

МЕТОД ПОДБОРА СОСТАВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ГРУНТОВЫХ СМЕСЕЙ

© 1996 г. С. Р. Месчян

Институт механики НАН РА
375019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна 246, Республика Армения
Поступила в редакцию 26.07.95.

В статье изложен метод определения оптимального состава из местных супесей, суглинков и бентонитовой пудры грунтовых смесей, оптимальной влажности и наибольшей плотности с заданным значением давления свободного набухания для возведения противофильтрационных элементов гидротехнических сооружений.

Мировой практике гидротехнического строительства известно много случаев использования бентонитовых глин для повышения неводопроницаемости супесей и суглинков, служащих материалом водопорных элементов—противофильтрационными экранами [6, 7], облицовками каналов [5] и т. д.

Поскольку проблема потери воды из водохранилищ вообще, а в Армении в особенности, является исключительно важной проблемой, обусловленной геологическим строением (трещиноватостью) их чаши и бортов, в АрмНИИ водных проблем и гидротехники были исследованы [1] фильтрационные свойства песчано-бентонитовых смесей с содержанием бентонита Саригюхского месторождения в них от 3 до 30% по массе. Было установлено, что в указанных пределах изменимость коэффициента фильтрации составляет от $6 \cdot 10^{-3}$ до $2,1 \cdot 10^{-6}$ см/с, а свободное набухание возрастает от 0 до 29,6%. Набухание чистого бентонита при плотности $1,1 \text{ г/см}^3$ было равно 47,61%. Как и во всех ранее выполненных работах авторы [1] заключили, что чистый бентонит и песчано-бентонитовые смеси являются хорошими неводопроницаемыми материалами. К сожалению, в [1] не приведены данные как о значениях плотности испытанных образцов, так и об их начальной влажности, чтобы сделать более обоснованные выводы о фильтрационных свойствах испытанных смесей.

Во всех упомянутых выше работах состав грунтовых набухающих смесей, количество бентонита определялись по наименьшему значению коэффициента фильтрации. Для этого выполнялось испытание большого количества различных составов смесей, поскольку не было научно-обоснованного метода подбора оптимального состава грунтовых смесей с заданными значениями оптимальной влажности, наибольшей плотности, набухаемости и минимальной водопроницаемости.

Грунтовые смеси, содержащие значительное количество бентонита, являются набухающим материалом. Причем, в зависимости от количества бентонита в смеси и ее набухаемости может иметь место не только уменьшение, но и возрастание водопроницаемости материала. Например, опытами над образцами трех супесчано-бентонитовых смесей оптимальной влажности и наибольшей плотности под действием трех различных нормальных напряжений (табл. 1) было установлено, что наряду с существенным уменьшением коэффициента фильтрации по мере увеличения количества бентонита в смеси m_b от 0 до 15%, при $m_b = 20\%$ имело место его значительное возрастание вследствие набухания. Как видно из табл. 1, возрастание водопрони-

цаемости при содержании бентонита в смеси в количестве 20% по массе имеет место во всех трех значениях нормального давления [3].

Показатели основных физических и фильтрационных свойств супеси 56—85 и супесчано-бентонитовых смесей

Таблица 1

Количество бентонита, %	ρ_s	$\rho_{d,max}$	W_{opt}	$\frac{W_L}{W_P}$	J_p	Коэффициент фильтрации к, 10-е см/с при нормальных напряжениях σ_1 и σ_2 МПа		
	г/см ³	г/см ³		0.025		0.1	0.2	
0	2.68	1.61	0.22	$\frac{0.25}{0.19}$	0.06	5.69		
10	2.70	1.58	0.24	$\frac{0.31}{0.18}$	0.13	2.49	1.64	7.63
15	2.72	1.56	0.24	$\frac{0.34}{0.18}$	0.16	0.352	0.31	0.301
20	2.74	1.53	0.22	$\frac{0.34}{0.20}$	0.14	1.14	1.14	0.836
17	2.74	1.55	0.23	—	—	0.184	0.21	0.133

Из изложенного выше следует, что для обеспечения наименьшей водопроницаемости грунтовых смесей оптимальной влажностью W_{opt} и наибольшей плотности скелета $\rho_{d,max}$ следует исключить их набухаемость. Это значит, что давление свободного набухания смеси $\pi_{\pi=0}$ [4] должно быть равно величине пригрузки τ , водоупорного элемента от веса защитного слоя. При таком подходе к подбору состава грунтовой смеси количество бентонита в ней будет равно тому наибольшему значению, при котором отсутствует ее разуплотнение вследствие набухания при замачивании под заданной нагрузкой.

