

земель от наводнений. — В кн.: Наводнения на Дальнем Востоке и меры борьбы с ними. Владивосток, 1972, с. 89–91. 6. Руководство по проектированию польдерных систем сельскохозяйственного назначения (ВТР–П–19–79), Вильнюс, 1980. — 12 с. 7. Вентцель Е.С. Исследование операций. — М., 1972. — 552 с. 8. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. — М., 1965. — 458 с.

УДК 624.138 + 626.134

Л.В.ГЕТОВ, канд.техн.наук (БПИ),
В.В.СЕРБУН (БелНИИМивХ)

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ БОРЬБЫ С ФИЛЬТРАЦИОННЫМИ ПОТЕРЯМИ ВОДЫ

По данным публикаций, в условиях БССР в разное время проводились эксперименты по инфильтрационной защите земляных плотин, дамб [1–3] и водоемов [4, 5] торфяными и пленочными экранами. Однако широкого внедрения в практику водохозяйственного строительства республики эти способы не получили.

В лаборатории кафедры гидротехнического и гидромелиоративного строительства Белорусского политехнического института проводились исследование и разработка способов уменьшения инфильтрационных потерь воды из прудов и водоемов применительно к условиям республики. Отдельные результаты приводятся в данной статье.

Фильтрационные свойства грунтов и их смесей изучались на специальной установке, состоящей из серии металлических колонн диаметром 100 мм, которые были собраны из отдельных звеньев 100 мм каждое, позволяющих регулировать высоту колонн и напор воды над ними, а также толщину слоя исследуемого грунта.

В качестве исходного грунта использовался мелкозернистый песок. Уплотнение его производилось стандартными трамбовками конструкции ДорНИИ. Водно-физические и другие свойства определялись по общепринятым методикам.

Инфильтрационная защита песчаных грунтов высокомолекулярными синтетическими соединениями основана на полимеризации и поликонденсации их в грунтах с образованием плотного геля, прочно связывающегося с грунтовыми частицами и уменьшающего активную пористость грунтов. В опытах применялся полиакриламид — полимерное соединение, образованное на основе производных метакриловой и акриловой кислот.

Полиакриламид (ПАА) в вариантах опытов вводился в грунт в виде растворов в воде (концентрация 1, 3, 5 и 10 %). Дозы внесения раствора — от 1 до 10 % от массы грунта в воздушно-сухом состоянии. Выдержка обработанных ПАА образцов грунта перед созданием напора воды в колоннах — от 1 до 10 сут. Работа уплотнения образцов переменная.

Наиболее результативные данные одного из вариантов опытов приведены в табл. 1.

Табл. 1. Изменение фильтрационного расхода при обработке грунта ПАА в зависимости от дозы введенного раствора, см³/с

Доза внесения ПАА, %	Время фильтрации, сут					
	1	2	3	4	5	6
Контроль	2,40	2,15	1,88	1,85	1,75	1,70
1	0,62	0,53	0,51	0,52	0,44	0,47
2	0,46	0,38	0,33	0,32	0,32	0,28
3	0,16	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10

Концентрация водного раствора ПАА в приведенном варианте 5 %, время выдержки обработанного полимером грунта до подачи напора – 1 сут, работа уплотнения – 150 Дж через 1 ч после обработки. Водопроницаемость песка на шестые сутки фильтрации уменьшилась в 17 раз при внесении 3 %-ного раствора ПАА.

Уменьшение водопроницаемости контрольных, необработанных образцов грунта во времени в данном и других опытах можно объяснить вымыванием фильтрационным потоком наиболее мелких частиц грунта и их самораспределением в нижележащих слоях либо защемлением воздуха (воздушный кольматаж).

Метод силикатизации основан на обработке песчаных грунтов раствором силиката натрия в сочетании с растворами различных отвердителей, что вызывает активное гелеобразование кремниевой кислоты.

Этот метод в нашей стране применяется давно [6], отдельные опыты проводились и в БПИ [7]. Усовершенствование метода продолжается и в последние годы [8, 9]. Однако широкому внедрению его в практику строительства препятствует относительно высокая стоимость.

Основной целью наших исследований стал поиск наиболее экономичного подбора доз и составов компонентов как при одно-, так и при двухрастворном способе применительно к заданным условиям.

Водный раствор силиката натрия (плотность 1,45 г/см³, модуль 2,7) вводился в грунт с перемешиванием дозами 30, 40 и 50 % от пористости грунта (соответственно 7,9 и 12 % от его массы в воздушно-сухом состоянии). В качестве отвердителя использовался водный раствор хлористого кальция с плотностью 1,28 г/см³. Уплотнение грунта производилось перед введением коагулятора. Время гелеобразования – 1 сут. Результаты опыта приведены в табл. 2.

