

# СТРОИТЕЛЬСТВО. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

УДК 624.131.22

## СЕЙСМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕЗАСОЛЕННЫХ САРМАТСКИХ ГЛИН

*А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, О. А. Богомолова, И. Ю. Кузьменко, Е. А. Степанова*  
*Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

Выполнено ультразвуковое просвечивание образцов сарматских глин. Выявлены закономерности изменения скоростей распространения упругих волн  $V_p$  от показателей физико-механических свойств грунта. Полученные результаты могут использоваться при сейсмическом микрорайонировании юга Русской платформы.

**Ключевые слова:** сарматские глины, продольные сейсмические волны, инженерно-геологические свойства.

Ultrasonic radiography of Sarmatian clays has been carried out. The authors found out how velocity of elastic waves distribution  $V_p$  is determined by physical and mechanical properties of the soil. The data obtained can be used for seismic micro zoning of the south of the Russian Platform.

**Key words:** Sarmatian clay, longitudinal seismic waves, geotechnical properties.

Территория южной части Русской платформы на отдельных участках относится к сейсмической зоне (в соответствии с СП 14.13330.2011). Застройка таких участков требует изучения сейсмических свойств грунтов оснований и выполнения сейсмического микрорайонирования. Сейсмические наблюдения выполняются в виде комплекса исследований, одним из которых является лабораторное ультразвуковое просвечивание образцов глинистого грунта [1] с целью детального изучения скоростных характеристик и параметров затухания. Полученные в результате ультразвуковых исследований истинные значения скоростей распространения упругих волн используются для уточнения данных, определенных другими методами, и в итоге – для расчета приращения сейсмического балла и составления карты сейсмического микрорайонирования.

Исследования проводились при помощи ультразвукового просвечивания образцов. Они выполнялись серийным импульсным дефектоскопом УКБ-1М с частотами датчиков 60–100 кГц. Просвечивались цилиндрические образцы, датчик и приемник располагались по оси образца на расстоянии 10 см. После просвечивания на том же образце проводились пенетрационные исследования и сдвиговые испытания по методу консолидированного среза. Из этого же монолита (образца горной породы) выполнялись опыты по свободному набуханию, определялась влажность набухшего грунта и осуществлялось его просвечивание.

В связи с тем, что сейсмоакустические свойства глинистого грунта в значительной мере зависят от степени его агрегированности (характера структурных связей между твердыми грун-

товыми частицами), специально готовились образцы паст – аналоги соответствующих образцов глин. Для этого образцы высушивались, измельчались и просеивались через сито с размером ячейки 1,0 мм. Порошок заливался водой в количестве, необходимом для придания ему влажности образца-аналога, и уплотнялся в уплотнителе до плотности образца-аналога.

Такие исследования совместно с испытаниями набухшего грунта позволяют прогнозировать сейсмоакустические свойства «бесструктурных» сарматских глин в зоне интенсивного выветривания и оползнеобразования.

Особенностью геологических разрезов, сложенных дисперсными породами, является относительно слабая их дифференциация по скоростям распространения упругих волн. Данный вывод вполне подтверждается полученными результатами. Для группы образцов сарматских глин для Северного Причерноморья, с весьма различными показателями их физико-механических свойств (табл. 1), получены значения скоростей упругих продольных волн  $V_p$  от 1300 до 1840 м/с (табл. 2).

Корреляционный анализ зависимости  $V_p$  от показателей физических свойств свидетельствует об отсутствии такой связи. Коэффициенты корреляции с большинством показателей физических свойств не превышают  $r = 0,4$ .

Как известно, связанная вода по своим свойствам, в частности по скорости распространения упругих волн, близка к твердому телу. Уменьшение плотности скелета при набухании и разуплотнении глин ведет к увеличению влажности, достигающей 0,26...0,40, и имеет своим следствием снижение скорости продольных волн в 1,1...1,5 раза и составляет 1000...1680 м/с [3, 4].



Таблица 1

Физико-механические свойства образцов сарматских глин, подвергшихся ультразвуковому просвечиванию

