

## Л и т е р а т у р а

1. Пузыревский Н.П. Фундаменты. М., 1984.
2. Покровский Г.И. К расчету устойчивости грунтов на откосе. — "Гидротехническое строительство", 1955, № 4.
3. Герасеванов Н.М., Польшин Д.Е. Теоретические основы механики грунтов и их практическое применение. М., 1948.
4. Фандеев В.В. Определение сил при расчете устойчивости откосов земляных плотин. — "Гидротехническое строительство". 1947, № 1.
5. Володько И.Ф. Устойчивость песчаных откосов против фильтрующего через них потока грунтовой воды. — "Изв. АН СССР, Сер. геолог"., 1940, вып. 5.
6. Чугаев Р.Р. Земляные гидротехнические сооружения. Теоретические основы расчета. М., 1967.
7. Свистунов В.К. Устойчивость откосов каналов, находящихся под воздействием переменного гидрологического режима. — "Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству, 1974, № 7.
8. Чертоусов М.Д. Гидравлика. М.-Л., 1962.

УДК 631.43:624.13

П.К. Черник (канд. техн. наук),  
Я.М. Шупилов (канд. техн. наук),  
А.П. Рубан, А.С. Титов

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОСТОЯНИЕМ БОЛОТНЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ДАМБ

При проектировании плотин и дамб на болотах всегда возникает вопрос о возможности использования в основании болотных грунтов. Удаление их и посадка сооружения на минеральное дно болота связаны с большими производственными трудностями, вызывают значительное удорожание строительства и в ряде случаев при больших глубинах болота практически трудно осуществимы.

Использование болотных грунтов в качестве естественного основания сооружения ставит перед инженером серьезные задачи по выбору наиболее рациональной методики их инженерно-геологического изучения. Не менее важным является правильное определение вида болотных грунтов, особенностей изменения их физико-механических свойств в процессе уплотнения, а

также изучение опыта строительства, накопленного при возведении и эксплуатации различных сооружений на этих грунтах.

На основании изучения физико-механических свойств болотных отложений, а также опыта строительства земляных плотин и дамб П.А. Дрозд в соответствии с разработанной им строительно-мелиоративной классификацией распределил разнообразные болотные грунты на три типа [1, 2].

Пользуясь данной классификацией по основным свойствам грунтов, можно оценить устойчивость их в основании сооружений и принять ту или иную схему возведения сооружения. Однако при практическом использовании классификации, предложенной П.А. Дроздом, следует иметь в виду, что границы раздела грунтов по типам, хотя и обоснованы большим экспериментальным материалом и опытом строительства, весьма условны. Поэтому при решении вопроса о возможности использования болотных грунтов в качестве основания сооружений необходимо детальное изучение не только физических, но и механических свойств болотных напластований.

В данной статье приведены результаты исследований физико-механических свойств болотных грунтов и наблюдений за их состоянием в основании дамб, потерпевших аварию из-за ошибок, допущенных при их проектировании и строительстве.

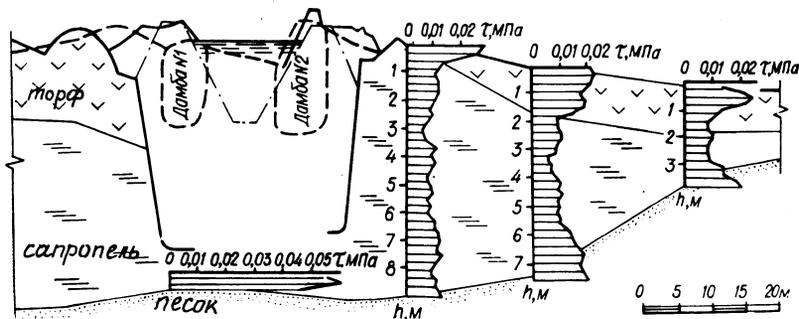


Рис.1. Поперечный профиль дамб и болота на аварийном участке.

Пруды биологической очистки сточных вод на одном из объектов Могилевской области были расположены на болоте. Подводящие и отводящие каналы запроектированы в полувыемке-полунасыпи. Откосы насыпи ( $m = 2,5$ ) сопрягались непосредственно с откосом канала без берм. На рис. 1 проектный профиль канала нанесен штрих-пунктирной линией. Отсыпку песчаных насыпей (дамб) предусматривалось производить непо-

средственно на торфяное основание. Глубина торфа по трассам дамб, как правило, не превышала 2 м и только на одном участке достигала 7,5 м.

