

Н. И. Кириченко

Изменение свойств лессовидных грунтов при работе их в теле плотины

В 1926 году на Украине, в целях создания водохранилища и обеспечения водозабора электростанции, была построена земляная плотина высотой около 10 м и длиной по гребню 250 м.

Плотина построена из пылеватых лессовидных суглинков палево-коричневого цвета. В естественном залегании суглинки макропористые, карбонатизированные и слабо заглисованные.

Документация строительства, к сожалению, не сохранилась. Рабочий, участник строительства, свидетельствует: грунт укладывался в плотину в естественном влажном состоянии, уплотнение производилось малыми катками на конной тяге, 2—3 ходами по одному месту.

Плотина работает безаварийно до настоящего времени.

В 1946 г. указанная плотина исследована силами экспедиции Ленгидэпа, при техническом руководстве автора. Бурением установлено, что основание плотины располагается на супесчаных аллювиальных отложениях, на глубине 3—5 м от гребня в плотине наблюдается зеркало фильтрационного потока (фиг. 1).

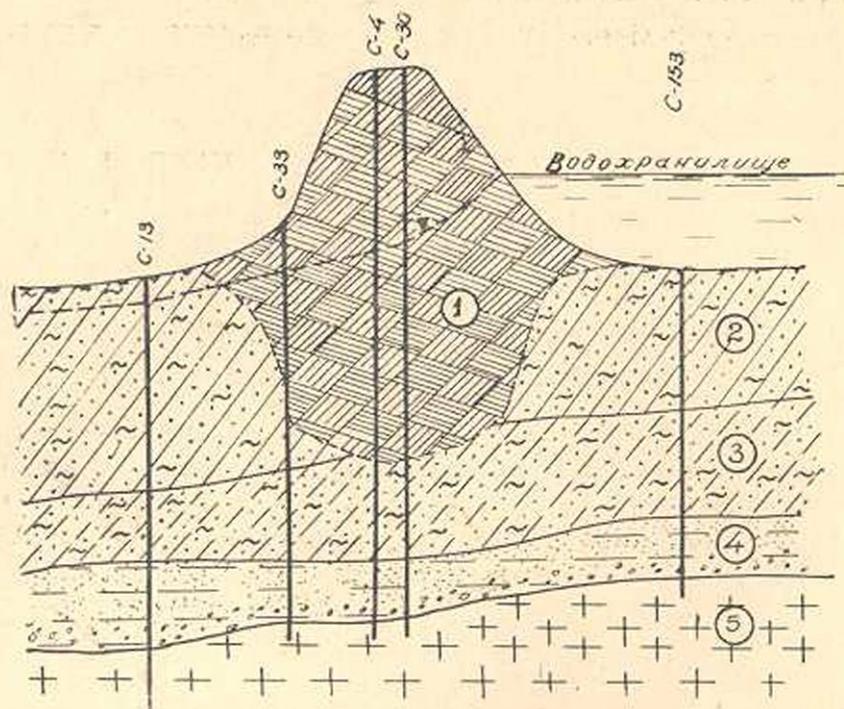
Для лабораторного анализа грунтов были отобраны образцы из скважин и шурфов, пройденных на территории карьера и из скважин, пробуренных из верхней половине проезжей части плотины.

Результаты произведенных исследований пока еще не дают возможности полностью осветить сложные процессы и видоизменения, возникающие в грунтах благодаря взаимодействию воды и воднорастворимой части грунта. Однако уже сейчас можно утверждать, что сравнительное изучение суглинков карьера, находящихся в естественных условиях залегания, и грунтов плотины из этих суглинков, с целью выявления изменений, которые претерпели последние за 20-летний период работы плотины, несомненно представляют практический интерес.

Химический состав грунтов

Как видно из приводимой таблицы 1, данные силикатных анализов карьерных суглинков и грунтов, слагающих тело плотины, отличаются друг от друга незначительно.

В грунтах тела плотины SiO_2 больше, MgO и Al_2O_3 —несколько



Фиг. 1. Поперечный разрез плотины: масштаб: горизонтальный—1:1000, вертикальный—1:200

1. Суглинки (тело плотины)
2. Суглинки легкие А1
3. Супеси слегка иловатые А1
4. Пески развозернистые, слабо глинистые А1
5. Гранито-гнейсы трещиноватые, докембрий
6. ∇ — уровень грунтовых вод
7. С — буровые скважины

меньше, нежели содержится таковых в карьерных грунтах. Это находится в прямой связи с суффозионными явлениями и потерей грунтами плотины воднорастворимых солей.