Из данных таблицы следует, что даже при внесении минимальной дозы силиката натрия (7 % от массы грунта) фильтрационный расход уменьшается более чем в 200 раз, при дозе 9 % – в 900, при внесении 12 % – фильтрация на шестые сутки практически прекращается. При однорастворном методе силикатизации в качестве коагулятора использовался водный раствор концентрированной серной кислоты плотностью 1,06 г/см³. К раствору отвердителя добавлялся водный раствор силиката натрия плотностью 1,19 г/см³.

Расход вяжущего материала в различных вариантах опыта – 10, 20 и 30 % от пористости укрепляемого грунта, или соответственно 3,5 и 7 % от его сухой

Табл. 2. Уменьшение расхода фильтрации при силикатизации грунта в зависимости от вносимой дозы реагента см³/с

Доза внесения силиката натрия (% от пористости)	Время фильтрации, сут					
	1	2	3	4	5	6
Контроль	0,92	1,90	1,82	1,75	1,73	1,73
30	0,16	0,058	0,047	0,039	0,009	0,008
40	0,083	0,025	0,018	0,013	0,002	0,002
50	0,024	0,020	0,007	0,003	0,0003	0,0003

массы. Соотношение раствора силиката натрия к раствору серной кислоты во всех вариантах 2:1 по объему.

После тщательного перемешивания смесь растворов вводится в грунт методом свободной пропитки. Уплотнение грунта работой 150 Дж производилось сразу же после обработки его вяжущими. Время гелеобработки — 3 сут.

В первые же часы после создания над грунтом фильтрационного напора водопроницаемость закрепленных образцов резко уменьшилась по сравнению с контролем и на третьи сутки выдержки под напором, даже в случае внесения гелеобразующих веществ в минимальном количестве (3 %), не наблюдалась (табл. 3).

При однорастворном методе силикатизации раствор основного материала на закрепление одинакового по сравнению с предыдущим опытом объема грунта уменьшен более чем в 2,4 раза. Водные растворы силиката натрия были менее насыщенными (удельная масса снижалась до 1,45 в первом случае и до 1,19 г/см³ — во втором). Все это создает определенный экономический эффект. Кроме того, применение в качестве отвердителя серной кислоты значительно упрощает сами работы по созданию противofильтрационных экранов.

Наиболее распространенным материалом при кольматации ложа водоемов и каналов является глинистая суспензия (с диаметром частиц менее 0,05 мм и расходом глины 5–50 кг/м² в зависимости от диаметра частиц обрабатываемого грунта).

Во Франции запатентован способ кольматации с применением в качестве кольматанта синтетического вещества [10].

В Белорусском научно-исследовательском институте мелиорации и водного хозяйства проведены поисковые опыты с использованием в качестве кольматирующего материала илистых грунтов.

В наших опытах также применялся илистый грунт (характерные для условий БССР наносные отложения в поймах рек, приносимые паводковыми разливами). Удельная масса используемого наилка — 2,60 г/см³, объемная — 1,54 г/см³, коэффициент пористости — 2,13, зольность — 90,5 %

Кольматант вводился в образцы песчаных грунтов двумя способами: 1) в виде суспензии мутностью 100 кг/м³ (или с водотвердым отношением 10:1) с расходом илистого материала 2, 3, 5, 6 и 7 кг/м² и работой уплотнения 37,5 и 150 Дж и 2) в виде равномерного распределения сухого порошкообразного наилка по поверхности песчаного грунта дозами 3, 5, 7 и 10 кг/м² с тем же уплотнением и с последующей подачей фильтрационного расхода.

Табл. 3. Изменение расхода фильтрации в зависимости от дозы внесения силиката натрия, см³/с

Доза внесения, % от веса сухого грунта	Время фильтрации, сут			
	1	2	3	4
Контроль	1,65	1,56	1,50	1,45
3	0,9	0,002	—	—
5	0,0004	—	—	—
7	0,015	0,006	—	—

Табл. 4. Изменение фильтрационного расхода в зависимости от дозы внесенного кольматанта, см³/с

Расход ила, кг/м ²	Время фильтрации, сут					
	1	2	3	4	5	6
Контроль	2,08	2,05	1,89	1,87	1,78	1,69
2	0,32	0,27	0,26	0,26	0,23	0,20
3	0,18	0,17	0,15	0,15	0,14	0,13
5	0,12	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
6	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05
7	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05

Более результативными оказались варианты опытов с введением в грунт кислых суспензий (табл. 4). В этом случае глубина проникновения илстых частиц в грунт достигает 10–12 см, в верхнем слое создается, таким образом, практически водонепроницаемый экран.

Из таблицы следует, что снижение водопроницаемости песчаных грунтов в 25–35 раз происходит уже при внесении илистого материала в количестве 5 кг/м²; дальнейшее увеличение мутности суспензии практически не уменьшает фильтрационного расхода, как не уменьшает его и увеличение работы уплотнения образцов грунта перед введением в них кольматирующих материалов.