Строительство дамб №1 и №2 было начато в 1968 г. В первой половине года при отрывом канале дамбы были отсыпаны на высоту 2,5 – 3 м. В осенний период 1968 г. была продолжена отсыпка дамб, но даже незначительные подсыпки их на участке с глубоким торфяником вызвали провал дамб с выпором болотных грунтов.

При обследовании дамб на аварийном участке были пробурены скважины и отобраны монолиты болотных грунтов из основания дамб и на прилегающем массиве.

В результате бурения установлено, что на аварийном участке длиной около 200 м по трассе дамб №1 и №2 при изысканиях была допущена ошибка в определении типа болотных грунтов. На этом участке мощность торфа оказалась не 7,5 м, а в пределах 1 – 2 м; ниже до глубины 7,5 м обнаружены сапропели.

Поперечный профиль дамб и болота по данным бурения в декабре 1968 г. на аварийном участке показан на рис. 1 (штриховая линия).

Учитывая тот факт, что в основании дамб еще оставался слой сапропелей с чрезвычайно низкой несущей способностью, решить вопрос о возможности использования их в качестве оснований можно было лишь после детального изучения физико-механических свойств отобранных монолитов. Так как определение параметров механических свойств для сапропелей – длительный процесс, а объект необходимо было вводить в эксплуатацию, то комиссия, расследовавшая причины аварии, приняла решение о необходимости их удаления путем выдавливания оставшейся части сапропелей из основания и посадке дамб №1 и №2 на аварийном участке на минеральное дно. По данным бурения, были уточнены объемы необходимой досыпки.

Сапропели на обследованном участке характеризовались чрезвычайной пестротой. Физические характеристики их колебались в очень больших интервалах. Так, коэффициент пористости для сапропелей в массиве изменялся от 5,2 до 18, а влажность от 261 до 1278%. В отдельных точках массива величина коэффициента пористости достигала 24 и влажность 1490%. Физические характеристики болотных грунтов для одной из скважин, пробуренной на прилегающем к дамбам массиве, приведены в табл.1.

Определение сдвиговых характеристик образцов сапропеля показало, что коэффициент внутреннего трения не превышает

Таблица 1

Глубина отбора образцов, см	Вид грунта	Влажность, %	Зольность, %	Коэффициент пористости
1	2	3	4	5
50	торф осоково-древесный, R=45-50%	507	13,8	8,6
130	" осоковый, R=50%	720	8,4	12,0
230	" древесно-осоковый, R>50%	647	9,5	10,7
330	сапрпель	339	66,5	7,0
430	"	261	68,9	6,0
530	"	741	32,2	14,6
630	"	1278	18,4	18,0

0,26, а сцепление 0,012 МПа. Из приведенных данных видна чрезвычайная сложность геологических условий в районе строительства, что характеризуют такие грунты в естественном состоянии, как очень слабое основание.

Результаты испытания отобранных образцов сапрпеля естественной структуры штампами диаметром 5 см показали, что прочность их невысокая и находится в пределах 0,005 - 0,015 МПа. Уплотнение образцов вызывает их значительное упрочнение.

В 1971 г. было проведено повторное бурение в тех же створах, что и в 1968 г., так как характер погружения дамб в болотное отложение и определение фактического профиля их в погруженной зоне представляло практический интерес. На рис. 1 поперечный профиль дамб по результатам бурения 1971 г. показан сплошной линией. Как можно видеть, обе дамбы не были посажены на минеральное дно. Это можно объяснить недостаточной интенсивностью подсыпки грунта в тело дамбы после аварии. Слой болотных грунтов под дамбой №1 составил 1,8 м и под дамбой № 2 - 2,8 м. Погружение насыпей происходило без растекания их и даже не с вертикальными откосами, а в форме трапеции с меньшей низовой стороной. Анализ физических характеристик грунтов, отобранных из-под дамб, показал, что они значительно уплотнились. Так, коэффициент пористости слоя сапрпеля с зольностью порядка 30% под дамбой № 2 уменьшился с 14,6 до 9, а под дамбой №1 при зольности 73-78% - с 5,5 до 2,3.

