

УДК 712.6

И. И. КРУГЛИЦКИЙ, М. А. АСАТРЯН, Э. Г. АГАБАЛЯНЦ, В. П. БАТЮК,
А. В. АСТВАЦАТРЯН, А. А. ОГАНЕСЯН, Ж. М. ОГАНЕСЯН

РАЗРАБОТКА АНТИФИЛЬТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЛИНО-ГРУНТОВЫХ МАСС И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В настоящее время одной из основных проблем в мировой науке является проблема очистки и сохранения воздушных и водных бассейнов. Частичное решение этой задачи связано с созданием новых антифильтрационных материалов, обладающих предельно низкой фильтрацией при оптимальной прочности их дисперсной структуры. Такие материалы могут найти самое широкое применение при гидротехническом строительстве, проводке линий метро, железнодорожных тоннелей, антифильтрационных завес и траншей и др.

Нами, в частности, рассмотрен один из аспектов получения указанных материалов и их использование при сооружении высокогорных водоемов на территории Армянской ССР.

В качестве объектов исследований были взяты ненарушенные (монолиты) и нарушенные грунты Саригюхского водохранилища Артекского района, бентонитовые глины Саригюхского месторождения и поверхностно-активные вещества (ПАВ)—высшие жирные спирты (ВЖС) и высшие жирные кислоты (ВЖК) [1].

Краткая характеристика грунта следующая: глубина отбора пробы—60—80 см; удельный вес—2,72 г/см³; число пластичности 17,7; механический состав—глинистая фракция—27,78%, пылеватая фракция—30,44%, песчаная фракция 41,78%.

Рентгенографическое исследование исходного образца грунта (монолита), проведенное на ионизационном дифрактометре УРС-50 ИМ с медным излучением показало, что глинистая составляющая представлена смесью минералов каолинита, палыгорскита, монтмориллонита и гидрослюда, а песчаная—смесью кварца и α -кристобалита. На рентгенограммах присутствуют первые базальные рефлексы, принадлежащие именно указанным составляющим грунта (табл. 1).

Методика приготовления образцов для структурно-механического анализа и фильтрационных исследований заключалась в следующем. Грунт с ненарушенной структурой обрабатывали 3%-ными и 9%-ными суспензиями саригюхского монтмориллонита. Грунт с нарушенной структурой подвергали следующей обработке: 100 мл суспензии саригюхской глины (с концентрацией 9 вес.%) смешивали со 100 мл раствора ВЖС (при их 5%-ной концентрации в воде) и полученную систему тщательно

