

МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ НАБУХАНИИ ЮРСКИХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Тырина Татьяна Сергеевна

Геологического ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, tanyulyat@mail.ru

В настоящее время в г. Москве в связи с активной урбанизацией подземного пространства и высотным строительством все более глубоко залегающие породы оказываются в зоне влияния возводимых инженерных сооружений. На территории г. Москвы широко распространены юрские глинистые грунты, характерная особенность которых – способность набухать. Нами был исследован один из частных вопросов, касающийся этого свойства, – микроструктурные изменения глинистых грунтов, происходящие при набухании. Было изучено свободное набухание грунтов на образцах ненарушенного сложения, вырезанных из керна скважины. Опыты были проведены с помощью прибора ПНГ (ГОСТ 24143-80). Микроструктурные исследования велись под руководством профессора В.Н.Соколова при помощи ст. н. с. О.В.Разгулиной и н. с. М.С.Чернова, которым автор выражает глубокую благодарность. Исследования велись при помощи растрового электронного микроскопа LEO 1450VP и пакета программного обеспечения «STIMAN» [3].

Для исследования были отобраны образцы грунтов различного возраста (J_2k , J_{3ox} , J_{3tt}) в г. Москве, на пересечении Проектируемого проезда №3888 и ул. Москворечье, в пределах управы «Москворечье – Сабурово» ЮАО, в ходе инженерно-геологических изысканий, проводимых ЗАО «ИНЖЭКО ЦЕНТР». Место отбора расположено на поверхности флювиогляциальной равнины (водоразделе), где юрские глины находятся на значительной глубине, перекрыты водонасыщенными нижнемеловыми песками и четвертичными отложениями мощностью 35,6 м и находятся вне области влияния древних эрозионных врезов, поэтому геологический разрез здесь представлен достаточно полно.

Образец K_1 келловейского яруса среднего отдела юрской системы J_2k отобран с глубины 60,0 м и представлен глиной темно-серого до черного цвета, твердой, слюистой, тонкослоистой, неоднородной, с многочисленными светло-серыми тонкопесчаными-крупнопылеватыми продолговатыми включениями (следами биотурбации), с редкими включениями раковин моллюсков. Гранулометрический состав грунта характеризуется приблизительно одинаковым содержанием глинистых и пылеватых частиц, с небольшим преобладанием последних (46 % и 49 % соответственно). Содержание песчаных фракций не превышает 5 %. По классификации ГОСТ 25100-95 грунт можно назвать суглинком легким пылеватым. Коэффициенты агрегированности для частиц размером меньше 0,001 мм и 0,005 мм равны 23, что позволяет определить по классификации И.М. Горьковой [1] тип связи частиц в агрегатах как цементационный.

Образец К2 оксфордского яруса верхнего отдела юрской системы J_{3ox} отобран с глубины 50,0-50,4 м и представлен глиной черной, твердой, слюдистой, жирной, горизонтально слоистой, с многочисленными включениями раковин моллюсков и ростров белемнитов. По гранулометрическому составу грунт является наиболее тонкодисперсным по сравнению с другими изученными грунтами. Содержание глинистой фракции составляет 51 %, пылеватых – 41 %, песчаных – меньше 8 %. Характерно отсутствие частиц размером 0,01-0,005 мм и больше 0,5 мм. По данным гранулометрического анализа и определениям числа пластичности грунт можно назвать глиной легкой пылеватой. Коэффициент агрегированности для частиц размером меньше 0,005 мм равен 6. По классификации И.М.Горьковой [1] тип связи частиц в агрегатах смешанный, коагуляционно-цементационный.

Образец К3 титонского яруса верхнего отдела юрской системы J_{3tt} отобран с глубины 45,0-45,3 м и представлен суглинком твердым, легким, зеленовато-черным, опесчаненным, горизонтально слоистым, с включениями раковин аммонитов и ростров белемнитов. Грунт является наименее дисперсным из рассмотренных нами. Содержание песчаных фракций составляет 43 %, в то время как пылеватых и глинистых – 37 % и 17 % соответственно. Коэффициент агрегированности для частиц размером меньше 0,005 мм равен 6, следовательно, тип связи частиц в агрегатах также смешанный, коагуляционно-цементационный.

При визуальном изучении грунтов с помощью РЭМ были отмечены некоторые особенности их микростроения. Для всех грунтов характерно турбулентное, реже матричное строение; глинистый материал агрегирован; присутствуют обломки раковин моллюсков, кокколиты, выветрелые зерна полевого шпата, слюда, постгенетический пирит; свойственно наличие органического вещества, декорирующего боковые сколы листоватых глинистых частиц.

Для исходного образца грунта келловейского яруса характерно наличие неявной слоистости, меньшее по сравнению с другими грунтами количество остатков раковин и более однородное строение. У набухшего образца прослеживается неровная микротрещиноватость и микроблочность, т.е. грунт как бы «разгружается» по трещинам. Для обоих образцов характерны более однородные, мелкие, изометричные агрегаты глинистых частиц, по-видимому, смешанослойного состава.

