

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

В. Д. ЛОМТАДЗЕ

**О РОЛИ ПРОЦЕССОВ УПЛОТНЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ ОСАДКОВ
В ФОРМИРОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

(Представлено академиком Н. М. Страховым 8 VII 1954)

В комплексе естественно-исторических процессов, обуславливающих формирование подземных вод, большое значение имеет процесс образования глинистых осадков. Особенности глинистых осадков является своеобразный минеральный состав и значительные размеры удельной поверхности слагающих их частиц, с которой связываются значительные количества влаги при их седиментации, особенно в субаквальных условиях. Поэтому глинистые осадки в условиях стратисферы могут рассматриваться как аккумуляторы огромных запасов влаги ⁽¹⁾.

В период накопления глинистых осадков в водном бассейне свободная вода в их составе преобладает над водой связанной. Влажность таких отложений обычно оказывается равной 90—100% и более. При такой влажности свежееотложившиеся глинистые осадки — илы находятся в сильно гидратированном текучем или скрыто текучем состоянии. По мере уплотнения из них вначале отделяется вода свободная, а затем связанная.

Высокая влажность осадков в раннем диагенезе создает благоприятные условия для развития весьма обильного и разнообразного бактериального мира и обуславливает активность различных геохимических процессов. На более глубоких горизонтах осадков, по мере потери ими воды, число бактерий быстро и резко убывает, а активность геохимических процессов заметно ослабевает.

Дегидратация глинистых осадков начинается обычно с момента их отложения ⁽²⁾ и не только вызывает изменение их физического состояния, но приводит и к изменению состава содержащейся в них влаги. Параллельно с процессами дегидратации в глинистых отложениях происходят сложные изменения слагающих их минеральных образований, перераспределение минерального вещества и цементация. Все это совершается в результате работы, выполняемой в значительной части потоками воды (водные растворы), отжимаемой из осадка при его уплотнении.

В ходе формирования свойств глинистой породы (до этапа более глубокого изменения ее состава, свойств и состояния при метаморфизме или при выветривании) можно выделить две стадии. Первая — стадия ила, т. е. свежееотложившегося на дне водоема глинистого осадка, находящегося в сильно гидратированном состоянии, превращающегося постепенно под влиянием процессов диагенеза в глину. Вторая стадия состоит из ряда последовательных фаз: превращения глины под влиянием процессов эпигенеза в уплотненную глину, а затем в аргиллит, последнего — в глинистый сланец, который при соответствующих условиях может превратиться в глинистый сланец филлитизированный, а затем в филлит.

Для каждой из названных стадий образования глинистой породы, как и для ископаемых углей ⁽³⁾, можно дать следующую характеристику.

Место действия первой стадии — водоем, время — тысячелетия в ту или иную геологическую эпоху; обстановка — дно водоема. Характерным

для этой стадии является жидкая, текучая консистенция осадка, энергичное развитие различных процессов диагенеза, особенно биохимических, химических и физико-химических и сравнительно небольшая мощность толщ осадков, в которой получают развитие все эти процессы.

Место действия второй стадии — пласт горной породы, погребенной под толщей других пород; время — миллионы лет; обстановка — недра земли, все более и более глубокие. Здесь имеют место повышенные давление и температура. Процессы эпигенеза имеют замедленный характер, из них первостепенное значение начинают приобретать физико-механические и физико-химические. Все эти процессы получают развитие в толще пород, достигающей большой мощности.

В сложном процессе формирования свойств глинистой породы можно, таким образом, выделить явления различного характера: химические, биохимические, физико-химические, физико-механические и др. Однако в ходе всех этих изменений глинистых отложений, особенно на ранних стадиях их литификации, определяющую роль играют процессы дегидратации, являющиеся следствием главным образом их гравитационного уплотнения.

Результаты новых экспериментальных работ, выполненных с образцами пород естественного сложения и влажности (см. табл. 1), как и ранее выполненными с искусственно приготовленными образцами (см. табл. 2), показывают, что при уплотнении глин могут выделяться огромные количества воды и что процесс выжимания воды из глин происходит непрерывно во времени и может протекать почти до полного ее отделения. Так, например, при нагрузке до 3000 кГ/см² 1 м³ кембрийской глины с начальной влажностью в 28,0% может выделить примерно 0,37 м³ воды.

Если вспомнить, что влажность глинистых осадков морских и озерных водоемов в начальных стадиях диагенеза достигает 90—100 и более процентов и затем в связи с выжиманием воды гравитационными силами постепенно уменьшается и что глинистые породы составляют 70—80% общего количества осадков стратисферы, то становится понятной роль дегидратации таких осадков при их литификации в формировании подземных вод. Результаты экспериментальных работ не подтверждают и частично опровергают ранее существовавшее представление о предельной

Таблица 1

Изменение влажности глин при уплотнении их различными нагрузками

Нагрузка в кГ/см ²	Влажность в %				
	ил Фин- ского залива	ленточная глина, Ленинград	иольдиевая глина р. Выг	иольдиевая глина р. Кума	кембрий- ская глина, Ленин- град
0,0	71,2	31,4	45,8	33,0	11,7
60,0	30,8	17,1	28,6	21,1	—
150,0	23,5	14,0	22,8	17,2	—
500,0	17,9	11,5	19,5	12,8	—
1000,0	12,2	8,5	14,3	9,7	8,7
2000,0	—	—	—	—	6,8
3000,0	—	—	—	—	5,2

