

Ю. А. Соболевский, Н. Н. Баранов, А. А. Моркус

## ПРИНЦИПЫ КРЕПЛЕНИЯ И ДРЕНАЖА ФИЛЬТРУЮЩИХ ПОПЕРЕЧНИКОВ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ

В осушительных системах открытые водопроводящие каналы являются одним из основных элементов, от исправности которых зависит правильная эксплуатация мелиоративных объектов. Постепенный переход к использованию закрытого дренажа, как основного метода осушения, строительство систем с двойным регулированием предъявляют жесткие требования к устойчивости каналов.

С появлением высокопроизводительной землеройной техники нередко не придавалось должного значения мерам по креплению откосов каналов. Традиционные крепления из местных материалов отвергались, способы механизации их изготовления и укладки разрабатывались явно недостаточно. В то же время практика строительства показывает, что пренебрежение или отказ от креплений откосов и их оснований оборачивается огромными убытками для государства. Однако и до настоящего времени в мелиоративном строительстве Белоруссии недооцениваются мероприятия по креплению откосов каналов, не говоря уже об использовании различного рода дренажей для увеличения устойчивости их поперечного профиля.

Очень часто за основной критерий принимается сравнительная стоимость 1 пог. м: крепления канала и выброшенного на этом же участке грунта. И в то же самое время сбрасываются со счетов эксплуатационные расходы по поддержанию в исправном состоянии мелиоративных систем, выполненных без крепительных мероприятий, а также расходы по их капитальному ремонту.

На состоявшемся 7—10 октября 1969 г. в Минске Всесоюзном совещании по устойчивости фильтрующих откосов отмечалось, что фактический срок службы закрепленных каналов составляет 22 года, а незакрепленных — 5 лет, что через 4 года сумма дополнительных капитальных и эксплуатационных расходов для незакрепленных и закрепленных каналов становится одинаковой, а через 10 лет эта сумма возрастет для незакрепленных каналов на 30%, что стоимость капитального ремонта незакрепленных каналов составляет 70% стоимости нового строительства [1]. Изучение сохранившихся до настоящего времени в хорошем состоянии закрепленных каналов довоенного времени позволяет утверждать, что при улучшении качества проектирования, строительства и эксплуатации, а также при снижении степени морального износа в будущем срок эксплуатации каналов-водоприемников может быть равным сроку службы гончарного дренажа (50—100 лет).

Осушительный канал благодаря своей небольшой глубине определенное время может работать полным сечением. Это периоды после весенних и летне-осенних паводков, а для систем с двойным регулированием — моменты сработки бьефов у шлюзов-регуляторов. Быстрое снижение уровня воды в канале влечет за собой запаздывание в пониже-

нии уровня грунтового потока, которое будет тем более значительным, чем меньше проницаемость фильтрующего грунта.

Насыщение откоса на всю или почти всю высоту может происходить также и под влиянием погодно-климатических факторов: длительного выпадения дождя, снеготаяния, перехода капиллярной воды в гравитационную, при понижении атмосферного давления и т. п. Поэтому в качестве основной расчетной схемы следует рассматривать экстремальный случай—поперечник, фильтрующий по всему периметру, или же откос, фильтрующий по всей высоте. В теле откосов, а также в их основаниях при этом возникает фильтрационный поток значительной интенсивности. Сравнительно небольшая высота откосов обуславливает недостаточный эффект собственного веса грунта как фактора устойчивости.

Незащищенные поверхности откосов подвержены деформациям, которые являются следствием нарушения главным образом местной устойчивости. Последнее связано с определенной ограниченной деформацией, протекающей в течение более или менее продолжительного времени. Развитие местных деформаций для ненапорных откосов может явиться причиной потери поперечником общей устойчивости. Поэтому правильный учет фильтрационных сил, действующих в теле откоса при производстве работ по отрывке и в период эксплуатации, в значительной мере обуславливает сохранность его и устойчивость.

