

обусловил снижение весенних амплитуд УГВ, а похолодание в декабре-феврале 1963-1967 гг. – их увеличение.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Калинин М. Ю., Логинов В.Ф., Иконников В.Ф., Синякевич Л.Н., Тимофеев А.В. Исследование изменений поверхностных и подземных вод в результате естественных и антропогенных факторов/ Природопользование. Сб. науч. тр. ИПИПРЭ НАН Б /под ред. И.И. Лиштвана, В.Ф.

Логинова. Вып. 8. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 2002. – С.88 – 98.

2. Калинин М.Ю., Синякевич Л.Н., Тимофеев А.В. Анализ многолетнего естественного режима уровня подземных вод в бассейне р. Неман и Минской городской агломерации/ Вестник БГТУ Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. - № 2(14), 2002. – С. 4 – 7.  
3. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова – Минск: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

УДК 631.2: 691.223: 631.2: 691.215.5

**Нестеров М.В., Лейко Д.М.**

**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ САПРОПЕЛЯ В ПЕСКЕ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНО-САПРОПЕЛЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

При строительстве противофильтрационных завес способом "стена в грунте" могут использоваться различные материалы. В качестве такого материала возможно использование отложенных озер – сапропелей, что было показано в ранее выполненных работах кафедры ГТС и водоснабжения.

При строительстве противофильтрационных завес способом "стена в грунте" в основании гидротехнических сооружений возникает необходимость прогнозирования деформаций этих завес (стенки), так как заглинизированный грунт (песчано-сапропелевая композиция), уложенный в противофильтрационную завесу независимо от способа укладки всегда дает осадку.

Для определения несущей способности противофильтрационных завес и их деформаций необходимо знать деформационные и прочностные характеристики материалов этих завес. Для этого были проведены компрессионные исследования песчано-сапропелевых композиций. Исследуемые составы состояли из песка среднего и высокозолевого сапропеля. Содержание сапропеля в составе песок+сапропель изменялось 5%, 7,5% и 10%.

В табл. 1 и 2 приведены соответственно физические характеристики материалов и их смесей и гранулометрический состав исходных материалов.

Опыты проводились на приборах ГПП-29. Нагрузки прикладывались ступенями в следующей последовательности: 0,01; 0,02; 0,05 и далее ступенями 0,1 до 0,2 МПа. Каждую сообщаемую образцу ступень давления выдерживали до уловной стабилизации деформации. За условную стабилизацию принимали величину деформации, не превышающую 0,02 мм за последние 4 суток.

Деформации образцов в процессе испытаний определялись с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм.

В результате исследований были получены степени консолидации образцов, которая представляет собой отношение осадки – деформации образца – в компрессионном приборе в некоторый момент времени (*T*) к полной осадке его, наблюдаемый по окончании процесса консолидации при данной нагрузке.

**Таблица 1.** Физические свойства исходных материалов

№№ составов	Содержание сапропеля в составе, %	Плотность твердых частиц, г/см <sup>3</sup>	Плотность состава, г/см <sup>3</sup>	Плотность в воздушно-сухом состоянии, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Коэффициент пористости	Коэффициент водонасыщения	Коэффициент неоднородности
Песок	-	2,62	-	1,68	-	0,52	-	4,8
Сапропель	-	2,55	-	0,58	-	3,40	-	-
Состав N-1	10	2,54	1,74	1,26	38,5	0,98	1,00	200
Состав N-2	7,5	2,55	1,87	1,32	31,3	0,79	1,00	150
Состав N-3	5	2,58	1,98	1,39	23,6	0,61	1,00	60

**Таблица 2.** Гранулометрический состав исходных материалов

Вид грунта	Содержание фракций, %								
	2...1,0	1,0...0,5	0,5...0,25	0,25...0,1	0,1...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	<0,001
Сапропель	-	-	0,3	0,6	2,0	19,5	12,2	32,0	33,4
Состав N-1	16	32,5	20,0	5,1	2,5	6,4	3,8	7,9	5,8
Состав N-2	19,2	36,3	19,2	5,8	2,1	4,5	3,0	5,8	4,1
Состав N-3	22,0	38,8	18,4	4,9	1,7	4,2	2,5	4,6	2,9
Песок	28,1	39,9	21,5	8,3	1,0	0,7	0,2	0,3	-

**Нестеров Михаил Васильевич.** К.т.н, доцент, зав. каф. гидротехнических сооружений и водоснабжения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

**Лейко Дмитрий Михайлович.** Аспирант каф. гидротехнических сооружений и водоснабжения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Беларусь, БГСХА, г. Горки.

Данные опытов представлены на рис. 1...5.

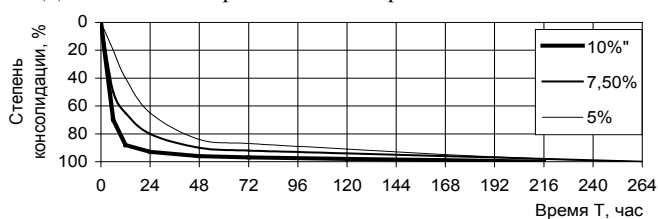


Рис. 1. Степень консолидации образцов при нагрузке 0,01 МПа.