Чтобы решить рассматриваемую задачу следует: 1) приготовить несколько различных грунтовых смесей с различным содержанием бентонита, 2) определить оптимальную влажность и наибольшую плотность их скелета, 3) образцы оптимальной влажности и наибольшей плотности скелета загрузить нагрузкой, равной величине предполагаемой пригрузки и через определенное время замочить, 4) определить деформации уплотнения (+ ϵ_c) и набухания (— ϵ_c) замоченных образцов, 5) по данным опытов построить график зависимости деформация (ϵ_c) — количество бентонита в смеси в % по массе (m_b) и по точке пересечения этого графика с осью m_b определить оптимальное количество бентонита в смеси в % ($m_{b,opt}$).

На рис. 1 приведен пример определения ($m_{b,opt}$), равного 17% по массе рассмотренной выше смеси из супеси 56—85 и бентонитового порошка Саригюхского месторождения под действием $p_1 = \sigma_1 = 0.025$ МПа (табл. 1).

С целью проверки справедливости предлагаемого метода осуществлено испытание грунтовой смеси, с содержанием в ней бентонита 17% по массе, оптимальной влажности и наибольшей плотности скелета под действием $p_1 = \sigma_1 = 0.025$ МПа. Опыты показали, что действительно эта смесь под действием приложенной нагрузки не набухает и не уплотняется и обладает наименьшей водопроницаемостью (см. табл. 1)

Рассмотренная выше методика определения оптимального состава грунтовых смесей была использована для устройства противофильтрационных элементов в виде пробок из двух суглинисто-бентонито-

вых смесей оптимальной влажности и наибольшей плотности скелета на фильтрационных воронках Апаранского водохранилища (Армения).

Были приготовлены суглинисто-бentonитовые смеси №1 оптимальной влажности и наибольшей плотности скелета. Были использованы