Таблица 1

Химические компоненты в % к весу образца						H ₂ O гигроск.	Сумма
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Потери при прокалив.		
А. Грунты карьера (средн. из 8 анализов)							
62,64	6,17	8,55	6,81	1,68	11,94	3,80	97,79
Б. Грунты в теле плотины (средн. из 15 анализов)							
66,51	6,07	7,10	6,90	1,46	10,72	3,02	98,76

Химический состав водных вытяжек

Водные вытяжки производились однократно для каждого образца, при соотношении — грунт : дистиллированная вода, как 1:5. Суспензия взбалтывалась в течение 3-х минут и оставлялась в покое на сутки. На следующий день утром суспензия снова взбалтывалась в течение 3-х минут, затем отфильтровывалась и фильтрат анализировался.

а) Анализ химического состава девяти водных вытяжек из карьерных суглинков показал, что они содержат воднорастворимых солей в среднем—0,29%, максимально—0,51%, минимально—0,22%. Как видно из таблицы 2, главное место в химическом составе этих вытяжек занимают $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} и Cl^- ; остальные ингредиенты играют подчиненную роль.

Таблица 2

Глубина взятия образцов в м	Химические компоненты в мг на 100 г грунта							Колич. исслед. образцов
	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Ca^{++}	Mg^{++}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Сумма	
А. Грунты карьера (среднее значение)								
1-6	74,9	8,3	8,1	47,8	107,1	48,5	294,7	9
Б. Грунты в теле плотины (среднее значение)								
1-4	22,5	7,1	2,8	5,4	31,9	45,5	115,2	8
5-7	38,1	14,1	4,7	8,3	86,4	43,5	195,1	5
8-10	25,7	4,6	0,8	7,7	17,1	50,8	106,7	3
1-10	28,0	8,7	2,9	6,8	45,3	46,1	137,8	16

В результате изучения данных анализа каждой водной вытяжки, установлено небольшое отклонение результатов отдельно взятых вытяжек от данных анализа валовой пробы и средних значений.

Это дает основание считать средние значения характерными для всей исследованной толщи грунтов, слагающих карьер.

б) Из той же таблицы 2 видно, что грунты, слагающие тело плотины, в настоящее время содержат воднорастворимых солей: в среднем—0,14%, максимально—0,23%, минимально—0,08%. Главенствующими ингредиентами здесь являются $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} , HCO_3^- , и Ca^{++} . Магния и хлора в них содержится весьма незначительное количество (0,30—0,62 мг экв.).

Распределение воднорастворимых солей в грунтах тела плотины по глубине неравномерное. Наименьшее количество их наблюдается на глубине 8—10 м и в зоне колебания уровня депрессионной поверхности фильтрационного потока (на глубине 3,5—4,5 м). Наибольшее количество воднорастворимых солей содержится в средней части плотины (фиг. 2).

В общем, в грунтах тела плотины $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{++} , Cl^- и SO_4^{--} содержится намного меньше, нежели в карьерных суглинках.

За двадцатилетний период работы плотины в грунтах, слагающих ее, уменьшилось

в среднем: Cl^- — на 86%, Mg^{++} — на 64%, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ — на 63% и SO_4^{--} — на 58%.

Количество Ca^{++} и HCO_3^- почти не изменилось (фиг. 3).

О химическом составе воды водохранилища, фильтрующей через тело плотины, дают представление данные таблицы 3, где приведены результаты анализов за 1946 г.

Физико-механические свойства грунтов

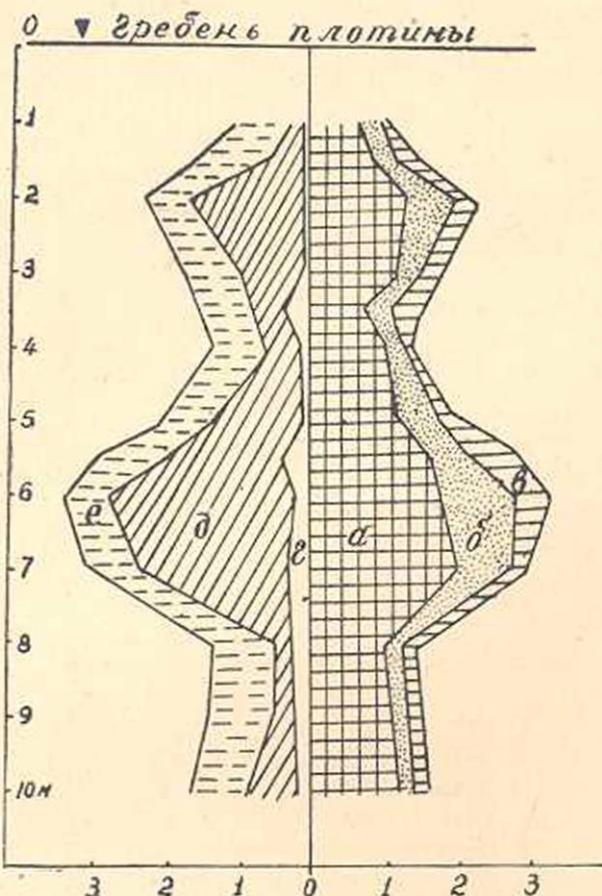
Результаты исследований свидетельствуют о том, что свойства карьерных грунтов в общем одинаковы, как по глубине, так и по площади их распространения, чего нельзя сказать про грунты, слагающие тело плотины.