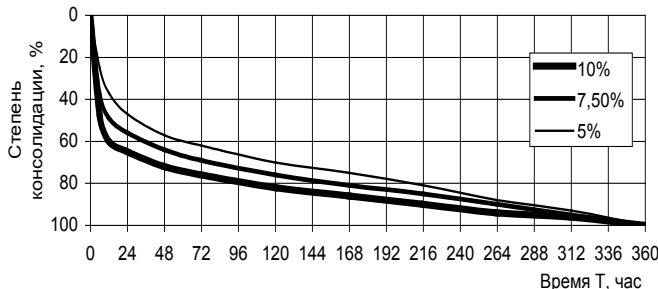


Рис. 2. Степень консолидации образцов при нагрузке 0,02 МПа.

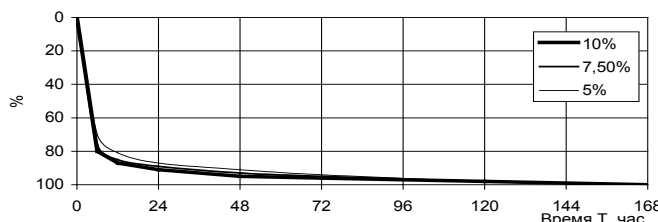


Рис. 3. Степень консолидации образцов при нагрузке 0,05 МПа.

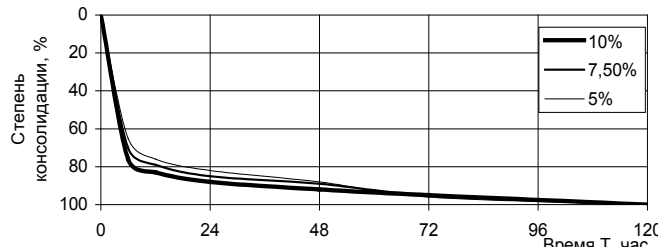


Рис. 4. Степень консолидации образцов при нагрузке 0,1 МПа.

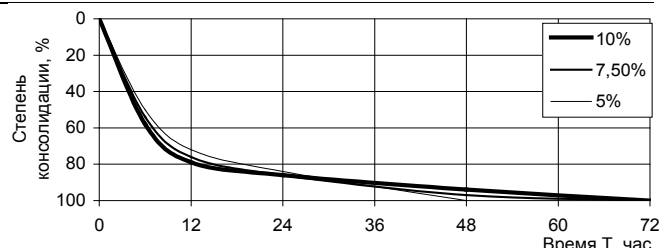


Рис. 5. Степень консолидации образцов при нагрузке 0,2 МПа.

Из анализа рисунков следует, что: а) в интервале давлений 0...0,01 МПа в первые 12 часа степень консолидации в зависимости от состава, составила 22...70%. Чем больше в составе воды, тем выше степень консолидации, т.е. происходит в данном случае интенсивное отжатие свободной воды;

б) с возрастанием давлений до 0,05 МПа степень консолидации в начальный момент времени (первые 12 часов) заметно снижается по сравнению с предыдущими степенями нагрузки. Следует отметить, что консолидация происходит в основном в первый час загрузки и достигает в отдельных случаях 79%, затем скорость деформации значительно снижается;

в) при давлении 0,1 МПа степень консолидации в начальный момент загрузки снижается и составляет в первые 12 часа 65...76%. При этом, чем больше воды в составе, тем выше степень консолидации в начальный момент времени. На данных степенях нагрузки начинает проявляться влияние содержание сапропеля в составе на характер процесса консолидации, т.е. во второй половине периода консолидации образцы с большим содержанием сапропеля деформируются медленнее, чем образцы с меньшим содержанием сапропеля, Это можно объяснить отжатием рыхлосвязанной воды, т.к. чем больше в грунте сапропеля, тем больше количество в нем содержится такой воды;

г) при давлении 0,2 МПа процесс консолидации приобретает несколько другой характер. В начальный период степень консолидации незначительна. Большую степень консолидации имеют образцы с меньшим содержанием сапропеля, т.е. происходит отдача более прочносвязанной воды, поэтому время консолидации образцов с большим содержанием сапропеля увеличивается. В процессе уплотнения преобладает вторичная консолидация, и образцы с большим содержанием сапропеля уплотняются медленнее.

