

УДК 624.131.1:624.131.22

Ю. И. Олянский^а, А. В. Татаркин^б, Е. В. Щекочихина^а

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Пермский государственный национальный исследовательский университет*

НАБУХАЮЩИЕ СВОЙСТВА САРМАТСКИХ ГЛИН

Дана характеристика набухающих свойств сарматских глин, распространенных в двух регионах южной окраины Русской плиты: Ставропольской и Центрально-Молдавской возвышенностях. Установлена взаимосвязь показателей вещественного состава и физических свойств глин с величинами свободного набухания и давлением набухания. Выявлен нестационарный режим изменчивости показателей набухаемости в пределах акватории древнего Сарматского морского бассейна.

Ключевые слова: сарматские глины, свободное набухание, давление набухания, коэффициент агрегированности, кинематика набухания.

Изучались глины, сформировавшиеся в акватории древнего Сарматского моря [1]: в его восточной части (сейчас это Ставропольская возвышенность) и в западной части (сейчас это Центрально-Молдавская возвышенность). Средние значения показателей свойств глин из этих районов приведены в табл. 1 [2].

Анализ сходимости показателей состояния и физических свойств глин (см. табл. 1) свидетельствует о том, что наблюдается отчетливо выраженная изменчивость почти всех показателей. В восточной части региона на территории Центрального Предкавказья, где глинистые осадки накапливались в условиях повышенной вулканической активности Кавказского региона, образовались породы с повышенным содержанием солей, более высоким содержанием монтмориллонита, большой емкостью поглощения и преобладанием в обменном комплексе ионов Na^+ и K^+ . Эти глинистые осадки после консолидации и превращения их в горную породу подвергались воздействию региональных климатических факторов: большому количеству атмосферных осадков и невысокой испаряемости.

Вследствие этого здесь сформировались высокопористые глины с большими показателями пластичности, высокой влажностью и небольшой плотностью. В западной части региона на территории Центрально-Молдавской возвышенности накопление глинистого осадка в Сарматском море происходило в условиях периодического разбавления морских вод речным стоком с Русской платформы и невысокой вулканической активности горной страны Добруджа. Здесь накапливались менее засоленные глинистые осадки с меньшим содержанием монтмориллонита, а следовательно, и меньшей емкостью поглощения. В обменном комплексе таких пород преобладают Ca^{+2} и Mg^{+2} . После консолидации осадка и превращения его в горную породу территория Северного Причерноморья оказалась в зоне недостаточного увлажнения. Вследствие этого здесь сформировались низкопористые глины с пониженными показателями пластичности, небольшой влажностью и высокой плотностью.

Таблица 1

Проверка различия между выборочными совокупностями показателей физических свойств среднесарматских глин Ставропольской возвышенности и Центрально-Молдавской возвышенности по критериям Стьюдента и Фишера

№ выб.	Показатели	Количество определений N	Среднее X , %	Дисперсия S^2	Значение параметрических критериев для пар выборок		
					1—2		Характер нулевой гипотезы
					$\frac{t_p}{F_p}$	$\frac{t_a}{F_a}$	
1	Плотность ρ , г/см ³	103	1,74	0,0038	2,12	1,98	—
2		631	2,00	0,0050	2,11	1,99	—
1	Природная влажность W	103	0,36	0,0040	27,01	1,99	—
2		631	0,23	0,0014	2,86	1,98	—
1	W_L	103	0,65	0,0060	55,89	1,99	—
2		631	0,48	0,0052	1,15	1,98	+
1	W_p	103	0,35	0,0130	18,90	1,99	—
2		631	0,24	0,0013	10,0	1,98	—
1	J_p	103	0,27	0,0038	42,13	1,99	—
2		631	0,24	0,0018	2,11	1,98	—
1	Пористость n , %	103	50,48	16,81	25,57	1,99	—
2		631	40,50	12,96	2,30	1,98	—
1	K_d	103	1,31	0,0150	31,18	1,99	—
2		631	1,04	0,0169	2,89	1,98	—

Примечание. Номера выборок: 1 — средний сармат Ставропольской возвышенности; 2 — средний сармат Центрально-Молдавской возвышенности; «+» — нулевая гипотеза доказана, выборки по данному показателю не различаются; «-» — нулевая гипотеза не доказана, выборки по данному показателю различаются; t_p , t_a — критерий Стьюдента; F_p , F_a — критерий Фишера.