№ обр.	Физические свойства						Механические свойства			
	$\rho, \text{г/см}^3$	$\rho_{дл}, \text{г/см}^3$	$W$	$n$	$S_r$	$K_d$	$\tau_{0,1}, \text{МПа}$	$c, \text{МПа}$	$\varphi, \text{град}$	$P_m, \text{МПа}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2,05	1,67	0,23	0,39	1,00	1,03	2,18	2,86	18	7,9
325	2,04	1,67	0,22	0,39	0,96	0,94	1,60	2,48	7	4,4
330	2,08	1,68	0,24	0,39	1,00	0,83	1,50	1,34	10	4,5
332	1,99	1,58	0,26	0,43	0,96	1,10	1,38	1,25	8	8,5
333	1,91	1,48	0,29	0,46	0,94	0,91	1,25	1,09	10	5,5
334	1,98	1,53	0,29	0,45	1,00	0,94	1,50	1,31	10	7,0
335	1,94	1,48	0,31	0,46	0,99	0,98	1,38	1,25	8	6,7
338	2,12	1,77	0,20	0,36	0,99	1,05	2,38	2,08	18	6,8
340	2,10	1,74	0,17	0,37	0,82	1,18	2,25	1,82	22	8,9
347	2,02	1,62	0,25	0,41	0,98	0,90	1,60	1,46	11	4,1
348	2,10	1,67	0,23	0,39	0,98	1,04	1,55	1,33	14	6,3
351	2,20	1,86	0,18	0,32	1,00	1,06	2,30	1,88	24	8,9
400	2,04	1,63	0,25	0,41	1,00	0,98	1,35	0,93	21	6,3
406	2,08	1,67	0,24	0,39	1,00	0,98	1,75	1,49	15	8,1
437	2,03	1,67	0,21	0,40	0,91	1,00	1,83	1,42	22	7,8
438	2,07	1,72	0,20	0,38	0,94	1,03	2,50	1,93	30	8,0
448	2,13	1,75	0,22	0,37	1,00	1,04	2,05	1,69	22	8,1

Таблица 2

Скорость прохождения продольных волн через образцы сарматских глин природного сложения ( $V_{p1}$ ), грунтовые пасты ( $V_{p2}$ ) и набухший грунт ( $V_{p3}$ )

№ обр.	Скорость прохождения продольных волн, м/с			$\frac{V_{p1}}{V_{p2}}$	$\frac{V_{p1}}{V_{p3}}$	Показатели набухания	
	$V_{p1}$	$V_{p2}$	$V_{p3}$			$W_H$	$\epsilon_{sw}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1730		1650		1,1	0,31	0,09
325	1400	670		2,1		0,34	0,15
330	1300	700	1000	1,9	1,3	0,29	0,15
332	1800					0,46	0,14
333	1570					0,34	0,05
334	1670		1120		1,5	0,40	0,16
335	1630		1200		1,3	0,41	0,13
338	1700		1180		1,4	0,33	0,22
340	1840	1000			1,5	0,40	0,28
347	1300		1100		1,1	0,30	0,10
348	1600	1100	1500	1,4	1,1	0,29	0,09
351	1700					0,29	0,09
400	1625	850	1525	1,9	1,1	0,26	0,01
406	1680	800	1420	2,0	1,1	0,32	0,17
437	1550	800	1390	1,9	1,1	0,30	0,13
438	1700					0,27	0,06
446	1720	960	1680	1,8	1,1	0,31	0,16

Вследствие того, что прочность структурных связей имеет определяющее влияние на скорость упругих волн, анализировалась скорость  $V_p$  в грунтовых пастах (при природной влажности). Установлено, что скорость  $V_p$  при разрушении структурных связей кристаллизационного (цементационного) типа снижается в среднем в 2 раза и в целом составляет 670...1100 м/с. Теснота связи скорости  $V_p$  и показателей механических свойств глин средняя и высокая. Наибольшие значения коэффициентов корреляции с показателями: удельного сопротивления пенетрации  $P_m$ ,  $r = 0,98$ ;  $K_d$ ,  $r = 0,78$ ; срезающего усилия  $\tau_{0,1}$ ,  $r = 0,62$  (рис. 1). Поскольку все показатели физических свойств

горных пород тесно взаимосвязаны и изменение какого-либо одного из них неизбежно влечет за собой изменение других, скорости упругих волн могут использоваться для косвенного определения целого ряда показателей инженерно-геологических свойств пород. Для сарматских глин с их помощью могут быть определены удельное сопротивление пенетрации, срезающее усилие и показатель уплотненности.

Также отмечается значительное снижение скоростей продольных волн при дезинтеграции глинистых пород, которое может иметь место на крутых склонах под действием экзогенных процессов (в частности, циклического набуха-

ния и усадки). Скорость  $V_p$  в этом случае в среднем падает в два раза, что ведет к возрастанию амплитуды колебания и может способствовать повышению балльности территории при сейсмическом микрорайонировании.

Полученные результаты ультразвуковых исследований в целом не противоречат данным других авторов и сопоставлены с исследованиями В. А. Васильева [2] для неогеновых глин Центрального Предкавказья.