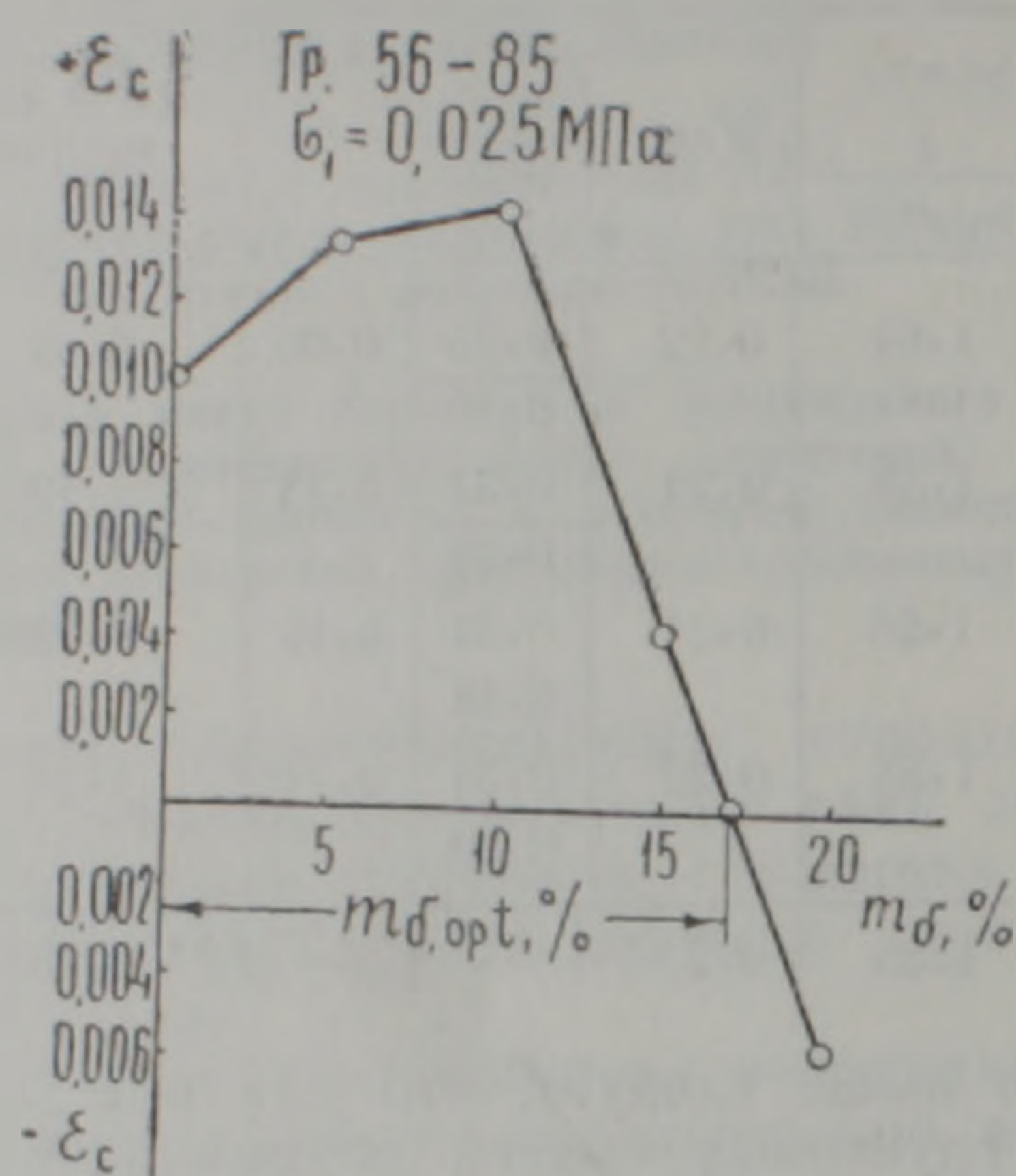


Рис. 1. График зависимости ϵ_c — m_{δ} грунтовых смесей 56—85 оптимальной влажности w_{opt} и наибольшей плотности $\rho_{d,max}$ при замачивании под действием $p_1 = 0,025$ МПа. $+\epsilon_c$ — деформация уплотнения; $-\epsilon_c$ — деформация набухания $m_{\delta opt}$ — оптимальное количество бентонита в грунтовой смеси в % по массе.

бentonитовая пудра Саригюхского месторождения [3] и суглинок, отобранный из карьера №1 (табл. 2). Образцы смесей с различным количеством бентонита были загружены давлениями $p_1 = \sigma_1 = 0,025$ МПа, под действием предполагаемой пригрузки от защитного слоя и замочены восходящим потоком воды в компрессионных приборах М-2[2] через четыре часа после загрузки.

Таблица 2
Данные о свойствах испытанных грунтов и грунтовых смесей

Количество бентонита в смеси, %	w_{opt}	w_L	w_p	I_p	ρ_s г/см ³	$\rho_{d,max}$ г/см ³
Грунтовые смеси № 1						
0	0.25	0.355	0.208	0.147	—	—
8	0.30	0.443	0.257	0.186	1.74	1.34
15	0.30	0.449	0.268	0.221	1.75	1.35
20	0.30	0.500	0.297	0.203	1.74	1.34
Грунтовые смеси № 2						
0	0.27	0.350	0.220	0.130	—	—
8	0.29	0.422	0.240	0.182	1.66	1.28
15	0.30	0.472	0.255	0.217	1.60	1.23
20	0.30	0.495	0.267	0.288	1.60	1.23

По изложенному выше методу построена кривая зависимости $\varepsilon_c - m_b$ и определено оптимальное количество бентонита $m_{b,opt} = 17\%$ в грунтовой смеси (рис. 2). По тому же методу определено оптимальное количество бентонита в суглинисто-бentonитовой смеси № 2 (табл. 2): $m_{b,opt} = 20\%$ по массе.