Сравнение выборочных совокупностей с использованием критериев Стьюдента и Фишера подтверждает наличие различия между свойствами глин из этих двух регионов.

Набухание. Способность дисперсных пород увеличивать объем при взаимодействии с водой или растворами под действием адсорбционных, осмотических или капиллярных сил является важнейшей их характеристикой. Набухание глинистых минералов с подвижной кристаллической решеткой, к которой относится монтмориллонит, может быть вызвано также проникновением воды в межпакетное пространство кристаллической решетки. Важнейшими факторами набухания являются: минеральный и гранулометрический состав породы, состав обменных катионов, структура породы, характер ее внутренних связей и пористость, химический состав и концентрация воздействующего на породу водного раствора и условия соприкосновения породы с водным раствором. Основные показатели, характеризующие набухающие свойства пород: величина свободного набухания и давление набухания.

Величина свободного набухания. Существуют различные методы определения набухания глин. Определение величины свободного набухания глинистых пород при взаимодействии с водой в Центрально-Молдавской возвышенности изучалось на приборе ПНГ-1. За критерий условной стабилизации деформации свободного набухания была принята (в соответствии с ГОСТ 24143-80) деформация не более 0,01 мм за 16 ч. Всего проанализировано свыше 480 показателей величины свободного набухания. Исследовались образцы с ненарушенной структурой естественной влажности. Увлажнение осуществлялось путем капиллярного насыщения их дистиллированной водой. При этом набухающая способность глин характеризовалась увеличением объема образца в процентах к исходному объему. Результаты приведены в табл. 2 и 3 [2].

подавляющее количество изученных образцов Центрально-Молдавской и Ставропольской возвышенностей являются набухающими. Для разделения их по степени набухания была использована классификация Е. А. Сорочана (1968): ненабухающие — < 4 %, слабонабухающие — 4...8 %, средненабухающие — 8...12 %, сильнонабухающие — > 12 %. Величина свободного набухания в Центрально-Молдавской возвышенности изменяется от 0,03 до 0,39, при влажности набухания 0,18...0,57; в Ставропольской возвышенности при влажности набухания 0,20...0,50 свободное набухание составляет 0,02...0,67. Это свидетельствует о том, что сарматские глины имеют различную степень набухания: от слабонабухающих до сильнонабухающих. Отдельные образцы двух регионов показали величину свободного набухания менее 0,04 [4].

Наиболее часто на Ставропольской возвышенности встречаются образцы со значением величины свободного набухания 0,02...0,18, а среди невыветрелых пород значения показателя находятся в интервале 0,32...0,36. В Центрально-Молдавской возвышенности глины среднего сармата в основном средненабухающие, а верхнего сармата — сильнонабухающие [5].

Таблица 2

Обобщенные значения показателей набухаемости и пластической прочности
сарматских глин Ставропольской возвышенности

Показатели	Статистические характеристики						
	Кол-во определений N	Пределы колебаний	Среднее X	Стандартное отклонение S	Дисперсия S^2	Коэффициент вариации V , %	Ошибка среднего арифметического $\frac{S}{\sqrt{N}}$
Свободное набухание ε_{sw}	103	0,13...0,67	0,12	0,052	0,003	45,13	0,31
	22	0,02...0,32	0,26	0,036	0,001	41,2	0,51
Давление набухания $P_{sw} \cdot 10^5$ Па	103	0,03...6,75	0,36	0,31	0,004	238,46	0,02
	22	0,10...1,60	0,70	0,006	0,00004	8,57	0,0009
Пластическая прочность (до набухания) $P_m \cdot 10^5$ Па	103	4,5...49,8	5,14	3,54	12,53	68,87	0,2
	22	5,8...24,3	4,39	4,82	23,23	109,79	0,7
Пластическая прочность (после набухания) $P_m \cdot 10^5$ Па	103	0,6...12,3	1,40	0,56	0,31	40,0	0,03
	22	0,2...2,3	1,89	0,74	0,55	39,15	0,11

Примечания: в числителе — для глин среднего сармата, в знаменателе — для глин нижнего сармата; пластическая прочность охарактеризована по удельному сопротивлению пенетрации.