Таблица 1

Дифрактограмма грунта Сариланджского водохранилища

№ линии	Монолит		Каолин	Пальгорскит	Монтмориллонит	Гидрослюда	Кварц	α-кристаллит
	J	d, кX	d, кX	d, кX	d, кX	d, кX	d, кX	d, кX
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	25	15,73	—	—	15,73	—	—	—
2	10	10,75	—	10,75	—	—	—	—
3	9	10,02	—	—	—	10,02	—	—
4	22	7,17	7,17	—	—	—	—	—
5	8	6,45	—	6,45	—	—	—	—
6	5	5,43	—	5,43	—	—	—	—
7	11	5,12	—	—	—	5,01	—	—
8	12	4,9	—	—	—	—	—	—
9	26	4,52	—	4,52	—	—	—	—
10	31	4,47	4,47	—	4,47	4,47	—	—
11	39	4,27	—	—	—	4,27	4,27	—
12	32	4,10	4,1	—	—	4,1	—	—
13	22	4,03	—	—	—	—	—	4,03
14	17	3,94	—	—	—	3,94	—	—
15	22	3,82	3,82	—	—	3,82	—	—
16	26	3,75	3,75	3,75	—	3,75	—	—
17	28	3,60	3,60	—	—	—	—	—
18	17	3,52	—	3,52	—	3,52	—	—
19	40	3,38	3,38	—	—	—	—	—
20	86	3,35	3,35	—	—	—	3,35	—
21	100	3,33	3,33	—	—	—	—	—
22	46	3,23	—	3,23	—	—	—	—
23	74	3,20	—	—	—	3,20	—	3,20
24	86	3,01	—	3,01	3,01	—	—	—
25	27	2,97	—	—	—	2,97	—	—
26	22	2,87	—	—	2,87	2,87	—	2,87
27	4	2,71	2,71	—	—	2,71	—	—
28	12	2,61	—	2,61	—	—	—	—
29	26	2,58	—	—	—	2,58	—	—
30	31	2,56	2,56	2,56	2,56	—	—	—
31	28	2,53	2,53	—	—	—	—	—
32	26	2,50	—	—	—	2,5	—	2,5
33	20	2,46	2,46	—	—	2,46	2,46	—
34	11	2,33	2,33	—	—	2,33	—	—
35	9	2,29	2,29	—	—	—	2,29	—
36	35	2,26	2,26	—	—	2,26	—	—
37	14	2,23	—	2,23	2,23	—	2,23	—
38	23	2,16	2,16	—	—	2,16	—	—
39	25	2,13	2,13	—	—	2,13	2,13	—
40	16	2,12	—	—	—	—	—	2,12
41	5	2,08	2,08	—	—	—	—	—
42	5	2,05	—	—	—	2,05	—	—
43	9	2,01	—	—	—	—	—	2,01
44	9	1,989	—	—	—	—	1,989	—
45	9	1,975	—	—	—	1,989	—	—
46	10	1,897	1,897	—	—	—	—	—
47	9	1,868	1,868	—	—	—	—	1,868
48	10	1,861	—	—	—	—	—	—
49	11	1,822	—	1,822	—	—	1,822	—
50	11	1,809	1,809	—	—	—	—	—
51	9	1,785	1,785	—	—	—	—	—
52	5	1,780	—	—	—	1,78	—	—
53	7,5	1,699	1,699	—	1,699	—	—	1,699
54	9	1,670	—	1,670	—	—	1,670	—
55	12	1,621	1,621	—	—	—	—	—
56	12	1,590	1,590	—	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9
57	3	1,576	—	—	—	—	—	1,576
58	5	1,561	—	1,561	—	—	—	—
59	16	1,537	1,537	—	—	—	—	—
60	11	1,501	—	1,501	1,501	1,501	1,537	1,537
61	8	1,485	1,485	—	—	—	—	—
62	6	1,471	1,471	—	—	—	—	—
63	11	1,451	1,451	—	—	—	1,451	—
64	5	1,427	1,427	—	—	—	—	1,427
65	10	1,406	1,406	—	—	—	—	1,406
66	10	1,371	1,371	—	—	—	1,371	1,371
67	5	1,336	1,336	—	—	—	—	1,336
68	5	1,301	1,301	—	1,301	—	—	—
69	11	1,292	1,292	—	1,292	—	—	—
70	8	1,283	1,233	—	—	—	—	—
71	6	1,271	—	—	—	—	—	1,271
72	5	1,261	1,261	—	—	—	1,261	—
73	12	1,250	1,250	—	1,250	—	—	—
74	10	1,237	1,237	—	1,237	—	—	1,237
75	10	1,223	—	—	—	—	1,223	—
76	6	1,205	—	—	—	—	—	1,205
77	9	1,196	1,196	—	—	—	1,196	—
78	7	1,179	—	—	—	—	1,179	1,179

перемешивали с 500 г исходного грунта. Затем, полученные образцы высушивали на воздухе при температуре 20–22°C.

Таким же образом грунт обрабатывали и ВЖК (при 20%-ной концентрации в дизтопливе). Модификацию образцов в сухом виде осуществляли путем смешивания саригюхского монтмориллонита с исходным грунтом в соотношении 1:1 с последующим механическим диспергированием.

Структурно-механический анализ [2, 5] исходного грунта с ненарушенной структурой показал, что последний образует весьма прочные пространственные сетки. Это подтверждается данными по пластической прочности образцов, измеренной на коническом пластометре П. А. Ребиндера (табл. 2).