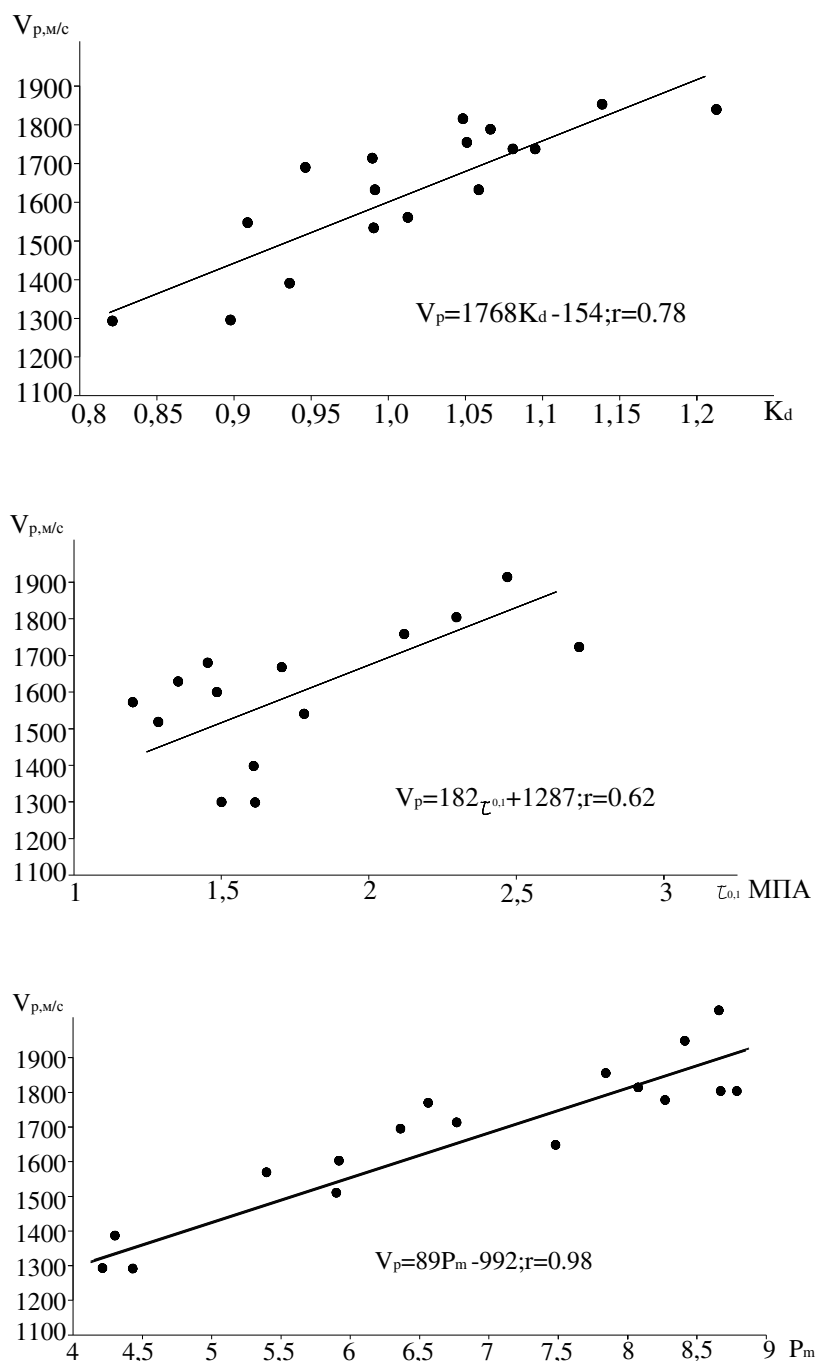


Рис. 1. Графики зависимости скорости распространения продольных волн  $V_p$  от показателей свойств сарматских глин Северного Причерноморья

Существенные различия в составе, состоянии и физических свойствах сарматских глин Центрального Предкавказья и Северного Причерноморья нашли свое отображение в их набухаемости и в показателях механических свойств.

Более засоленные глины Центрального Предкавказья с повышенным содержанием монтмориллонита, распространенные в зоне избыточного увлажнения и отличающиеся повышенной влажностью и невысокой плотностью, набухают меньше, чем одновозрастные менее



засоленные глины из Северного Причерноморья, распространенные в зоне недостаточного увлажнения. Наибольшие различия в набухании наблюдаются в давлении набухания (на 1 порядок), в то время как по свободному набуханию различия менее ощутимы. Очень похожая ситуация и с прочностью. Величина удельного сцеп-

ления глин из Северного Причерноморья в среднем в три раза меньше, чем у глин из Северного Причерноморья, однако угол внутреннего трения (на величину которого влияет степень агрегатизации грунтовых частиц и включений различных солей) у первых в средних в 1,5–3 раза выше.

#### Список литературы

1. Богомолов А. Н., Олянский Ю. И. Инженерно-геологические особенности сарматских глин южной окраины Русской платформы / Волгоградский архитектурно-строительный университет. Волгоград, 2011. 162 с.
2. Васильев В. А. Инженерно-геологические и акустические свойства глинистых пород района Кавказских Минеральных Вод и сопредельных территорий // Научно-методические основы инженерных изысканий в Предкавказье. М. : Стройиздат, 1983. С. 94–106.
3. Олянский Ю. И., Щекочихина Е. В. Влияние физико-механических характеристик на сейсмоакустические свойства сарматских глин // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2008. Вып. 9 (28). С. 7–11.
4. Олянский Ю. И., Щекочихина Е. В. Зависимость скорости прохождения упругих волн от показателей свойств сарматских глин // Сергеевские чтения. Вып. 10: Международный год планеты Земля : материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, 20–21 марта 2008 г. М. : ГЕОС, 2008. С. 501–506.

© А. Н. Богомолов, Ю. И. Олянский, О. А. Богомолова,  
И. Ю. Кузьменко, Е. А. Степанова