Таблица 2

Изменение влажности кембрийской глины при уплотнении ее различными нагрузками

Нагрузка в кГ/см ²	Влажность в %		
	глина с дистиллир. водой	глина с 0,1 н раствором NaCl	глина с 1 н раствором NaCl
0,0	40,1	39,8	39,1
60,0	13,8	14,1	14,3
150,0	10,8	10,3	11,9
500,0	8,2	9,0	8,9
1000,0	6,4	6,8	7,5
2000,0	5,3	5,1	6,2
3000,0	4,6	4,5	5,2
5000,0	3,2	3,6	3,8

Если вспомнить, что влажность глинистых осадков морских и озерных водоемов в начальных стадиях диагенеза достигает 90—100 и более процентов и затем в связи с выжиманием воды гравитационными силами постепенно уменьшается и что глинистые породы составляют 70—80% общего количества осадков стратисферы, то становится понятной роль дегидратации таких осадков при их литификации в формировании подземных вод. Результаты экспериментальных работ не подтверждают и частично опровергают ранее существовавшее представление о предельной

возможности отделения влаги из глин действием гравитационной нагрузки. Больше того, опыты показывают, что в процессе уплотнения глин и выжимания из них воды влажность глин становится меньше их максимальной гигроскопичности⁽⁴⁾ и что вода связанная может мигрировать из глин в водоносные горизонты или другие более водопроницаемые породы-коллекторы. Эта миграция происходит под влиянием гидростатического напора, развивающегося в связанной воде глин под действием гравитационной нагрузки. Так как гидростатический напор в связанной воде глин (обусловленный весом вышележащих пород) почти всегда выше гидростатического напора в воде водоносных горизонтов-коллекторов (обусловленного превышением уровня воды в области питания над уровнем воды в области разгрузки), то естественно, что при миграции воды из глин происходит обновление (и «продавливание») воды в водоносных горизонтах-коллекторах. Следовательно, предполагать наличие вод морских «реликтовых» или «погребенных» в недрах земли даже в зонах замедленного или весьма замедленного водообмена⁽⁵⁾ не представляется возможным. Важно заметить, что анализ существующих материалов глубокого бурения, в том числе по ряду глубоких опорных скважин, вскрывших толщи глинистых пород до глубины 2500—3000 м, показывает, что влажность глинистых пород и их пористость непрерывно и закономерно с глубиной уменьшаются, а плотность возрастает. Это, несомненно, доказывает, что эпигенетические процессы, и в том числе процессы гравитационного уплотнения, распространяются на глубины, измеряемые 2—3 тысячами метров. Связь изменений влажности глинистых пород изменением их плотности и пористости показывает, что процессы дегидратации непрерывно сопровождают уплотнение пород.

Результаты экспериментальных работ со всей очевидностью показывают, что в процессе уплотнения глины и выжимания из нее воды изменяются не только свойства самой глины, но и свойства воды, как связанная вода переходит в свободную. Косвенным показателем этого являются изменения электропроводности растворов, отжатых из глин, имеющих естественную влажность (см. табл. 3).

Таблица 3
Электропроводность растворов, отжатых из
глин различными нагрузками

Наименование породы	Нагрузка в кг/см ²	Электропро- водность в обратных омах ($\times 10^4$)
Ленточная глина, Ленинград	60	2268
	150	2153
	500	1988
	1000	1962
Иольдиевая глина, р. Выг	60	413
	150	359
	1000	316
Кембрийская глина, Ленинград	1000	9087
	2000	6384
	3000	5487

Итак, в ходе литификации глинистых осадков от ила до глинистой породы происходит непрерывное выжимание из них воды — вначале свободной, а затем связанной. Этот процесс миграции воды из глинистых пород под влиянием их гравитационного уплотнения обуславливает непрерывное обновление воды в водоносных горизонтах-коллекторах, и, наряду с другими процессами (выщелачиванием, диффузией, обменной адсорбцией), изменение их состава. В частности, есть основания предпо-

лагать, что формирование хлор-кальциевых рассолов в зонах весьма затрудненного водообмена происходит и при участии воды (растворов), отжимаемой из глин. В поглощенном комплексе современных глинистых илов как южных, так и северных морей преобладают Ca^{++} и Mg^{++} . Последние увлекаются в недра земли вместе со связанной водой, и там под влиянием гравитационного уплотнения глин из них мигрируют в водоносные горизонты-коллекторы. Отжатие растворов из глинистых пород, имеющих в своем составе относительно повышенное содержание кальция, и обуславливает обогащение им вод водоносных горизонтов.

Такие явления, видимо, происходили и при развитии осадочной оболочки земной коры в прошлые геологические периоды.

Ленинградский горный институт

Поступило
21 IV 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Я. Денисов, ДАН, 58, № 7 (1947). ² Н. М. Страхов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1953). ³ Ю. А. Жемчужников, Сборн. Химия и генезис твердых горючих ископаемых, Изд. АН СССР, 1953. ⁴ В. Д. Ломтадзе, Зап. Лен. горн. инст., 29, в. 2 (1953). ⁵ Н. К. Игнатович, Сов. геол., 19 (1947).