

И. Г. КОРОБАНОВА

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕЗОЗОЯ
КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ**

(Представлено академиком Н. М. Страховым 19 I 1970)

Современной литологией установлен стадийный характер формирования осадочных пород при их литогенезе.

Литификация глинистых пород, наряду с минералого-петрографическими преобразованиями является одной из сторон их постседиментационных изменений (²⁻⁵). Количественным выражением степени литификации глинистых пород могут служить показатели их физико-механических свойств.

Изучение закономерностей формирования физико-механических свойств осадочных пород является теоретической основой оценки их в инженерно-геологических целях и представляет существенный интерес для понимания процессов литогенеза.

При изучении общих закономерностей литогенеза осадочных пород одна из сторон единого процесса осадочного породообразования, отражающая изменение физико-механических свойств пород, обычно не учитывается (⁴).

В настоящей статье приводятся результаты исследований глинистых отложений юры и нижнего мела Воронежской антеклизы и ее южного склона, переходящего в северный склон Днепровско-Донецкой впадины.

Изученные породы являются отложениями платформенной терригенной гумидной формации, сформировавшимися в условиях шельфа. Для мезозойского этапа развития района характерно общее погружение и почти непрерывное осадконакопление с ростом мощности осадочного чехла с севера на юг.

Проведенный комплекс полевых и лабораторно-экспериментальных исследований по кернам буровых скважин позволяет выявить характер физико-механических преобразований пород. Анализ результатов исследований дает возможность установить следующее.

На большой площади, от Кром до Харькова, наблюдается постепенное нарастание интенсивности литификационного уплотнения и упрочнения пород, связанное с увеличением мощности осадочного чехла, и последовательная схема областей с различной интенсивностью изменений физико-механических свойств.

Ведущими процессами формирования физико-механических свойств пород явились процессы дегидратации, уплотнения и цементации (^{1, 2}). Эти процессы явились следствием возрастающего с севера на юг геостатического давления, синерезиса и геохимических преобразований. По мере погружения глинистых отложений с ростом гравитационного давления постепенно отжимаются поровые растворы, происходит повышение концентрации твердой фазы, увеличение межчастичного сцепления и упрочнение структурных связей.

На глубинах, превышающих 200—300 м, наблюдается отжатие почти всей свободной и большей части слабо связанной воды. Здесь значительная роль в упрочнении пород принадлежит процессам цементации. Происходит дальнейшее упрочнение структурных связей, меняется их характер. Слабые молекулярные связи коагуляционного характера сменяются более прочными ионными и ковалентными связями цементационного ха-

рактера. На таких глубинах происходят интенсивные геохимические взаимодействия твердой фазы с поровыми растворами, возрастает роль процессов цементации и формируются участки локального окремнения пород.

Эти участки характеризуются повышенным содержанием растворимого в щелочах кремнезема (до 10 иногда до 20%), ярко выраженными цементационными структурными связями и обладают весьма высокой прочностью (до 55 кг/см²), упругостью и водостойкостью.

Таким образом, в ходе литогенеза, соответственно степени развития процессов дегидратации, уплотнения и цементации породы последовательно приобретают различные качественные характеристики физического состояния, прочностных свойств, деформационного поведения и водостойкости. Они изменяются от мало прочных (предел прочности составляет 1—3 кг/см²), сильно деформирующихся пород с коагуляционным характером структурных связей до прочных, подстойких, слабо деформирующихся аргиллитоподобных глин с цементационными структурными связями.

Установленные границы между областями пород с различной интенсивностью изменений физико-механических свойств не совпадают со стратиграфическими границами, — они соответствуют изолиниям равных мощностей и отражают качественные изменения пород.

По показателям физико-механических свойств были выделены четыре зоны литификации (табл. 1).

З о н а I. В ее пределах породы залегают на глубинах 1—4 м или обнажаются в долинах рек и бортах оврагов. Степень гидратированности пород этой зоны характеризуется естественной влажностью, значительно превышающей нижнюю границу пластичности ($W = 35-38\%$, $W_p = 27-28\%$).

Таблица 1
Сводная таблица показателей физико-механических свойств глинистых отложений мезозоя КМА