Сопrotивление грунтов сдвигу, а также взвешиванию и отрыву фильтрационным потоком зависит от их влажности и плотности, на которые влияет ряд факторов. Выбор схемы производства работ должен производиться на основании геологических условий поперечника с целью обеспечения минимального нарушения равновесия грунтов под воздействием фильтрационного потока. Необходимо устанавливать также соответствующие очертания откосов, однако любой незащищенный профиль канала не может быть продолжительно устойчивым. Дренажные пригрузки уменьшают действие фильтрационных сил, а также увеличивают местную устойчивость подножия откосов против подмывающего действия руслового потока.

Закрепление поверхности откоса гибкой одеждой снижает разрушающее действие атмосферных осадков, сохраняя в значительной мере постоянство физико-механических свойств грунтов. Отрицательное действие этих факторов на прочность грунтов погашается сопротивлением крепления сдвигу и разрыву. Дренаживание откосов ведет к изменению направления и гашению фильтрационных сил. Таким образом, обеспечение местной и общей устойчивости против действия гравитационных сил во многих случаях автоматически решает задачу защиты откосов от воздействия множества других факторов.

Затруднительна отрывка и эксплуатация каналов при выклинивании грунтовых вод под напором. В условиях осушаемых земель наиболее часты выклинивания вод под местным напором, образующихся за счет прорезки при экскавации водонепроницаемых прослоек (так называемых «оглеенных горизонтов») и имеющих область распространения, примерно совпадающую с областью питания. Встречаются также и межпластовые напорные воды, приуроченные к склонам минеральных бугров. Отдельные заболоченные и переувлажненные территории наряду с поверхностными имеют напорное подземное питание из глубоких водоносных горизонтов. Оплывание и обрушение откосов каналов в подобных условиях, как в процессе экскавации грунта во время производства работ, так и при эксплуатации, носят то затухающий, то вновь усиливающийся характер. Русло и откосы каналов во многих местах при этом

пронизаны ключами. Распределение фильтрационных сил в однородных откосах также зависит от анизотропии водопроницаемости грунта.

При преобладании горизонтальной водопроницаемости над вертикальной имеет место равномерное распределение фильтрационных сил в теле откоса, в то время как ниже дна канала наблюдается интенсивная концентрация фильтрационных сил. В результате в слабых грунтах взвешивается и выпирает основание с последующим оползанием откосов, что зачастую можно наблюдать в торфах и сапропелях.

Если преобладает вертикальная водопроницаемость над горизонтальной, то интенсивность фильтрационных сил возрастает в теле откоса, а ниже дна канала эти силы ничтожны. Подобной анизотропией обладают лессовидные грунты, в которых после проходки канала можно наблюдать обрушение при устойчивом дне всего откосного клина, причем характер этих деформаций весьма однообразен на большом протяжении каналов.

Концентрированный фильтрационный поток может быть причиной суффозионных выносов грунта.

При оттаивании морозовспученных глинистых и пылеватых грунтов возникает фильтрационный поток, направленный параллельно поверхности откоса. Наличие линзочек льда, расположенных параллельно слоям грунта при их оттаивании. Такое положение имеет место при незащищенных поверхностях откосов и отсутствии их дренирования. Теплоизолирующий слой дерна на подсыпке из растительного грунта или торфа задерживает промерзание со стороны наклонной поверхности, и линзочки льда на фронте промерзания в процессе пучения получают ориентацию, не совпадающую с наклоном откоса. Условия устойчивости при оттаивании становятся более благоприятными. Дренирование поверхностных слоев также облегчается и в ряде случаев может быть достигнуто за счет дернины.

К настоящему времени наметился прогресс в разработке рациональных способов и конструкций креплений дна и откосов каналов, обеспечивающих комплексную механизацию строительства.