Таблица 3

Обобщенные значения показателей набухаемости и пластической прочности
сарматских глин Центрально-Молдавской возвышенности (по А. М. Монюшко и Ю. И. Олянскому) [3]

Показатели	Статистические характеристики						
	Кол-во определений N	Пределы колебаний	Среднее X	Стандартное отклонение S	Дисперсия S^2	Коэффициент вариации V , %	Ошибка среднего арифметического $\frac{S}{\sqrt{N}}$
Свободное набухание ε_{sw}	38	0,21...0,32	0,33	0,083	0,007	45,31	0,015
	321	0,03...0,39	0,20	0,060	0,004	56,79	0,003
Давление набухания $P_{sw} \cdot 10^5$ Па	28	1,25...5,00	4,21	2,689	7,231	63,93	0,573
	22	0,50...4,00	1,99	0,923	0,852	46,45	0,218
Пластическая прочность (до набухания) $P_m \cdot 10^5$ Па	27	1,80...12,8	4,92	1,619	2,621	32,85	0,353
	19	1,60...7,04	4,45	1,712	0,013	38,45	0,428
Пластическая прочность (после набухания) $P_m \cdot 10^5$ Па	27	0,10...1,10	0,21	0,113	2,931	53,91	0,025
	19	0,20...1,50	0,58	0,389	0,151	66,88	0,097

Результаты исследования природы набухания глинистых пород позволили установить, что на величину набухания активно влияют гидрофильность глинистых минералов, определяемая теплотой смачивания и удельной эффективной поверхностью, форма и характер строения, природа адсорбированного катиона и степень их кристалличности (степень совершенства кристаллической решетки глинистых минералов). Исследованиями В. И. Осипова [6—10] выявлена роль структурных связей в процессе набухания. В зависимости от них силы притяжения между глинистыми частицами на контактах могут превышать расклинивающее давление воды или быть меньше его. В первом случае набухания не происходит: расклинивающее действие полностью компенсируется силами притяжения, а во втором — система стремится прийти в равновесное состояние путем увеличения расстояния между частицами. В связи с этим были рассмотрены основные закономерности набухания сарматских глин с различным типом структурных связей.

Наиболее набухающими являются верхнесарматские глины Центрально-Молдавской возвышенности. Колебание величины свободного набухания составляет 0,21...0,32 (среднее 0,33). Эти глины характеризуются наибольшей (в регионе) дисперсностью и повышенным содержанием монтмориллонита в глинистой фракции. Наименее набухающими являются глины среднего сармата из Ставропольской возвышенности, залегающие на поверхности и подвергающиеся интенсивному воздействию атмосферных осадков зоны избыточного увлажнения и значительной агрегации. Величина свободного набухания других сарматских глин региона достаточно близкая, при средних значениях 0,20...0,26 [2].

На примере выборки глин Центрально-Молдавской возвышенности, состоящей из 34 показателей, был построен точечный график зависимости величины свободного набухания от коэффициента агрегированности. Полученный характер зависимости, изображенный на рис. 1 (по данным А. М. Монюшко и Ю. И. Олянского [11—14]), свидетельствует о наличии достаточно выраженной обратной связи между данными показателями. При значениях коэффициента агрегированности, близких к единице (что соответствует преобладанию в породе пластифицированно-коагуляционного типа структурных связей), величина свободного набухания изменяется в интервале 0,008...0,320 и определяется химическими особенностями, минеральным составом и состоянием породы. При коэффициенте агрегированности более единицы роль водонестойчивых структурных связей в породе понижается. При значениях, равных 3...5 (смешанный коагуляционно-цементационный тип структурных связей), расклинивающее действие воды частично компенсируется силами притяжения, обусловленными структурным сцеплением химической природы (цементационными контактами), величина свободного набухания уменьшается и для данной выборки не превышает значения, равного 0,10.

