых отложениях, является их дегидратация под влиянием гравитационного уплотнения.

Ленинградский горный институт

Поступило
8 XII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Ю. А. Жемчужников, Две стадии в образовании ископаемых углей и их петрографическое выражение. Химия и генезис твердых горючих ископаемых, Изд. АН СССР, 1953. [2] В. Д. Ломтадзе, Зап. Лен. горн. инст., **29**, 2 (1953). [3] В. Д. Ломтадзе, ДАН, **98**, № 3 (1954). [4] Н. М. Страхов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1953).