В Литовской ССР начал применяться разработанный Литовским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации метод посева трав на откосах каналов с последующим нанесением 2—5%-ного раствора битумной эмульсии для создания защитной корки на срок прорастания. Способ нанесения растительного слоя на откосную поверхность механизирован. Этот же институт разработал и внедрил способ вертикального дренирования с целью повышения устойчивости поперечных профилей каналов, прокладываемых в особо слабых грунтах — сапропелях.

В Эстонской ССР по предложению управления «Сельхозтехника» применяют закрепление откосов выше уреза воды дернокрошкой. Процесс заготовки и нанесения дернокрошки полностью механизирован.

Для крепления откосов и дна каналов шире стал применяться сборный бетон и железобетон.

Кафедрой «Основания, фундаменты и инженерная геология» Белорусского политехнического института разработан тип бетонных креплений откосов с упором в дренажные балочки или плиты из крупнопористого бетона.

Латвийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации рекомендует для облицовки каналов применять двухслойные плиты, верхняя часть которых формуется из плотного бетона, нижняя — из крупнопористого.

В Эстонии используются железобетонные плиты с подъемными боковыми бортами.

В Литве разработаны и внедрены крепления в виде сплошных железобетонных лотков с разгрузочными отверстиями, с защитой последних и стыков фильтрующими материалами.

В Белоруссии, Литве и Латвии на отдельных мелиоративных объектах осуществлены в порядке опыта замены открытых коллекторов закрытыми из сборных железобетонных и асбестобетонных труб. Эти конструкции могут себя экономически оправдать при устройстве коллекторов на участках с несвязными или малосвязными грунтами, подверженными действию напорного грунтового потока, где чрезвычайно трудно добиться устойчивого поперечника. Прокладка траншей в таких грунтах и укладка труб больших диаметров даже при глубинном водопонижении может быть значительно дешевле, чем устройство открытых каналов и их последующая эксплуатация с многочисленными ремонтами.

Белорусским научно-исследовательским институтом мелиорации и водного хозяйства и ЛатНИИГиМом разработаны крепления в виде пористых плит из полимерных бетонов.

СевНИИГиМом и Ленгипроводхозом предлагается комплекс работ и мероприятий по созданию устойчивого профиля осушительных каналов, в котором наряду с креплением дна и откосов большое внимание уделяется дренированию с целью разгрузки фильтрационного давления как на поверхности, так и в теле самого поперечника.

Такого же подхода придерживается кафедра «Основания, фундаменты и инженерная геология» Белорусского политехнического института, длительное время занимающаяся исследованием устойчивости фильтрующих откосов. В основу принципов крепления и дренажа фильтрующих откосов осушительных каналов и их оснований кафедра рекомендует положить рассмотрение действия гравитационных сил собственного веса, взвешивания и грунтового потока на фоне геологических и гидрогеологических условий. Там, где нет размывающего действия поверхности потоков, фильтрационное давление следует считать главным разрушающим фактором. Другие факторы накладываются и сопутствуют фильтрационному воздействию.

При разработке мероприятий по борьбе с разрушениями каналов рекомендуется руководствоваться следующими принципами.

1. Для откосов, сложенных сыпучими и малосвязанными грунтами, с наклоном, равным или меньшим углу внутреннего трения, при наличии безнапорного грунтового потока достаточным будет любое крепление в виде дренажной пригрузки.

2. Откосы из глинистых грунтов предпочтительнее укреплять гибкой одеждой, работающей на растяжение.

3. Откосы, сложенные глинистыми и пылеватыми пучинистыми грунтами, необходимо крепить гибкой одеждой с устройством теплоизолирующей подстилки в сочетании с поверхностным дренированием.

4. Поверхности откосов из торфа, сапропеля или заторфованных грунтов следует засеивать смесью из многолетних трав с целью предупреждения их зарастания сорняками.

5. Устойчивость подножий откосов из органических грунтов следует обеспечить простейшими креплениями типа бойлерков с использованием дренажного эффекта самого крепления и его засыпки, а также контактной фильтрации сваек; при наличии особо слабых маловодопроницаемых грунтов следует дополнительно вводить специальные вертикальные дрены.