Зависимость набухания от содержания в глине обменного натрия изучалась на примере образцов сарматских глин из Ставропольской возвышенности. На рис. 2 видна четкая зависимость набухания от количества поглощенного натрия, который содержат сарматские глины в природных условиях. Проявление зависимости становится более убедительным, если учесть все факторы, влияющие на набухание.

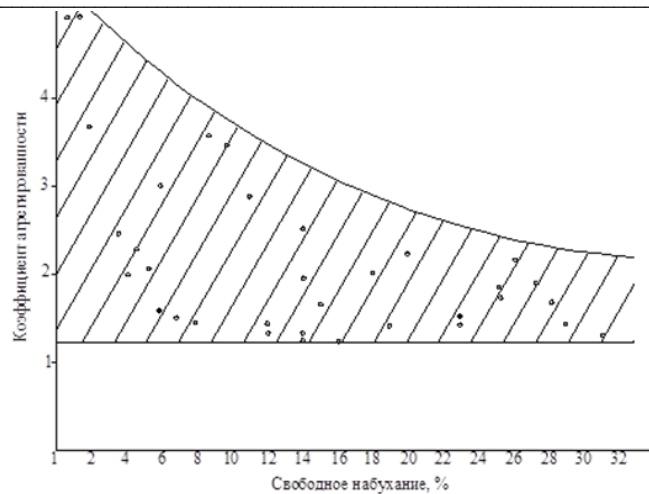


Рис. 1. Зависимость величины свободного набухания глин от коэффициента агрегативности для Центрально-Молдавской возвышенности [3]

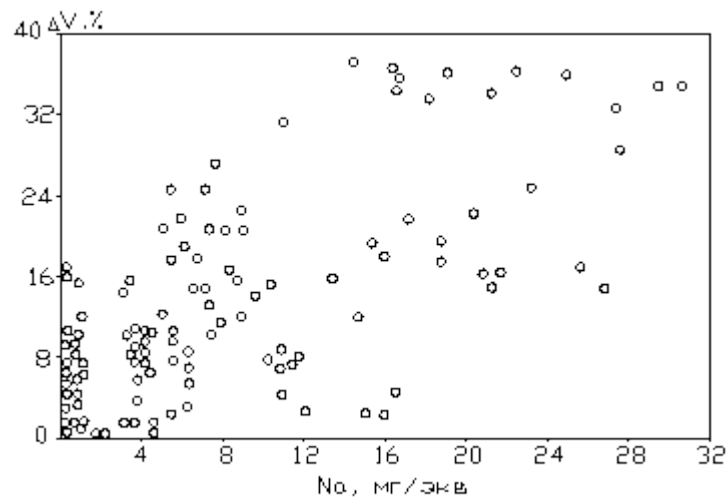


Рис. 2. Зависимость величины свободного набухания сарматских глин Ставропольской возвышенности от природного содержания обменного натрия [15]

В соответствии с гранулометрической классификацией дисперсных осадочных пород И. М. Горьковой, наиболее распространенной группой являются глинистые высокодисперсные породы, содержащие более 50 % глинистых частиц. Породы этой группы характерны для сарматских глин обоих регионов, где они составляют половину от изученных образцов. Реже встречаются породы двух других групп: пылеватые и смешанные. На их долю приходится около 5...30 % от всех рассматриваемых образцов [5].

Корреляция величины свободного набухания с тремя указанными характеристиками (нулевая гипотеза оправдана при доверительной вероятности $\alpha = 0,05$) существует в восьми выборках из девяти. Наилучшая корреляция наблюдается с содержанием монтмориллонита в глинистой фракции ($r = 0,73$) и общим содержанием в породе монтмориллонита ($r = 0,60$).

Зависимость между показателями аппроксимируется прямыми. Характерно, что для общей выборки, включающей образцы глин с обоими типами структурных связей, связь между показателями сохраняется. Это свидетельствует о допустимости прогнозирования набухания по данным показателям без учета структурных особенностей породы. Наиболее пригодным для этой цели является показатель содержания монтмориллонита в глинистой фракции (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Значения коэффициентов корреляции величины свободного набухания сарматских глин с некоторыми показателями минерального и гранулометрического состава для глин Центрально-Молдавской возвышенности

Тип структурных связей	Пластифицированно-коагуляционный	Смешанный коагуляционно-цементационный	Пластифицированно-коагуляционный и смешанный
Содержание монтмориллонита в глинистой фракции, %	$\frac{0,45}{13}$	$\frac{0,91}{19}$	$\frac{0,73}{32}$
Общее содержание глинистых частиц в породе, %	$\frac{0,54}{19}$	$\frac{0,07}{20}$	$\frac{0,32}{39}$
Общее содержание монтмориллонита в породе, %	$\frac{0,37}{14}$	$\frac{0,66}{19}$	$\frac{0,60}{33}$

Примечание: в числителе — коэффициент корреляции, в знаменателе — количество образцов.