Зона литификации	Глубина, м	Содерж. веш. SiO ₂ в щелочах	Содерж. фракц. < 0,005 мм, %	Коэфф. агрегирования фракций < 0,005 мм	Естественная влажность (W), %	Верхний предел пластичности (W ^l), %	Нижний предел пластичности (W ^p), %	Объемный вес скелета (s), г/см ³	Пористость (n), %	Показатель уплотненности (K _D)	Показатель консолидации (s)	Предел прочности при одноосном сжатии (P ^m), кг/см ²	Набухание, %	Давление набухания, кг/см ²	Модуль осадки при 8 кг/см ² по компрессии, мм/м	Характеристика физического состояния пород
I	0—4	—	68—85 (3)**	1,25—3,3 (3)	35—38 (7)	64—67 (7)	27—28 (7)	1,37—1,40 (7)	40—54 (50)	0,69—0,70 (7)	0,26—0,20 (7)	1—3 (7)	14—15 (7)	1—1,70 (8)	121—124 (8)	Пластичное среднее
II	Нижняя граница 100—200	0,60—0,87 (3)	61—80 (23)	1,5—3,4 (23)	25—33 (50)	50—70 (50)	24—32 (50)	1,42—1,56 (50)	40—48 (50)	0,85—0,98 (50)	0,48—0,08 (50)	5—15 (50)	7—17 (26)	1—8 (7)	26—30 (7)	Угловатое, на границе перехода к сильноуплотненному состоянию
III	Верхняя граница 100—200	0,7—1,7 (5)	54—82 (25)	1,2—5,8 (25)	48—25 (76)	47—57 (76)	23—25 (76)	1,74—1,80 (76)	35—42 (76)	0,98—1,23 (76)	0,002 (—0,29) (76)	13—25 (76)	15—33 (25)	1,6—5,0 (10)	42—30 (10)	Полуплотное сильноуплотненное
IV	Верхняя граница 200—300	10—20	55—85 (15)	1,2—13 (15)	48—28 (15)	47—65 (15)	22—29 (15)	1,60—1,77 (15)	31—44 (15)	0,99—1,52 (15)	0,004 (—0,57) (15)	25—54 (15)	0—4 (15)	0	2—6,5 (8)	Твердое (дементация) сильноуплотненное

* Прелом аргиллитоподобных глин (участки локального окремнения).

** В скобках — vede число исследованных образцов.

Породы этой зоны отличаются относительно высокой пористостью ($n = 49-51$), пластичным состоянием ($\beta = 0,26-0,20$), средней степенью уплотненности ($K_d = 0,69-0,79$), низкой прочностью ($P_m = 1-3 \text{ кГ/см}^2$), высокой деформируемостью и преобладанием структурных деформаций.

II зона. Нижняя ее граница обычно составляет 100 м, но иногда достигает 200 м. Породы этой зоны характеризуются большей дегидратированностью и уплотненностью, тугопластичной консистенцией и более высокой прочностью.

Естественная влажность становится близка к нижней границе пластичности или к величине «максимальной молекулярной влагоемкости».

Пористость снижается до 40—49%, показатель уплотненности приближается к 1, а показатель консистенции — к нулевой величине. Предел прочности пород этой зоны повышается до 5—15 кГ/см²; они характеризуются сравнительно высокими величинами относительных деформаций, значительная часть которых имеет структурный характер.

III зона. Породы здесь залегают на глубинах свыше 100—200 м. Степень дегидратированности их достигает такого предела, когда естественная влажность становится ниже нижней границы пластичности или величины «максимальной молекулярной влагоемкости». Породы приобретают сильную уплотненность ($K_d > 1$), полутвердую консистенцию ($\beta < 0$) и достаточно высокую прочность (до 26 кГ/см²). Они характеризуются низкой деформируемостью и, главным образом, упругим характером деформаций.

Породы трех описанных зон в той или иной степени (в соответствии со степенью дегидратированности и уплотненности) склонны к гидратации. При взаимодействии с водой они набухают, увеличиваясь в объеме до 33%, и сильно размягчаются, часто с полной потерей прочности.

IV зона. Глубина залегания пород этой зоны превышает 200—300 м. Отличительной особенностью их является наличие среди сильно уплотненных и дегидратированных пород с литификационными показателями, аналогичными породам III зоны, участков локального окремнения. Последние обладают ярко выраженным цементационным характером структурных связей и аргиллитоподобным обликом.

Такие аргиллитоподобные глины отличаются весьма высокой прочностью (до 54 кГ/см²), ничтожно малой деформируемостью, упругостью и водостойкостью. В воде они практически не гидратируются, не набухают и сохраняют большую часть первоначальной прочности. В шлифах аргиллитоподобных глин хорошо виден вторичный пелитоморфный кальцит и опаловый цемент, однако ведущая роль в формировании прочных водостойких цементационных связей принадлежит, по-видимому, гелям кремнекислоты⁽¹⁾.

Выявленные закономерности и намеченные зоны литификации подтверждают основное положение современной литологии о стадийном характере осадочного породообразования и доказывают возможность использования показателей физико-механических свойств пород для характеристики стадий литогенеза. Установленная общая направленность формирования физико-механических свойств глинистых отложений мезозоя Русской платформы в известной степени является, видимо, справедливой для терригенных аквальных глинистых отложений, формирующихся в условиях платформы, при постепенном опускании дна водоема.

Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве
Москва

Поступило
19 I 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. М. Горькова, Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях, «Наука», 1966. ² В. Д. Ломтадзе, ДАН, 102, № 4 (1955). ³ В. А. Приклонский, Изв. АН СССР, сер. геол., № 12 (1957). ⁴ Н. М. Страхов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 11 (1957). ⁵ Н. М. Страхов, Основы теории литогенеза, 1, Изд. АН СССР, 1960.