

АГРЕССИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОРФЯНЫХ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В настоящее время в практику мелиоративного строительства все шире внедряется железобетон (крепление стенок осушительных каналов железобетонными плитами, железобетонные перфорированные трубы глубинного дренажа и т. п.).

Значительная часть этих сооружений устраивается в торфяных грунтах, воды которых имеют повышенную агрессивность по отношению к бетону. В данном случае наряду с физической коррозией в значительной степени проявляется химическая агрессия торфяной среды.

Известно [1], что в результате разложения органических остатков образуется целый ряд органических (гуминовые, ульминовые, креновые, анокреновые кислоты) и минеральных соединений (углекислота, метан, сероводород и др.).

Избыточная углекислота грунтовых вод растворяет наружную карбонатную пленку бетона и гидрат окиси кальция, присутствие которого является необходимым условием стабильного существования основных составляющих минералов цементного камня [2].

Присутствие в растворе ионов других кислот увеличивает ионную силу раствора и тем самым увеличивает агрессивность углекислоты.

Высокая агрессивность торфяных грунтовых вод объясняется не только наличием углекислоты. Присутствие большого количества высокомолекулярных органических кислот значительно повышает агрессивность торфяной среды к цементному камню бетона.

Наибольшей активностью обладают фульвокислоты торфа (креновые и анокреновые). Свободная креновая кислота и все ее соли с основаниями легко растворимы в воде. На первой стадии разрушения креновая кислота выщелачивает в первую очередь свободную известь цементного камня. В дальнейшем она может непосредственно взаимодействовать с основными минералами, удаляя из них в виде растворимых кренатов алюминий и железо.

Наиболее детально исследованы свойства гумусовых кислот почвоведом в вопросах подзолообразования (Пономарева В. В., Кононова М. М., Роде А. А. и др.).

Пономаревой В. В. [3] исследованы процессы взаимодействия минералов с фульвокислотами. В частности установлено, что глинистые минералы, особенно монтмориллонит, по растворимости в 3—4 раза выше в фульвокислотах, чем в соляной кислоте, а по

выходу в раствор SiO_2 и Al_2O_3 растворимость монтмориллонита в фульвокислотах приблизительно в 10 раз выше, чем в соляной кислоте.

Естественные глинистые минералы по сравнению с искусственными минералами портландцементного клинкера являются несравненно более устойчивыми к химическому разложению минеральными кислотами. Следовательно, и органические кислоты торфа можно отнести к сильным агрессорам на цементный камень бетона.

Скорость разрушения бетона зависит также от скорости обмена агрессивной среды. При медленном движении ($\kappa < 0,1$ м/сут) агрессивных вод, что определяется фильтрационными свойствами грунта, процесс разрушения бетона значительно уменьшается, так как скорость притока агрессивной среды приближается к скорости образования новых соединений в поверхностном слое бетона. С другой стороны, при большой скорости обмена воды фактором, определяющим коррозию, является размер реагирующей поверхности бетона.

В общем виде равновесное состояние может быть выражено следующей зависимостью:

$$\mu = \mu_1, \quad (1)$$

где μ — химический потенциал внешней агрессивной среды, который зависит от концентрации и химических свойств растворенных в грунтовой воде веществ, способных вступать в реакцию с цементным камнем, от температуры, среды, скорости фильтрации и т. п.;

$$\mu = f(n, c, v, T); \quad (2)$$

n — количество агрессивных веществ;

c — концентрация;

v — скорость фильтрации;

T — температура среды;

μ_1 — химический потенциал на фронте коррозии, который по мере разрушения цементного камня передвигается внутрь бетонного массива и зависит от вида вяжущего (M), плотности бетона (Π), температуры (T) и времени (t);

$$\mu_1 = \varphi(M, \Pi, T, t). \quad (3)$$

Как видно из выражений (1) и (2), химическое равновесие может быть достигнуто изменением скорости движения грунтовой воды, т. е. путем уменьшения фильтрационной проницаемости торфяных грунтов.

При осушении торфяной залежи происходит уплотнение торфа. Так, проведенные нами исследования плотности торфа у глубинных дрен [4] показывают, что зона уплотнения распространяется на глубину 0,6 H и на 10—12 м от оси осушительного канала (H — снижение уровня грунтовых вод после осушения).

Уплотнение торфа в результате осушения приводит к уменьшению его водопроницаемости в 1,5—2,3 раза и, следовательно, снижает агрессивные свойства торфяных грунтовых вод. Химическая агрессия выше депрессионной поверхности практически отсутствует, так как отсутствует фильтрационный поток агрессивной среды (рис. 1).

В месте выклинивания депрессионной кривой и ниже наблюдается максимальное агрессивное воздействие торфяной среды.

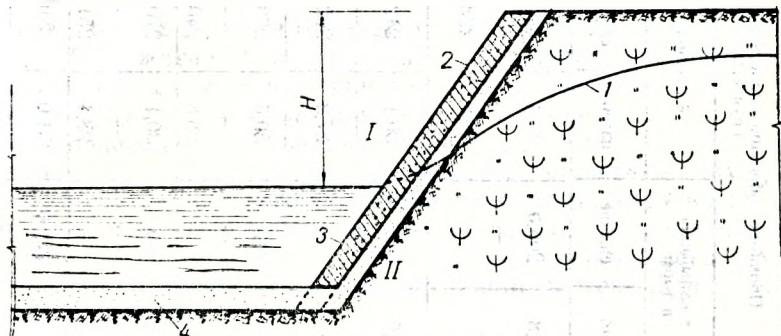


Рис. 1. Крепление стенок канала железобетонными плитами:
1 — депрессионная кривая; 2 — пористый бетон; 3 — железобетонные плиты с отверстиями; 4 — обратный фильтр.