Кинематика набухания. Кинематические особенности набухания глинистых пород описывают развитие процесса набухания во времени и, как следует из результатов исследований многочисленных авторов, определяются в значительной степени, при прочих равных условиях (дисперсности, характере структурных связей, состояния и др.), химико-минералогической характеристикой — содержанием в обменном комплексе ионов Ca^{+2} и Na^{+2} и монтмориллонита в глинистой фракции.

При описании кинематики набухания нами использовано понятие *степени свободного набухания* [3], равное отношению величины свободного набухания в данный момент времени к полной величине свободного набухания образца. Целесообразность введения такого понятия объясняется характером процесса свободного набухания — большой интенсивностью в начале замачивания и постепенным уменьшением скорости деформации во времени. В результате этого представляет определенную трудность установление времени полного завершения деформации набухания.

Кинематические особенности характерных образцов Центрально-Молдавской возвышенности для описываемых глинистых пород показывают, что содержание большого количества Ca^{+2} в обменном комплексе и монтмориллонита в глинистой фракции ведет к более интенсивному набуханию.

Из опыта было видно, что 90 % деформации достигается уже в среднем через 1 ч, а через 1 сут она полностью завершается. С уменьшением содержания Ca^{+2} в обменном комплексе в 1,5...2,5 раза наблюдается выполаживание кривой набухания уже в начале замачивания. Кинематика набухания для глин Ставропольской возвышенности [9] показывает, что в основном для всех образцов набухание заканчивается в течение 18 сут. При этом образцы сильно набухали в течение 1...2 сут, а затем продолжали увеличиваться в объеме незначительно. Были образцы, которые набухали за четыре дня, а другие — за 35 сут.

Давление набухания. Для определения давления набухания в Центрально-Молдавской возвышенности использовался метод «арретирного хода» и прямой динамометрической зависимости. В Ставропольской возвышенности была применена методика и прибор (ДН-2), разработанный в ПНИИИСе В. Ф. Чепик и А. Н. Воскресенским [16]. В данном приборе применяется жесткий оптический динамометр (стеклянная призма), который препятствует увеличению образца в опыте. Прибор позволяет регистрировать во времени усилия от нескольких граммов до пятнадцати килограммов на квадратный сантиметр.

Результаты определения давления набухания для глин характеризуемых регионов приведены в табл. 2 и 3. Анализ данных показывает, что давление набухания сарматских глин из Ставропольской возвышенности значительно меньше давления набухания глин Центрально-Молдавской возвышенности. Для первых средние его значения составляют $(0,36...0,70)10^5$ Па — для средне- и нижнесарматских глин соответственно. Для вторых средние значения равны $(4,21; 1,99)10^5$ Па — для глин верхнего и среднего сармата.

Давление набухания является сложным показателем степени набухаемости и зависит от многих показателей состава и свойств глин. Далеко не последнюю роль здесь играют структурные связи между грунтовыми элементами [17]. В целом можно утверждать, что более агрегированные глины характеризуются меньшим значением давления набухания, чем менее агрегированные. В связи с этим данные об агрегированности сарматских глин обоих регионов [8] хорошо объясняют выявленную региональную изменчивость давления набухания сарматских глин: более агрегированные глины Ставропольской возвышенности характеризуются меньшим давлением набухания, чем менее агрегированные глины Центрально-Молдавской возвышенности.