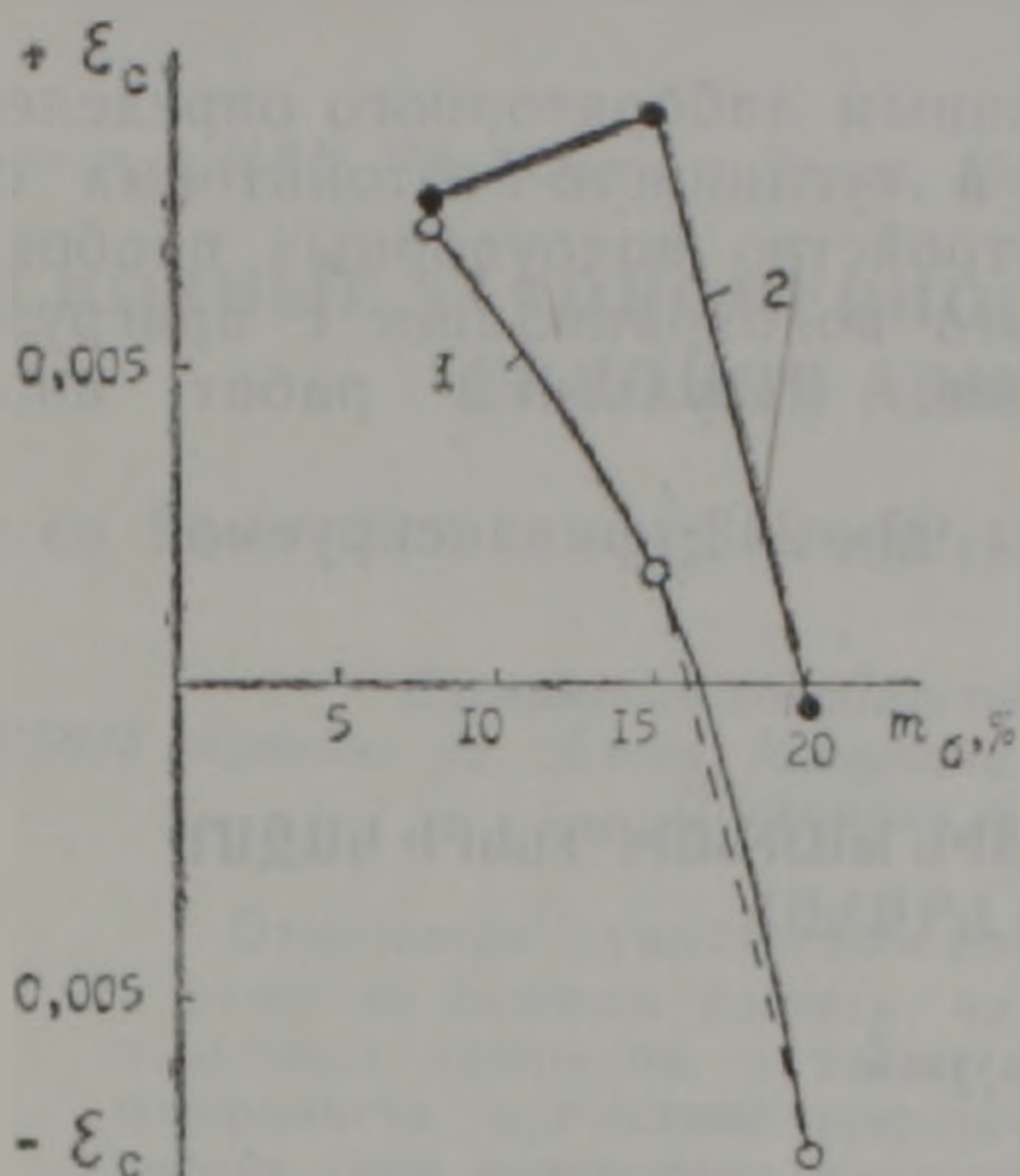


Рис. 2. Графики зависимости $\varepsilon_c - m_b$ грунтовых смесей № 1(1) и № 2(2) оптимальной влажности w_{opt} и наибольшей плотности ρ_{max} Апаранского водохранилища при замачивании под нагрузкой $\tau_1 = 0,025$ МПа. $+\varepsilon_c$ — деформация уплотнения; $-\varepsilon_c$ — деформация набухания.