Таблица 2

Пластическая прочность 10^5 , дн/см² грунтов Сариланджского водохранилища с ненарушенной структурой в присутствии добавок

Исх.	Д о б а в к а			
	Саригюх- ская глина	Сар. гл. + ВЖК	9% сусп. глины + ВЖС	9% сусп. глины + ВЖК
223,7	61,9	28,1	115,6	43,4

Образовавшаяся структура обладает большими значениями модулей быстрой E_1 и медленной E_2 эластических деформаций, равновесного модуля E , наибольшей пластической (шведовской) вязкости η и условного статического предела текучести P_k .

Следует отметить, что изучаемая система в силу более или менее свободного шарнирного поворота частиц по контактам обладает меньшими величинами модуля быстрой эластической деформации по сравнению с модулем медленной эластической деформации, повышенные значения которого определяются более сильным взаимодействием между элементами коагуляционной структуры через весьма стойкие остаточные прослойки дисперсионной среды. Это подтверждается низкой эластичностью системы. Вследствие этого возникающий пространственно-гиксотропный каркас обладает высокой прочностью единичных контактов при недостаточно большом заполнении коагуляционной структуры микроагрегатами и развитии сольватных оболочек [7], способных при их большей диффузности передавать энергию поверхностных твердых фаз на значительные расстояния. Вследствие этого система характеризуется низкой пластичностью P_{k_1/η_1} , высоким периодом истинной релаксации θ_1 и условным модулем деформации E_c (табл. 3).

Таблица 3

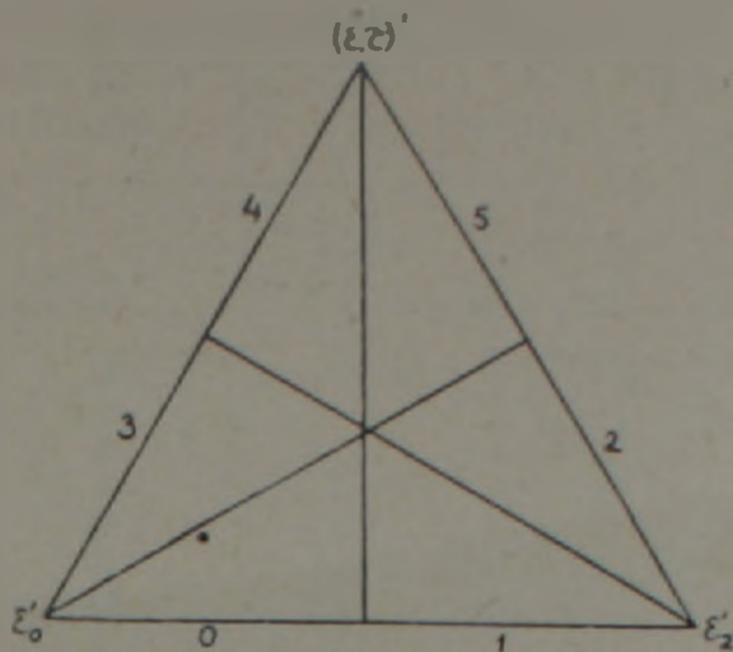
Структурно-механические свойства грунта Сариланджского водохранилища с ненарушенной структурой

Структурно-механические константы					Структурно-механические характеристики		
$E_1 \cdot 10^{-6}$, дн/см ²	$E_2 \cdot 10^{-6}$, дн/см ²	$E \cdot 10^{-6}$, дн/см ²	$\eta_1 \cdot 10^{-6}$, п ³	$P_{k_1} \cdot 10^{-4}$, дн/см ²	λ	$\frac{P_{k_1} \cdot 10^6}{\eta_1}$, сек ⁻¹	θ_1 , сек
106,5	501,0	82,5	5950	3	0,175	4,95	7200
Относительные деформации				$E_c \cdot 10^{-5}$, эрг/сек	Структурно-механический тип		
ϵ_0	ϵ_2	$(\epsilon_1\tau)^1$					
72	15,5	12,5	770				0

В деформационном процессе грунт с ненарушенной структурой развивает преимущественно быстрые эластические деформации ϵ_0 наряду с малыми медленными эластическими ϵ_2 и пластическими $\epsilon_1\tau$, что также указывает на возникновение жесткого пространственного каркаса с низкой степенью заполнения как с точки зрения чистого механического (агрегатного), так и адсорбционного (водного) механизма.