Согласно (1) и (3) снижение скорости коррозии бетонной облицовки может быть достигнуто путем повышения плотности бетона и правильным выбором вяжущего.

Нами были выполнены исследования влияния торфяной среды на бетон различной плотности.

Исследования проводились на образцах-балочках $4 \times 4 \times 16$ см из бетона состава 1 : 2,3 : 3,1 (по весу). Образцы были изготовлены на трех цементах: портландцемент Савинского завода М400, шлакопортландцемент Пикалевского завода М400 и пуццолановый портландцемент Алексеевского завода М400.

Минералогический состав цемента приведен в таблице 1.

Таблица 1

Вид вяжущего	Содержание минералов, %			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Портландцемент	56,0	21,0	5,8	12,8
Щлакопортландцемент	51,0	25,0	5,0	14,0
Пуццолановый цемент (75% цементного клинкера + 25% трепела)	63,0	17,0	3,0	14,0

Вид цемента	Водоцементное отношение	Удобукладываемость бетонной смеси, сек	Водопоглощение бетона, %	Глубина расположения образцов от поверхности земли, см	Прочность образцов после нахождения в торфяном грунте, кг/см ²					
					до закапывания в торф		6 месяцев		12 месяцев	
					изгиб	сжатие	изгиб	сжатие	изгиб	сжатие
Портландцемент	0,48	25	3,4	Контр.	24,8	206,0	33,4	287	37,8	331
				30	30	—	—	—	33,7	287
				180	180	—	29,0	228,0	29,7	230
	0,58	10	5,7	Контр.	19,5	175	30,1	242	35,0	281
				30	—	—	—	—	29,6	220
				180	—	—	27,2	202	26,8	198
Шлакопортландцемент	0,54	25	3,5	Контр.	29,5	247	30,6	279	30,9	293
				30	—	—	—	—	29,7	264
				180	—	—	28,8	240	27,8	245
	0,64			Контр.	29,1	239	30,1	270	30,3	279
				30	—	—	—	—	28,0	257
				180	—	—	28,4	251	26,9	227
Пуццолановый портландцемент	0,49	25	4,1	Контр.	26,1	225,6	31,0	2,67	31,4	296
				30	—	—	—	—	27,3	221
				150	—	—	28,4	317	30,5	271

В качестве крупного заполнителя использовался гравий трех фракций с гранулометрическим составом: 1,25 ÷ 2,5 мм — 7%; 2,5 ÷ 5,0 мм — 35% и 5 ÷ 10 мм — 58%.

Мелким заполнителем служил речной песок с модулем крупности 2,67.

После 28 суток нормального твердения образцы были закопаны в торфяной грунт на двух отметках по вертикали: в зоне сезонного промерзания и оттаивания (0,3 м) и ниже зоны промерзания грунта (1,8 м).

Через 6 и 12 месяцев образцы откапывались и испытывались на изгиб и сжатие. Одновременно испытывались контрольные образцы, находящиеся в обычной водопроводной воде.

Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Как показали исследования, наименьшую стойкость в торфяной среде имеют образцы на портландцементе; снижение их прочности по сравнению с контрольными образцами, находившимися в обычной водопроводной воде, составило 23%, для шлакопортландцемента соответственно — 11% и для пуццоланового цемента — 13%. На поверхности образцов наблюдается значительное разрушение бетона.

Исследованиями выявлено, что стойкость бетона во многом зависит от плотности структуры.

Одновременно в ту же среду были помещены бетонные образцы на портландцементе с поверхностно-активными добавками ГКЖ-94 (0,1% от веса цемента) и абиегата натрия (0,02%). Результаты испытания образцов после 12 месяцев приведены в таблице 3.

Таблица 3

Условия твердения бетонных образцов	Прочность бетона после 12 месяцев твердения, кг/см ²					
	без добавок		с 0,1% ГКЖ-94		с 0,02% абиегата натрия	
	изгиб	сжатие	изгиб	сжатие	изгиб	сжатие
Нормальные	37,8	331	38,7	347	38,2	345
В торфе	29,7	230	36,1	317	35,1	302

Снижение прочности бетона с добавками по сравнению с контрольными образцами составило: без добавок — 21,4%, с ГКЖ-94 — 6,7% и с абиегатом натрия — 8,1%.

Результаты испытания говорят об эффективности этих добавок (особенно ГКЖ-94) в бетонах, подверженных влиянию торфяной среды. Поверхность образцов бетона с добавками после 12 месяцев нахождения в торфе не имела видимых дефектов.

ВЫВОДЫ

1. При строительстве осушительных каналов на болотах с использованием железобетона необходимо учитывать агрессивность торфяных грунтовых вод.

2. Бетонную стенку откоса канала можно разделить на две зоны в зависимости от условий эксплуатации. Зона выше депрессионной кривой не подвержена влиянию торфяных грунтовых вод и поэтому в этом случае может быть применен обычный пористый бетон. В зоне выклинивания депрессионной кривой и ниже необходимо предусматривать специальные меры защиты бетона от разрушения торфяными водами.

3. Одним из методов увеличения долговечности бетона в нижней зоне облицовки может быть правильный выбор вяжущего и повышение плотности бетона путем введения поверхностно-активных добавок, а также правильный подбор гранулометрического его состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононова М. М. Органическое вещество почвы, Изд. АН СССР, М., 1963.
2. Москвин В. М. Долговечность бетона, Госстройиздат, 1953, М.
3. Пономарева В. В. Теория подзолообразовательного процесса. «Наука», М.—Л., 1964.
4. Худяков А. Д., Коваленко Н. П., Бондаренко Н. Ф. Глубинный дренаж как метод технической мелиорации торфяных грунтов. «Лесной журнал», № 3, 1968.