Осуществлено определение фильтрационных свойств суглинка и суглинисто-бentonитовой смеси № 2 оптимальной влажности w_{opt} и наибольшей плотности ρ_{max} с оптимальным содержанием бентонита $m_{b,opt} \cong 20\%$ по массе и давлений свободного набухания $\tau_{sw,0}$ (см. табл. 3). Опыты выполнены как на малых (М-2), так и на больших (М-3) компрессионно-фильтрационных приборах [2].

Таблица 3
Данные о свойствах испытанных образцов и давлении свободного набухания смеси № 2

Количество бентонита в смеси, в %	Приборы М-2 Размеры образцов $d=70$ мм, $h=20$ мм			Приборы М-3 Размеры образцов $d=210$ мм, $h=60$ мм		
	w_{opt}	$\rho_{max}, \text{г/см}^3$	$\tau_{sw,0}, \text{МПа}$	w_{opt}	$\rho_{max}, \text{г/см}^3$	$\tau_{sw,0}, \text{МПа}$
0	0.319	1.63	—	0.319	1.61	—
20	0.286	1.63	0.022	0.286	1.64	0.0212

Как видно из табл. 3, давления свободного набухания образцов $\tau_{sw,0}$ практически равны давлению от предполагаемой пригрузки от защитного слоя, под действием которого определена величина $m_{b,opt}$.
Условия испытания и результаты определения фильтрационных свойств образцов суглинка и суглинисто-бentonитовой смеси № 2 при различных значениях градиента напора i приведены в таблице 4.

Таблица 4
Результаты определения фильтрационных свойств

Количество бентонита в %	Приборы М-2		Приборы М-3	
	i	$k, \text{см/с}$	i	$k, \text{см/с}$
0	19	$7.6 \cdot 10^{-7}$	5.22	$9.3 \cdot 10^{-7}$
20	21	$0.494 \cdot 10^{-7}$	5.28	$1.03 \cdot 10^{-7}$

Опыты показывают, что оптимальное количество бентонита в супесчано-бентонитовых и суглинисто-бентонитовых смесях обычно находится в пределах 15—25 % по массе. Учитывая, что в указанных пределах зависимость $\varepsilon_p - m$ практически является линейной, то для определения $m_{\text{опт}}$ можно ограничиться испытанием только двух смесей оптимальной влажности и наибольшей плотности, содержащие 15 и 20(25) % бентонита по массе.

В заключение отметим, что по данным лабораторного определения оптимального количества бентонита в суглинисто-бентонитовых смесях (табл. 3) было осуществлено устройство водоупорных пробок на фильтрационных воронках Апранского водохранилища с пригрузкой из крупнообломочных материалов. Результаты работ вполне удовлетворительны.

Работа выполнена в рамках темы 92—243, финансируемой из государственного бюджета Республики Армения.

ՀԱՎԱՅԻՏՐԱՑԻՈՆ ԳԵՏՆԱՀՈՂԱՅԻՆ ԽԱՌՆՈՒՐԴՆԵՐԻ ԿԱԶՄԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅԱՆ ԵՂԱՆԱԿ

Ս. Ռ. Մեսչյան

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Շարադրված է տեղական ենթակավերից, / նթաավազներից և բենտոնիտային փոշուց օպտիմալ խոնավության, առավելագույն խտության և տվյալ աղատ ուղելու, ձնշումի գետնահողային խառնուրդների կազմի որոշման հղանակը, որոնք օգտագործվում են հիդրոտեխնիկական կառույցների հակաֆիլտրացիոն տարրերի կառուցման համար:

A METHOD FOR PROPORTIONING OF ANTISEEPAGE SOIL MIXTURES COMPOSITIONS

S. R. Meschian

Abstract

The present paper describes a method for determination of an optimum composition of mixtures made of local loamy sands, loams and bentonite powder, their optimum humidity and maximum density with preset values of free swelling pressures, designed for construction of antiseepage elements of hydraulic engineering structures.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Джрбашян Э. Т., Алавердян Р. А., Лалазаров Б. Х., Отарян Г. С. К изучению бентонитовых глин для применения в противофильтрационных целях—В кн.: вопросы мелиорации и водного хозяйства Армянской ССР 1985. Вып. XI. Ереван: с. 115—125.
- 2 Месчян С. Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов. М.: Недра, 1985. 342 с.
- 3 Месчян С. Р., Петросян Т. Л. Определение оптимального состава и фильтрационных свойств грунтовых смесей—Изв. АН АрмССР (серия ТН), 1987, том 40, №3, с. 33—37.
- 4 Месчян С. Р. Реологические процессы в глинистых грунтах. Ереван: Айастан, 1992. 395 с.

5. Противофильтрационная одежда ирригационных каналов (перевод с англ. Е. В. Мальцовой).: Колос, 1965. 158 с.
6. Смолина Л. Б., Кутумова О. Ф., Бейнисович В. С. Антифильтрационные экраны из бентонитовых глин, лессовых грунтов и углещелочного реагента—Вопросы гидротехники. Вып. 18. Ташкент: Изд. АН УзССР, 1964, с. 105—114.
7. Sima N., Harsulescu A. The use of bentonites for sealing dams. V Bulletin of the International association of Engineering geology, 1979, № 20, —pp 222—226.

Известия НАН РА, Науки о Земле, 1996, XLIX, № 1—3, 67—73

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СКЛОНОВ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ

© 1996 г. В. Р. Бойнагрян

Ереванский государственный университет, Армения

375025 Ереван, ул. Алека Манукяна 1, географический ф-т, Республика Армения
Поступила в редакцию 12. 12. 95.

Отмечается существенное воздействие тектоники на формирование, строение и развитие склонов нагорья, на их внешний облик, крутизну, интенсивность склоновых процессов, а также на выравнивание вершинной водораздельной поверхности вследствие широтного растяжения горных сооружений. Климат вносит свои коррективы в развитие склонов нагорья, но в целом по значимости воздействия на них он уступает тектонике.

В геолого-геоморфологической изученности Армянского нагорья существенным пробелом до самого последнего времени оставались вопросы формирования, строения и развития склонов. Наши исследования позволили в какой-то мере восполнить этот пробел и выявить основные закономерности, свойственные склонам Армянского нагорья, которые развиваются в условиях тектонической активности региона и на фоне относительной сухости климата.

Рассмотрим эти закономерности, которые, на наш взгляд, характерны не только для склонов Армянского нагорья, но и для склонов аналогичных в тектоническом и климатическом отношении областей, например, таких, как Малоазийское, Иранское, Тибетское и др. нагорья.

I. На Армянском нагорье близко соседствуют вулканические, тектонические, экзогенные и техногенные формы рельефа с соответствующими склонами, каждый из которых имеет свои морфологические разновидности и особенности формирования, строения и развития.

Следует отметить, что большинство склонов нагорья относительно молодые—плиоцен-четвертичного, а в ряде случаев—и голоценового возраста (техногенные склоны имеют самый молодой возраст—современный). Все они сформировались здесь за разный промежуток времени—от нескольких месяцев, недель, дней, часов и даже минут (техногенные, часть экзогенных, вулканических, сейсмогенные) до сотен и тысяч лет (тектонические, экзогенные, вулканические).

На их строение и развитие воздействуют не только общие закономерности, свойственные вообще для любых склонов, но и местные особенности, связанные с тектоникой и климатом региона. Для каждого же конкретного склона немаловажное значение имеют его высотное положение, состав пород, их залегание, наличие или отсутствие промежуточного базиса денудации и т. п. На современном этапе развития склонов нагорья и особенно в последние десятилетия существенное воздействие на них оказывает деятельность человека, нередко вызы-