В результате изложенного, данная система по соотношению развития деформаций относится к нулевому структурно-механическому типу [1] (см. фиг. 1).

При обработке исходного грунта 9%-ными суспензиями саригюхского монтмориллонита, модифицированными ВЖС и ВЖК, наблюдается резкое понижение прочности коагуляционной структуры, что подтверждается уменьшением их пластической прочности от $223,7 \cdot 10^5$ до, соответ-



Фиг. 1. Соотношение развития деформации в системе

ственно, $115,6 \cdot 10^5$ и $43,4 \cdot 10^5$ дн/см². Аналогичная картина имеет место при составлении глино-грунтовых композиций путем их смешивания в отсутствие и присутствии поверхностно-активных веществ. Так, смесь грунта с саригюхской глиной понижает его прочность до $61,9 \cdot 10^5$ дн/см², а эта же смесь, обработанная ВЖК, — до $28,1 \cdot 10^5$ дн/см².

Судя по полученным данным, следует полагать, что структура достаточной прочности и максимального объемного заполнения образуется при смешивании исходного разрушенного грунта с саригюхским монтмориллонитом, модифицированным ВЖК, хотя даже в отсутствие ПАВ, полученная система обладает весьма хорошими механическими (деформационными) свойствами.

Кроме того, необходимо отметить, что при обработке саригюхского монтмориллонита ВЖС на дифрактограммах наблюдается увеличение межплоскостного расстояния от 14,69 до 15,19. Это, очевидно, связано с вхождением молекул химического препарата в межпакетное пространство глинистого минерала. Наличие более острых пиков у первых базальных отражений указывает на повышение дисперсности и лучшую ориентацию частиц глинистой составляющей (табл. 4). Появление дополнительного рефлекса с $d \approx 5,02$ может указывать на хемосорбционную фиксацию молекул высших жирных спиртов в межпакетном пространстве кристаллической решетки монтмориллонита.

Исследование фильтрационных свойств монолитов проводилось по общепринятой методике в приборах Тима-Каменского, а грунтов с нарушенной структурой — на приборах «ПВ» и Фадеева-Вильямса.

Образцы грунтов перед определением коэффициента фильтрации имели первоначальную влажность 25—35% и объемный вес 1,3—1,6 г/см³. В процессе опытов измеряли расход профильтровавшегося раствора, перепад давлений (который составлял 60—70 мм рт. ст) и продолжительность измерения. Затем вычисляли величины коэффициента фильтрации, приведенные к 10°C.

Коэффициент фильтрации (K^{Φ}) у монолитов составляет 0,52 м/сутки.

Таблица 4

Данные порошковых рентгенограмм Саригюхского монтмориллонита и обработанного ВЖС

№ линий п/п	Естественный		Обработанный ВЖС	
	J	d, кX	J	d, кX
1	100	14,69	100	15,19
2	—	—	15	5,02
3	34	4,47	35	4,47
4	46	4,03	46	4,03
5	2	3,58	2	3,58
6	4	3,34	4	3,34
7	16	3,12	10	3,12
8	4	2,83	4	2,83
9	16	2,56	16	2,56
10	16	2,47	16	2,47
11	9	2,41	9	2,41
12	7	2,36	7	2,36
13	2	2,25	2	2,25
14	2	2,18	2	2,18
15	3	2,13	3	2,13
16	3	2,09	3	2,09
17	2	1,943	2	1,943
18	3	1,916	3	1,916
19	3	1,867	3	1,867
20	7	1,687	7	1,687
21	7	1,671	7	1,671
22	7	1,663	7	1,663
23	6	1,634	6	1,634
24	6	1,606	6	1,606
25	3	1,546	3	1,546
26	4	1,524	4	1,524
27	16	1,493	16	1,493
28	2	1,393	2	1,393
29	3	1,360	3	1,360
30	8	1,284	8	1,284

Значение K_0 для образцов грунта с ненарушенной структурой, подвергнутого обработке 3%-ными и 9%-ными суспензиями саригюхского монтмориллонита, составляет, соответственно, 0,25 и 0,18 м/сутки, что хорошо увязывается с приведенными выше данными структурно-механического анализа и их интерпретацией.