Исходные образцы оксфордских глин отличаются развитой микротрещиноватостью, ориентированной субгоризонтально, по напластованию. Есть секущие трещины по границам зерен и извилистые микротрещины по турбулентному слою. Для набухшего образца характерно раскрытие пор и трещин, проявление микроблочности с разделяющими трещинами. У обр. К2-2н на некоторых участках прослеживается «косая» ориентация трещин и щелевидных пор, возможно, связанная с неравномерностью набухания.

Для образцов титонского яруса характерно отсутствие видимой ориентации структурных элементов, неоднородность состава и близкое к матричному микростроение. В набухшем образце можно проследить более выраженные и раскрытые извилистые микротрещины.

По классификации микроструктур глинистых грунтов В.Н.Соколова [2] образец келловейского яруса можно отнести к группе В-II-б – крупнодисперсной, среднеориентированной, преимущественно кристаллизационно-цементационной структуре. Образцы оксфордского яруса можно отнести к группе Б-III-б – среднedisперсной, высокоориентированной, смешанной микроструктуре; образцы грунтов титонского яруса к группе Б-II-б – крупнодисперсной, среднеориентированной, смешанной микроструктуре.

При изучении свободного набухания грунтов опыты для образца оксфордской глины, как наиболее активного при набухании, были проведены дважды. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Наибольшими величинами степени набухания характеризуется образец оксфордской глины – в первом опыте деформация составила 28,0 %, во втором – 47,6 %, причем период набухания в первом случае был больше (143,7 ч и 64,2 ч соответственно). Влажность набухания также является максимальной среди изученных грунтов и составляет соответственно 51 % и 63 %. Образец грунта титонского яруса характеризуется наименьшим значением степени набухания и влажности набухания – 1,5 % и 30 % соответственно. Период набухания составляет 46,6 ч. Грунт келловейского яруса занимает промежуточное положение: степень набухания составляет 15,1 %, влажность набухания – 44 %. При этом период набухания является наибольшим и составляет 160,6 ч.

Таблица 1. Показатели влажности, плотности и свободного набухания грунтов

№ образца	Название грунта	Естественная влажность W_e , %	Плотность ρ , г/см	Степень набухания R_n , %	Влажность набухания W_n , %	Период набухания t_n , ч
K1	легкий суглинок твердый	28	1,76	15,1	44	160,6
K2	легкая глина твердая	31	1,91	28,0	51	143,7
		34	1,91	47,6	63	64,2
K3	легкий суглинок твердый	25	2,05	1,5	30	46,6

Вариации показателей набухания исследуемых грунтов обусловлены комплексом факторов – минеральным составом, содержанием органического

вещества, дисперсностью, долей цементационных контактов между частицами, естественной плотностью, влажностью и др.

По данным, полученным до и после опытов, расчетными методами были оценены объемные доли фаз грунтов в естественном состоянии и после набухания. Тенденция во всех грунтах одна и та же – уменьшается доля твердого компонента, увеличивается содержание жидкого компонента, содержание газов уменьшается вплоть до почти нулевого.

По результатам исследований с помощью РЭМ и программного комплекса «STIMAN» были посчитаны величины пористости грунтов до и после набухания, было определено как меняется форма и характер пористости, что позволило сделать некоторые выводы о природе набухания рассматриваемых юрских грунтов. Анализируемые данные сведены в табл. 2.

Сравнивая данные, полученные для исходных и набухших грунтов, можно проследить закономерности изменения пористости для грунтов различного возраста. Так, значение общей пористости у грунта келловейского яруса остается практически неизменным, у оксфордских глин оно возрастает, у титонского образца, наоборот, уменьшается. При этом общее число пор у всех грунтов при набухании увеличивается.

Рассмотрим диаметры пор: минимальные, максимальные и средние. Минимальный диаметр пор у грунтов келловейского и титонского ярусов остается постоянным, незначительно возрастает лишь у образцов оксфордских глин. Практически постоянный минимальный диаметр пор дает возможность предположить, что в процессе набухания участвуют, в основном, более крупные поры. Максимальный диаметр пор у грунта келловейского яруса возрастает после набухания, т.е. поры раскрываются. У обр. К2-2 прослеживается та же закономерность, у обр. К2-1 происходит обратный процесс – максимальный диаметр пор уменьшается, что может быть вызвано смещением частиц при набухании и частичным «закрытием» крупных пор. У грунта титонского яруса максимальный диаметр пор уменьшается. Средний диаметр пор изменяется по другой закономерности: у обр. К1 келловейского яруса он уменьшается, у оксфордских глин как уменьшается, так и увеличивается, у грунта титонского яруса – уменьшается. Уменьшение среднего диаметра пор означает увеличение количества более мелких пор по сравнению с более крупными после набухания. Величины дисперсии при определении среднего диаметра пор имеют небольшие значения, значит результаты оценки среднего можно считать вполне достоверными.