6. Дренажное удержание неустойчивой слоистой или анизотропной грунтовой толщи с преобладанием горизонтальной водопроницаемости над вертикальной должно вестись в направлении увеличения вертикальной водопроницаемости основания.

7. Откосы в грунтах с преобладанием вертикальной водопроницаемости над горизонтальной следует дренировать в горизонтальном направлении. В ряде случаев полезным может оказаться террасирование откосов с устройством водоотводящих лотков у подножий каждой из террас.

8. Тело откосов с выклиниванием напорных вод должно быть дренировано с целью гашения фильтрационных сил, после чего может быть произведено закрепление их поверхностей.

9. Напорные потоки дна поперечников должны быть перехвачены каптажем в местах образования ключей.

10. Закрепление откосов при выполнении вышеперечисленных мероприятий может производиться водонепроницаемой одеждой, но с обязательным устройством дренажной постели и мест разгрузки фильтрационного давления.

Экспедиционное обследование состояния крепительных мероприятий на осушительных системах Литовской ССР и Латвийской ССР показало, что практика крепительных мероприятий на объектах осушительных мелиораций наиболее широко осуществляется в Прибалтийских советских республиках и в особенности в Литовской ССР. Здесь в основном используются традиционные виды креплений, требующие больших затрат ручного труда. Однако несмотря на это, отдача от вложенных средств в осушение и освоение болот и заболоченных земель здесь наибольшая в Советском Союзе.

Комиссия, проводившая обследование, пришла к следующим выводам и рекомендациям.

1. При выборе крепительных мероприятий на мелиоративных системах необходимо учитывать инженерно-геологические, гидрогеологические и гидрологические условия, а также климатические особенности территории.

2. При проектировании крупных водоприемников и водопроводящих каналов необходимо соблюдать условия, исключая интенсивный размыв с переносом грунта во взвешенном состоянии и его отложение на других участках русла, применяя для этих целей необходимые защитные мероприятия (покрытия из неразмываемых материалов, перепады, быстроток и др.).

3. Биологические виды креплений следует рассматривать как наиболее приемлемые и дешевые для обеспечения устойчивости и долговечности каналов осушительных систем.

4. С увеличением объемов мелиоративных работ сокращается возможность добычи дернины на естественных сенокосах и залежах. Поэтому наиболее прогрессивным способом биологического крепления периодически затапливаемых поверхностей откосов русловым потоком является залужение многолетними травами, которое может быть полностью механизировано.

5. Залужение откосов многолетними травами следует выполнять специальными разбрасывателями после предварительного перемешивания семян с растительным грунтом, торфом и минеральными удобрениями.

6. Для защиты семян и растительного слоя на откосах от ветровой и водной эрозии следует закреплять поверхность битумными эмульсиями и другими связующими веществами.

7. Для увеличения устойчивости нижней фильтрующей части откоса

необходимо его дренирование. В большинстве случаев достаточным мероприятием является поверхностный дренаж по типу обратного фильтра (дерн, плетневая стенка, фашина, гравийная, щебеночная и пористая бетонная пригрузки). При интенсивном высачивании грунтовых вод дополнительно необходим разгрузочный береговой дренаж. На мощных торфяно-сапропелевых отложениях, на отдельных трудно проходимых участках в порядке производственных испытаний следует закладывать вертикальный разгрузочный дренаж оснований откосов.

8. Крепления каналов бетонными и железобетонными плитами и лотками следует применять на размываемых участках каналов, у искусственных сооружений и в населенных пунктах с соблюдением необходимых дренажных мероприятий.

9. На сильнооплываемых и размываемых участках в минеральных грунтах открытые коллекторы в порядке производственных испытаний следует заменять на закрытые из сборных элементов.

#### Литература

1. Сб. «Устойчивость фильтрующих откосов». Минск, 1969.