Зависимость давления набухания от величины свободного набухания для Центрально-Молдавской возвышенности (рис. 3) изучалась по результатам 144 определений [8] давления набухания и такого же количества параллельных определений величины свободного набухания. Была установлена прямолинейная зависимость с коэффициентом корреляции $r = 0,92$, которая говорит о тесной связи между исследуемыми параметрами. При этом прогнозное уравнение имеет следующий вид:

$$P_{sw} = 17,44\varepsilon_{sw} - 0,23, N = 144, r = 0,92, t_a = 0,05 = 0,16.$$

На этом же рис. 3 изображена кривая зависимости давления набухания сарматских глин Ставропольской возвышенности от величины свободного набухания. Результаты свидетельствуют о том, что при одинаковых значениях

величины свободного набухания указанных пород глина из Центрально-Молдавской возвышенности набухает больше (в среднем на 30 %), что находит свое объяснение в составе, состоянии и физических свойствах глин из обоих регионов.

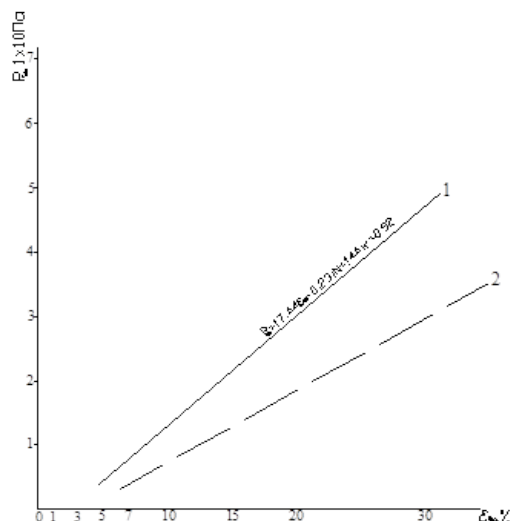


Рис. 3. Зависимость давления набухания сарматских глин от величины свободного набухания: 1 — Центрально-Молдавская возвышенность; 2 — Ставропольская возвышенность [15]

Выводы

Глины, сформировавшиеся в акватории древнего Сарматского моря, характеризуются нестационарным режимом изменчивости показателей набухаемости в широтном направлении, что обусловлено различием в химическом составе поровых вод, разной степенью агрегированности грунтовых частиц и различной степенью увлажнения территорий в послесарматское время. В восточной части Сарматского морского бассейна сформировались в основном ненабухающие и слабонабухающие, а в западной его части — в основном средне и сильнабухающие. В результате этого возможное давление набухания глин на территории Ставропольской возвышенности не превышает 0,1 МПа, а на территории Центрально-Молдавской возвышенности может достигать 0,2...0,5 МПа. При строительстве инженерных сооружений в районе Ставропольской возвышенности с нагрузкой на фундаменты более 0,1 МПа мероприятия по устранению набухаемости грунтов основания не требуются. Для сооружений, возводимых в районе Центрально-Молдавской возвышенности, мероприятия по борьбе с набухаемостью являются обязательными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрусов Н. И. Южнороссийские неогеновые отложения 4. II—III (Сарматский ярус) // Академик Н. И. Андрусов : избран. тр. М. : Из-во АН СССР, 1961. Т. 1. 711 с.
2. Вещественный состав и инженерно-геологические свойства сарматских глин / А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, Е. В. Щекочихина, Д. А. Чарыков, Е. А. Степанова // Вестн. Акад. наук Республики Башкортостан. 2017. Т. 22. № 1(85). С. 52—60.