Испытания образцов на сдвиг производились на приборах

Таблица 3. Зависимость сдвиговых деформаций и касательных напряжений от вертикальной нагрузки

Касательные напряжения $\tau$ , МПа	0,05 МПа			0,1 МПа			0,2 МПа		
	№3	№2	№1	№3	№2	№1	№3	№2	№1
0,02	0,84	0,76	0,62	1,12	0,85	0,43	1,10	0,98	0,68
0,04	1,64	1,46	1,25	2,31	1,70	0,98	2,35	1,91	1,40
0,06	2,08	1,81	1,45	3,69	2,48	1,56	3,72	2,88	2,23
0,08	-	3,21	2,74	4,84	3,49	2,15	4,89	4,00	2,80
0,10	-	-	3,85	6,14	4,50	2,69	6,12	5,03	3,72
0,12	-	-	-	7,49	5,67	3,19	7,47	6,11	4,48
0,14	-	-	-	-	7,90	3,98	8,63	7,05	5,63
0,16	-	-	-	-	-	4,85	13,5	8,26	6,10
0,18	-	-	-	-	-	-	-	9,29	6,76
0,20	-	-	-	-	-	-	-	12,08	7,50
0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	9,21

ВСВ-25 и ГПП-30. Опыты выполнялись после стабилизации сжатия образцов. Сдвиг проводился под водой по схеме медленного сдвига с таким расчетом, чтобы срез происходил со ступенью сдвигающей нагрузки, не превышающей 2% от вертикальной. Сдвиговые деформации ( $\lambda$ ) в мм определялись по индикатору часового типа.

В табл. 3 представлены зависимости деформаций от касательных напряжений при различных значениях вертикального давления.

Из анализа данных табл. 3...5 следует, что:

а) с увеличением содержания сапропеля в смеси сдвиговые деформации возрастают; так при вертикальном давлении 0,05 МПа величина сдвиговых деформаций для состава №3 (концентрация сапропеля 5%) составляет 2,08 мм, а для состава №1 (концентрация сапропеля 10%) составляет 3,85 мм;

б) при увеличении вертикальных нагрузок возрастают и сдвиговые деформации, при которых происходит срез образца; так, при давлении 0,1 МПа для состава №3 они составляют 2,08 мм, а при давлении 0,1 МПа – соответственно 7,49 мм.

Результаты сдвиговых испытаний показывают, что с ростом содержания сапропеля смеси приобретают большую пластичность.

УДК 631. 826

**Боровиков А.А., Нестеров М.В.**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПРОПЕЛЕВЫХ СУСПЕНЗИЙ В КАЧЕСТВЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАВЕС СПОСОБОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

В ранее выполненных работах кафедры гидротехнических сооружений и водоснабжения БГСХА показана возможность применения сапропеля, представляющего сложную многокомпонентную полидисперсную систему биогенного происхождения, для приготовления тиксотропных суспензий при возведении противofильтрационных завес способом «стена в грунте», как более дешевую альтернативу из нетвердеющих заполнителей.

Экспериментальные работы проводились в направлении исследования физико-механических характеристик сапропелевых суспензий с целью разработки их рецептуры.

Сравнивая результаты исследований песчано-сапропелевых составов с применяемыми в производственных условиях глинистыми по данным Круглицкого Н.Н., необходимо отметить, что они по своим показателям близки к глинистым [1].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Круглицкий Н. Н., Мильковицкий С. И., Скворцов В. Ф., Шейнблом В.М. Траншейные стенки в грунтах. Киев: Наукова думка, 1973. 304 с.
2. Нестеров М. В., Боровиков А. А., Лейко Д. М. Исследование прочностных свойств песчано-сапропелевых составов//Проблемы мелиорации и водного хозяйства на современном этапе. Горки: БГСХА, 1999 (Материалы конференции с.107-111).
3. Нестеров М. В., Лейко Д. М. Исследование сдвиговых свойств песчано-сапропелевых составов//Проблемы мелиорации, водохозяйственного строительства и обустройства сельских территорий на современном этапе. Горки: БГСХА, 2001 (Материалы конференции).

В качестве исходных материалов для приготовления тиксотропных суспензий нами использовался сапропель с зольностью 90%(№1) и 85%(№2). Сапропель был взят возле деревни Старые Лавки Чашницкого района Витебской обл. в пойме реки Лукомка. Образцы отбирались с различной глубины: №1 – 0,5-0,7 м, №2 – 1,5-1,8 м.

Суспензии сапропеля готовились в пропеллерной механической мешалке емкостью 2 л с электроприводом. Сапропель предварительно растирался в ступке по методу пластифицирования. Частота вращения вала мешалки равна  $24,6 \text{ с}^{-1}$ , а время перемешивания составляло 15 минут.

**Таблица 1.** Требуемые и исследованные параметры тиксотропных суспензий

№№ пп	Параметры суспензий	Единица измерения	Требуемые параметры глинистой суспензии
1	2	3	4
1	Предельное статическое напряжение сдвигу через 10 мин.	Па	2,0...5,0
2	Водоотдача за 30 мин.	см <sup>3</sup>	≤ 30,0
3	Толщина глинистой корки	мм	≤ 4,0
4	Стабильность	г/см <sup>3</sup>	≤ 0,03
5	Суточный отстой	%	≤ 5,0
6	Плотность	г/см <sup>3</sup>	1,05...1,30
7	Условная вязкость	с	15...50
8	Водородный показатель	pH	8...10
9	Содержание песка и недиспергированных частиц	%	≤ 4,0

**Боровиков Алексей Александрович.** Ассистент каф. гидротехнических сооружений и водоснабжения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.  
Беларусь, БГСХА, г. Горки.