Внесение илистого грунта на поверхность образцов песчаного грунта в виде просеянного сухого порошка с последующим созданием над ним напора воды приводит также к значительному уменьшению водопроницаемости (в наших опытах при расходе ила 5 кг/м² – в 4–5 раз, 10 кг/м² – в 15–20 раз), но не за счет кольматации грунта, а скорее в связи с созданием над ним слабоводопроницаемого экрана, так как проникновения илстых частиц в поры грунта в этом случае не наблюдалось.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д р о з д П.А. Некоторые свойства торфопесчаных смесей как материала для строительства местных дорог и сооружений на осушительной сети. – Труды БелНИИМВХ, т. X, 1962, с. 3–22.
2. К о в а л ь ч у к П.С. Повышение антифильтрационных свойств торфа методом осолонцевания. – Труды БелНИИМВХ, т. VII, Минск, 1956, с. 254–264.

3. Т и т о в А.С. Использование полиэтиленовой пленки для повышения фильтрационной устойчивости земляных плотин и дамб. — НТИ. Мелиорация и водное хозяйство. — Минск, 1974, № 11, с. 21—23. 4. Л е о н о в и ч А.И. Экраны из полиэтиленовой пленки на прудах. — НТИ "Мелиорация и водное хозяйство". Минск, 1975, № 6, с. 7—9. 5. А. с. № 400661 (СССР). Способ создания экрана для предотвращения утечки / Б о г о м о л о в Г.В., К о л п а ш н и к о в Г.Н., М а р к е в и ч С.В. — Оpubл. в Б. И., 1973, № 40, с. 82. 6. Р ж а н и ц ы н Б.А. Закрепление грунтов химическим способом. — Л., 1934. — 104 с. 7. Ж м а к о Н.М., Д р о з д П.А., И о с е л е в а М.А. Закрепление песков химическими методами. — Сб. науч. работ БПИ. Минск, 1956, вып. 54, с. 51—56. 8. Инструкция по силикатизации грунтов. — М., 1960. — 52 с. 9. А. с. № 246392 (СССР). Состав для закрепления грунтов / Б о ж е л о в П.И. — Оpubл. в Б. И., 1969, № 20, с. 168. 10. А. с. № 220893. Способ уменьшения фильтрации / П а т э н П ь е р. М и н а с ь я н В а н к т е р. — Оpubл. в Б. И., 1968, № 22, с. 115.

УДК 624.152:626/627

Ф.ТРЕСА, канд.техн.наук
(Словацк. высш.техн.школа, ЧССР,
Братислава), Н.Н.БАРАНОВ,
канд. техн. наук (БПИ)

УСТРОЙСТВО ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБОЛОЧЕК МЕТОДАМИ "СТЕНА В ГРУНТЕ" И ИНЪЕКТИРОВАНИЯ ГРУНТОВ

Противофильтрационные подземные стены устраиваются из глины, глинобетона или бетона. Для этого вначале в грунте разрабатывается узкая глубокая траншея, стенки которой удерживаются от обрушения благодаря заполнению ее глинистой (бентонитовой) суспензией. После разработки траншеи до проектной отметки производится ее заполнение водонепроницаемым материалом, который одновременно вытесняет суспензию. В последнее время для этой цели используется самотвердеющая суспензия. Она готовится из воды, бентонита, цемента и особых химических добавок. Во время разработки траншеи самотвердеющая суспензия, как и обычная глинистая, удерживает стенки от обрушения. Затем суспензия затвердевает в траншее, образуя водонепроницаемую стенку. Время начала схватывания самотвердеющей суспензии регулируется введением в состав химических добавок. В затвердевшей суспензии вода адсорбируется на поверхности твердых частиц. Плотность ее составляет около $0,5 \text{ т/м}^3$, сопротивление одноосному сжатию — от 0,4 до 1,0 МПа, коэффициент фильтрации 10^{-5} – 10^{-6} см/с. Применение самотвердеющей суспензии значительно упростило устройство противофильтрационных подземных стен.

Устройство для инъектирования грунтов через манжетные трубки с обтюраторами включает инъекционные трубки диаметром 50–60 мм из металла или пластмассы [1, 2]. Из таких трубок с отверстиями диаметром 6–8 мм через каждые 0,33–0,5 м по длине составляется цельная колонна. Снаружи отверстия перекрываются манжетами-отрезками резиновой трубки длиной по 100 мм, которые выполняют роль выпускных клапанов для раствора. Чтобы не допускать смещения резиновых манжет, их края прикрепляются к колонне. Для инъектирования грунта пробуренная скважина предварительно прочищается и заполняется глинисто-цементным раствором. Затем в нее устанавли-