Кроме бурения и отбора проб для определения физических характеристик, было произведено изучение прочностных свойств слабых грунтов на массиве и под насыпями в полевых условиях

сдвигомером-крыльчаткой СК-8 (конструкция Калининского политехнического института). Результаты полевых испытаний показали, что структурное сцепление сапропелей находится в пределах 0,005 – 0,01 МПа по всей толщине болотных грунтов, за исключением придонного сильно озоленного слоя, где оно достигает 0,02 МПа (рис. 1). Прочность сапропелей в зоне возможного влияния выпора и на массиве практически не отличается. Под дамбой № 1 прочность слоя сапропеля возросла в 6,8 – 7,6 раза и находилась в пределах 0,037 – 0,067 МПа.

Анализ приведенных материалов показал, что условия и режим загрузки оснований, представленных болотными грунтами, приобретают важное значение. Так, в начальный период отсыпки ширина насыпи была меньше мощности болотных грунтов в основании, что соответствовало условиям плоской задачи уплотнения. Такое нагружение основания и наличие канала, прорезавшего верхний слой торфа, создавало благоприятные условия для выпора более слабых озерных отложений. Величина нагрузки, при которой произошло резкое погружение насыпи с выпором сапропеля, соответствовала 0,047–0,063 МПа. Анализ физических характеристик образцов, отобранных в основании дамб и на массиве, показал, что заметного увеличения плотности болотных грунтов к моменту аварии не произошло, хотя высота дамб достигала 3 – 4 м.

После резкого погружения (провала) насыпей соотношение их размеров с мощностью оставшегося слоя слабых грунтов изменилось и создались условия, близкие к одномерной задаче уплотнения без заметного отжатия болотных грунтов в стороны.

В дальнейшем подсыпку грунта в дамбы производили бессистемно и с большой интенсивностью. Однако даже при такой технологии отсыпки весь слой болотных грунтов из основания не был выдавлен. Под дамбой № 1 остался слой толщиной 1,8 м сильно уплотненного сапропеля, который в настоящее время обеспечивает устойчивую работу дамбы. Под дамбой № 2 слой сапропеля составлял 2,8 м с плотностью меньшей, чем под дамбой № 1. До настоящего времени на дамбе № 2 наблюдается заметная осадка.

Полученные данные свидетельствуют о том, что даже такие слабые озерные отложения, как сапропели, коэффициенты пористости которых достигают 18 – 24, способны уплотняться и упрочняться под действием нагрузки и служить в качестве оснований земляных сооружений. В таких случаях важное значе-

ние приобретает вопрос режима загрузки болотных грунтов, так как изменение их структурных свойств существенно зависит не только от величины действующей нагрузки, но и от скорости ее роста.

При потере устойчивости не происходит полного выдавливания болотных грунтов из-под сооружения, а происходит практически мгновенное погружение сооружения на некоторую величину с выдавливанием болотных отложений в стороны. В достигнутом новом состоянии обеспечивается устойчивость основания за счет взвешивания сооружения, возросших сил трения по боковым поверхностям подземной части сооружения и уменьшения соотношения толщины болотных грунтов к ширине сооружения, когда зона с максимальными касательными напряжениями сдвигается в подстилающие их минеральные грунты. В новом состоянии происходит дальнейшая осадка сооружения за счет уплотнения болотных грунтов в основании.

Потеря устойчивости основания, как правило, происходит в процессе строительства и не носит катастрофического характера, так как в данном случае всегда имеется возможность исправить допущенные в процессе изучения грунтов и при проектировании ошибки. Для этого можно рекомендовать уменьшить интенсивность загрузки основания или устраивать пригрузочные бермы.

### Р е з ю м е

Рассмотрен вопрос о возможности использования в основании дамб болотных грунтов с коэффициентом пористости до 18.

### Л и т е р а т у р а

1. Дрозд П.А. Строительно-мелиоративная классификация болотных грунтов. - В сб.: Мелиорация и использование осушенных земель. Т. 19. Минск, 1971. 2. Методические указания по проектированию и строительству земляных плотин и дамб на болотах. Минск, 1971.