После обработки грунта с нарушенной структурой смесями 9%-ной суспензии саригюхской глины + ВЖС и 9%-ной суспензии саригюхской глины + ВЖК фильтрация значительно уменьшается — до 0,006 и 0,002 м/сутки соответственно. Аналогичные данные получены при изучении смеси грунта с саригюхским монтмориллонитом, обработанной ВЖС, где коэффициент фильтрации составляет 0,002 м/сутки.

При составлении смеси грунта с нарушенной структурой и саригюхской глины коэффициент фильтрации незначителен, а при обработке такой смеси ВЖК фильтрация практически отсутствует, что говорит о большой эффективности действия выбранных веществ (табл. 5).

Таким образом, грунты, содержащие саригюхский монтмориллонит, особенно в присутствии высших жирных кислот, образуют структуры с

Таблица 5

Величина коэффициента фильтрации (м/сутки) грунтов Сариланджского водохранилища в присутствии различных добавок

Тип грунта	Д о б а в к а									
	Прибор Тима-Каменского			Прибор ПВ			Прибор Фадеева-Вильямса			
	Исх.	3% сусп. глины	9% сусп. глины	Исх.	Сариг. глина	Сариг. глина + ВЖК	Исх.	Сариг. глина + ВЖК	9% сусп. пенз. + ВЖС	9% сусп. глины + ВЖК
С ненарушенной структурой (моноклит)	0,52	0,25	0,18	—	—	—	—	—	—	—
С нарушенной структурой	—	—	—	0,76	0,0007	0,0001	0,76	0,002	0,006	0,002

оптимальными механическими показателями, определяющими их высокие антифильтрационные свойства [14], и могут быть использованы при строительстве Сариланджского водохранилища Арктического района.

Институт коллоидной химии
и химии воды АН УССР.
Институт „Аргипроводхоз“

Поступила 18 VI.1970

Ն. Ն. ԿՐՈՒՑԻՑԿԻ, Մ. Ա. ԱՍԱՏՐՅԱՆ, Է. Գ. ԱՂԱԲԱԼՅԱՆՑ, Վ. Գ. ԲԱՏՅՈՒԿ,
Ա. Գ. ԱՍՏՎԱԾԱՏՐՅԱՆ, Ա. Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ժ. Մ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

**ՀԱԿԱՅԻԼՏՐԱՑԻՈՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՈՒՄԸ ԿԱՎԱ-ԳՐՈՒՆՏԱՅԻՆ
ՉԱՆԳՎԱԾՆԵՐԻ ԵՎ ՄԱԿԵՐԵՍԱՅԻՆ-ԱԿՏԻՎ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ**

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողվածում բերված են հակաֆիլտրացիոն հատկություններ ունեցող նոր նյութերի ստացման ու նրանց կիրառման հարցերը Հայկական ՍՍՀ բարձրլեռնային մասերում տեղադրված ջրամբարների շինարարության մեջ:

Հեղինակները հանգում են այն եզրակացության, որ Սարիգյուղի մոնտմորիլոնիտ պարունակող գրունտները, հատկապես բարձր յուղային թթուների ներկայությամբ, առաջացնում են օպտիմալ մեխանիկական հատկանիշներ ունեցող ստրուկտուրաներ, որոնք աչքի են ընկնում բարձր հակաֆիլտրացիոն հատկություններով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Круглицкий Н. Н. Укр. хим. ж., 30, 5, 115, 1964.
2. Круглицкий Н. Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых минералов. Изд. «Наукова думка», Киев, 1968.
3. Круглицкий Н. Н. и др. Физико-химические основы использования поверхностно-активных веществ и полимеров в мелнорации. Изд. «Наукова думка», Киев, 1970.

4. Круглицкий Н. Н. Ж. Военные знания, 5, 1970.
5. Михайлов Н. В., Рабиндер П. А. Колл. ж., 17, 2, 105, 1965.
6. Ничипоренко С. П. Основные вопросы теории обработки и формирования керамических масс. Изд. АН УССР, Киев, 1960.
7. Овчаренко Ф. Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов. Изд. АН УССР, Киев, 1961.