Последние, по своим физико-механическим, химическим и водным свойствам могут быть подразделены

на три зоны: верхнюю — до глубины 5 м, среднюю — на глубине 5—7 м и нижнюю — на глубине 8—10 м.

Таблица 3

Дата взятия проб воды	В миллиграммах на литр						Сумма
	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Ca^{++}	Mg^{++}	Cl^-	SO_4^{--}	HCO_3^-	
12.III	38,1	34,0	13,8	56,0	65,9	94,6	302,4
6.VI	146,0	65,7	28,2	220,0	129,6	186,0	775,5
27.I	249,0	85,6	48,2	400,0	171,8	256,2	1210,8



Фиг. 2. Распределение воднорастворимых солей в грунтах тела плотины по глубине.

Масштаб: горизонтальный — 1 см = 1 м эквив., вертикальный — 1 см = 1 м.

а — $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, б — Ca^{++} , в — Mg^{++} , г — Cl^- , д — SO_4^{--} , е — HCO_3^- .

Физико-механические свойства грунтов каждой зоны несколько отличны друг от друга, что иллюстрируется данными таблицы 4.

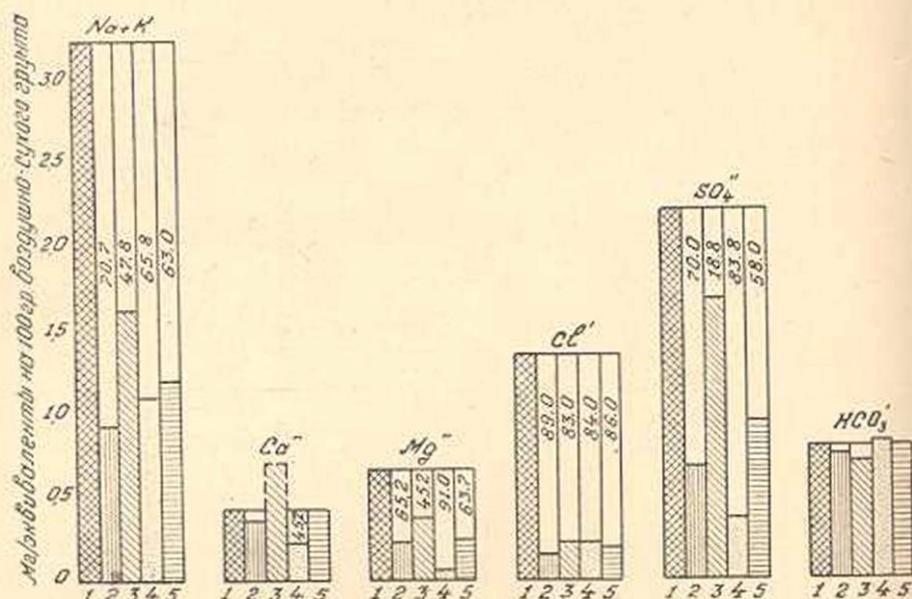
Таблица 4

Вид определения	Грунты в плотине										Грунты карьера по всему разрезу			Контингентная выгода
	на глубине в м		по всему разрезу						сред.	макс.	мин.			
	1-4	5-7	8-10	сред.	макс.	макс.								
>0,25 мм	6	6	10	7	11	5	2	5	2	18,9*				
0,25-0,10	8	8	17	10	21	6	4	5	3	.				
0,10-0,05	21	18	28	21	28	16	17	22	12	.				
0,05-0,01	30	29	21	28	32	17	34	41	26	.				
0,01-0,002	16	16	12	15	18	12	21	30	16	.				
<0,002 мм	19	23	12	19	23	10	22	26	15	.				
Естественная влажность в %	24	24	21	23	29	17	18	20	14	51/19				
Объемный вес влаж. грунта	1,96	1,97	2,03	1,97	2,07	1,82	1,75	1,92	1,67	54/13				
Объемный вес скелета грунта	1,60	1,61	1,70	1,61	1,74	1,45	1,49	1,56	1,44	.				
Удельный вес	-	-	-	2,70	2,74	2,66	2,71	2,73	2,69	8/10				
Пористость в %	41	40	37	40,6	46	31	44,6	46	42	.				
Степень водонасыщения	0,85	0,91	0,96	0,89	1,00	0,65	0,58	0,67	0,47	52/25				
Предел текучести	29	33	27	30	38	22	34	38	30	.				
Предел пластичности	16	16	14	16	18	13	18	20	15	8/12				
Липкость в г/см ²	97	130	97	105	130	80	135	220	80	.				

* Числитель—грунты в плотине, знаменатель—карьерные грунты.

Из таблицы 4 видно, что грунты, слагающие тело плотины, по сравнению с карьерными грунтами, обладают меньшим количеством глинистых и пылеватых частиц, большей естественной влажностью, большей плотностью, меньшими показателями текучести и липкости и немного большими углами внутреннего трения.