Величина удельной поверхности у более дисперсных грунтов келловейского и оксфордского ярусов увеличивается, что является закономерным следствием увеличения пористости и числа пор. У грунта титонского яруса удельная поверхность после набухания уменьшается.

Таблица 2. Результаты количественного анализа микростроения исходных грунтов и после свободного набухания.

Образец	Пористость п, %	Число пор, $\times 10^6$	Диаметр пор, мкм		Удельная поверхность, мкм^{-1}	Коэффициент формы	
			min-max	среднее/дисперсия		min-max	среднее
K1	46,7	1,580	0,058-31,13	0,25/0,49	1,68	0,0158-0,98	0,44
K1-н	48,8	2,120	0,058-49,09	0,32/0,36	1,92	0,000-0,95	0,45
K2-1	43,6	1,940	0,058-42,72	0,20/0,37	1,63	0,01-0,957	0,41
K2-1-н	47,7	2,080	0,0595-37,88	0,23/0,38	1,96	0,000-0,986	0,40
K2-2	44,2	0,596	0,058-39,41	0,43/1,21	1,08	0,07-0,0955	0,45
K2-2-н	44,0	1,570	0,0595-49,06	0,25/0,46	1,61	0,000-0,93	0,46
K3	38,8	0,826	0,0607-44,37	0,38/0,73	1,33	0,0189-0,949	0,42
K3-н	25,5	1,150	0,0607-33,99	0,22/0,35	1,06	0,090-0,926	0,46

При сравнении величин удельной поверхности образцов оксфордского яруса и после визуального сравнения грунтов при помощи электронного микроскопа можно предположить, что обр. K2-1 является более тонкодисперсным по сравнению с обр. K2-2. По характеру поведения после набухания грунт K2-2 часто отличается от обр. K2-1 и больше похож на образец титонского яруса, который является наименее дисперсным из всех рассматриваемых грунтов.

Средний коэффициент формы свидетельствует о преобладании анизометричных пор. У всех грунтов, кроме обр. K2-1, он увеличивается, что свидетельствует о появлении щелевидных пор ($<0,1$), по-видимому, за счет «раскрытия» трещин. Минимальный коэффициент формы у всех грунтов уменьшается, т.е. мелкие поры становятся более вытянутыми. Максимальный коэффициент формы (отражает изометричные поры) у грунтов келловейского и титонского ярусов, обр. K2-2 оксфордского яруса уменьшается, т.е. часть пор становится чуть менее изометричными.

Судя по росту коэффициента анизотропии, микроструктуры всех исследованных грунтов после набухания стали более ориентированными и относятся к подклассу высокоориентированных [2].

Подытоживая, можно заключить, что микроструктурные изменения при набухании более дисперсных разностей глинистых грунтов связаны с увеличением общего числа пор, перераспределением пор по размерам, ростом

удельной поверхности, появлением щелевидных пор за счет «раскрытия» трещин, увеличением степени ориентации структурных элементов. В менее дисперсных разностях происходит снижение удельной поверхности при набухании, уменьшение доли крупных пор.

Литература:

1. Горькова И.М. Физико-химические исследования дисперсных грунтов в строительных целях. Москва: Стройиздат, 1975. 150 с.
2. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых грунтов. Москва: Недра, 1989. 211 с.
3. Соколов В.Н., Юрковец Д.И., Разгулина О.В., Мельник В.Н.. Программно-аппаратный комплекс для исследования микроморфологии поверхности твердых тел по РЭМ-изображениям // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 1998. № 1. С. 33-41.

ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Устименко Галина Юрьевна

Геологический ф-т ВГУ, Воронеж, lina8686@mail.ru

Одной из основных функций гидросферы является ресурсная, т.е. обеспечение хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. В этом отношении наиболее проблемной выступает центральная часть Воронежской области, включающая Воронежский промышленный район. Это обусловлено рядом факторов, основными, из которых, являются структурно-тектонический и литолого-фациальный. В тектоническом отношении рассматриваемая территория находится на стыке двух крупных структур: Среднерусской антиклизы и Окско-донской впадины. Мощность осадочного чехла в пределах рассматриваемой территории изменяется от 100 до 300 м. Осадочный чехол сложен терригенно-карбонатными породами девона, мела, неогена, квартера. В литологическом составе девонских отложений преимущественным распространением пользуются карбонатные (известняк, мергель) и терригенные (глины) породы. В разрезе меловых отложений, на участках сохранившихся от неогенового размыва, преобладают глинистые разности. Неогеновые отложения генетически представлены комплексом аллювиальных террас. Четвертичные отложения характеризуются широким генетическим спектром от аллювиальных до ледниковых и субаэральных [3].

В гидрогеологическом плане территория листа приурочена к ЮЗ крылу Московского артезианского бассейна, с преимущественно развитыми безнапорными или субнапорными подземными водами. Наиболее перспективными для питьевого водоснабжения являются водоносные горизонты