3. *Монюшко А. М., Олянский Ю. И.* Инженерно-геологические особенности сарматско-эоценовых глин Молдовы. Кишинев : Штиинца, 1991. 172 с.
4. *Олянский Ю. И., Щекочихина Е. В., Мозгунов М. Д., Адиев С. М.* Инженерно-геологическая оценка вещественного состава и физико-механических свойств сарматских глин // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2017. № 48(67). С. 38—47.
5. Инженерно-геологические особенности сарматских глин краевых прогибов юга Русской платформы / А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, Е. В. Щекочихина и др. // Сергеевские чтения : материалы годич. сессии Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Волгоград : ВолГАСУ, 2012. Вып. 14. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. С. 10—13.
6. *Осипов В. И., Соколов В. Н.* Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. М. : Геос, 2013. 575 с.
7. *Осипов В. И.* Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. М. : МГУ, 1979. 232 с.
8. *Osipov V. I.* Physicochemical theory of effective stresses in soils // Water Resources. 2014. Vol. 41. No. 7. Pp. 801—818.
9. *Osipov V. I.* Large-Scale thematic geological mapping of Moscow Area // Engineering Geology for Society and Territory. Vol. 5. Urban Geology, Sustainable Planning and Landscape Exploitation, 2015. Pp. 11—16.
10. *Osipov V. I.* Anthropization and current tasks of earth sciences // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2016. Vol. 86. No. 4. Pp. 276—284.
11. *Olyansky Y. I., Shekochihina E. V., Kalinovsky S. A.* Researches of the seismic properties of clay soils for seismic microzoning // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference “FarEastCon 2019”, 2020. P. 022005.
12. *Olyansky Y. I., Shekochihina E. V., Kalinovsky S. A.* Prediction of indexes of stability of Sarmatian clays of foundations of hydrotechnical structures with long-term flooding // Power Technology and Engineering. 2019. Vol. 53. No. 1. Pp. 51—55.
13. *Bogomolov A. N., Olyansky Y. I., Shekochihina E. V.* Prediction of Strength of Sarmat Clays Under the Conditions of Long-Term // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2018. Vol. 55. No. 2. Pp. 96—102.
14. *Olyansky Y. I., Shekochihina E. V., Kuzmenko I. Y.* The forecast of durability indicators of the sarmatian clays underneath of engineering structures affected by technogenic floodwaters // Procedia Engineering. Vol. 150. 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) / Ed. by A. A. Radionov. Elsevier publishing, 2016. Pp. 2213—2217.
15. *Монюшко А. М.* Инженерно-геологическая оценка сарматских глин. М. : Наука, 1974. 135 с.
16. *Чепик В. Ф., Воскресенский А. Н., Чулкова Н. С.* Определение давления набухания в глинистых грунтах с помощью жесткого динамометра // Инженерные изыскания для строительства : информ. вып. Сер. 5. Изд-во ПНИИИС, 1967. № 1.
17. *Denisov N. J., Bally R. J., Anotonescu J. P.* Fenomene de prabusire a unor nale de irigatce lunca Dunarii de jos Bucuresti. Bucuresti, 1960. 26 p.

© *Олянский Ю. И., Татаркин А. В., Щекочихина Е. В., 2022*

*Поступила в редакцию
в сентябре 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Олянский Ю. И., Татаркин А. В., Щекочихина Е. В. Набухающие свойства сарматских глин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 4(89). С. 32—43.

Об авторах:

Олянский Юрий Иванович — д-р геол.-минерал. наук, проф. каф. гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; olyansk@list.ru

Татаркин Алексей Викторович — д-р техн. наук, доц. каф. гидротехнических и земляных сооружений, Пермский государственный национальный исследовательский университет. Российская Федерация, 614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15; vsto08@mail.ru

Щекочихина Евгения Викторовна — канд. геол.-минерал. наук, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; karnat.1@yandex.ru

Yurii I. Olyanskii^a, Aleksei V. Tatarkin^b, Evgeniya V. Shchekochikhina^a

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Perm State University*

SWELLING PROPERTIES OF SARMATIAN CLAYS

The characteristic of the swelling properties of Sarmatian clays common in two regions of the southern margin of the Russian plate: Stavropol and Central Moldavian uplands are given. The relationship of the indicators of the material composition of the physical properties of clays with the values of free swelling and swelling pressure is established. An unsteady regime of variability of swelling indices within the water area of the ancient Sarmatian sea basin has been revealed.

Key words: Sarmatian clays, free swelling, swelling pressure, aggregation coefficient, swelling kinematics.

For citation:

Olyanskii Yu. I., Tatarkin A. V., Shchekochikhina E. V. [Swelling properties of Sarmatian clays]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 4, pp. 32—43.

About authors:

Yurii I. Olyanskii — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; olyansk@list.ru

Aleksei V. Tatarkin — Doctor of Engineering Sciences, Perm State University. 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russian Federation; vsto08@mail.ru

Evgeniya V. Shchekochikhina — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; karnat.1@yandex.ru