Последнее наглядно иллюстрируется данными таблицы 5.



Фиг. 3. Распределение химических ингредиентов в карьерных лессовидных суглинках и в грунтах действующей плотины

Масштаб: 4 см = 1 мг эквивалент.

1. Суглинки лессовидные в карьере
2. Грунты в плотине на интервале 1—4 м
3. Грунты в плотине на интервале 5—7 м
4. Грунты в плотине на интервале 8—10 м
5. Грунты в плотине, средние значения, на интервале 1—10 м
6. 70,7, 47,8 и т. п. выделено химических ингредиентов в %

Таблица 5

	Грунты в плотине (16)*				Карьерные грунты (10)*			
	φ_1°	φ_2°	C ₁	C ₂	φ_1°	φ_2°	C ₁	C ₂
Сред.	22°38'	16°58'	0,05	0,027	20°20'	15°14'	0,041	0,017
Макс.	25,00	19,00	0,19	0,110	22,00	16,30	0,170	0,030
Миним.	21,30	16,00	0,00	0,00	19,00	13,00	0,005	0,005

где φ_1° и C₁—угол трения и сцепление по максимальному сдвигающему усилию,

φ_2° и C₂—то же, по предельному равновесию.

* (16) и (10)—количество исследованных образцов с нарушенной структурой.

Ֆիզիկո-մեխանիկական հատկությունները սուղակների

11	Մասնակի պլաստիկության սահմանը	27%
12	Մասնակի ներքին ճնշման անկյունը	20°
13	Մասնակի կոնտակտային ճնշման սահմանը	0,25 կգ/ս.մ ²

Բնականորեն սուղակների կազմը և կառուցվածքը ցույց է տալիս, որ նրանք հարմար են լինում օգտագործվելու որպես օգնական շարժիչ մեքենաներ, որոնք կարող են աշխատել լայն շրջանակում և չեն կորցնում իրենց հատկությունները։

Институт «Гидроэнергопроект»

Поступило 14-И 1951

Ն. Ի. Կիրիչենկո

ՄԱՏՆԱԿԻ ՄԱՍՆԱԿԻ ՄԱՍՆԱԿԻ ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ԿԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՆՐԱՆՑ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

1926 թվին Ուկրաինայում կառուցվել է մի ամբարտակ 10 մ բարձրությամբ և 250 մ երկարությամբ։

Ամբարտակը կառուցված է փոշեկերպ և լյուսանման՝ բաց չեղնաշագանակազույն կավավազներից։

1946 թվին հեղինակի տեխնիկական ղեկավարությամբ ստուգանքներով են ամբարտակը կազմող գրունտների ֆիզիկական և քիմիական հատկությունները։ Համեմատության համար ստուգանքներով են նաև հանքավայրերից վերցրած գրունտների հատկությունները։

Այդ ստուգանքներով շնորհիվ պարզված է, որ ամբարտակը կազմող գրունտից քսան տարվա ընթացքում ողողված են, Cl^- —86%, Mg^{++} —64%, $Na^+ + K^+$ —63% և SO_4^{--} —58%, մինչդեռ Ca^{++} -ի և HCO_3^- -ի քանակը գործնականորեն չի փոխվել։

Ամբարտակի քսան տարվա աշխատանքի ընթացքում գրունտների կայունության (ամրության) քանակական ցուցանիշները բարձրացել են։

